

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



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO**  
**CHEGÜEZ**

Por:  
JACQUELINE NAYELLI MIRÓN REYES  
Carné: 201541562

Mazatenango Suchitepéquez, noviembre de 2019.

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



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO**  
**CHEGÜEZ**

Por:

JACQUELINE NAYELLI MIRÓN REYES

Carné: 201541562

ASESORA:

M.A. Heydi Angelina Vela Armas

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, noviembre de 2019.

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

**AUTORIDADES**

MSc. Murphy Olimpo 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**

M.Sc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretario

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma

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 Solís

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

### **Coordinador Académico**

M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

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

MSc. 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**

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

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

M.Sc. José David Barillas Chang

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

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

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

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

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

### **Coordinadora de Carrera de Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación**

M.Sc. Paola Marisol Rabanales

## **ACTO QUE DEDICO**

- A DIOS:** Por regalarme la vida, brindarme cada una de sus bendiciones y permitirme culminar esta etapa académica.
- A MI MADRE:** Yury Elizabeth Reyes Sazo de Mirón  
Por su apoyo incondicional, creyendo siempre en mí, dándome sus mejores consejos, por enseñarme a luchar por mis sueños y ser una mujer victoriosa.
- A MI PADRE:** Jorvi Vinicio Mirón Willians  
Por enseñarme a luchar por lo que quiero, apoyándome incondicionalmente y por retarme a ser mejor cada día.
- A MI HERMANA:** Yembli Pamela Mirón Reyes  
Por el apoyo mostrado durante el desarrollo de mis estudios y su amor incondicional.
- A MI NOVIO:** José Eduardo Noj Álvarez  
Por enseñarme a ser fuerte y no rendirme ante las adversidades, aconsejándome a siempre tener fé en Dios ante las tribulaciones, apoyándome en cada proceso de mi carrera y por su amor.
- A MIS AMIGOS:** Miguel Granados, Alejandra Maldonado, Jaki Santay, Rocio Urías, Sharon Najarro y Yeimy Cobón por el apoyo, amistad y cariño en todo el proceso de mi carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A:** Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente a la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollarme en el ámbito profesional.
- A:** Ingenio Palo Gordo S.A. por haberme permitido realizar el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-.
- A:** Licenciada Heydi Angelina Vela  
Por ser mi asesora y orientarme, aconsejarme y auxiliarme en todo el proceso de la práctica supervisada, por su cariño y apoyo incondicional.
- A:** M.Sc. Eysen Rodrigo Enríquez Ochoa  
Por su disponibilidad en apoyarme en la realización de la investigación, por compartir su valiosa experiencia y su cariño.
- A:** Mis docentes de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local por sus enseñanzas.

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Resumen .....	v
Abstract .....	vii
I. Introducción .....	1
II. Revisión de literatura .....	2
2.1. Ingenio Palo Gordo S.A.....	2
2.2. Río Chegüez .....	2
2.3. Descripción de finca Palo Gordo.....	2
2.4. Cuenca hidrográfica .....	5
2.4.1. Importancia de la cuenca hidrográfica .....	5
2.4.2. Partes de una cuenca.....	5
2.4.3. Tipos de cuencas.....	6
2.4.4. División de la cuenca.....	6
2.4.5. Parte aguas .....	7
2.5. Característica morfométrica de la cuenca .....	7
2.6. Aspectos lineales de la cuenca .....	7
2.6.1. Perímetro de la cuenca.....	8
2.6.2. Orden de corrientes .....	8
2.6.3. Radio de bifurcación (Rb) .....	8
2.6.4. Longitud media de corrientes de orden (Lu) .....	9
2.6.5. Radio de longitud medio (Rl) .....	9
2.6.6. Longitud acumulada de corrientes (La) .....	10
2.7. Aspectos de superficie .....	10
2.7.1. Área de la cuenca.....	10
2.7.2. Forma de la cuenca .....	11
2.7.3. Relación de forma (Rf).....	11
2.7.4. Razón circular de Miler 1953 (Rc) .....	12
2.7.5. Radio de elongación (Re) .....	12
2.7.6. Densidad del cauce de drenaje (D) .....	13
2.7.7. Frecuencia o densidad de corrientes (Fc) .....	13
2.7.8. Red de drenaje .....	14

2.8. Aspectos de relieve .....	14
2.8.1. Pendiente media de la cuenca (Sc) .....	15
2.8.2. Pendiente del cauce principal (Scp) .....	16
2.8.3. Elevación media de la cuenca (Em) .....	17
2.8.4. Coeficiente de relieve (Rh) .....	17
2.8.5. Coeficiente de robustez (Rr) .....	18
III. Objetivos .....	19
3.1. Objetivo General .....	19
3.2. Objetivos Específicos .....	19
IV. Hipótesis.....	20
V. Materiales y métodos .....	21
5.1. Aspectos lineales de la cuenca .....	22
5.2. Aspectos de superficie .....	24
VI. Resultados y discusión.....	31
6.1. Características morfométricas de la microcuenca del río Chegüez .....	31
VII. Conclusiones .....	36
VIII. Recomendaciones.....	37
IX. Referencias Bibliográficas .....	38
X. Anexos .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de Localización de Finca Palo Gordo y río Chegüez.....	4
2. Gráfica de número de corrientes Vrs orden de corrientes.....	42
3. Gráfica de longitud media de corrientes Vrs orden de corrientes.....	43
4. Mapa de la microcuenca del río Chegüez.....	54
5. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca del río Chegüez.....	55
6. Mapa de curvas a nivel de la microcuenca del río Chegüez.....	56

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla	Página
1. Porcentajes de pendiente media de la cuenca.....	16
2. Orden de corrientes del río Chegüez .....	31
3. Coeficientes morfométricos de la microcuenca del río Chegüez.....	32
4. Presupuesto de la Investigación.....	33
5. Municipios y comunidades por donde pasa el río Chegüez .....	34

## Resumen

Ingenio Palo Gordo es una empresa agrícola industrial que se encarga de la producción de azúcar, energía eléctrica y alcohol, la planta industrial se encuentra ubicada en Guatemala, en el kilómetro 142.5 carretera al pacífico, en el municipio de San Antonio, Suchitepéquez.

Dentro de las fincas del Ingenio se encuentra la Finca Palo Gordo con un área de 462.4 has, con un suelo franco arcilloso, lugar donde atraviesa el río Chegüez, que suministra de agua al Ingenio Palo Gordo en los diferentes procesos realizados teniendo una longitud de 14.16km, se utilizaron las fórmulas propuestas por Horton, (1945) y Miler (1953).

La investigación se realizó con el objetivo de caracterizar morfométricamente la microcuenca del río Chegüez, calculando los aspectos lineales, de superficie y de relieve, se utilizaron las hojas cartográficas a escala 1:50,000 de Chicacao 1959 IV, Pueblo Nuevo 1958 IV y Río Bravo 1959 III.

El río Chegüez nace en el Municipio de San Pablo Jocopilas, en la Aldea Chicolá, atraviesa de norte a sur la finca Palo Gordo y desemboca en el río Nahualate. A su paso abastece a finca e ingenio Palo Gordo.

La microcuenca del río Chegüez tiene un área de 77.32 km<sup>2</sup>, dentro de la microcuenca está la finca Palo Gordo.

Los resultados obtenidos indican que es una microcuenca muy alargada, quebrada, es bien drenada y no tiene problemas de inundaciones debido a que evacúa rápidamente el agua superficial, con un factor de forma de 0.05.

La longitud total del río Chegüez es de 38.75 km, su longitud media de corrientes 3.02 km, el radio de elongación 0.56, la densidad de drenaje 2.393 río/km<sup>2</sup> y un coeficiente de relieve de  $1.28^{-5}$ .

La finca Palo Gordo cuenta con un suelo franco arcilloso, la zona de vida es catalogada como Bosque muy húmedo subtropical cálido, cuyo indicador de vegetación son árboles de volador, corozo y conacaste, tiene una temperatura de 25°C.

## Abstract

Ingenuity Palo Gordo is an industrial agricultural company that is responsible for the production of sugar, electricity and alcohol, the industrial plant is located in Guatemala, at kilometer 142.5 road to the Pacific, in the municipality of San Antonio, Suchitepéquez.

Within the farms of the Ingenio is the Finca Palo Gordo with an area of 462.4 hectares, with a clay loam soil, place where it crosses the Chegüez river, which supplies water to the Ingenio Palo Gordo in the different processes carried out having a length of 14.16 km, the formulas proposed by Horton (1945) and Miler (1953) were used.

The research was carried out with the objective of morphometrically characterizing the micro basin of the Chegüez River, calculating the linear, surface and relief aspects, the 1: 50,000 scale cartographic sheets of Chicacao 1959 IV, Pueblo Nuevo 1958 IV and Río Bravo 1959 were used III.

The Chegüez River is born in the Municipality of San Pablo Jocopilas, in the Chocolá Village, crosses the Palo Gordo estate from north to south and flows into the Nahualate River. In its path it supplies the estate and ingenuity Palo Gordo.

The micro basin of the Chegüez River has an area of 77.32 km<sup>2</sup>, within the microbasin is the Palo Gordo estate.

The results obtained indicate that it is a very elongated, broken microbasin, it is well drained and has no flood problems because it quickly evacuates surface water, with a form factor of 0.05.

The total length of the Chegüez River is 38.75 km, its average length of currents 3.02 km, the elongation radius 0.56, the drainage density 2,393 river / km<sup>2</sup> and a relief coefficient of 1,285-5.

The Palo Gordo estate has a loamy clay soil, the life zone is classified as a very humid subtropical warm forest, whose vegetation indicator is flying, corozo and conacaste trees, has a temperature of 25 degrees celsius.

## I. Introducción

La finca Palo Gordo se encuentra ubicada en el Municipio de San Antonio, Suchitepéquez, a un costado de la carretera que conduce de la ciudad capital al Departamento de Suchitepéquez, se localiza a una latitud  $14^{\circ}30'3.97$  N y longitud  $91^{\circ}23'53.02$  O. Tiene una extensión de 462.4 has y una longitud de 14.16 km, se dedica a la producción de caña de azúcar.

Dentro de la finca se encuentra el Ingenio Palo Gordo que se encarga del procesamiento de la caña para producir azúcar, alcohol y energía eléctrica. Las aguas residuales generadas por el proceso de industrialización de la caña son utilizadas como fertirriego en las plantaciones de la finca.

El río Chegüez nace en el Municipio de San Pablo Jocopilas, en la Aldea Chocolá, atraviesa de norte a sur la finca Palo Gordo y desemboca en el río Nahualate. A su paso abastece a finca e ingenio Palo Gordo.

El estudio se realizó con el objetivo de caracterizar morfométricamente la microcuenca del río Chegüez, se utilizaron las fórmulas propuestas por Horton (1945) y Miler (1953). Teniendo un área de  $77.32\text{km}^2$ , dentro de la microcuenca se encuentra la finca Palo Gordo.

De acuerdo al estudio realizado de la microcuenca, tiene un cauce principal de 38.75 km de longitud, con un factor de forma de 0.05, la densidad de drenaje de 2.393 km y representa áreas muy quebradas principalmente en la parte alta y la parte baja ligeramente quebradas.

La importancia de la caracterización fue para conocer morfométricamente como se encuentra el comportamiento de la microcuenca del río Chegüez para determinar medidas ambientales a través de los resultados obtenidos.

## II. Revisión de literatura

### 2.1. Ingenio Palo Gordo S.A.

En Guatemala existe diversidad de ingenios azucareros que se dedican a la exportación y comercialización nacional de azúcar de caña, tal es el caso de Ingenio Palo Gordo -IPG- siendo una empresa que tanto en su elaboración como en la demanda de sus productos (azúcar, alcohol y energía eléctrica) ha ido aumentando de manera significativa. La planta industrial se encuentra ubicada en el kilómetro 142,5 en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, sobre la carretera CA-2 que de la Ciudad Capital conduce a Mazatenango en el departamento Suchitepéquez, tiene una zona de vida catalogada como Bosque muy húmedo sub tropical cálido, cuyo indicador de vegetación son los árboles de corozo, volador y conacaste. Tiene una precipitación pluvial media de 3,284 mm/año, registrando una temperatura promedio anual de 25°C. (Carrillo, 2014).

### 2.2. Río Chegüez

Según Flores (2017), el río Chegüez, es un corto río que se encuentra ubicado entre los municipios de San Pablo Jocopilas, San Antonio Suchitepéquez y San José El Ídolo, del departamento de Suchitepéquez, Guatemala. En su nacimiento, al Sur del casco de la finca Chicolá y al Oeste de la finca La Ladrillera se le reconoce como río Canopiyá.

Sus corrientes corren en dirección hacia el Sur. A lo largo de su recorrido le afluyen diferentes corrientes pequeñas. Pasa la finca Basilea, donde cambia su curso serpenteando al Sur. Prosigue su recorrido, aguas abajo atraviesa por el caserío Nahualate; continúa su rumbo al Este del casco de la finca San Vicente le afluye un arroyo pequeño al Oeste, así mismo recibe la corriente del río Nimaquiej al Este.

### 2.3. Descripción de finca Palo Gordo

Ingenio Palo Gordo es una empresa agroindustrial que se encarga de la producción de azúcar el cual se centra en el corte, alce y transporte -CAT-, siendo el proceso

utilizado en el área agrícola, necesitando de fincas para la siembra de la caña de azúcar, siendo una de ellas, la finca Palo Gordo, tiene un suelo franco arcilloso con poca vegetación debido al uso que le tienen a la finca, las coordenadas son las siguientes: latitud 14°30'3.97 N y de longitud 91°23'53.02 O. (Carrillo, 2014)

Finca donde se realiza fertirriego por aspersión el cual consiste en la mezcla de la melaza con el agua residual. La finca Palo Gordo se encuentra ubicada en el kilómetro 142.5 en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, tiene un área de 462.4 has, con un perímetro de 14.16 km y un caudal de 18.08 m<sup>3</sup>/s.

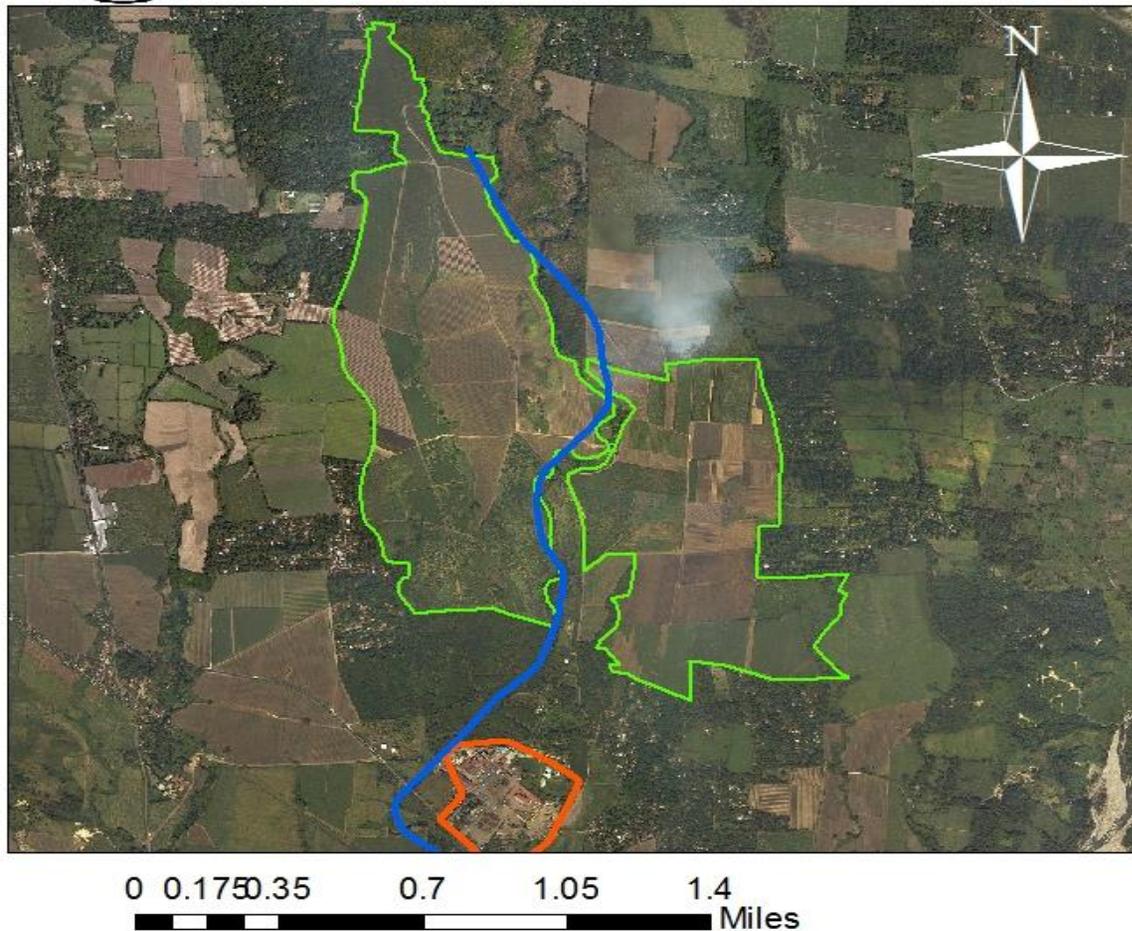
El río Chegüez pasa en medio de la finca Palo Gordo, río que es utilizado para los diferentes procesos realizados en la planta principal de Ingenio Palo Gordo el cual es necesaria la preservación del recurso hídrico ya que es quien suministra al Ingenio de agua. (Carrillo, 2014). Ver Figura 1.

La flora del lugar corresponde a árboles nativos maderables como: (*Hevea brasiliensis*) hule, (*Calycophyllum multiflorum*) palo blanco, (*Cedrela odorata*) cedro y (*Ceiba pentandra*) ceiba, la finca también cuenta con árboles frutales como lo son: (*Mangifera indica*) mango y (*Cocos nucifera*) cocos.

Dentro de la fauna se encuentran los roedores como taltuzas (*Geomyidae bonaparte*), ratas (*Rattus murinae*), armado (*Dasypodidae oxydoras*), así mismo se encuentran reptiles como la iguana verde (*Iguana delicatissima*), cutete (*Corytophanes cristatus*), animales mamíferos como el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), caballo (*Equus ferus caballus*), vaca (*Bos taurus*) y animales domésticos como perro (*Canis lupus*), pollos (*Gallus gallus domesticus*).



## Mapa de Localización de Finca Palo Gordo y Río Chegüez, San Antonio Suchitepéquez



### Leyenda

- Río Chegüez
- Ingenio Palo Gordo
- Finca Palo Gordo

Latitud 14°31'5.72"  
Longitud 91°24'4.68"

Sistema de Referencia de  
Coordenadas GTM  
Autor: Mirón J.  
2019

Figura 1. Mapa de localización de finca Palo Gordo y río Chegüez.

## **2.4. Cuenca hidrográfica**

Una cuenca hidrográfica es la superficie terrestre cuyas aguas fluyen hacia un mismo río o lago, teniendo como característica principal que cuenta con una suma de varios ríos que desembocan en un mismo mar. (López, 2017)

Se llama divisorias (divisorias de aguas o divisorias de vertientes) a las líneas de separación que se pueden trazar entre cuencas hidrográficas o vertientes adyacentes y suelen coincidir con crestas montañosas, en las que cada lado conduce sus aguas hacia cauces, cuencas o mares distintos. (López, 2017)

### **2.4.1. Importancia de la cuenca hidrográfica**

La hidrología es la ciencia que trata del agua, su ocurrencia, su circulación, distribución, sus propiedades y su relación con el ambiente y los seres vivos. (Benitez, 2010).

La hidrología aporta los elementos técnicos y científicos que le permitirán conocer adecuadamente el ciclo del agua y realizar estudios y obras para la regulación y ordenamiento de las cuencas hidrográficas.

El manejo de una cuenca hidrográfica es el resultado benéfico obtenido del estudio conjunto de todos los factores que ella encierra como el suelo, el agua y la cobertura vegetal, ya que ellos están íntimamente relacionados entre sí y, por consiguiente, dependen unos de otros.

### **2.4.2. Partes de una cuenca**

- a) **Cuenca alta:** que corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente.
  
- b) **Cuenca media:** parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale.

- c) **Cuenca baja:** parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección. (Leonel, 2017)

#### 2.4.3. Tipos de cuencas

- a) **Exorreicas:** Las aguas llegan a desembocar en los océanos cada uno de manera independiente o a través de un colector común, formadas por ríos que vierten su agua en el océano. (Aparicio, 1997)
- b) **Endorreicas:** Cuando los ríos no tienen salida hacia los mares, terminan perdiéndose en la parte continental.
- c) **Arreicas:** Ocurre cuando a pesar de existir un cauce que permite la llegada de las aguas del río hacia el mar estas no llegan por que se filtran o evaporan en el trayecto.

#### 2.4.4. División de la cuenca

- a) **Subcuenca:** es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuentas pueden conformar una cuenca.
- b) **Micro cuenca:** es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una subcuenca. Varios micros cuencas pueden conformar una subcuenca. (Benitez, 2010).
- c) **Quebradas:** es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de un micro cuenca. Varias quebradas pueden conformar un micro cuenca.
- d) **Corriente:** Es toda área que desarrolla drenaje directamente a la corriente principal de una micro cuenca. Varias quebradas pueden formar una micro cuenca.

#### **2.4.5. Parte aguas**

La línea divisoria de las aguas, divisoria de drenaje o simplemente divisoria es el límite entre las cuencas hidrográficas contiguas de dos cursos de agua. A cada lado de la divisoria, las aguas de lluvia acaban siendo recogidas por los ríos principales de las cuencas respectivas. (Breña, 2006)

Existen dos tipos de divisorias para la delimitación de una cuenca hidrográfica: divisoria topográfica y divisoria subterránea, la primera se acostumbra definir el área de drenaje superficial y la segunda establece los límites de los embalses de agua subterránea, de donde se deriva el caudal de la base de la cuenca hidrográfica.

Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente y en forma práctica corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. Este concepto se confunde muchas veces porque tiende a asociarse con el cauce o con las márgenes de un río. Por lo tanto, es importante apuntar que el concepto que aquí definimos implica una cierta superficie de terreno, de manera que todo punto en un país pertenece o está dentro de una cuenca hidrográfica. Una cuenca no solamente abarca la superficie, a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra. (Gutierrez, 2012).

#### **2.5. Característica morfométrica de la cuenca**

La caracterización de una cuenca está dirigida fundamentalmente a cuantificar todos los parámetros morfométricos que describen su estructura física y territorial con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales, pero también para identificar los problemas presentes y potenciales. (Fortes, 2006).

#### **2.6. Aspectos lineales de la cuenca**

Se refiere fundamentalmente a dimensionamiento de las corrientes o canales de drenaje natural dentro de la cuenca, porque se deberá de trabajar con todas las corrientes señaladas identificadas. (Castillo, 2013)

### **2.6.1. Perímetro de la cuenca**

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

El perímetro es la longitud del límite de la cuenca o en otras palabras la distancia que habría que recorrer una línea recta si se transitara por todos los filos que envuelven la cuenca. (Heras, 1972).

### **2.6.2. Orden de corrientes**

El esquema de órdenes de corrientes, el primer método cuantitativo de análisis de las redes de drenaje. Las corrientes fluviales son clasificadas jerárquicamente: las que constituyen las cabeceras, sin corrientes tributarias, pertenecen al primer orden o categoría; dos corrientes de primer orden que se unen forman una de segundo orden, que discurre hacia abajo hasta encontrar otro cauce de segundo orden para constituir otro de tercera categoría y así sucesivamente. (Dardon, 2011).

Según Horton (1945) estableció “leyes” estadísticas de la composición de las redes de drenaje en las que relacionaba la categoría, número, longitud y área de drenaje de las corrientes.

### **2.6.3. Radio de bifurcación (Rb)**

Según Horton (1945) también introdujo este concepto para definir el cociente entre el número de cauces de cualquier orden (Nu) y el número de cauce de orden (u) del siguiente orden superior, es decir:

#### **Fórmula**

$$R_b = N_u / N_{(u+1)}$$

#### **Donde**

R<sub>b</sub> = relación de bifurcación

N<sub>u</sub> = número total de cauces con orden U

U = número de orden de cauce.

Las relaciones de bifurcación varían de 2.0 a 4.0 para cuencas en las cuales las estructuras geológicas no distorsionan el modelo de drenaje.

#### **2.6.4. Longitud media de corrientes de orden ( $\bar{L}_u$ )**

Generalmente, los caudales medios, máximos y mínimos, crecen con la longitud de los cauces. Esto se debe a la normal relación que existe entre las longitudes de los cauces y las áreas de las cuencas hidrográficas correspondientes. De tal manera, el área crece con la longitud, y creciendo la superficie de captación, crece el caudal. (Morales, 2017).

Debe ser una relación de sentido positivo, donde la gráfica debe coincidir con una recta. Se coloca en el eje de las abscisas (u, orden de corrientes), y en el eje de las ordenadas Log Lu (longitud media de corrientes), en papel semilogarítmico.

#### **Fórmula**

$$L_{mc} = L_a / N_u$$

#### **Donde**

Lu= longitud de las corrientes de orden U

Un= número corrientes de orden U

#### **2.6.5. Radio de longitud medio (RI)**

Describe las relaciones de la longitud acumulada de corrientes de la orden U respecto al orden U-1. (Ibañez, 1945)

#### **Fórmula**

$$RI = \bar{L}_u / \bar{L}_u (U-1)$$

#### **Donde**

$\bar{L}_u$  = longitud de corrientes de orden u

$\bar{L}_u (U-1)$  = Longitud de corrientes de orden U-1

### **2.6.6. Longitud acumulada de corrientes (La)**

Este parámetro cuantifica la longitud total de las corrientes de orden Lu, determinados para la cuenca. (Ibañez, 1945)

#### **Fórmula**

$$La = \bar{Lu} * Nu$$

#### **Donde**

Lu= longitud de corrientes de orden

Nu= número de corrientes

### **2.7. Aspectos de superficie**

La determinación de los parámetros de área tiene como finalidad establecer, mediante índices promedios, la forma de la cuenca, determinar la distribución de los cauces por unidad de superficie, valores que facilitan comprender con qué rapidez se concentran las aguas en el cauce principal, y qué tan rápido se produce el proceso de evacuación de las mismas y, además, refleja algunas características de la geología, topografía, suelos, cobertura vegetal y régimen de lluvias, presentes en la cuenca. (Santos, 2007).

#### **2.7.1. Área de la cuenca**

El área de la cuenca está definida por el espacio delimitado. Esta línea se traza normalmente mediante fotointerpretación de fotografía aéreas en las que se aprecia el relieve (y por lo tanto las divisorias de aguas) o sobre un mapa topográfico en función las curvas de nivel representadas. Probablemente sea el factor más importante en la relación escorrentía-característica morfológica. (Aparicio, 1997)

En ocasiones, debido a que los métodos de estima de la escorrentía sólo son válidos si se aplican a áreas de características similares, es necesario tener que dividir las

cuencas de gran tamaño en las que la red de drenaje es muy compleja en subcuencas o subsistemas de menor entidad, pero mayor homogeneidad.

Para su cálculo se puede usar papel milimetrado o un planímetro, pero también es posible determinarla por medio de herramientas informáticas, para lo que es necesario disponer de una base cartográfica digital y de un SIG (ArcView, ArcGIS, etc.) o un programa de dibujo asistido por ordenador (ACAD, etc.) (Aparicio, 1997).

### **2.7.2. Forma de la cuenca**

La forma de una cuenca es determinante de su comportamiento hidrológico siendo, las cuencas con la misma área, pero de diferentes formas presentan diferentes respuestas hidrológicas, algunos parámetros tratan de cuantificar las características morfológicas por medio de índices o coeficientes. (Pellecer, 2011).

### **2.7.3. Relación de forma (Rf)**

Es la relación entre el ancho medio de la cuenca (B) y la longitud de su cauce principal (Lc). El ancho medio se obtiene cuando se divide el área de la cuenca por la longitud del cauce principal. (Benitez, 2010).

#### **Fórmula**

$$Rf = Ak / Lc^2$$

#### **Donde**

Ak= área de la cuenca

Lc<sup>2</sup>= longitud del cauce principal al cuadrado.

Según Ibañez (1945), la forma de la cuenca tiene fundamental importancia en la cantidad de escorrentía para una misma área y una misma intensidad de lluvia, por lo que el hidrograma de salida depende directamente de la forma de la cuenca.

El factor de forma da alguna indicación de la tendencia de las avenidas en el cauce, porque una cuenca con un factor de forma bajo, tiene menos tendencias a concentrar las intensidades de lluvia que una cuenca de igual área, pero con un factor de forma más grande. (Ramírez, 2003)

#### **2.7.4. Razón circular de Miler 1953 (Rc)**

Miler (1953), usó una razón circular a dimensional, definida como la razón del área de la cuenca ( $A_k$ ), al área de un círculo ( $A_c$ ) que tiene el mismo perímetro de la cuenca ( $P$ ).

$$R_c = A_k / A_c$$

Esta razón es menor o igual a uno; los valores disminuyen a medida que la cuenca es más alargada o rectangular, y tienden a la unidad para cuencas redondas.

#### **2.7.5. Radio de elongación (Re)**

Se define como la relación entre el diámetro de un círculo que posea la misma área de la cuenca y cuyo diámetro sea igual la longitud de la cuenca. El valor de la relación de elongación se acerca a la unidad cuando la cuenca es muy plana y circular, cuando la cuenca es plana con porciones accidentales, la relación de elongación está entre 0.5 y 0.8. (Benitez, 2010)

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. La fórmula es la propuesta por (Schum, 1956).

#### **Fórmula**

$$R_e = D_c / L_c$$

#### **Donde**

$R_e$  = Relación de elongación

$D_c$  = Diámetro de un círculo de la misma área de la cuenca  $D_c = \sqrt{4 A_k / \pi}$

Lc= Longitud de la cuenca.

### 2.7.6. Densidad del cauce de drenaje (D)

Se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca entre el área total que las contiene:

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Dónde: L=  $\sum$  longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en km. A: superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>. Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca.

En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la cuenca. (Benitez, 2010)

#### Fórmula

$$D = L_a / A_k$$

#### Donde

L<sub>a</sub>= longitud acumulada de corrientes

A<sub>k</sub>= área de la cuenca

### 2.7.7. Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)

La frecuencia de drenaje indica la eficiencia hidrológica de una cuenca, a mayor número de corrientes, mayor frecuencia y mayor eficiencia de drenaje. (Ibáñez, 1995).

#### Fórmula

$$F_c = N_{tc} / A_k$$

**Donde**

Ntc = número total de corrientes.

Ak= área de la cuenca

**2.7.8. Red de drenaje**

La red drenaje de una cuenca hidrográfica la constituyen el cauce principal y sus tributarios o afluentes. La forma en que estén conectados estos cauces en una cuenca determinada, influye en la respuesta de ésta a un evento de precipitación. (Fuentes, 2017).

Se han desarrollado una serie de parámetros que tratan de cuantificar la influencia de la forma del sistema de drenaje en la escorrentía superficial directa.

En geomorfología, la red de drenaje se refiere a la red natural de transporte gravitacional de agua, sedimento o contaminantes, formada por ríos, lagos y flujos subterráneos, alimentados por la lluvia o la nieve fundida. (Gil, 1999)

**2.8. Aspectos de relieve**

El estudio del relieve superficial de una cuenca hidrográfica se debe hacer por separado del relieve de los cauces, pero su análisis e interpretación están estrechamente relacionados, en razón de que estos dos parámetros son factores determinantes de la torrencialidad de las cuencas. (Mazariegos, 2017).

De otra parte, la determinación del relieve superficial, no como un índice promedio sino como una distribución sobre un plano horizontal, es un elemento fundamental en el proceso de planificación de una cuenca hidrográfica y, en general, de cualquier territorio. (García, 2017).

### 2.8.1. Pendiente media de la cuenca (Sc)

Este parámetro muestra una idea del relieve que posee la cuenca. Esto se determina mediante el plano de curvas de nivel de la cuenca, así como con la ayuda de un planímetro y un curvómetro. (Valencia, 2017).

Miler (1953), indica que el método de mayor aplicación es el Horton y para estimar la pendiente media en la cuenca de análisis se traza una malla cuyo eje principal (x) siga aproximadamente el sentido del cauce principal. A partir de la malla, se mide la longitud de cada línea de la malla comprendida dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel. La pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se calcula con el apoyo de las expresiones siguientes:

#### Fórmula

$$S_x = \frac{N_x * D}{L_x}$$

$$S_y = \frac{N_y * D}{L}$$

#### Donde

D= es el desnivel constante entre curvas de nivel, en m

Lx= es la longitud total de líneas de malla comprendidas dentro de la cuenca en la dirección x, en m

Ly= es la longitud total de líneas de malla comprendidas dentro de la cuenca en la dirección, en m

Nx= es el número total intersecciones y tangencias de las líneas de la malla con las curvas de nivel en la dirección x

Ny= es el número total intersecciones y tangencias de las líneas de la malla con las curvas de nivel en la dirección y

Sx= es la pendiente de la cuenca en la dirección x, adimensional; por último, Sy es la pendiente de la cuenca en la dirección y, adimensional.

Tabla 1. Porcentajes de pendiente media de la cuenca.

<b>Pendiente Media (%)</b>	<b>Tipo De Relieve</b>	<b>Símbolo</b>
0-3	Plano	P1
3-7	Suave	P2
7-12	Medianamente Accidentado	P3
12-20	Accidentado	P4
20-35	Fuertemente Accidentado	P5
35-50	Muy Fuertemente Accidentado	P6
50-75	Escarpado	P7
>75	Muy Escarpado	P8

**Fuente:** Propuesto por Esquivel & Moreno (2015).

**La pendiente media de la cuenca se determina con la expresión:**

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2} * 100$$

**Donde**

S<sub>x</sub>= es la pendiente de la cuenca en la dirección x, adimensional

S<sub>y</sub>= es la pendiente de la cuenca en la dirección y, adimensional. Todo lo anterior dividido entre dos para hacer un promedio y finalmente multiplicada por cien para determinar el porcentaje.

La interpretación para el análisis de los resultados de la pendiente media de la cuenca se basa en la siguiente tabla:

### **2.8.2. Pendiente del cauce principal (Scp)**

La pendiente del canal principal influye sobre la velocidad del flujo de agua y debe jugar un papel importante de la forma de los hidrogramas.

Para establecer la pendiente media del cauce principal se utilizan dos métodos, el método analítico y método gráfico.

- **Método analítico:** este método es el más empleado para analizar la cuenca. La pendiente del cauce principal se determina de acuerdo a las diferencias de alturas de curvas de nivel y la longitud del cauce principal.

#### **Fórmula**

$$S_{cp} = \frac{\Delta H}{L_c} * 100$$

#### **Donde**

$\Delta H =$  es la diferencia de nivel de la curva más alta y la más baja que toca el cauce principal

$L_c =$  es la longitud o distancia horizontal del cauce principal; el número cien es para determinarlo en porcentaje

#### **2.8.3. Elevación media de la cuenca (Em)**

Este parámetro fisiográfico mide la variación en elevación de una cuenca. Aplicando el método de las intersecciones se obtiene la elevación media de una cuenca.

La elevación media de una cuenca refleja la media ponderada de las alturas sobre el nivel del mar que se encuentran segmentos del área de la cuenca. Más importante que la elevación media, es conocer la variación de la altura con respecto a porcentaje de área mediante el método de la curva hipsométrica. (Hidalgo, 1994).

#### **2.8.4. Coeficiente de relieve (Rh)**

Este coeficiente indica la madurez de la cuenca o ya bien sea el relieve. Sirve para comparar diferentes cuencas con relación a lo antes descrito. (Miler, 1953)

#### **Fórmula**

$$R_h = \frac{\Delta H}{1000 * L_{tc}} * 100$$

**Donde**

$\Delta H$ = es la diferencia de altura de curvas más altas y más bajas

Ltc= significa la longitud total de curvas de nivel.

**2.8.5. Coeficiente de robustez (Rr)**

El coeficiente de robustez guarda relación con el relieve de la cuenca, entre mayores valores de coeficientes de robustez significan que las cuencas comprenden un rango mayor de elevación con relación al punto de aforo. (Miler, 1953)

**Fórmula**

$$Rr = \frac{\Delta H * D}{1000}$$

**Donde**

$\Delta H$ = es la diferencia entre curvas de nivel

D= es intervalo entre cada curva

### **III. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

3.1.1 Caracterizar morfométricamente la microcuenca del río Chegüez.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

3.2.1. Determinar los aspectos lineales, de superficie y de relieve de la microcuenca.

3.2.2. Elaborar un plan de medidas ambientales que contribuyan a preservar los recursos y mejorar el ambiente en la microcuenca del río Chegüez.

#### **IV. Hipótesis**

La caracterización morfométrica se realizó para cumplimiento de la normativa de la Asociación de Azucareros de Guatemala -ASAZGUA-, ya que se obtuvo mala calificación gremial por no haberlo realizado, y así mismo es necesario que se determinen medidas ambientales focalizadas en la finca Palo Gordo para la preservación del recurso hídrico ya que el Ingenio es una empresa responsable con el Ambiente.

También el agua del río Chegüez la utilizan otras fincas y comunidades ubicados dentro de la microcuenca. En los últimos tres años se ha observado la disminución del caudal del río y la contaminación del agua con materiales transportados por el escurrimiento superficial, particularmente sedimentos provenientes de la erosión hídrica.

Años anteriores la finca y el ingenio obtuvieron mala calificación gremial por incumplimiento de la normativa, por lo tanto, fue necesario caracterizar morfométricamente la microcuenca del río Chegüez. Además, la finca y el Ingenio Palo Gordo están obligados al cumplimiento de la normativa de la Asociación de Azucareros de Guatemala -ASAZGUA-.

## V. Materiales y métodos

Para realizar la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Chegüez, se necesitaron las siguientes hojas cartográficas: Pueblo Nuevo 1958 IV, Río Bravo 1959 III y Chicacao 1959 IV a escala 1:50,000.

Para trazar el parteaguas se ubicó el punto de aforo y se analizó el comportamiento de las curvas a nivel.

A partir del punto de aforo se inició el cauce principal, así mismo se midió la longitud del cauce principal con el método del estaño, el cual consistió en sobreponer el estaño en el cauce desde el punto de aforo hasta la parte más alta donde se formó el río Chegüez, luego se calculó la longitud del estaño con una regla y el resultado en centímetros se convirtió en kilómetros multiplicándolo por la escala del mapa.

Se trazaron las corrientes permanentes, éstas se identificaron con líneas continuas de color azul, las corrientes intermitentes se encontraron identificadas con líneas discontinuas y por puntos, mientras las corrientes efímeras se trazaron de acuerdo al comportamiento de las curvas a nivel.

Se realizó un mapa de orden de corrientes con base al método de (Horton, 1945), que considera a corriente de primer orden aquella que no recibe agua de otras corrientes, las corrientes de segundo orden se definieron al unirse dos corrientes de primer orden, las corrientes de tercer orden se determinaron al unirse dos corrientes de orden dos, las corrientes de cuatro órdenes se determinaron al unirse dos corrientes de orden tres.

La longitud de las corrientes se midió por el método del estaño. La longitud total de cada orden de corriente fue obtenida con respecto a la sumatoria de la sumatoria de longitudes de corrientes de cada orden, se dará mayor detalle a continuación.

## 5.1. Aspectos lineales de la cuenca

Para la realización de los cálculos se estarán evaluando los aspectos lineales de la microcuenca como: el perímetro de la microcuenca, radio de bifurcación, longitud media de corrientes, radio de longitud medio, longitud acumulada de corrientes y la longitud del cauce principal dándose a conocer detalladamente a continuación.

### 5.1.1. Perímetro de la cuenca

El perímetro se calculó por medio del método del estaño, este se sobrepuso en el parteaguas de la microcuenca, luego se extendió el estaño y con una regla se midió, el resultado en centímetros se multiplicó por 0.5 km.

#### Gráfica Log Nu Vrs u

Se realizó una gráfica en una hoja de papel milimetrado, colocando en el eje de las abscisas el orden de corrientes (u), y en el eje de las ordenadas el logaritmo de número de corrientes (Nu).

#### Donde

Nu= número de corrientes de orden Nu

u= orden de corriente

### 5.1.2. Radio de bifurcación

El radio de bifurcación (Rbi) se calculó dividiendo el número de corrientes de orden (u) entre el número de corrientes de orden superior siguiente. Fórmula propuesta por Horton, 1945.

#### Fórmula

$$Rbi = Nu / N (u+1)$$

**Donde**

Nu = número de corrientes

N (u+1) = número de corrientes superior siguiente

**5.1.3. Gráfica Log Lu vrs U**

Se realizó la gráfica colocando en el eje de las abscisas el orden de corrientes (u) y en el eje de las ordenadas el logaritmo de longitud media de corrientes (Lu), para elaborar la gráfica se utilizó una hoja de papel milimetrado.

**5.1.4. Longitud media de corrientes ( $\overline{Lu}$ )**

La longitud media de corrientes se calculó dividiendo la longitud acumulada de corrientes (La), entre el número total de corrientes (Ntc).

**Fórmula** propuesta por Ibañez (1945).

$$\overline{Lu} = (La / Ntc)$$

**Donde**

La= longitud acumulada de corrientes

Ntc= número total de corrientes

**5.1.5. Radio de longitud medio (RIm)**

El radio de longitud medio se calculó con la siguiente fórmula según Ibáñez (1995).

**Fórmula**

$$RIm = \sum \{ \overline{Lu} / \overline{Lu} (u-1) \} \div N$$

**Donde**

$R_{lm}$  = Radio de longitud medio

$\overline{L_u}$  (u-1) = Longitud de corrientes de orden u inferior siguiente

### 5.1.6. Longitud acumulada de corrientes ( $L_a$ )

La longitud acumulada de corrientes se calculó multiplicando la longitud media de corrientes ( $\overline{L_u}$ ) por el número de corrientes de orden u ( $N_u$ ).

**Fórmula** propuesta por Ibañez (1945).

$$L_a = \overline{L_u} * N_u$$

**Donde**

$\overline{L_u}$  = longitud media de corrientes de orden u

$N_u$  = número de corrientes de orden u

## 5.2. Aspectos de superficie

Para la realización de los cálculos se estarán evaluando los aspectos de superficie de la microcuenca como: área de la microcuenca, relación de forma, relación circular, radio de elongación, densidad de drenaje y frecuencia de drenaje dándose a conocer detalladamente a continuación.

### 5.2.1. Área de la cuenca

Para calcular el área de la cuenca se utilizó el método del peso. Se recortó a lo largo del perímetro de la cuenca y se obtuvo la cuenca recortada.

Luego se pesó por separado la cuenca recortada y el cuadrado de 100 cm<sup>2</sup>.

Se determinó el área de la cuenca, utilizando una regla de tres.

Área del cuadrado ----- Peso del cuadrado

x----- Peso de la cuenca

Donde el área= 
$$\frac{\text{Peso de la cuenca} * \text{área del cuadrado}}{\text{Peso del cuadrado}}$$

El resultado de la regla de tres se obtuvo el área en cm<sup>2</sup>, esto se convirtió a kilómetros cuadrados de acuerdo a la escala 1:50,000. En donde el área en cm<sup>2</sup> se multiplicó por 0.25 km<sup>2</sup>.

### 5.2.2. Relación de forma

La relación de forma se calculó con la fórmula propuesta por Horton (1945).

#### Fórmula

$$R_f = A_k / L_c^2$$

#### Donde

A<sub>k</sub>= área de la cuenca

L<sub>c</sub><sup>2</sup>= longitud del cauce principal al cuadrado.

### 5.2.3. Relación circular

La relación circular se calculó por medio de la fórmula propuesta por Miller (1953).

#### Fórmula

$$R_c = A_k / A_c$$

#### Donde

A<sub>k</sub>=área de la cuenca

A<sub>c</sub>= área de un círculo con perímetro igual a la cuenca.

Se calculó el área del círculo con perímetro igual a la cuenca, y se utilizaron las siguientes fórmulas.

### **Cálculo del radio (r)**

#### **Fórmula**

$$r = P \div 2 * \pi$$

#### **Donde**

P= perímetro de la cuenca

$2 * \pi =$  (2 veces el valor de pi (3.1416))

### **Cálculo de área de un círculo con perímetro igual a la cuenca. (Ac)**

#### **Fórmula**

$$Ac = \pi \cdot r^2$$

#### **Donde**

$$\pi = 3.1416$$

$r^2 =$  radio al cuadrado

### **5.2.4. Radio de elongación**

Para calcular el radio de elongación, se utilizó la fórmula propuesta por Schum (1956).

#### **Fórmula**

$$Re = Dc \div Lc$$

**Donde**

$D_c$ = diámetro de un círculo de área igual a la cuenca.

$D_c$ = El diámetro de un círculo de área igual al de la cuenca se calculó utilizando la siguiente fórmula según Ibañez (1945).  $D_c = \sqrt{4 A_k / \pi}$  la fórmula se despeja de  $A = (\pi D^2 / 4)$

$L_c$ = longitud del cauce principal.

**5.2.5. Densidad de drenaje**

La densidad de drenaje se calculó con la fórmula propuesta por Ibañez (1945).

**Fórmula**

$$D = L_a / A_k$$

**Donde**

$L_a$ = longitud acumulada de corrientes

$A_k$ = área de la cuenca

**5.2.6. Frecuencia o densidad de corrientes**

La densidad de corrientes se calculó con la siguiente fórmula según Ibañez (1945).

**Fórmula**

$$F_c = N_{tc} / A_k$$

**Donde**

$N_{tc}$ = número total de corrientes

$A_k$ = área total de la cuenca

### 5.3. Aspectos de relieve

Se realizó un mapa de curvas a nivel de la microcuenca, las curvas están ubicadas de 100 en 100 metros, la longitud de cada curva a nivel se midió usando el método del estaño, para realizarlo se colocó el estaño sobre toda la longitud de la curva de igual altitud, luego la longitud de la curva en centímetros se convirtió a kilómetros multiplicando por 0.5 km.

#### 5.3.1. Pendiente media de la cuenca (Sc)

La pendiente media de la cuenca se calculó por medio del método Alvord con la siguiente fórmula.

##### Fórmula

$$Sc = D \times Ltc / Ak = * 100$$

##### Donde

D= diferencia vertical entre curvas de nivel (km)

Ltc= longitud total de curvas a nivel dentro de la cuenca (km)

Ak= área total de la cuenca (km<sup>2</sup>)

100= coeficiente

#### 5.3.2. Pendiente del cauce principal

La pendiente del cauce principal se determinó por medio del método analítico. Utilizando la fórmula propuesta por Ibañez (1945).

##### Fórmula

$$Scp = \frac{\Delta H * 100}{Lc}$$

**Donde**

$\Delta H$ = diferencia de nivel entre la curva más alta y la más baja del cauce principal (km)

$L_c$ = longitud o distancia horizontal del cauce principal (km)

**5.3.3. Elevación media de la cuenca (Em)**

La elevación media de la cuenca se calculó usando el método de la curva hipsométrica.

Para determinar el área parcial entre las curvas a nivel, se utilizó el método de la cuadrícula, cada cuadro representará  $1 \text{ cm}^2$ , la cuadrícula se sobrepuso al mapa de curvas de nivel y se contaron los cuadros que hay entre dos curvas de nivel.

Así se realizó con todas las áreas entre dos curvas, luego se obtuvieron las áreas parciales y totales en centímetros, las que se multiplicaron por  $0.25 \text{ km}^2$ .

Se realizó un cuadro donde se colocaron los intervalos de las curvas a nivel, el área parcial, el porcentaje de área y el porcentaje del área acumulado, como se ve en el siguiente cuadro.

Los porcentajes de áreas se calcularán multiplicando el resultado de área parcial dividido el área total, y el porcentaje de área acumulada se calculará acumulando los datos de porcentajes de áreas parciales.

Se realizó la curva hipsométrica, colocando en el eje Y, la elevación de la cuenca y en el eje X los porcentajes de área acumulada.

**5.3.4. Coeficiente de relieve (Rh)**

El coeficiente de relieve se calculó con la siguiente fórmula propuesta por, Ibañez (1945).

**Fórmula**

$$R_h = \frac{\Delta h}{1000 \times L_{tc}}$$

**Donde**

$\Delta h$ = diferencia de elevación entre el punto de aforo y el punto más alto en el perímetro de la cuenca. (m)

$L_{tc}$ = longitud total de las curvas dentro de la cuenca. (m)

1000= coeficiente

**5.3.5. Coeficiente de robustez (Rr)**

El coeficiente de robustez se calculó por medio de la fórmula propuesta por Ibañez (1945).

**Fórmula**

$$R_r = \frac{\Delta h \times D}{1000}$$

**Donde**

$\Delta h$ = diferencia de elevación entre la curva más alta y más baja. (m)

$D$ = intervalo entre curvas a nivel. (m)

1000= coeficiente

## VI. Resultados y discusión

### 6.1. Características morfométricas de la microcuenca del río Chegüez

Con base a los resultados obtenidos de la caracterización morfométrica, indica que es una microcuenca alargada con un factor de forma 0.05 evacuando rápidamente el agua y no existe problema alguno de inundaciones.

La microcuenca del río Chegüez está integrada por corrientes de orden cuatro. Ver Tabla No. 2.

Tabla 2. Orden de corrientes del río Chegüez.

<b>Orden de corriente</b>	<b>Número de corriente</b>	<b>Longitud de corrientes</b>
<b>U</b>	<b>Nu</b>	<b>Lu (km)</b>
1	46	102.60
2	11	49.10
3	3	29.15
4	1	4.30
<b>Sumatoria</b>	<b>Ntc= 61</b>	<b>La= 185.15km</b>

Fuente: elaborado con base a la cantidad y longitud de corrientes que corresponden a la microcuenca del río Chegüez

Tabla 3. Coeficientes morfométricos de la microcuenca del río Chegüez.

<b>Aspectos Lineales</b>	
Perímetro de la microcuenca	<b>68.5 km</b>
Radio de bifurcación	<b>3.61</b>
Longitud media de corrientes	<b>3.02 km</b>
Radio de longitud medio	<b>1.53 km</b>
Longitud acumulada de corrientes	<b>185.07 km</b>
Longitud del cauce principal	<b>38.75 km</b>
<b>Aspectos de Superficie</b>	
Área de la microcuenca	<b>77.32 km<sup>2</sup></b>
Relación de Forma	<b>0.05</b>
Relación circular	<b>0.207</b>
Radio de elongación	<b>0.56</b>
Densidad de drenaje	<b>2.393 km de río</b>
Frecuencia de drenaje	<b>0.788 corrientes / km<sup>2</sup></b>
<b>Aspectos de Relieve</b>	
Pendiente media de la cuenca	<b>7.09% medianamente accidentado (p3)</b>
Pendiente del cauce principal	<b>1.81%</b>
Coeficiente de relieve	<b>1.28<sup>-5</sup></b>
Coeficiente de robustez	<b>70</b>

Fuente: Calculado con base a los coeficientes morfométricos de la microcuenca del río Chegüez.

La microcuenca del río Chegüez tiene un perímetro de 68.5 km, con un área de 77.32 km<sup>2</sup>, el río nace en San Pablo Jocopilas con el nombre Canopiyá pasando por varias comunidades el cual en la Aldea Chegüez empieza a llamarse como tal Río Chegüez pasando en medio de la Finca Palo Gordo.

La microcuenca tiene una red de drenaje de orden cuatro, el cual cuenta con un total de 61 corrientes, correspondiendo así 46 corrientes de orden uno, 11 corrientes de orden dos, tres corrientes de orden tres y una corriente de orden cuatro. La

longitud total del río Chegüez es de 38.75 km, la relación de forma es de 0.05 el cual indica que es una microcuenca bien drenada debido a su longitud media de corrientes 3.02 km, es muy alargada y quebrada el cual evacúa rápidamente el agua de tal manera que no es susceptible a inundaciones, la longitud acumulada de corrientes es de 185.07 km siendo la longitud total que corresponden a la red de drenaje.

La microcuenca posee un área de 77.32 km<sup>2</sup>, es de forma alargada debido a su factor de forma de 0.05 y relación circular de 0.207 con velocidad rápida para evacuar el agua. El radio de elongación 0.56 indicando que es una microcuenca alargada con buen drenaje. La densidad de drenaje es de 2.393 km de río y la frecuencia o densidad de corrientes de 0.788 corrientes/ km<sup>2</sup> indicando así que tiene buen drenaje superficial.

La pendiente media de la cuenca es de 7.09%, es una microcuenca medianamente accidentado (p3), lo que la hace ser una microcuenca con rápida evacuación de sus aguas superficiales, la pendiente del cauce principal es de 1.81%, con un coeficiente de relieve de 1.28<sup>-5</sup> y con un coeficiente de robustez de 70 lo que la hace ser una microcuenca relativamente muy joven.

Tabla 4. Presupuesto de la investigación.

Cantidad	Descripción	Costo en Unidad	Costo Total
3	Hojas Cartográficas	136	408
3	Hojas Calco	5	15
1	Rollo de Estaño	5	5
1	Pesa Analítica	165	165
1	Hoja Milimetrada	5	5
1	Molinete	16,995	16,995
1	Computadora	2,849	2,849
1	Resma de Hojas Bond	45	45
			<b>20,487</b>

**Fuente:** Mirón J. (2019).

Tabla 5. Municipios y comunidades por donde pasa el río Chegüez.

<b>Municipio</b>	<b>Comunidad/Aldea/Cantón/ Finca</b>
<b>San Pablo Jocopilas</b>	Chocolá
	Pacaco
	Rosario
	La Esperanza
	El Retiro
	San Miguel Chucul
	San Juan Chucul
	Santa Marta
	Altamira
	San Gerardo
	Nahualate
	Villa Aurora
	San Miguel
	San Vicente
	Tonquín II
	Palo Gordo
	Estación Palo Gordo
Purgatorio	
<b>San Antonio Suchitepéquez</b>	San Pablo Sininá
	Los Laureles
	Chegüez
	María
	Bélgica
	La Trinidad
	Santa Rosa
	Nuevo Progreso
	Las Margaritas

<b>San José El Ídolo</b>	La Cuchilla
	La Felicidad
	La Concordia
	San Juan Buena Vista
	Nahualate
	La Reforma
	La Libertad
	Las Flores
	Buenos Aires
	Santa Lucía
	Santa Clara
	Santa Rosalía
	San Miguel
	Nuevo Santiago Cabricán
	La Dicha
San Juan La Paz	
Santa Anita El Socorro	

Fuente: Elaborado en base al programa de ArcMap 10.3

## VII. Conclusiones

1. La microcuenca del río Chegüez es de orden cuatro, tiene un radio de bifurcación de 3.61, teniendo una longitud media de corrientes de 3.02 km, con un radio de longitud medio de 1.53 km, la longitud acumulada de corrientes es de 185.07 km y 38.75 km del río principal.
2. La microcuenca es quebrada y muy alargada, con un factor de forma de 0.05, su relieve es quebrado y con un buen drenaje, sin problemas de inundación debido al sistema rápido de evacuación del agua superficial.
3. La microcuenca tiene un perímetro de 68.5 km, está comprendida por la pendiente medianamente accidentada (p3) de 7.09% lo que da a conocer que, por cada 100 metros horizontales, se eleva el porcentaje, la pendiente del cauce principal es de 1.81%, siendo una microcuenca quebrada sin problemas de inundación.
4. Se realizó un plan de medidas ambientales que contribuyan a preservar los recursos y mejorar el ambiente en la microcuenca del río Chegüez, aplicado para ser ejecutado en los límites de la Finca Palo Gordo, la cual cuenta con un área total de 462.4 has y un perímetro de 14.16 km lineales.

## **VIII. Recomendaciones**

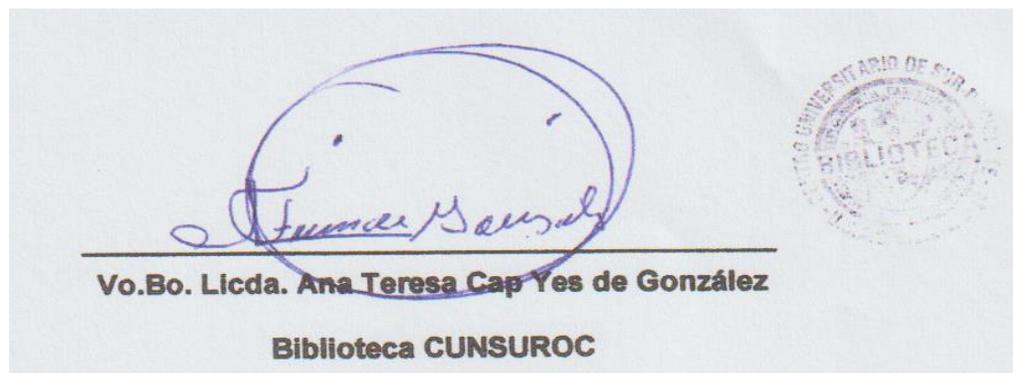
1. Es importante la preservación de la microcuenca del río Chegüez por lo que se deberán realizar reforestaciones en toda la ribera del río, con la colaboración de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y empresas privadas.
2. Es inevitable que se realicen capacitaciones sobre el cuidado del medio ambiente y sobre la preservación de los recursos naturales de la microcuenca del río Chegüez, creando conciencia en los comunitarios de la Finca Palo Gordo.
3. Se recomienda realizar un diagnóstico ambiental en los límites de la Finca Palo Gordo para identificar los problemas del lugar.
4. Es necesario realizar trabajo comunitario con jornadas de limpieza en el río Chegüez de una forma integral con los comunitarios evitando así la contaminación del río.

## IX. Referencias Bibliográficas

1. Aparicio, F. (1997). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México DF: Camara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.
2. Benitez, J. (2010). *Cuenca Hidrográfica: Parámetros*. Cartagena: del Cielo.
3. Breña, A. (2006). *Parte Aguas*. Ciudad de México.
4. Carrillo, E. (24 de septiembre de 2014). *Ingenio Palo Gordo*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas\\_cartesianas](https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_cartesianas)
5. Castillo, M. (2013). *Aspectos Lineales*. Guatemala.
6. Dardon, A. (28 de abril de 2011). *Orden de Corrientes*. Obtenido de <http://www.orden.corrientes.pdf.com>
7. Esquivel, R., & Moreno, A. (2015). *Estudio morfométrico de la cuenca río azul*. Obtenido de Universidad Distrito Francisco José de Caldas. Facultad Tecnologías.
8. Flores, R. (15 de octubre de 2017). *Río Chegüez*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/RíoChegüez>
9. Fortes, Á. (17 de mayo de 2006). *Característica Morfométrica*. Obtenido de [http://www.característica\\_morfometrica.pdf.com](http://www.característica_morfometrica.pdf.com)
10. Fuentes, R. (24 de septiembre de 2017). *Factor de Corrección*. Obtenido de [http://factor de-.corrección.com/definiciones/?spanish\\_word=correction\\_factor](http://factor-de-.corrección.com/definiciones/?spanish_word=correction_factor)

11. García, L. (10 de septiembre de 2017). *Formas menores de relieve*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/formas\\_del\\_relieve\\_menores](https://es.wikipedia.org/wiki/formas_del_relieve_menores)
12. Gil, A. (1999). *Enciclopedia concisa de Guatemala*. Volumen 1. España: Editorial Océano.
13. Gutiérrez, G. (12 de agosto de 2012). *Parte Aguas*. Obtenido de [www.parte\\_aguas.com.pdf](http://www.parte_aguas.com.pdf)
14. Heras, R. (22 de septiembre de 1972). *Manual de Hidrología*. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf>
15. Hidalgo, A. (30 de septiembre de 1994). *Elevación media de la cuenca*. Obtenido de <https://prezi.com/utxkbsxzncqp/metodos-para-el-calculo-de-la-precipitacion-media-en-una-cue/>
16. Horton, E. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology* Geological Society of America Bulletin. U.S.A.
17. Ibañez, I. (1945). *Manual de Hidrología*. Obtenido de Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía
18. Leonel, M. (10 de septiembre de 2017). *Cordilleras de formación reciente*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Relieve\\_terrestre\\_cordilleras](https://es.wikipedia.org/wiki/Relieve_terrestre_cordilleras)
19. López, M. (10 de septiembre de 2017). *Cuenca Hidrográfica*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_Hidrográfica](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_Hidrográfica)
20. Mazariegos, M. (10 de septiembre de 2017). *Aspectos de Relieve*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Relieve\\_terrestre](https://es.wikipedia.org/wiki/Relieve_terrestre)

21. Miler, C. (1953). *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee*. Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR 389-042, Technical Report, 3, Columbia University.
22. Morales, W. (30 de septiembre de 2017). *Longitud media de corrientes*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/longitud/media/corrientes.com>
23. Pellecer, F. (2011). *Curva Hipsométrica*. Obtenido de <https://www.docsity.com/es/curva-hipsometrica-sig-hidrologia/2587428/>
24. Ramírez, O. (15 de julio de 2003). *Factor de Forma*. Obtenido de <https://www.sogeocol.edu.co/documentos/06colo.pdf>
25. Santos, M. D. (2007). *Aspectos de Superficie*. Caracas: Arqi.
26. Schum, S. (1956). *The evolution of drainage systems and slopes in badlands at Pearth Amboy, New Jersey*. Bulletin of the Geological Society of América.
27. Valencia, F. (10 de septiembre de 2017). *Evolución de Relieve*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/evolución\\_de\\_relieve](https://es.wikipedia.org/wiki/evolución_de_relieve)



## X. Anexos

### 1. Cálculos de la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Chegüez

#### Aspectos lineales de la microcuenca

- **Perímetro de la cuenca**

Escala 1:50,000

1cm= 50,000 cm                      137cm \* 0.5= **68.5 km**

1cm= 500 m

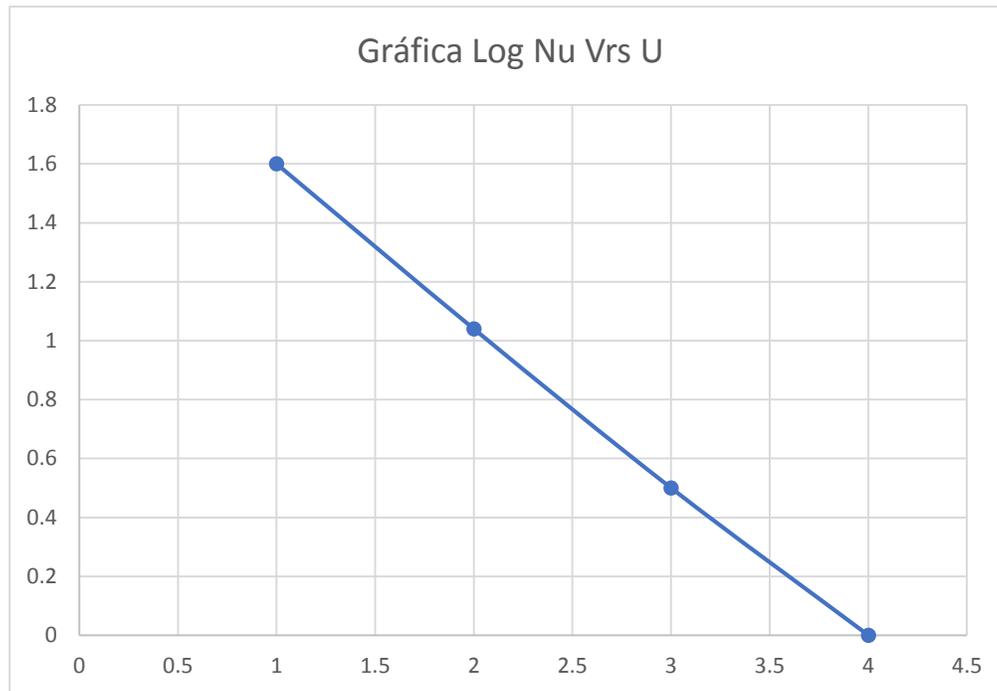
1cm= 0.5 km

El perímetro de la microcuenca del río Chegüez es de 68.5 km.

- **Gráfica Log Nu Vrs u**

Se realizó una gráfica en una hoja de papel milimetrado, colocando en el eje de las abscisas el orden de corrientes (u), y en el eje de las ordenadas el logaritmo de número de corrientes (Nu).

Figura 2. Gráfica de número de corrientes Vrs orden de corrientes.



**Fuente:** Mirón J. (2019).

### Donde

Nu= número de corrientes de orden Nu

U= orden de corriente

- **Radio de bifurcación**

### Fórmula

$$R_{bi} = \frac{Nu}{N(u+1)}$$

$$R_{bi} = 46/11 = 4.18$$

$$R_{bi} = 10.84/3 = \mathbf{3.61}$$

$$R_{bi} = 11/3 = 3.66$$

$$R_{bi} = 3/1 = \underline{\quad}$$

$$\Sigma = 10.84$$

La distribución de corrientes es de 3.5

**Donde**

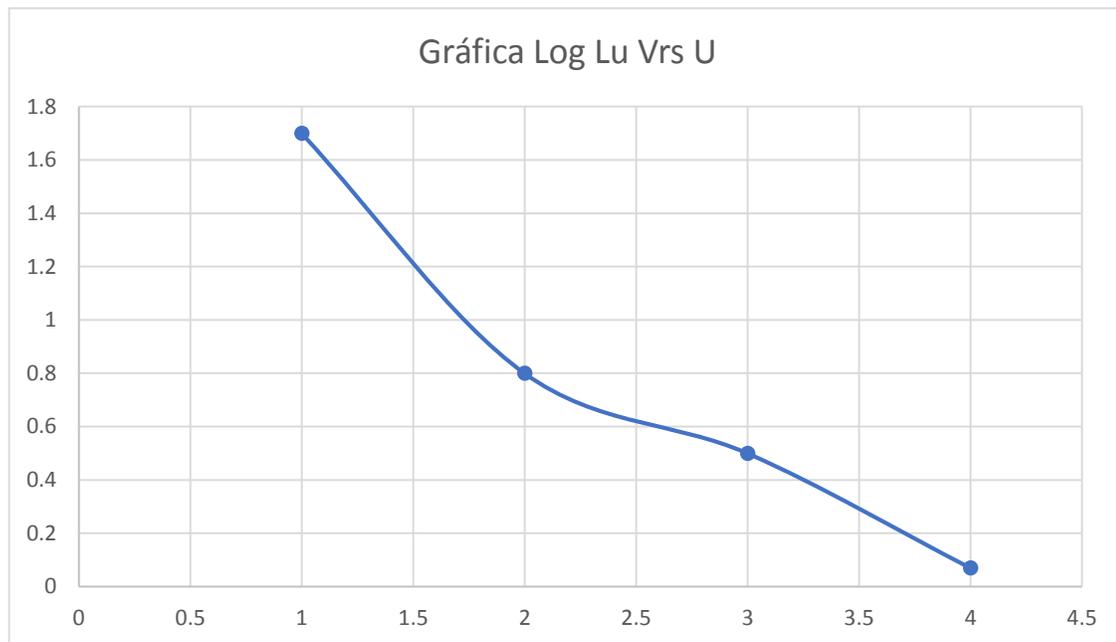
Nu = número de corrientes

N (u+1) = número de corrientes superior siguiente

- **Gráfica Log Lu Vrs U**

Se realizó la gráfica colocando en el eje de las abscisas el orden de corrientes (u) y en el eje de las ordenadas el logaritmo de longitud media de corrientes (Lu), para elaborar la gráfica se utilizó una hoja de papel milimetrado.

Figura 3. Gráfica de longitud media de corrientes Vrs orden de corrientes.



**Fuente:** Mirón J. (2019).

- Longitud media de corrientes ( $\overline{Lu}$ )

### Fórmula

$$\overline{Lu} = (La / Ntc)$$

$$\overline{Lu} = 102.6/61 = 1.7$$

$$\overline{Lu} = 49.1/61 = 0.8$$

$$\overline{Lu} = 29.15/61 = 0.5$$

$$\overline{Lu} = 4.3/61 = \underline{0.07}$$

$$\Sigma = 3.02$$

### Donde

La= longitud acumulada de corrientes

Ntc= número total de corrientes

- Radio de longitud medio (RIm)

### Fórmula

$$RIm = \Sigma \{ \overline{Lu} / \overline{Lu} (u-1) \} \div N$$

$$RIm = 4.3/9.71 = 0.44 \text{ km}$$

$$RIm = 4.61 \text{ km}/3 = \mathbf{1.53 \text{ km}}$$

$$RIm = 9.71/4.46 = 2.17 \text{ km}$$

$$RIm = 4.46/2.23 = \underline{2 \text{ km}}$$

$$\Sigma = \mathbf{4.61}$$

**Donde**

$\bar{L}_m$  = Lu longitud media de corrientes

$L_{u-1}$  = Longitud de corrientes de orden u inferior siguiente

- **Longitud acumulada de corrientes (La)**

**Fórmula** propuesta por Ibañez (1945).

$$La = \bar{L}_u * U_n$$

$$La = 2.23 * 46 = 102.58$$

$$La = 4.46 * 11 = 49.06$$

$$La = 9.71 * 3 = 29.13$$

$$La = 4.3 * 1 = \underline{4.3}$$

$$\Sigma = 185.07 \text{ km}$$

**Donde**

$\bar{L}_u$  = longitud media de corrientes de orden u

$U_n$  = número de corrientes de orden u

## 2. Aspectos de superficie

- **Área de la cuenca**

100 cm<sup>2</sup> ----- 0.8559 g

x----- 2.6474 g

Donde el área=  $\frac{2.6474 * 100 \text{ cm}^2}{0.8559 \text{ g}} = \mathbf{309.31 \text{ cm}^2}$

Escala 1:50,000

1cm= 50,000 cm

1cm= 500 m

1cm= 0.5 km

0.5km \* 0.5 km = 0.25 km<sup>2</sup>

309.31 cm<sup>2</sup> \* 0.25 km<sup>2</sup> = **77.32 km<sup>2</sup>**

Como resultado de la regla de tres se obtuvo el área en cm<sup>2</sup>, esto se convirtió a kilómetros cuadrados de acuerdo a la escala 1:50,000. El área en cm<sup>2</sup> se multiplicó por 0.25 km<sup>2</sup> y da como resultado el área de la microcuenca de **77.32 km<sup>2</sup>**.

- **Relación de forma**

### Fórmula

Rf= Ak / Lc<sup>2</sup>

Rf= 77.32 km<sup>2</sup> / (38.75 km)<sup>2</sup>

**Rf= 0.05**

**Donde**

Ak= área de la cuenca

Lc<sup>2</sup>= longitud del cauce principal al cuadrado.

La relación de forma es de 0.05 lo que da a conocer que es una cuenca alargada y el agua evacua rápido.

- **Relación circular**

La relación circular se calculó por medio de la fórmula propuesta por Miller (1953).

**Fórmula**

$R_c = A_k / A_c$

$R_c = 77.32 \text{ km}^2 / 373.25$

**$R_c = 0.207$**

**Donde**

Ak=área de la cuenca

Ac= área de un círculo con perímetro igual a la cuenca.

Se calculó el área del círculo con perímetro igual a la cuenca, y se utilizaron las siguientes fórmulas.

**Cálculo del radio (r)****Fórmula**

$$r = P \div 2 * \pi$$

$$r = 68.5 \text{ km} / 2 * \pi$$

$$r = 10.90$$

**Donde**

P= perímetro de la cuenca

$2 * \pi =$  (2 veces el valor de pi (3.1416))

**Cálculo de área de un círculo con perímetro igual a la cuenca. (Ac)****Fórmula**

$$Ac = \pi \cdot r^2$$

$$Ac = \pi (10.90)^2$$

$$Ac = \mathbf{373.25 \text{ km}^2}$$

**Donde**

$$\pi = 3.1416$$

$r^2 =$  radio al cuadrado

- **Radio de elongación**

Para calcular el radio de elongación, se utilizó la siguiente fórmula.

**Fórmula**

$$Re = Dc \div Lc$$

$$Re = 21.8/38.75$$

$$Re = \mathbf{0.56}$$

$$r = Pcr/2\pi$$

$$r = 68,500 \text{ m} / 2 \pi$$

$$r = 10,902.11 \text{ m}$$

$$Dc = 21.80$$

**Donde**

Dc= diámetro de un círculo de área igual a la cuenca.

Dc= El diámetro de un círculo de área igual al de la cuenca se calculó utilizando la siguiente fórmula.  $Dc = \sqrt{4 Ak / \pi}$  la fórmula se despeja de  $A = (\pi D^2 / 4)$

Lc= longitud del cauce principal.

- **Densidad de drenaje**

La densidad de drenaje se calculó con la siguiente fórmula.

**Fórmula**

$$D = La / Ak$$

$$D = 185.07 \text{ km} / 77.32 \text{ km}^2$$

$$D = \mathbf{2.393 \text{ km de río}}$$

**Donde**

La= longitud acumulada de corrientes

Ak= área de la cuenca

- **Frecuencia o densidad de corrientes**

La densidad de corrientes se calculó con la siguiente fórmula.

**Fórmula**

$$F_c = N_{tc} / A_k$$

$$F_c = 61 \text{ corrientes} / 77.32 \text{ km}^2$$

$$F_c = \mathbf{0.788 \text{ corrientes} / \text{km}^2}$$

**Donde**

N<sub>tc</sub>= número total de corrientes

A<sub>k</sub>= área total de la cuenca

### 3. Aspectos de relieve

- **Pendiente media de la cuenca (Sc)**

La pendiente media de la cuenca se calculó por medio del método Alvord con la siguiente fórmula.

#### **Fórmula**

$$Sc = D \times Ltc / Ak = * 100$$

$$Sc = 0.1 \text{ km} * 54.85 \text{ km} / 77.32 \text{ km}^2$$

$$Sc = 0.0709 * 100\%$$

$$Sc = \mathbf{7.09\%}$$

Por cada 100m horizontal se eleva 7.09 m, siendo una microcuenca suave.

#### **Donde**

D= diferencia vertical entre curvas de nivel (km)

Ltc= longitud total de curvas a nivel dentro de la cuenca (km)

Ak= área total de la cuenca (km<sup>2</sup>)

100= coeficiente

- **Pendiente del cauce principal**

La pendiente del cauce principal se determinó por medio del método analítico. Utilizando la siguiente fórmula.

#### **Fórmula**

$$Scp = \frac{\Delta H * 100}{Lc}$$

Lc

$$Scp = (800 \text{ m} - 100 \text{ m}) / (38.75 \text{ km} * 1000) * 100\%$$

$$Scp = 1.806\%$$

### Donde

$\Delta H$ = diferencia de nivel entre la curva más alta y la más baja del cauce principal (km)

$L_c$ = longitud o distancia horizontal del cauce principal (km)

- **Coeficiente de relieve (Rh)**

El coeficiente de relieve se calculó con la siguiente fórmula según Ibañez (1945).

### Fórmula

$$Rh = \frac{\Delta h}{1000 \times Ltc}$$

$$Rh = (800 \text{ m} - 100 \text{ m}) / (1,000 * 54,850 \text{ m})$$

$$Rh = 1.28^{-5}$$

### Donde

$\Delta h$ = diferencia de elevación entre el punto de aforo y el punto más alto en el perímetro de la cuenca. (m)

$Ltc$ = longitud total de las curvas dentro de la cuenca. (m)

1000= coeficiente

- **Coeficiente de robustez (Rr)**

El coeficiente de robustez se calculó por medio de la siguiente fórmula.

**Fórmula**

$$Rr = \frac{\Delta h \times D}{1000}$$

$$Rr = (800 \text{ m} - 100 \text{ m}) * (100 \text{ m}) / 1,000$$

$$Rr = \mathbf{70}$$

**Donde**

$\Delta h$ = diferencia de elevación entre la curva más alta y más baja. (m)

D= intervalo entre curvas a nivel. (m)

1000= coeficiente

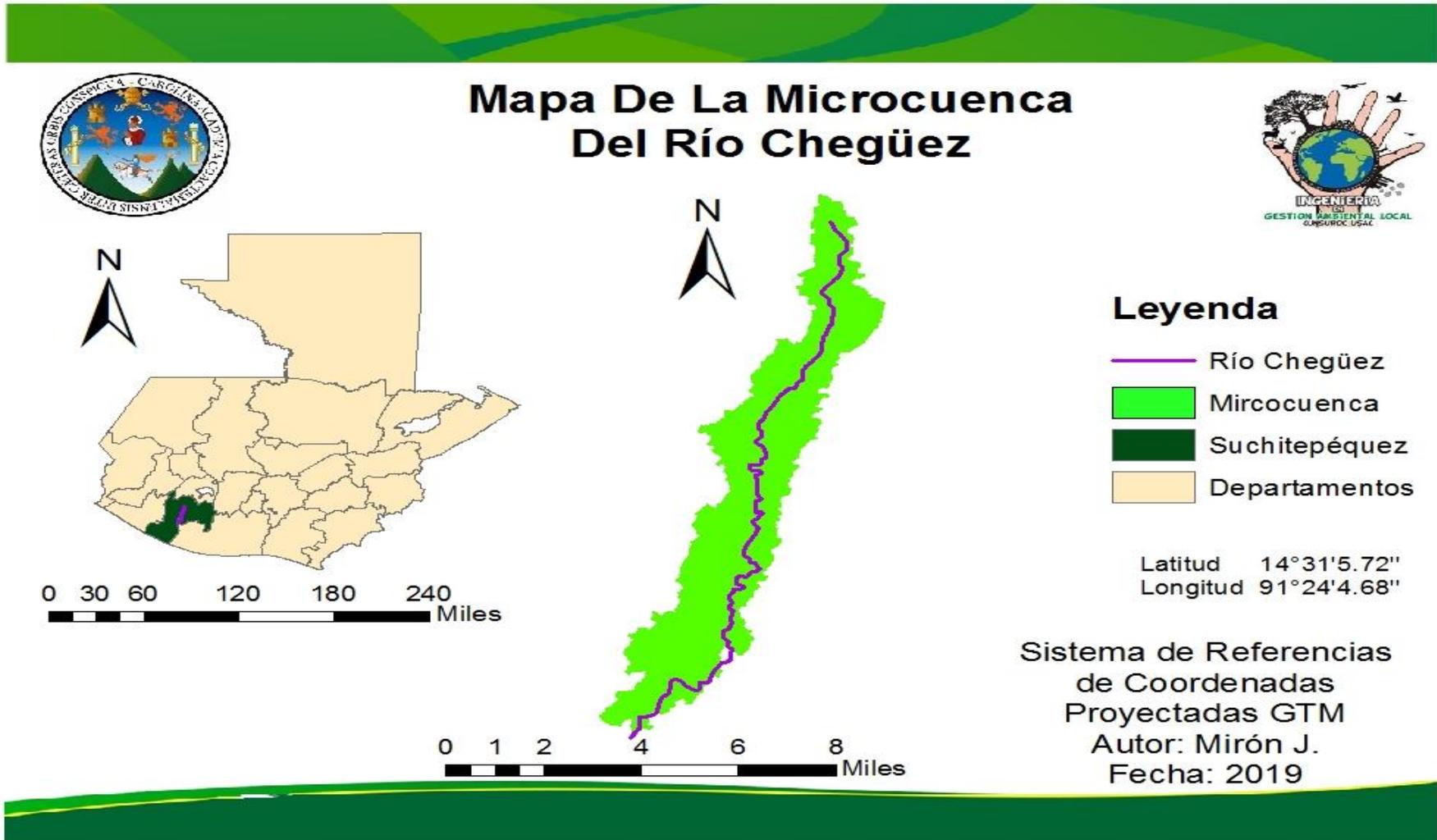


Figura 5. Mapa de la microcuenca del río Chegüez.

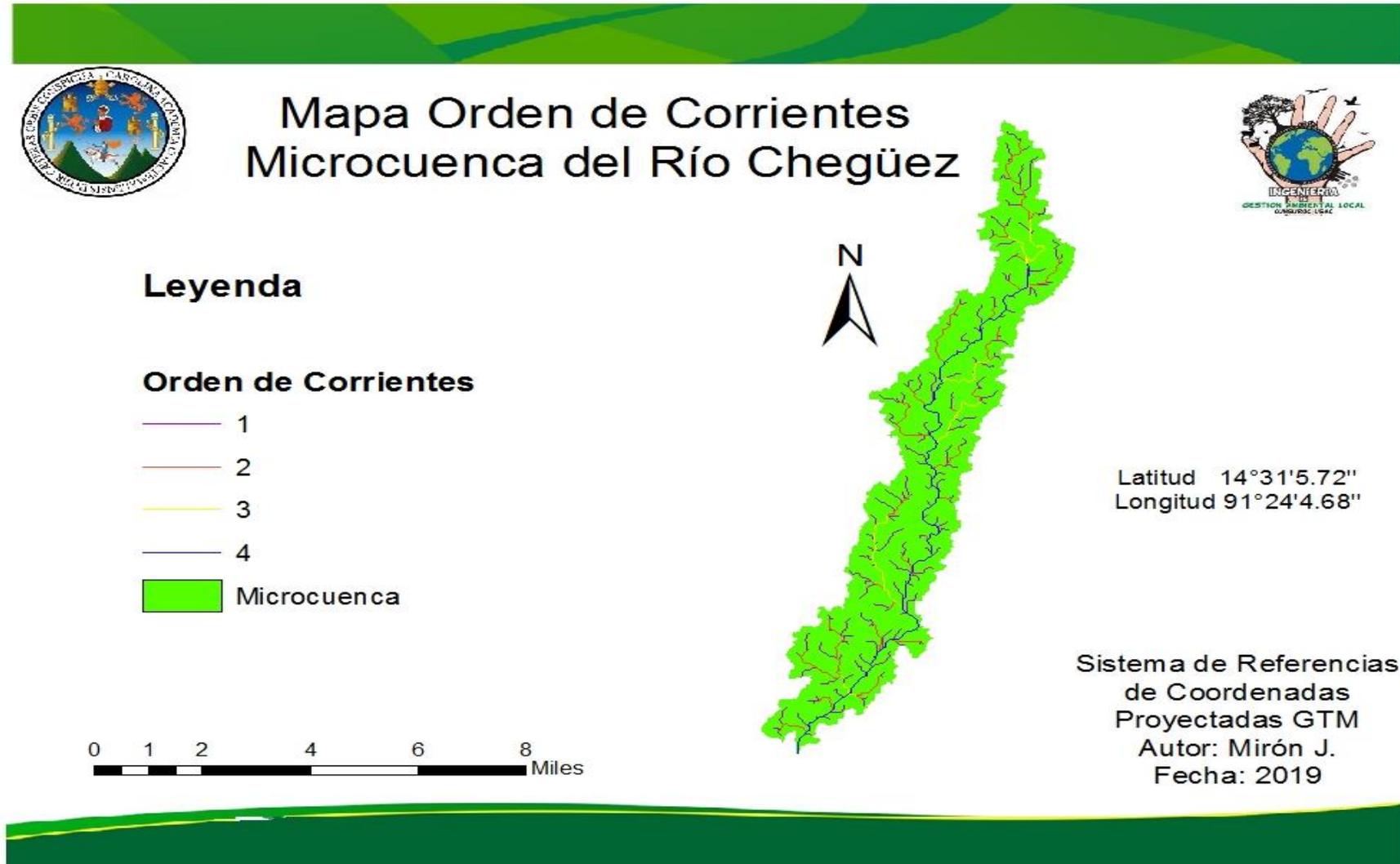


Figura 6. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca del río Chegüez.

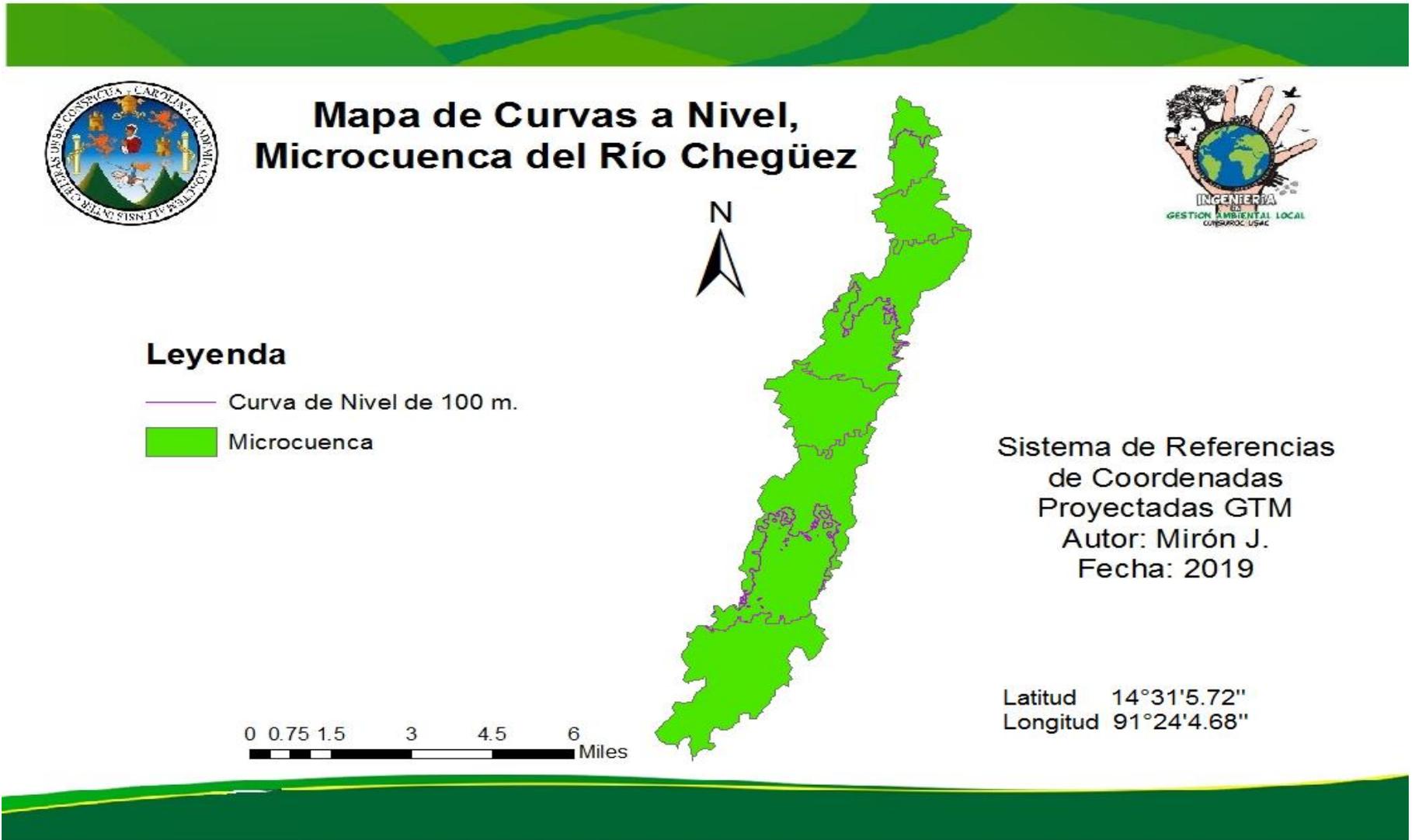


Figura 7. Mapa de curvas a nivel de la microcuenca del río Chegüez.



# Plan de Medidas Ambientales Para la Preservación de la Microcuenca del Río Chegüez

**Jaqueline Nayelli Mirón Reyes**  
CARNÉ 201541562  
CUI 3221 47077 1001

## ÍNDICE

Contenido	Página
I. Resumen .....	60
II. Introducción .....	61
III. Planteamiento del problema .....	62
IV. Objetivos .....	63
V. Descripción general de Finca Palo Gordo .....	64
VI. Plan de medidas ambientales para la preservación de la microcuenca del río Chegüez .....	65
6.1. Reforestación en la ribera del río Chegüez en la zona de Finca Palo Gordo.....	65
6.2. Capacitaciones o Asistencia Técnica .....	69
Metodología .....	70
6.2.6.1. Consecuencias de la Contaminación .....	71
6.2.6.2. Aumento de enfermedades de transmisión por el agua .....	72
6.2.6.3. Pérdida de la biodiversidad .....	72
6.2.6.4. Problemas de salud en los humanos .....	73
6.2.6.5. Efectos negativos en el crecimiento de las plantas .....	73
6.2.6.6. Cuidado del Agua .....	74
6.3. Trabajo comunitario.....	77
VII. Conclusiones .....	80
VIII. Recomendaciones.....	81
IX. Referencias bibliográficas .....	82
X. Anexos .....	84
Tabla 4 Lista de Chequeo .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Materiales utilizados en la reforestación de la ribera del río Chegüez.....	66
2. Materiales para la realización de capacitaciones.....	69
3. Materiales para el trabajo comunitario.....	77
4. Lista de Chequeo.....	84

## I. Resumen

Ingenio Palo Gordo es una empresa Agrícola Industrial que se encarga de la producción de azúcar, energía eléctrica y alcohol, la planta industrial se encuentra ubicada en Guatemala, en el kilómetro 142.5 carretera al pacífico, en el municipio de San Antonio, Suchitepéquez.

Dentro de las fincas del Ingenio se encuentra la Finca Palo Gordo con un área de 462.4 has y una longitud de 14.16 km, lugar donde atraviesa el río Chegüez, río que suministra de agua a Ingenio Palo Gordo en los diferentes procesos realizados.

El plan de medidas ambientales está enfocado a los resultados obtenidos de la investigación realizada, teniendo como objetivo general, caracterizar morfométricamente la microcuenca del Río Chegüez.

Los resultados obtenidos indicaron que es una microcuenca muy alargada, quebrada, es bien drenada y no tiene problemas de inundaciones debido a que evacúa rápidamente el agua superficial, con un factor de forma de 0.05, la longitud total del río Chegüez es de 38.75 km, su longitud media de corrientes 3.02 km, el radio de elongación 0.56, la densidad de drenaje 2.393 río/ km<sup>2</sup> y un coeficiente de relieve de  $1.28^{-5}$ .

La Finca Palo Gordo cuenta con un suelo franco arcilloso, la zona de vida es catalogada como Bosque muy húmedo subtropical cálido.

## II. Introducción

Las medidas ambientales están en función del cuidado y la preservación de los recursos naturales de la microcuenca, planificándose de forma integral tanto: en la parte alta, parte media y parte baja de la microcuenca del río Chegüez, haciéndose necesaria la inclusión de los comunitarios que residen en Finca Palo Gordo y entidades gubernamentales.

La Finca Palo Gordo cuenta con un área total de 642.4 ha y un perímetro de 14.16 km lineales.

El Río Chegüez pasa en medio de la Finca Palo Gordo, río que es utilizado para los diferentes procesos realizados en la Planta Principal de Ingenio Palo Gordo el cual es necesaria la preservación del recurso hídrico ya que es quien suministra al Ingenio de agua.

De acuerdo a las condiciones biofísicas y la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Chegüez, la microcuenca es de forma alargada con una pendiente de 7.09%, evacuando rápidamente el agua superficial sin problemas de inundación.

Las medidas ambientales que contiene el plan son; reforestación en la ribera del río, capacitaciones enfocadas al cuidado del ambiente y la preservación de los recursos naturales de la microcuenca y trabajo comunitario para evitar la contaminación del río Chegüez.

La importancia del plan de medidas ambientales se enfoca a la preservación de los recursos naturales como; agua, flora y fauna de la Finca Palo Gordo.

### III. Planteamiento del problema

El río Chegüez, nace en el municipio de San Pablo Jocopilas en Aldea Chicolá con el nombre de Canopiyá, y se dirige hacia el sur, al pasar por Aldea Chegüez toma este nombre, sigue su curso y atraviesa de norte a sur la Finca Palo Gordo, a su paso por la finca abastece de agua para el riego de plantaciones de caña de azúcar y para el proceso industrial que realiza el Ingenio Palo Gordo ubicado dentro de la misma finca. Luego continúa hacia el sur atravesando varias fincas y desemboca en el río Nahualate.

Las aguas del río Chegüez son importantes para las fincas y comunidades ubicadas dentro de la microcuenca y se corre el riesgo que el río disminuya su caudal debido a varias actividades humanas que se realizan dentro de la microcuenca como; la contaminación, deforestación, los cambios en el paisaje y el crecimiento poblacional, los propietarios, empleados, dirigentes de la finca y el Ingenio Palo Gordo están conscientes de tal problema y conocedores de la normativa.

La normativa de agua en fábrica y manejo de aguas residuales, establecida por la Asociación de Azucareros de Guatemala -ASAZGUA-, en su capítulo siete; indica que se debe establecer un sistema de monitoreo de la cantidad y calidad de agua basado en una caracterización anual de afluentes del Río Principal, siendo para Ingenio Palo Gordo el Río Chegüez.

Han decidido dirigir esfuerzos para realizar estudios sobre la microcuenca del río Chegüez y establecer un plan de medidas ambientales en las actividades agrícola e industrial que realizan en la finca.

Sin embargo, el Ingenio no realizó en el 2018 la caracterización del afluente, teniendo así mala calificación gremial por parte de -ASAZGUA-, por lo cual se hace necesario realizar la investigación, así mismo Ingenio Palo Gordo es una empresa responsable con el cuidado del medio ambiente el cual es necesario determinar medidas ambientales para la preservación del recurso hídrico que proporciona el Río Chegüez.

## **IV. Objetivos**

### **General**

- Diseñar un plan de medidas ambientales para ser ejecutado en Finca Palo Gordo y así preservar los recursos naturales de la microcuenca.

### **Específicos**

- Establecer medidas ambientales para la preservación del recurso hídrico, la flora, la fauna y mejorar el ambiente en la microcuenca del río Chegüez.
- Detallar en el plan de medidas ambientales para la preservación de la microcuenca del río Chegüez la metodología pertinente.

## V. Descripción general de Finca Palo Gordo

La Finca Palo Gordo se encuentra ubicada en el kilómetro 142,5 en el municipio de San Antonio Suchitepéquez, tiene un área de 467.4 ha<sup>2</sup>, con un perímetro de 14.16 km y un caudal de 18.08 m<sup>3</sup>/s. Finca donde se realiza fertirriego por aspersión el cual consiste en la mezcla de la melaza con el agua residual.

Ingenio Palo Gordo es una empresa Agroindustrial que se encarga de la producción de azúcar el cual se centra en el Corte, Alce y Transporte -CAT-, siendo el proceso utilizado en el área Agrícola, necesitando de fincas para la siembra de la caña de azúcar, siendo una de ella la Finca Palo Gordo, tiene un suelo franco arcilloso con poca vegetación debido al uso que le tienen a la finca, las coordenadas son las siguientes: latitud 14°30'3.97 N y de longitud 91°23'53.02 O.

El Río Chegüez pasa en medio de la Finca Palo Gordo, río que es utilizado para los diferentes procesos realizados en la Planta Principal de Ingenio Palo Gordo el cual es necesaria la preservación del recurso hídrico ya que es quien suministra al Ingenio de agua.

La flora del lugar corresponde a árboles nativos maderables como: (*Hevea brasiliensis*) hule, (*Calycophyllum multiflorum*) palo blanco, (*Cedrela Sp*) cedro y (*Ceiba pentandra*) ceiba, la finca también cuenta con árboles frutales como lo son: (*Mangifera*) mango y (*Cocos nucifera*) coco.

Dentro de la fauna se encuentran los roedores como taltuzas (*Geomyidae*), ratas (*Rattus*), armado (*Dasypodidae*), así mismo se encuentran reptiles como la iguana verde (*Iguana*), cutete (*Corytophanes*), animales mamíferos como el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), caballo (*Equus ferus caballus*), vaca (*Bos Taurus*) y animales domésticos como perro (*Canis lupus*), pollos (*Gallus gallus domesticus*)

## **VI. Plan de medidas ambientales para la preservación de la microcuenca del río Chegüez**

### **6.1. Reforestación en la ribera del río Chegüez en la zona de Finca Palo Gordo**

#### **6.1.1. Introducción**

Planificación y gestión de reforestación realizada en la ribera del río Chegüez, se realizará la siembra de pilones en los límites de la Finca Palo Gordo, abarcando 7.13 km lineales en ambos lados de la ribera del río, reforestando así un total de 14.26 km lineales.

#### **6.1.2. Objetivos**

- **General**

Reforestar la ribera del río Chegüez, sembrando 7.2 km lineales en los límites de la Finca Palo Gordo.

- **Específico**

Sembrar 4,720 árboles en la ribera del río Chegüez abarcando 14.2 km lineales de la Finca Palo Gordo.

### 6.1.3. Materiales y métodos

#### Materiales

Tabla 1 Materiales utilizados en la reforestación de la ribera del río Chegüez

No.	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1	Pilones de plantas	4,720	Q25.00	Q118,000.00
2	Libreta de campo	1	Q3.00	Q3.00
3	Cinta métrica	1	Q85.00	Q85.00
4	Machete	10	Q35.00	Q350.00
5	Piocha	10	Q50.00	Q500.00
6	Azadón	10	Q40.00	Q400.00
7	Rastrillo	10	Q40.00	Q400.00
8	Transporte	4	Q200.00	Q800.00
<b>Total</b>			<b>Q478.00</b>	<b>Q120,538.00</b>

#### Metodología

Se gestionarán los pilones con el Instituto de Cambio Climático -ICC-, ellos cuentan con un vivero forestal en Granja Zahorí, ubicado en Cuyotenango Suchitepéquez. Los árboles serán sembrados en la ribera del río Chegüez en los límites de la Finca Palo Gordo de ambos lados, reforestando un total de 14.26 km lineales.

Las actividades que se deberán de realizar para la reforestación son las siguientes; limpieza del área, transporte de los árboles en pilón, ahoyado en el suelo y siembra de árboles, siendo responsables de la mano de obra los colaboradores de Ingenio Palo Gordo.

La reforestación se llevará a cabo en los meses de junio y julio para aprovechar las lluvias y así darle mayores posibilidades de sobrevivencia a los árboles sembrados.

Ingenio Palo Gordo prestará a los colaboradores del área agrícola para la ejecución de la reforestación.

La reforestación deberá de trabajarse de una forma integral, ya que es necesario que se involucren todos los vecinos de las comunidades beneficiadas, empresas privadas como Ingenio Palo Gordo, entes Gubernamentales principalmente el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales-MARN- y el Instituto de Cambio Climático -ICC-, de esa manera se estará preservando los recursos naturales de la microcuenca del río Chegüez.

Las especies utilizadas para la reforestación serán; (*Attalea rostrata*) Corozo, (*Terminalia oblonga*) Gayabo, (*Enterolium cyclocarpum*) Conacaste, (*Tabebuia donnell smithii*) Palo Blanco, (*Andira inermis*) Almendro de Monte.

Se reforestará un total de 14,160 metros lineales en la ribera del río Chegüez con una distancia de tres metros entre cada árbol, sembrando así un total de 4,720 árboles.

#### **6.1.4. Evaluación de resultados**

##### **6.1.4.1. Limpieza de la maleza**

Es necesario limpiar el área de la reforestación a cada mes para evitar el daño de las malezas, estas se manifiestan de varias formas y afecta diversos procesos agrícolas. Las malezas causan sus daños debido a:

- La competencia con las plantas cultivables por los nutrientes, el agua y la luz.
- Creación de hábitat favorable a la proliferación de otras plagas nocivas (artrópodos, ácaros y patógenos) al servir de hospederos de las mismas.
- Interferencia del proceso normal de la siembra.

##### **6.1.4.2. Abono**

Es importante que todas las plantas contengan los siguientes 13 elementos.

- **Macroelementos:** Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).
- **Microelementos:** (toman pequeñas cantidades): Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Boro (B) y Cloro (Cl).

Es necesario que se abonen las plantas cuando empiezan a desarrollarse con mayor vigor (primavera) es el momento de empezar a fertilizarlas.

#### **6.1.4.3. Riego**

La reforestación se llevará a cabo en los meses de junio y julio para aprovechar las lluvias y así darle mayores posibilidades de sobrevivencia a los árboles sembrados.

#### **6.1.5. Recomendaciones**

- Es necesario gestionar los árboles con entidades gubernamentales para reducir costos en la realización del proyecto.
- Los árboles deberán ser sembrados a cada tres metros en la ribera del río Chegüez.
- Es importante que se abonen las plantas para tener un mejor desarrollo.

## 6.2. Capacitaciones o Asistencia Técnica

### 6.2.1. Introducción

Se deberán de llevar a cabo capacitaciones sobre educación ambiental y la preservación de los recursos naturales de la microcuenca del río Chegüez. Serán impartidas para los comunitarios de Finca Palo Gordo y del Ingenio.

### 6.2.2. Objetivos

- **General**

Sensibilizar a la población con capacitaciones sobre educación ambiental y preservación de los recursos naturales.

- **Específicos**

Evidenciar las consecuencias que afectan los recursos naturales de la microcuenca del río Chegüez.

### 6.2.3. Materiales y métodos

#### Materiales

Tabla 2 Materiales para la realización de capacitaciones

No.	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Computadora	1	Q2,500.00	Q2,500.00
2	Cañonera	1	Q5,000.00	Q5,000.00
3	Material de apoyo (Pocket)	100	Q3.00	Q300.00
4	Coffee Breack	100	Q10.00	Q1,000.00
<b>Total</b>			<b>Q7,513.00</b>	<b>Q8,800.00</b>

## **Metodología**

Se desarrollarán programas de capacitaciones a los comunitarios de la Finca Palo Gordo y a los colaboradores del Ingenio, donde se les estará dando a conocer temas relacionados con la educación ambiental y sobre la preservación de los recursos naturales de la microcuenca del río Chegüez, haciéndoles conciencia sobre la problemática de la escasez futura del agua en caso de que no se realice ninguna medida de mitigación.

Se investigarán métodos efectivos para involucrar la participación de los comunitarios, particularmente de los sectores de la Finca Palo Gordo, se involucrará la participación de entes gubernamentales, no gubernamentales, académicos, grupos de investigación, organizaciones internacionales, industrias y empresas privadas, con el fin de transmitir e intercambiar información, adquiriendo patrocinio y experiencias relacionadas con el recurso hídrico.

Dándole seguimiento a las capacitaciones será necesario que el encargado del área de Gestión Ambiental de Ingenio Palo Gordo sea quien realice las próximas capacitaciones.

### **6.2.4. Evaluación de resultados**

Será necesario realizar preguntas al culminar las capacitaciones para evidenciar que se está concientizando a las personas.

### **6.2.5. Recomendaciones**

- Es importante realizar una visita a la Finca Palo Gordo con los comunitarios para realizar personalmente la invitación a la capacitación y así tener el apoyo de los vecinos.
- Es necesario elaborar material de apoyo de acuerdo a las personas que estarán como espectadores.
- Se debe realizar material de apoyo como Pockets que contengan resumido el tema que se estará dando a conocer en la presentación.

## **6.2.6. Temas**

### **6.2.6.1. Consecuencias de la Contaminación**

Las consecuencias de la contaminación ambiental afectan gravemente la salud humana, la salud animal, los bosques y vegetación, y el ambiente en general. (Villena, 2003)

Los efectos de la contaminación son bastante amplios. Todos los tipos de contaminación son: aérea, acuática y terrestre, teniendo un impacto en el ambiente.

Los efectos de la contaminación en organismos vivientes pueden incluir desde malestares menores hasta enfermedades más serias, como cáncer o deformidades físicas. La contaminación ocurre cuando los contaminantes afectan los ambientes naturales, lo que genera cambios que inciden de manera negativa en los estilos de vida. (Villena, 2003)

Los contaminantes son los elementos o componentes principales de la contaminación, y generalmente son materiales de desecho en distintas formas.

La contaminación perturba al ecosistema y al balance del ambiente. Con la modernización y el desarrollo actual, la contaminación ha alcanzado su punto máximo; el calentamiento global y las enfermedades que se relacionan con la contaminación, van en alza. (Villena, 2003)

La contaminación ocurre de diferentes maneras: puede afectar al agua, al aire, a la tierra, puede ser radioactiva y sónica, entre otras.

Algunas causas de contaminación son más fáciles de identificar, monitorear y manejar, mientras que otras fuentes son más difíciles de controlar.

### **6.2.6.2. Aumento de enfermedades de transmisión por el agua**

La contaminación del agua es la causa principal de varias enfermedades de transmisión acuática. (Santisteban, 1998)

Las aguas residuales de las industrias y las aguas de desperdicio de las casas se mezclan, sin ser tratadas, en los cuerpos de agua. Esto es bastante común en los países en desarrollo.

Esta violación de los parámetros contamina el agua. Consecuentemente, muchas bacterias dañinas crecen en el agua. Además, el desperdicio químico, las aguas residuales de la agricultura y los derrames petroleros también contaminan el agua. (Santisteban, 1998)

La mayoría de las afecciones relacionadas con las bacterias son consideradas enfermedades de transmisión por el agua. (Santisteban, 1998)

Entre éstas se incluyen la tifoidea, el desorden intestinal, la infección en los riñones, los problemas urinarios y los desórdenes de excreción, entre otras.

### **6.2.6.3. Pérdida de la biodiversidad**

La pérdida de biodiversidad es una de las mayores amenazas en el mundo. Se teme que, si varias especies continúan extinguiéndose al mismo ritmo en el que lo hacen hoy en día, llegará un día en el que los humanos tendrán que enfrentarse a un escenario con muy poca biodiversidad.

Debe de ser una prioridad mantener la biodiversidad, lo que se traduce en mantener la variedad de vida tan amplia como sea posible. (Ramírez, 2002)

Cientos de seres vivos y plantas han sido extinguidos de la Tierra porque la contaminación de su ambiente hizo imposible su existencia en el planeta. (Ramírez, 2002)

#### **6.2.6.4. Problemas de salud en los humanos**

La Tierra es la razón por la cual los humanos son capaces de sustentarse a sí mismos, por lo que la contaminación de la misma tiene graves consecuencias para la salud. (Morán, 2000)

Los cultivos y las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben mucha de esa contaminación, y luego la pasan a los humanos y animales que los consumen.

La exposición a largo plazo de dichos suelos puede afectar la información genética de los individuos, causando enfermedades congénitas y problemas de salud crónicos que no pueden ser curados fácilmente. (Morán, 2000)

De hecho, pueden enfermar al ganado hasta un punto considerable y pueden causar intoxicación alimentaria en un período de tiempo.

Se estima que más del 70% de los contaminantes del suelo son cancerígenos por naturaleza, lo que aumenta la probabilidad de que los humanos expuestos al suelo contaminado desarrollen cáncer. (Morán, 2000)

Los contaminantes del suelo también pueden causar enfermedades de la piel, desórdenes del sistema nervioso central y bloqueo muscular.

#### **6.2.6.5. Efectos negativos en el crecimiento de las plantas**

El balance ecológico de cualquier sistema se ve afectado debido a la contaminación del suelo. La mayoría de las plantas son incapaces de adaptarse cuando la química del suelo cambia radicalmente en un corto período de tiempo. (Suarez, 2016)

Las bacterias y los hongos encontrados en la tierra comienzan a desaparecer, lo que crea un problema adicional de erosión de suelo.

Poco a poco la fertilidad disminuye, haciendo que los suelos sean inadecuados para la agricultura y para que sobreviva cualquier vegetación. (Suarez, 2016)

La contaminación del suelo causa que grandes extensiones de tierra se conviertan en escenarios peligrosos para la salud; dicha tierra no puede soportar la mayoría de las formas de vida. (Suarez, 2016)

La contaminación de los suelos incluso puede llevar a hambrunas generalizadas, si las plantas son incapaces de crecer en éstos.

#### **6.2.6.6. Cuidado del Agua**

Guatemala es un país rico en naturaleza, lamentablemente se ha deteriorado por el mal uso de sus recursos y uno de ellos es el agua, que cada vez se contamina más y la escasez de esta se incrementa. En Guatemala existen decretos y políticas para el cuidado y tratamiento del agua y a pesar de que hay entes encargados de verificar que esto se cumpla no hay casos registrados o de los cuales se tenga visibilidad en donde se dé seguimiento a estas leyes. (Ordoñez, 2016)

El decreto 236-2006 es un reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, en este decreto no se definen de forma concreta y específica las sanciones que incurrirán los infractores. En Guatemala es necesario no solo tener reglas, leyes y decretos sino también velar porque estas se cumplan, ya que el mayor problema no es que existan documentos que digan que hacer, sino que se haga lo que en los documentos dice. (Ordoñez, 2016)

Para lograr salvar el recurso del agua en nuestro país, deberá ser un compromiso nacional, donde se haga conciencia de la importancia que tiene el agua no solo para Guatemala, sino a nivel mundial, ya que el agua es un recurso muy importante que aporta mucho a la economía del país.

Según la Secretaria de Planificación y Programación de la presidencia de la Republica (2006), considera el agua como un recurso estratégico para el desarrollo del país, se afirma que el país cuenta con recursos hídricos suficientes, pero en los

últimos años se ha logrado visualizar una crisis por escasez de agua o exceso de contaminación.

Contribución del agua a la economía guatemalteca. El recurso del agua es muy importante para el desarrollo del país ya que buena parte del sector industrial y agroindustrial también demandan, consumen y disponen al ambiente cantidades importantes de agua; esto incluye una variada producción artesanal. Otro ingreso importante para el país es el turismo, este también se convierte en un serio demandante de agua, en cantidad y calidad. (Ordoñez, 2016)

Según el informe ambiental del Estado de Guatemala 2009, tiene un capital hídrico mayor

a los 97 mil millones de metros cúbicos de los cuales la demanda es del 77% para el riego agrícola, 16% uso doméstico y 7% para uso industrial y otras actividades estos resultados fueron revelados en un estudio realizado en el 2006.

#### **Acuerdo Gubernativo No. 236-2006**

El acuerdo gubernativo No. 236-2006, es un reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, donde su objetivo es el de establecer criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos, permitiendo así los siguientes puntos: (Gubernativo, 2006)

- Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.
- Los parámetros para aguas residuales y valores de descarga a cuerpos receptores

Artículo 60. Aplicación de Sanciones. Las infracciones a este Reglamento darán lugar a la aplicación de cualesquiera de las sanciones establecidas en la Ley de

Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, según el grado de incumplimiento de límites máximos permisibles observando:

La omisión del cumplimiento de alguno de los requerimientos establecidos en el Artículo 6 del presente reglamento, dará lugar a que el Ministerio de Ambiente y de Recursos Naturales, de conformidad con lo estipulado en el artículo 29, 31 y 34 de la Ley de la Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente, inicie el proceso administrativo correspondiente. (Gubernativo, 2006)

### 6.3. Trabajo comunitario

#### 6.3.1. Introducción

Se realizará un diagnóstico ambiental en Finca Palo Gordo utilizando una lista de chequeo para hallar necesidades y sitios de contaminación provocado por los comunitarios, afectando principalmente los recursos naturales como; agua, flora y fauna de la microcuenca del río Chegüez.

#### 6.3.2. Objetivos

- **General**

Diagnosticar la Finca Palo Gordo y evidenciar cualquier tipo de contaminación realizado por los comunitarios.

- **Específicos**

Detallar los principales problemas ambientales obtenidos del diagnóstico de la Finca Palo Gordo que damnifique los recursos naturales de la microcuenca del río Chegüez.

#### 6.3.3. Materiales y métodos

##### Materiales

Tabla 3 Materiales para el trabajo comunitario

No.	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Computadora	1	Q2,500.00	Q2,500.00
2	Impresora	1	Q1,500.00	Q1,500.00
3	Libreta de campo	1	Q3.00	Q3.00
4	Tablero para hojas	1	Q40.00	Q40.00
5	Lapicero	1	Q5.00	Q5.00
6	Cámara fotográfica	1	Q2,000.00	Q2,000.00
<b>Total</b>			<b>Q6,048.00</b>	<b>Q6,048.00</b>

## **Metodología**

Se realizará un diagnóstico ambiental en el área de la Finca Palo Gordo, incluyendo todas las viviendas que se encuentren en la jurisdicción.

Dentro de las actividades del diagnóstico será necesario que se realice una observación de las tuberías de todas las viviendas de la finca y se evidencie hacia donde van las aguas servidas.

En caso de que las tuberías vayan directo al río será necesaria la colaboración de las municipalidades en la construcción de drenajes adecuados, de esa manera se estará evitando la contaminación química y bacteriológica del río.

Es importante que se realicen jornadas de limpieza en el río Chegüez con el apoyo de los comunitarios y la inclusión de la municipalidad evitando que la contaminación llegue a los mares.

Se utilizará como instrumento una lista de chequeo realizada con base a la normativa Rainforest Alliance del Capítulo 4: Medio Ambiente, ver tabla 4.

### **6.3.4. Evaluación de resultados**

El diagnóstico ambiental lo deberá de realizar el encargado del área de Gestión Ambiental de Ingenio Palo Gordo, el mismo servirá para identificar problemáticas en las colindancias de la Finca afectando así los recursos naturales tales como: agua, flora y fauna.

### **6.3.5. Recomendaciones**

- Es necesario que se utilice la lista de chequeo como guía para ir evidenciando cualquier otro tipo de contaminación que se esté llevando a cabo en la Finca Palo Gordo.
- Es importante que se obtengan evidencias a través de fotografías sobre los puntos de contaminación del área.
- En Anexos se encuentra la base de la Lista de Chequeo, Normativa de Rainforest Alliance del Capítulo 4: Medio Ambiente.

## VII. Conclusiones

- El plan de medidas ambientales está establecido específicamente para ser ejecutadas en la Finca Palo Gordo, finca por donde pasa el cauce del río Chegüez, río que suministra del recurso hídrico a la finca y a Ingenio Palo Gordo.
- Las medidas ambientales están en función a preservar los recursos naturales tales como; agua, flora y fauna y así mismo mejorar el ambiente de la microcuenca del río Chegüez.
- Las medidas ambientales están desarrolladas con los objetivos y las metodologías necesarias para ser ejecutadas en Finca Palo Gordo, de esa manera se estará evitando la disminución del caudal del río.

## VIII. Recomendaciones

- Es necesario ejecutar las medidas ambientales establecidas para evitar que disminuya el caudal del río, afectando así a las comunidades.
- Es importante que se desarrollen jornadas de reforestación en la ribera del río Chegüez, evitando así la disminución del caudal.
- Es necesario educar a los comunitarios y colaboradores del Ingenio para concientizarlos y de esa manera evitar la contaminación del río.
- Se debe de realizar un diagnóstico ambiental para identificar otro tipo de contaminación que se esté dando en la Finca Palo Gordo.

## IX. Referencias bibliográficas

1. Carrillo, E. (24 de septiembre de 2014). *Ingenio Palo Gordo*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/coordenadas\\_cartesianas\\_finca\\_palo\\_gordo](https://es.wikipedia.org/wiki/coordenadas_cartesianas_finca_palo_gordo)
2. Gubernativo, A. (5 de mayo de 2006). *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006*. Obtenido de [http://www.infom.gob.gt/archivos/Docs-Pdf/Anexo-Legal/ANEXO\\_1\\_Reglamento-descargas-de-aguas-residuales-AG236-2006.pdf](http://www.infom.gob.gt/archivos/Docs-Pdf/Anexo-Legal/ANEXO_1_Reglamento-descargas-de-aguas-residuales-AG236-2006.pdf)
3. Morán, B. (25 de septiembre de 2000). *Problemas de salud en los humanos*. Obtenido de <http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000001069cnt-modulo-1-curso-salud-sociedad-2017.pdf>
4. Ordoñez, C. (18 de mayo de 2016). *Cuidado del Agua*. Obtenido de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf>
5. Ramírez, J. A. (1 de octubre de 2002). *Pérdida de la Biodiversidad*. Obtenido de [https://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/SDB/2016/imagenes/usuarios/semana/materiales/664/2016-05-15\\_09-46-05\\_Resumen-6ta-biodiversidad.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/SDB/2016/imagenes/usuarios/semana/materiales/664/2016-05-15_09-46-05_Resumen-6ta-biodiversidad.pdf)
6. Santisteban, A. (12 de marzo de 1998). *Aumento de enfermedades de transmisión por el agua*. Obtenido de [https://www.who.int/household\\_water/advocacy/combating\\_disease\\_es.pdf](https://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf)

7. Suarez, N. (11 de abril de 2016). *Efectos negativos en el crecimiento de las plantas*. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_viento\\_\\_\\_4.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_viento___4.pdf)
  
8. Villena, G. (10 de octubre de 2003). *Consecuencias de la contaminación*. Obtenido de <http://empresayeconomia.republica.com/desarrollo-sostenible/consecuencias-de-la-contaminacion-ambiental.html>

## X. Anexos

Tabla 4 Lista de Chequeo

Requisito o Norma	Actividad	Cumple		Observaciones (medios de verificación)
		Si	No	
<b>4.1 Bosque y Otros Ecosistemas Naturales</b>				
(4.1.1) ¿Los productores, después del 1 de enero del 2008, no han convertido los bosques u otros ecosistemas naturales en tierras de producción agrícola o a otros usos de tierra de tipos no forestales?	Inspección en las bodegas Visita de campo			Inspección visual
(4.1.2) ¿No tiene lugar ninguna operación de producción y procesado en áreas protegidas, excepto si cumplen con la ley aplicable y los planes de gestión para las áreas protegidas y sus zonas adyacentes (áreas de amortiguamiento), conforme a lo definido por la autoridad local correspondiente para la preservación y gestión del área protegida?	Inspección en el área			Inspección visual
<b>4.2 Biodiversidad - Vegetación Nativa</b>				
(4.2.1) ¿Se conservan bosques, ecosistemas naturales y otra cobertura de vegetación nativa existente, incluidos: árboles nativos grandes, (salvo en los casos en los cuales estos constituyan peligros para las personas o la infraestructura), cobertura agroforestal existente (excepto en los casos en los que estos árboles compitan de forma significativa con los cultivos), ¿zonas con vegetación existente?	Verificación del área			Inspección visual

<p>(4.2.2.) ¿La administración de la finca ha efectuado una evaluación de los ecosistemas naturales, incluidas las áreas de bosque intacto significativas, cobertura forestal primaria, comunidades de flora y fauna poco comunes, elementos de hábitat importantes, cuencas hidrológicas de importancia vital, que sean de importancia para la identidad cultural tradicional de las comunidades (y otra vegetación nativa)?</p>	<p>Inspección del área</p>			<p>Revisión de documentos</p>
<p>(4.2.4) Agroforestería ¿Las fincas cuentan con al menos un 10% de cobertura arbórea en toda la extensión de la finca, en los casos apropiados de conformidad con el sistema de agroforestería puede incluir: árboles para setos verdes, árboles en franjas (sistemas de corredores), árboles en áreas contiguas (sombra), árboles en sistema mixto, o árboles en perímetros de parcelas?</p>	<p>Inspección del área</p>			<p>Evaluación visual del área y revisión de inventario forestal</p>
<p>(4.2.5) Áreas reservadas: ¿Las fincas cuentan con al menos un 10% de área en vegetación nativa del total, reservada en la finca para fines de preservación de naturaleza?</p>	<p>Inspección del área</p>			<p>Revisión de documentos e inspección de mapas actualizados</p>
<p>(4.2.6) Agroforestería: ¿Las fincas cuentan con al menos un 20% de cobertura arbórea en toda la extensión de la finca o cumplen con otros parámetros de cobertura arbórea y diversidad de especies para cobertura de árboles de sombra?</p>	<p>Inspección del área</p>			<p>Revisión de inventario forestal e inspección de mapas actualizados</p>

(4.2.7) Áreas reservadas: ¿Las fincas cuentan con al menos un 20% de área en vegetación nativa del total, reservada en la finca?	Visita al área		Revisión de mapas temáticos del área
(4.2.8) ¿El área de cobertura de árboles de sombra en la finca consiste en al menos dos capas/estratos identificables de cobertura?	Visita al área		Revisión de documentos e inspección de mapas actualizados
(4.2.9) ¿Si hay múltiples áreas de ecosistemas naturales en la finca, se establecen corredores biológicos para conectar estas áreas?	Inspección del área		Revisión de los corredores biológicos establecidos
<b>4.3 Biodiversidad - Zonas de No Aplicación y Zonas de Amortiguamiento</b>			
(4.3.1) ¿Se mantiene una zona de no aplicación entre los cultivos a los que se han aplicado plaguicidas y áreas de actividad humana, o ecosistemas naturales acuáticos y terrestres?	Visita al área		Revisión de mapas temáticos del área
(4.3.2) ¿Se mantiene una zona con vegetación a lo largo de más del 50% de los bordes de los ecosistemas acuáticos. Estas zonas cumplen con los parámetros de Reforest Alliance para áreas vegetadas y están compuestas de vegetación nativa, excluida de cultivos y de la aplicación de plaguicidas?	Inspección del área		Verificación a través de mapas
(4.3.4) ¿A lo largo de todos los bordes de los ecosistemas acuáticos se mantiene una zona con vegetación que cumpla con los parámetros de Reforest Alliance?	Visita al área		Verificación de documentos y mapas temáticos

<b>4.4 Biodiversidad - Vida Silvestre y Otras Prácticas</b>				
(4.4.1) ¿Se cazan, trafican o matan especies de animales vulnerables, en peligro o amenazados críticamente. Se cazan animales en la finca, con las siguientes excepciones: 1. Los pequeños productores pueden cazar para uso no comercial; 2. Se puede cazar vida silvestre vertebrada conforme al plan de Manejo Integrado de Plagas de la finca?	Inspección del área			Realización de entrevistas a los comunitarios
(4.4.2) ¿Se mantiene en cautiverio vida silvestre. Los animales presentes en la finca antes de la fecha más temprano de la certificación podrán tenerse únicamente para fines no comerciales por el resto de sus vidas, siempre y cuando no se les maltrata?	Inspección del área			Realización de entrevistas a los comunitarios
(4.4.3) ¿No se introducen ni se liberan intencionalmente especies invasoras. Las especies invasoras existentes o sus partes no son desechados en los ecosistemas acuáticos?	Verificación del área			Realización de encuestas
(4.4.4) ¿Se toman medidas para contener y reducir las especies invasoras existentes?	Verificación del área			Revisión de las medidas
(4.4.5) ¿La administración de la finca ha creado una lista de las especies silvestres nativas de la región y ha identificado cuáles de estas especies están clasificadas como vulnerables, amenazadas o en peligro crítico de conformidad con la Lista Roja de la UICN?	Inspección del área			Revisión de la lista de las especies silvestres nativas

(4.4.6) ¿Se cuenta con letreros de "no cazar" o "no traspasar", puertas o guardias para impedir la caza no autorizada?	Visita al área		Inspección visual
(4.4.7) ¿La administración de la finca minimiza los conflictos entre humanos y la vida silvestre que afectan a los trabajadores, vida silvestre, cultivos o activos de la finca y cercado; se mantienen o establecen corredores de vida silvestre para facilitar el movimiento de la vida silvestre y a su vez minimizar el conflicto; se capacitan a los trabajadores en procedimientos de respuesta de emergencia para tratar los daños a los cultivos o ataques de la vida silvestre?	Inspección del área		Inspección del corredor establecido y verificación de listas de capacitaciones realizadas
<b>4.5 Aguas Residuales y Calidad del Agua</b>			
(4.5.1) ¿El agua residual de las operaciones de procesamiento no se vierte en los ecosistemas acuáticos o en los sistemas de drenaje salvo que haya sido sometida a un tratamiento para remover partículas, toxinas y para reducir la acidez. El agua residual cumple con los parámetros de agua residual de Rainforest Alliance -Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) (1000 mg por litro o partes por millón), -Demanda Química de Oxígeno (DQO) (15000 mg por litro o partes por millón), pH (5.5-9.0). Agua residual de procesamiento: Las pruebas de aguas residuales se llevan a cabo en todos los puntos de salida y se registran de manera mensual durante las operaciones?	Visita al área		Inspección visual de tuberías y revisión de mapas de las tuberías

<p>(4.5.3) ¿El agua residual de las casas u otra infraestructura (incluidas aguas negras y aguas grises) se manejan y tratan de tal manera que no contaminen el medio ambiente. Las aguas negras no tratadas no se descargan en ecosistemas acuáticos. La administración de la finca no utiliza aguas negras de residuos humanos en las actividades de producción o proceso?</p>	<p>Inspección del área</p>			<p>Verificación de tuberías</p>
<p>(4.5.4) ¿Si se llega a verter agua residual en un campo de infiltración o laguna, o se aplica en los campos, la distancia entre el borde de los campos o lagunas es apropiada con relación a los ecosistemas acuáticos?</p>	<p>Visita al área</p>			<p>Revisión de documentos con metodologías utilizadas de las aguas residuales</p>
<p>(4.5.5) ¿Los sistemas de tratamiento de aguas residuales (para agua proveniente de operaciones de proceso y otras aguas residuales) se evalúan y se mejoran si es necesario?</p>	<p>Inspección del área</p>			<p>Verificación de análisis realizados en puntos estratégicos</p>
<p><b>4.6 Manejo de Desechos</b></p>				
<p>(4.6.1) ¿Los desechos se almacenan y se disponen únicamente en las áreas designadas. Las prácticas de almacenamiento, tratamiento y eliminación de desechos no constituyen riesgos para la salud o seguridad de los productores, trabajadores, otras personas o ecosistemas naturales. Nunca se eliminan desechos en ecosistemas naturales o ecosistemas acuáticos?</p>	<p>Visita al área</p>			<p>Revisión del plan de manejo de desechos</p>

(4.6.2) ¿No se queman los desechos excepto en incineradores diseñados técnicamente para tipos específicos de desechos?	Inspección del área donde se incineran los desechos			Revisión del plan de manejo de desechos
(4.6.3) ¿Los desechos se separan con base a las opciones de manejo y eliminaciones disponibles. Los desechos reciclables se separan y se reciclan. Los desechos orgánicos se compostean, o procesan para su uso como fertilizante orgánico. Los materiales de desperdicio que factiblemente se puedan reutilizar se almacenan en áreas designadas lejos de las áreas de procesado y las viviendas?	Visita al área			Revisión de facturas de la venta de los desechos reciclables e inspección de documentos
(4.6.4) ¿La administración de la finca cuantifica y documenta el origen, volumen aproximado y medios actuales para disponer los flujos de desechos?	Visita al área			Revisión de documentos
(4.6.5) ¿Con base en los registros, la administración de la finca demuestra que produce un monto mínimo de desechos por unidad de producto cultivado o procesado?	Inspección del área			Revisión de registros
<b>4.7 Conservación del Agua</b>				
(4.7.1) ¿La administración de la finca cumple con la legislación aplicable para la extracción de aguas superficiales o subterráneas para fines agrícolas, domésticos o de procesamiento?	Visita al área			Revisión de documentos

(4.7.2) ¿Cuándo se hayan implementado sistemas de irrigación, estos estarán diseñados para optimizar la producción de los cultivos y a su vez minimizar el desperdicio de agua, la erosión y la salinización?	Verificación del área			Inspección de documentos de mitigación para evitar el desperdicio de agua
(4.7.3) ¿A los sistemas de irrigación, distribución de agua y procesado de agua existentes son manejados y mantenidos para optimizar la productividad de cultivos y pastura y minimizar el desperdicio de agua, erosión y salinización?	Inspección del área			Verificación a través de documentos de mitigación para evitar desperdicio de agua
(4.7.4) ¿Para operaciones que irrigan o utilicen agua para proceso, la administración de la finca cuantifica y documenta el uso de agua por unidad de producto producido o procesado. La administración de la finca establece metas para mejorar la eficiencia del uso del agua?	Inspección visual			Revisión de documentación
(4.7.5) ¿Con base en los registros, la administración de la finca demuestra que el agua usada para irrigación, procesado por unidad, mercancía producida o procesada, se encuentra en el nivel mínimo posible?	Visita al área			Inspección de registros

## CAPÍTULO 4: MEDIO AMBIENTE

### Objetivos y Resultados:

La agricultura puede tener efectos positivos o negativos en el medio ambiente natural, según como se maneje. En la norma Rainforest Alliance, este capítulo establece el camino para que las fincas certificadas tengan un impacto positivo en el planeta, sus bosques, biodiversidad, agua y clima.

El primer tema en este capítulo apoya el resultado de que las fincas y grupos conserven, mantengan y restauren los ecosistemas naturales y sus servicios, y que no contribuyan a la deforestación, degradación del bosque y destrucción de otros ecosistemas naturales. El tema de la biodiversidad y la vegetación nativa apoya el resultado consistente en que las fincas y los grupos eviten la degradación de los hábitats naturales, contribuyan a mejorar la biodiversidad y ayuden a prevenir la extinción de especies amenazadas. Finalmente, en los temas de agua, desechos y energía, las fincas y los grupos reducen la contaminación, tratan las aguas residuales y minimizan la liberación de contaminantes peligrosos, y reducen los desperdicios y energía por medio de la prevención, reducción, reciclaje y reutilización.

Finalmente, en el presente capítulo y junto al capítulo de prácticas agrícolas, la norma Rainforest Alliance trabaja en aras del resultado consistente en que las fincas y los grupos adopten técnicas de adaptación y resiliencia climática y que apoyen esfuerzos de mitigación del cambio climático. Nuevamente, Rainforest Alliance reconoce que la certificación de fincas cae dentro del gran tema de la conservación del medio ambiente, en el cual se requieren múltiples estrategias para crear impacto duradero para la biodiversidad y el planeta. El contenido de este capítulo marca un punto de arranque desde el cual las fincas certificadas y los grupos pueden apoyar esta meta.

### 4.1 Bosques y Otros Ecosistemas Naturales

<b>Fundamental</b>
(4.1.1) Los productores, después del 1 de enero del 2008, no han convertido los bosques u otros ecosistemas naturales en tierras de producción agrícola o a otros usos de tierra de tipos no forestales.
(4.1.2) No tiene lugar ninguna operación de producción y procesado en áreas protegidas, excepto si cumplen con la ley aplicable y los planes de gestión para las áreas protegidas y sus zonas adyacentes (áreas de amortiguamiento), conforme a lo definido por la autoridad local correspondiente para la preservación y gestión del área protegida.

### 4.2 Biodiversidad – Vegetación Nativa

<b>Fundamental</b>			
(4.2.1) Se conservan bosques, ecosistemas naturales y otra cobertura de vegetación nativa existente, incluidos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Árboles nativos grandes, (salvo en los casos en los cuales estos constituyan peligros para las personas o la infraestructura)</li> <li>• Cobertura agroforestal existente (excepto en los casos en los que estos árboles compitan de forma significativa con los cultivos)</li> <li>• Zonas con vegetación existente</li> </ul>			
(4.2.2) La administración de la finca ha efectuado una evaluación de los ecosistemas naturales, incluidas las áreas de bosque intacto significativas, cobertura forestal primaria, comunidades de flora y fauna poco comunes, elementos de hábitat importantes, cuencas hidrológicas de importancia vital, que sean de importancia para la identidad cultural tradicional de las comunidades (y otra vegetación nativa).			
<b>Niveles de mejora</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

	(4.2.4) Agroforestería: Las fincas cuentan con al menos un 10% de cobertura arbórea en toda la extensión de la finca, en los casos apropiados de conformidad con el sistema de agroforestería puede incluir: árboles para setos verdes, árboles en franjas (sistemas de corredores), árboles en áreas contiguas (sombra), árboles en sistema mixto, o árboles en perímetros de parcelas.	(4.2.6) Agroforestería: Las fincas cuentan con al menos un 20% de cobertura arbórea en toda la extensión de la finca o cumplen con otros parámetros de cobertura arbórea y diversidad de especies para cobertura de árboles de sombra.	(4.2.8) El área de cobertura de árboles de sombra en la finca consiste en al menos dos capas/estratos identificables de cobertura.
	(4.2.5) Áreas reservadas: Las fincas cuentan con al menos un 10% de área en vegetación nativa del total, reservada en la finca para fines de preservación de la naturaleza.	(4.2.7) Áreas reservadas: Las fincas cuentan con al menos un 20% de área en vegetación nativa del total, reservada en la finca.	(4.2.9) Si hay múltiples áreas de ecosistemas naturales en la finca, se establecen corredores biológicos para conectar estas áreas.
<b>Indicadores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje promedio de cobertura de árbol de agroforestería en el área producción</li> <li>• Área bajo cobertura de vegetación nativa reservada y porcentaje del área certificada total</li> </ul>			

#### 4.3 Biodiversidad – Zonas de No Aplicación y Zonas de Amortiguamiento

<b>Fundamental</b>			
(4.3.1) Se mantiene una zona de no aplicación entre los cultivos a los que se han aplicado plaguicidas y áreas de actividad humana, o ecosistemas naturales acuáticos y terrestres.			
(4.3.2) Se mantiene una zona con vegetación a lo largo de más del 50% de los bordes de los ecosistemas acuáticos. Estas zonas cumplen con los parámetros de Rainforest Alliance para áreas vegetadas y están compuestas de vegetación nativa, excluida de cultivos y de la aplicación de plaguicidas.			
<b>Niveles de Mejora</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	(4.3.4) A lo largo de todos los bordes de los ecosistemas acuáticos se mantiene una zona con vegetación que cumpla con los parámetros de Rainforest Alliance.		
<b>Indicadores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de áreas con zonas de amortiguamiento que cumplen los parámetros de Rainforest Alliance</li> </ul>			

#### 4.4 Biodiversidad – Vida Silvestre y Otras Prácticas

<b>Fundamental</b>			
(4.4.1) Nunca se cazan, trafican o matan especies de animales vulnerables, en peligro o amenazados críticamente. No se cazan animales en la finca, con las siguientes excepciones: 1. Los pequeños productores pueden cazar para uso no comercial; 2. Se puede cazar vida silvestre vertebrada conforme al plan de Manejo Integrado de Plagas de la finca.			
(4.4.2) No se mantiene en cautiverio vida silvestre. Los animales presentes en la finca antes de la fecha más temprana de la certificación podrán tenerse únicamente para fines no comerciales por el resto de sus vidas, siempre y cuando no se les maltrata.			
<b>Niveles de Mejora</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

	<p>(4.4.3) No se introducen ni se liberan intencionalmente especies invasoras. Las especies invasoras existentes o sus partes no son desechados en los ecosistemas acuáticos.</p>	<p>(4.4.4) Se toman medidas para contener y reducir las especies invasoras existentes.</p>	<p>(4.4.7) La administración de la finca minimiza los conflictos entre humanos y la vida silvestre que afecten a los trabajadores, vida silvestre, cultivos o activos de la finca mediante la ubicación y diseño de infraestructura de la finca y cercado; se mantienen o establecen corredores de vida silvestre para facilitar el movimiento de la vida silvestre y a su vez minimizar el conflicto; se capacitan a los trabajadores en procedimientos de respuesta de emergencia para tratar los daños a los cultivos o ataques de la vida silvestre.</p>
		<p>(4.4.5) La administración de la finca ha creado una lista de las especies silvestres nativas de la región y ha identificado cuáles de estas especies están clasificadas como vulnerables, amenazadas o en peligro crítico de conformidad con la Lista Roja de la UICN.</p>	
		<p>(4.4.6) Se cuenta con letreros de «no cazar» o «no traspasar», puertas o guardias para impedir la caza no autorizada.</p>	

#### 4.5 Aguas Residuales y Calidad del Agua

<b>Fundamental</b>			
<p>(4.5.1) El agua residual de las operaciones de procesamiento no se vierte en los ecosistemas acuáticos o en los sistemas de drenaje salvo que haya sido sometida a un tratamiento para remover partículas, toxinas y para reducir la acidez. El agua residual cumple con los parámetros de agua residual industrial de Rainforest Alliance - Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) (1000 mg por litro o partes por millón), - Demanda Química de Oxígeno (DQO) (1500 mg por litro o partes por millón), pH (5.5-9.0). Agua residual de procesamiento: Las pruebas de aguas residuales se llevan a cabo en todos los puntos salida y se registran de manera mensual durante las operaciones.</p>			
<p>(4.5.3) El agua residual de las casas u otra infraestructura (incluidas aguas negras y aguas grises) se manejan y tratan de tal manera que no contaminen el medio ambiente. Las aguas negras no tratadas no se descargan en ecosistemas acuáticos. La administración de la finca no utiliza aguas negras de residuos humanos en las actividades de producción o proceso.</p>			
<b>Niveles de mejora</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<p>(4.5.4) Si se llega a verter agua residual en un campo de infiltración o laguna, o se aplica en los campos, la distancia entre el borde de los campos o lagunas es apropiada con relación a los ecosistemas acuáticos.</p>	<p>(4.5.5) Los sistemas de tratamiento de agua residuales (para agua proveniente de operaciones de proceso y otras aguas residuales) se evalúan y se mejoran si es necesario.</p>	
<b>Indicadores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad del agua residual: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno(DQO) y pH al momento de descarga</li> </ul>			

## 4.6 Manejo de Desechos

<b>Fundamental</b>			
<b>(4.6.1)</b> Los desechos se almacenan y se disponen únicamente en las áreas designadas. Las prácticas de almacenamiento, tratamiento y eliminación de desechos no constituyen riesgos para la salud o seguridad de los productores, trabajadores, otras personas o ecosistemas naturales. Nunca se eliminan desechos en ecosistemas naturales o ecosistemas acuáticos.			
<b>Niveles de Mejora</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>(4.6.2)</b> No se queman los desechos (excepto en incineradores diseñados técnicamente para tipos específicos de desechos).	<b>(4.6.4)</b> La administración de la finca cuantifica y documenta el origen, volumen aproximado y medios actuales para disponer de los flujos de desechos.	<b>(4.6.5)</b> Con base en los registros, la administración de la finca demuestra que produce un monto mínimo de desechos por unidad de producto cultivado o procesado.
	<b>(4.6.3)</b> Los desechos se separan con base en las opciones de manejo y eliminaciones disponibles. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los desechos reciclables se separan y se reciclan.</li> <li>• Los desechos orgánicos se compostean, o procesan para su uso como fertilizante orgánico</li> <li>• Los materiales de desperdicio que factiblemente se puedan reutilizar se almacenan en áreas designadas lejos de las áreas de procesamiento y las viviendas</li> </ul>		
<b>Indicadores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desechos generados (kg/año)</li> </ul>			

## 4.7 Conservación del Agua

<b>Fundamental</b>			
<b>(4.7.1)</b> La administración de la finca cumple con la legislación aplicable para la extracción de aguas superficiales o subterráneas para fines agrícolas, domésticos o de procesamiento.			
<b>Niveles de Mejora</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>(4.7.2)</b> Cuando se hayan implementado sistemas de irrigación, estos estarán diseñados para optimizar la producción de los cultivos y a su vez minimizar el desperdicio de agua, la erosión y la salinización.	<b>(4.7.3)</b> A Los sistemas de irrigación, distribución de agua y procesamiento de agua existentes son manejados y mantenidos para optimizar la productividad de cultivos y pastura y minimizar el desperdicio de agua, erosión y salinización.	<b>(4.7.5)</b> Con base en los registros, la administración de la finca demuestra que el agua usada para irrigación, procesamiento por unidad, mercancía producida o procesada, se encuentra en el nivel mínimo posible.
		<b>(4.7.4)</b> Para operaciones que irrigan o utilicen agua para proceso, la administración de la finca cuantifica y documenta el uso de agua por unidad de producto producido o procesado. La administración de la finca establece metas para mejorar la eficiencia del uso del agua.	
<b>Indicadores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de agua (litros/año)</li> </ul>			



CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Mazatenango Suchitepéquez, 30 de septiembre de 2019

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

Respetable Coordinadora:

Muy respetuosamente me dirijo a usted para presentarle el informe final de Investigación Inferencial titulado: **"CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHEGUEZ"**, presentada por la estudiante **Jacqueline Nayelli Mirón Reyes**, quien se identifica con número de carné **201541562**, y Código Único de identificación **3221470771001**, 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.

Respetuosamente se despide de usted,

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ma. Heydi Angelina Vela Armas  
Supervisora EPSIGAL  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC



CARRERA INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Mazatenango Suchitepéquez, 23 de octubre de 2019

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

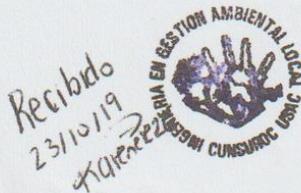
Respetable MSc. Pérez Cifuentes:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que de acuerdo al artículo 9, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de *Ingeniería en Gestión Ambiental Local*, he realizado la revisión y observaciones de la investigación titulada: **"CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHEGÜEZ"**, presentado por la estudiante **Jacqueline Nayelli Mirón Reyes**, quien se identifica con número de carné **201541562**, y Código Único de identificación **3221470771001**.

Por lo tanto, en mi calidad de revisor le informo que después de realizar el proceso para el cual fui asignado y después de verificar la incorporación de las observaciones a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que continúe con el proceso respectivo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,



"D Y ENSEÑAD A TODOS"

MSc Celso González Morales  
Revisor de Trabajo de Graduación  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC



Mazatenango 29 de octubre 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 "Caracterización morfométrica de la microcuenca del río Chegüez", de la estudiante **Jacqueline Nayelli Mirón Reyes** con carné número **201541562**, 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

Handwritten signature of Karen Rebeca Pérez Cifuentes in blue ink.

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





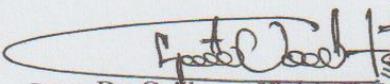
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-09-2019

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, el treinta de octubre dos mil diecinueve\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHEGÜEZ”** de la estudiante: **Jacqueline Nayelli Mirón Reyes**, Carné **201541562** CUI: **3221 47077 1001** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Dr. Guillermo Vinicio Tejada  
Director



/gris