

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“APORTE DEL INGA EDULIS A LA FERTILIDAD DEL  
SUELO DEGRADADO POR EL CULTIVO DE COCA  
(*Erythroxylum coca*) EN EL CASERIO DE BUENOS AIRES,  
DISTRITO RUPA RUPA, PROVINCIA LEONCIO PRADO,  
DEPARTAMENTO HUÁNUCO - 2018”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**TESISTA**

**Bach. Magaly, CALIXTO IGLESIAS**

**ASESOR**

*Mg. Simeón Edmundo, CALIXTO VARGAS*

**HUÁNUCO-PERÚ  
2018**



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:35 horas del día 12 del mes de DICIEMBRE del año 2018, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. FRANK ERICK CAMOLA LLANOS (Presidente)  
Ing. MARCO ANTONIO TORRES MARQUINA (Secretario)  
Mg. JOHNNY PRUDENCIO JINCHA ROTAS (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 1157-2018-D-FI-UDA, para evaluar la Tesis intitulada:

" APORTE DEL INGA EDULIS A LA FERTILIZACIÓN DEL SUELO DEGRADADO POR EL CULTIVO DE COCA (EYY. THROXYLUM COCA) EN EL CASERIO DE BUENOS AIRES, DISTRITO RUPA RUPA, PROVINCIA LEONDO PRADO, DEPARTAMENTO HUÁNUCO - 2018

....." presentada por el (la) Bachiller MAGOLY CALIXTO IGLESIAS....., para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: precediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 17 y cualitativo de Muy Bueno (Art. 47)

Siendo las 16:30 horas del día 12 del mes de DICIEMBRE del año 2018, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
Presidente

  
Secretario

  
Vocal

## DEDICATORIA

**A Dios**, por darme la oportunidad de existir, brindándome las mejores oportunidades y retos a lo largo del camino, derramando su bendición en mi hogar constantemente.

**A mis padres Felipe y Julia**, por su gran ejemplo de superación y valioso apoyo en toda mi etapa de desarrollo, proporcionándome un amor incondicional y sus valiosos consejos que me permitieron tomar decisiones a lo largo de mi vida.

**A mi esposo Nelvin**, por formar parte de mi vida y un hogar junto a nuestra hija, siempre proporcionándome su apoyo incondicional en el logro de mis metas.

**A mis hermanos Bequer y Elizabeth**, por ser los mejores hermanos que me pudo dar Dios, por esos momentos compartidos durante nuestra infancia y las alegrías y penas en nuestra juventud.

**A mi hija Sofía Fernanda**, por formar parte de mi vida y hacer mis días felices.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis que se llevó a cabo en la Universidad de Huánuco es un esfuerzo en el cual, formaron parte de forma directa e indirectamente distintas personas, proporcionándome sus conocimientos, experiencias, destrezas y apoyo que deseo agradecer en este apartado.

Mi agradecimiento a la Universidad de Huánuco, institución la cual me acogió durante mi formación profesional y me brindó la oportunidad de iniciar esta investigación en los últimos años de estudiante, gracias a los concursos de proyectos que se llevaban a cabo durante los congresos de Ingeniería Ambiental.

A mi asesor, por guiarme con sus conocimientos y experiencias que fueron necesarios para la realización de la investigación.

A mis docentes, por compartir sus experiencias y conocimientos que permitieron direccionar mi investigación hacia el recurso suelo.

A mis padres Julia y Felipe por apoyarme, con su mano de obra en la limpieza del terreno, plantación y toma de muestras. Las palabras nunca serán suficientes para testimoniar mi agradecimiento a ustedes.

A mi hermano, el Ing. Civil Jhim Bequer por su apoyo en la realización del levantamiento topográfico del terreno y demás actividades.

A mi esposo, por su apoyo económico y en la limpieza trimestral del terreno durante los años que duró la investigación.

A mi tío Joaquín, por apoyarme en la limpieza del terreno, traslado de las plántulas y su posterior plantación del *Inga edulis*.

A mi tía Faustina, por apoyar en el riego de las plántulas de *Inga edulis*, así como en la preparación de los alimentos para los trabajadores en las diferentes actividades que tuvo el estudio.

A mi cuñado Percy, por su apoyo en la toma y traslado de muestras a la Ciudad de Tingo María durante el tiempo que duró la investigación.

A mi tía Lidia y mis primas Edith y Yenny, por apoyarme en la realización del almacigo del *Inga edulis*.

A mis amigas Nicolle, Elizabeth, Rocío, Kelly y Mariely, por apoyarme en los trámites durante el tiempo que estuve laborando fuera de la ciudad.

## INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICES.....	iv
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos.....	2
1.3. Objetivo General .....	2
1.4. Objetivos Específicos .....	2
1.5. Justificación de la Investigación.....	3
1.6. Limitaciones de la Investigación .....	4
1.7. Viabilidad de la Investigación .....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	6
2.1.1. Internacionales.....	6
2.1.2. Nacionales.....	9
2.1.3. Locales.....	12
2.2. Bases teóricas.....	14
2.2.1. <i>Inga edulis</i> .....	14
2.2.2. Fertilidad del suelo.....	19
2.2.3. Coca ( <i>Erythroxylum coca</i> ).....	25
2.3. Definiciones conceptuales .....	32
2.4. Hipótesis .....	34
2.5. Variables .....	35
2.5.1. Variable dependiente.....	35
2.5.2. Variable independiente.....	35

2.6. Operacionalización de variables (dimensiones e indicadores) .....	36
CAPÍTULO III.....	37
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
3.1. Tipo de Investigación.....	37
3.1.1. Enfoque.....	37
3.1.2. Alcance o nivel. ....	37
3.1.3. Diseño .....	37
3.2. Población y muestra. ....	38
3.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	39
3.3.1. Para la recolección de datos.....	39
3.3.2. Para la presentación de datos .....	40
3.3.3. Para el análisis e interpretación de los datos .....	40
CAPÍTULO IV .....	41
RESULTADOS .....	41
4.1. Procesamiento de datos .....	41
4.2. Contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis .....	52
CAPITULO V .....	55
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
5.1. Contrastación de los resultados del trabajo de investigación.....	55
CONCLUSIONES .....	60
RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS .....	68

## INDICE DE TABLAS

### Tabla 1

Presentación de descriptivos de los indicadores de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.....41

### Tabla 2

Cálculo del Índice de fertilidad química-IF según Parent. ....49

### Tabla 3

Sobrevivencia de los plantones de *Inga edulis* en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.....50

### Tabla 4

Altura Inicial y Final de los plantones de *Inga edulis* en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.....51

### Tabla 5

Diámetro Inicial y Final de los plantones de *Inga edulis* en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....51

### Tabla 6

Prueba de normalidad en la diferencia de los datos (después – antes) de los indicadores de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....52

### Tabla 7

Prueba de muestras emparejadas de los indicadores: M. O., pH, P, Al, CICE y BT de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....53

### Tabla 8

Prueba de muestras emparejadas de los indicadores: K de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.....54

### Tabla 9

Prueba de muestras emparejadas de los indicadores: Índice Total de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....54

## INDICE DE IMAGENES

### **Imagen 1**

Planta, fruto, flor y semilla del *Inga edulis* .....15

### **Imagen 2**

Planta de coca (*Erythroxylum coca*) .....27

### **Imagen 3**

Hojas, semilla y flor de la hoja de coca (*Erythroxylum coca*).....28

## INDICE DE GRÁFICOS

### **Gráfico 1**

Evaluación de la Materia Orgánica antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....42

### **Gráfico 2**

Evaluación del pH antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....43

### **Gráfico 3**

Evaluación del Fósforo antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....44

### **Gráfico 4**

Evaluación de la saturación de Aluminio antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....45

### **Gráfico 5**

Evaluación del CICe antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....46

### **Gráfico 6**

Evaluación de las Bases Totales antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....47

### **Gráfico 7**

Evaluación del Potasio antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....48

### **Gráfico 8**

Variación del Índice de Fertilidad Química en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....49

### **Gráfico 9**

Evaluación de la sobrevivencia del *Inga edulis* en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. ....50

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Matriz de consistencia.....	69
<b>Anexo 2.</b> Cronograma de actividades .....	70
<b>Anexo 3.</b> Resultado del Análisis de suelos 2016 .....	71
<b>Anexo 4.</b> Resultado del Análisis de suelos 2018 .....	72
<b>Anexo 5.</b> Tabla de conteo y medición del <i>Inga edulis</i> .....	73
<b>Anexo 6.</b> Rotulo de las muestras de suelo .....	81
<b>Anexo 7.</b> Presupuesto.....	82
<b>Anexo 8.</b> Tablas de los Indicadores de la Fertilidad Química .....	85
<b>Anexo 9.</b> Distanciamiento recomendado para algunas especies.....	87
<b>Anexo 10.</b> Sistema de siembra tres bolillos utilizado en el proyecto.....	87
<b>Anexo 11.</b> Listado de las especies de Árboles Fijadores de nitrógeno en suelos degradados. ....	88
<b>Anexo 12.</b> Erradicación reportada de la superficie cultivada con coca en Perú, 2012-2016. ....	89
<b>Anexo 13.</b> Superficies cultivadas con coca y erradicación en Alto Huallaga, 2012-2016 (ha) .....	89
<b>Anexo 14.</b> Densidad de cultivos de coca en Alto Huallaga, 2008 .....	90
<b>Anexo 15.</b> Densidad de cultivos de coca en Alto Huallaga, 2016 .....	91
<b>Anexo 16.</b> Evidencias fotográficas .....	92
<b>Anexo 17.</b> Árbol de causas y efectos .....	95
<b>Anexo 18.</b> Árbol de Medios y fines .....	96
<b>Anexo 19.</b> Plano de ubicación del estudio.....	97
<b>Anexo 20.</b> Plano satelital de la zona de estudio. ....	98
<b>Anexo 21.</b> Plano perimétrico del terreno .....	99
<b>Anexo 22.</b> Plano topográfico del terreno .....	100
<b>Anexo 23.</b> Plano de distribución de zonas para el muestreo de suelos .	101
<b>Anexo 24.</b> Plano de sobrevivencia del <i>Inga edulis</i> .....	102

## RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo determinar el aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco. El experimento se desarrolló durante 2 años, el área de revegetación fue de 0.5 hectáreas aproximadamente, donde se plantaron 556 plántones de *Inga edulis*. La metodología optada para el desarrollo del estudio fue con intervención del investigador, que sirvió para plantear los supuestos teóricos importantes de la tesis, a partir del planteamiento del problema, hasta la constatación de la hipótesis. El muestreo del suelo se realizó en dos profundidades (0-30 cm y 30-50cm) al inicio y al finalizar el estudio, los cuales fueron divididos en 3 zonas (A, B y C) de acuerdo con la topografía del terreno, se obtuvieron muestras simples y compuestas, para poder evaluar la fertilidad química (Materia Orgánica, pH, fósforo, potasio, bases totales (Ca+Mg+K), CICE, Saturación de aluminio) del suelo. Además de ello se registró el crecimiento (altura y diámetro) y la sobrevivencia del *Inga edulis*. De los análisis se determinó al finalizar el estudio, el *Inga edulis* aporta a la fertilidad del suelo, evidenciándose el incremento de la materia Orgánica, Potasio, Bases Totales, CICE y la reducción de la saturación de Aluminio, el pH permaneció constante. En cuanto a la altura y el diámetro, en promedio se incrementó a un rango de 1.880 m a 1.975 m y 13.075 cm a 14.532 cm respectivamente, la sobrevivencia de los plántones fue del 90.1%. Los resultados obtenidos han permitido determinar que el *Inga edulis* aporta a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca, por lo tanto el objetivo planteado en la investigación se cumplió.

**Palabras claves:** *Inga edulis*, fertilidad, suelo, *Erythroxylum coca*.

## ABSTRACT

This study aimed to determine the contribution of *Inga edulis* to soil fertility degraded by coca cultivation (*Erythroxylum coca*) in the Caserío Buenos Aires, Rupa Rupa District, Leoncio Prado Province, Huánuco Department. The experiment was developed over 2 years, the revegetation area was approximately 0.5 hectares, where 556 seedlings of *Inga edulis* were planted. The methodology chosen for the development of the study was with the intervention of the researcher, which served to raise the important theoretical assumptions of the thesis, from the approach of the problem, to the verification of the hypothesis. Soil sampling was carried out at two depths (0-30 cm and 30-50 cm) at the beginning and at the end of the study, which were divided into 3 zones (A, B and C) according to the topography of the land. they obtained simple and compound samples, to be able to evaluate the chemical fertility (Organic Matter, pH, phosphorus, potassium, total bases, CICE, aluminum saturation) of the soil. In addition, growth (height and diameter) and survival of *Inga edulis* were recorded. From the analysis was determined at the end of the study, the *Inga edulis* contributes to soil fertility, evidencing the increase of organic matter, potassium, total bases (Ca+Mg+K), CICE and the reduction of aluminum saturation, the pH remained constant. In terms of height and diameter, on average it increased to a range of 1,880 m to 1,975 m and 13,075 cm to 14,532 cm respectively, the survival of the seedlings was 90.1%. The results obtained have allowed us to determine that the *Inga edulis* contributes to the fertility of the soil degraded by the cultivation of coca, therefore the objective stated in the research was fulfilled.

**Keywords:** *Inga edulis*, fertility, soil, *Erythroxylum coca*

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación nació en las aulas universitarias, durante mi formación profesional, viendo la problemática ambiental que se generaba sobre el recurso suelo. Países como Brasil y Colombia realizan estudios experimentales sobre el aporte de los árboles leguminosos, a la fertilidad de los suelos degradados. Por ello se diseñó una investigación con enfoque cuantitativo, de nivel explicativo donde se plantó árboles leguminosos (*Inga edulis*) en un terreno degradado por el cultivo de coca.

Como sociedades cada vez más urbanas, sin contacto con la naturaleza, perdemos de vista la importancia de los suelos para nuestra supervivencia y prosperidad. Sin embargo, en todos los ecosistemas, los suelos cumplen con importantes funciones de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sostenimiento tanto del ecosistema como de la vida humana. La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. De ahí que la degradación del suelo está considerada como el mayor problema ambiental que amenaza la producción mundial de alimentos (Cotler et al., 2007)

El informe consta de cinco capítulos, el Capítulo I presenta el problema de investigación, los objetivos, la justificación, las limitaciones y la viabilidad del estudio. En el Capítulo II se presentan los antecedentes internacionales, Nacionales y Locales, el marco conceptual de la investigación, el cual contiene definiciones y conceptos utilizados en la temática, las hipótesis, las variables. En el Capítulo III se presenta la metodología de la investigación, definiéndose el enfoque, nivel y diseño del estudio, también se menciona la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos. El Capítulo IV se centra en la presentación del informe de investigación, para ello se utilizan una serie de instrumentos estadísticos (Tablas y Gráfico), que permiten la explicación de los hallazgos encontrados, así como la contrastación de hipótesis. En el Capítulo V se realiza la discusión y análisis de los resultados obtenidos. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones que fueron fruto de la investigación, así como la bibliografía y algunos anexos.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

El cultivo de la coca, es una práctica que tuvo sus raíces en la cultura incaica, pero a diferencia de la producción industrial (cultivo actual), se realizaba en pequeñas parcelas con un paquete tecnológico de bajos insumos y una adecuada práctica agrícola, realizada con el propósito de consumo local “chaccheo”.

Manzano (2005), refiere que los impactos ambientales del cultivo de coca se deben principalmente al carácter ilegal que tienen, debido a su asociación con la producción de cocaína (principal producto derivado) y a la utilización condicionada de sistemas productivos que, en el caso de la coca, no incorporan labores de restitución de nutrientes.

La oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (2009), muestra datos sobre la dimensión de la actividad cocalera a nivel de la región andina para el 2008 (Perú, Bolivia y Colombia), siendo calculada en 167,600 hectáreas distribuidas en un 33.5% en el Perú (3.5% más que el año anterior), 18.2% en Bolivia y 48.3% en Colombia.

En la Selva Alta de nuestro país, la actividad agropecuaria intensa es responsable de 21.5 millones de ha deforestadas: 14 millones antes del siglo XX y 7.5 millones en lo que va de este siglo y que el cultivo de la coca es responsable de un 10% de la deforestación total acumulada en este siglo (750.000 ha) (Ruiz, 1993, citada por Matteucci y Morrello, 1997).

La erradicación de cultivos de coca para el 2014, 2015 y 2016 en el Alto Huallaga se concentró en la margen derecha del Río Huallaga, entre Daniel Alomías Robles, José Crespo y Castillo y Rupa Rupa, con un total de 9 407, 9 170 y 2 842 ha respectivamente. (UNODC, 2017).

Paradójicamente, la mayoría de los casos de deforestación y degradación se produjeron por acción del hombre, por lo que se necesita proyectos de inversión para revertir los daños causados al ambiente por el cultivo de coca, y estos deben tener un sustento científico que los respalde.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.1.1. General.**

¿Cuál es el aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco?

### **1.1.2. Específicos.**

- ¿Cuál es la fertilidad Química del suelo previo y al finalizar el estudio, en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco?
- ¿Cómo es el incremento de la altura del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco?
- ¿Cómo es el incremento del diámetro del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco?
- ¿Cuál es el índice de sobrevivencia del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco?

## **1.3. Objetivo General**

Determinar el aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

## **1.4. Objetivos Específicos**

- Determinar la Fertilidad Química del suelo previo y al finalizar el estudio, en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

- Determinar el incremento de la altura del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.
- Determinar el incremento del diámetro del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.
- Determinar el índice de sobrevivencia del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

### **1.5. Justificación de la Investigación**

El sistema económico y productivo que hace parte del mundo organizacional no es cerrado y tampoco auto-sostenido, pues existe una continua influencia recíproca entre el proceso económico y el medio ambiente en busca de índices crecientes de bienestar para las comunidades. Las organizaciones reciben recursos naturales valiosos y generan desperdicios que pueden o no estar sujetos a costos para su tratamiento y disposición. De lo anterior se desprende que todo proceso de producción-consumo, toma recursos del medio natural, los aprovecha y finalmente arroja desperdicios, que si superan la capacidad de carga del ambiente, terminan necesariamente por degradarlo. (Silvia y Correa, 2010).

Como sociedades cada vez más urbanas, sin contacto con la naturaleza, perdemos de vista la importancia de los suelos para nuestra supervivencia y prosperidad. Sin embargo, en todos los ecosistemas, los suelos cumplen con importantes funciones de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sostenimiento tanto del ecosistema como de la vida humana. La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. De ahí que la degradación del suelo está considerada como el mayor problema ambiental que amenaza la producción mundial de alimentos (PNUMA, 2000, citado por Cotler et al., 2007) y una de las

principales amenazas para el desarrollo sostenible de los terrenos agrícolas (Castillo, 2004, citado por Cotler et al., 2007). No obstante, el suelo cumple con otras funciones igualmente trascendentes, como la de constituir un medio filtrante que permite la recarga de los acuíferos, influyendo también en la calidad del agua. Asimismo constituye el medio donde se realizan ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de los compuestos orgánicos. Como resultado de este proceso, se estima que el contenido de carbón almacenado en el primer metro del suelo es 1.5 veces mayor a aquél acumulado en la biomasa, constituyendo la tercera fuente más importante de carbono (Cotler et al., 2007).

El Presente estudio permitirá contar con una base científica para la realización de futuras investigaciones a nivel Local y/o Nacional sobre el recurso suelo. Así también permitirá la implementación de proyectos de inversión para la recuperación de suelos degradados por cultivos de Coca que abarca grandes extensiones en nuestro país; lo cual pueden ser ejecutados a nivel de las municipalidades, Gobiernos Regionales, Organizaciones Internacionales, etc.

## **1.6. Limitaciones de la Investigación**

El presente trabajo de investigación se realizó en una parcela que se encuentra alejado de la ciudad de Tingo María, el cual como toda investigación se presentaron barreras que no permitió un desarrollo adecuado o generaron dificultades durante el desarrollo; y algunas de estas limitaciones fueron las siguientes:

- No existe carretera hasta la parcela (5.4 kilómetros aproximadamente).
- El transporte de los alimentos, materiales, equipos, muestra, etc. Se realizó a pie (1.5 horas aproximadamente).
- Los profesionales necesarios para el desarrollo del proyecto, elevaron sus costos debido a la accesibilidad y transporte de sus materiales.
- No existe acceso continuo de vehículos al centro Poblado más cercano (Yurimaguas), debido que la densidad de la población ha disminuido tras la erradicación de la hoja de coca.

### **1.7. Viabilidad de la Investigación**

En el proyecto, los planes de ejecución obedecieron a una programación adecuada, mediante la cual se evaluó el aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca, el estudio tuvo una duración de 2 años.

Se evidenció la necesidad de realizar una investigación de esta envergadura; para lo cual consideré viable este proyecto debido a: mi formación profesional, contar con la disposición de tiempo y la parcela para el estudio, accesibilidad de un laboratorio para el análisis de suelo (Laboratorio de suelos de la UNAS), apoyo de profesionales (ingenieros) y el apoyo económico de mi familia durante el desarrollo del estudio.

El presente estudio nos permite contar con una base científica para dar solución a los problemas sobre suelos degradados por la plantación de la coca y una vez mejorado la fertilidad, permitirá el desarrollo de su restauración progresiva.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

##### 2.1.1. Internacionales.

Pinzón y Sotelo (2013), realizó la investigación: *Efectos de los cultivos ilícitos sobre el medio natural en Colombia* en la Universidad Militar Nueva Granada. El estudio tuvo como objetivo determinar los efectos de los cultivos de la coca sobre el medio natural. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones: - La mayoría de los estudios realizados se enfocan en aspectos como producción, consumo de precursores químicos, cantidades incautadas, regiones productoras, incidencia social y económica y áreas cultivadas, pero no hay estudios concretos orientados a mostrar la verdadera magnitud del daño ambiental que esta actividad a generado sobre los ecosistemas afectados. - La tala y quema indiscriminada de grandes extensiones de bosque para el desarrollo de los cultivos ilícitos, como el uso de agroquímicos generan grandes volúmenes de gases de efecto invernadero que contribuyen en proporción al calentamiento global. - Si bien en los últimos tiempos las áreas de cultivo se han reducido en la mayoría de los casos las zonas afectadas aún no se han recuperado, como tampoco los ecosistemas que se han visto afectados por los vertimientos de las sustancias precursoras empleadas en el proceso de fabricación de drogas en especial de la pasta de coca. - En la actualidad los daños desarrollados por esta modalidad delincuencia no se han cuantificado pero sus efectos se verán en un futuro próximo cuando se desarrollen procesos de desertificación en áreas que fueran bosque primario, como también con la aparición de enfermedades relacionadas con el consumo de alimentos y aguas contaminados.

Rosso (2013), realizó la investigación: *Incidencia económica de la degradación de suelos por efecto del cultivo de coca en la economía yungueña*, en la Facultad de Ciencias Económicas y Financieras de la Universidad Mayor de San Andrés. El estudio tuvo como objetivo proponer

en el marco del estudio de la economía ambiental, una metodología que sea capaz de valorar los daños provocados al recurso tierra por efectos del monocultivo de la hoja de coca en la región de los Yungos (Caso Chulumani). La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones: - La valoración económica de la erosión de suelos realizada en este estudio por medio de la aplicación del método ambiental "Costos de Reposición" solo busca responder a dos cualidades que otorga este recurso al productor de hoja de coca uno que es el mantenimiento de la producción y la restauración de los macronutrientes que evitan la erosión del suelo, lo cual no abarca el valor del suelo como recurso; pero si trata de valorar el daño provocado por su mal uso. - Bolivia lastimosamente hoy, no cuenta con un estudio económico sobre la erosión y degradación de suelos, lo que sin duda se convierte en una limitante para poder establecer criterios técnicos, económicos y ambientales sobre el estado real de nuestros suelos, es por ello que el presente estudio se ve en la necesidad de recurrir a la valoración "in situ" para poder establecer criterios de valoración sobre el fenómeno estudiado que es la "Incidencia Económica de la degradación de suelos por efecto del cultivo de coca en la economía Yungueña. Caso "Chulumani". - Uno de los factores que más afecta a la calidad del suelo en zonas productoras de hoja de coca como lo es Chulumani-Ocobaya se centra principalmente en las prácticas agrícolas que realiza el cultivador de coca en su parcela. Es así que la hoja de coca en muchas de estas áreas fue elevada al rango de monocultivo con características de prácticas agrícolas intensivas donde la recuperación (física o natural) de la potencialidad del suelo no está inserta en la lógica del productor. - La erosión de suelos es un proceso que va en avance y uno de los principales deforestadores y degradador de suelos es la agricultura, razón por la cual es necesario contar con una ley actualizada sobre uso y manejo sostenible de suelos. - La explotación del recurso suelo debe ir acompañada necesariamente de tareas en beneficio de cuidado y mantenimiento del recurso suelo mediante el uso de técnicas adecuadas para combatir la erosión al momento de cultivar coca así como la inclusión en su presupuesto de los Costos ocultos de producción que no son otros que los

costos de reposición que el productor debe devolver a al suelo para que este mantenga su fertilidad y productividad en el mediano y largo plazo. - La investigación nos permite valorar los daños provocados por el cultivo de la coca a nuestro recurso suelo, esto nos permitirá valorar el aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo.

Arévalo (2017), Realizó la investigación: *Evaluación de los impactos ambientales producidos por el cultivo y transformación de la coca (Erythroxylum coca), en la vereda manzanares del municipio de el tarra, norte de Santander*, en la Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. El estudio tuvo como objetivo elaborar la caracterización ambiental de la vereda Manzanares del municipio de El Tarra, realizar la evaluación ambiental del cultivo y del proceso de transformación de hoja de coca, con el fin de identificar y calificar los impactos ambientales mediante la utilización metodologías cuantitativas y realizar un análisis ambiental de los impactos generados por el cultivo y transformación de la hoja de coca en la vereda Manzanares, municipio de El Tarra. La investigación llegó a las siguientes conclusiones: - Las consecuencias al medio ambiente generados por el sector cocalero son de extrema gravedad, a esto se le suma la perdida de las antiguas prácticas de protección y conservación de los bosques de la zona, que eran propias de los campesinos nativos de la región. Tras el pasar de los años los daños medioambientales generados por este cultivo se agravan considerablemente debido a factores geográficos que permiten el desarrollo de la coca. - El campesino por rentabilidad y mercado fácil decide implantar en sus tierras el cultivo de coca significando no solamente un altísimo índice de deforestación, pérdida de suelos, disminución de recursos hídricos, pérdida de biodiversidad y quiebra de las funciones vitales de los ecosistemas, sino también contaminación de las aguas (superficiales y subterráneas) y de los suelos.- Entre los principales impactos ambientales generados por el cultivo y transformación de hoja de coca, se destacan la deforestación de bosques nativos para el establecimiento de este monocultivo. - Las plantaciones de *Erythroxylum coca* generan disturbios

en los ecosistemas, alteración al medio a su alrededor y la transformación de dicha hoja, como consecuencia de esta actividad, la contaminación del suelo, del agua, del aire y alteración al ser humano

### **2.1.2. Nacionales.**

Rueda (2014), Realizó la investigación: *Estimación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea de una Plantación de Inga edulis en Campo Verde, Ucayali*, en la Facultad de Ingeniero Forestal de la Universidad Nacional Agraria la Molina. El estudio tuvo como objetivo Calcular la biomasa aérea (fuste, hojas y ramas) de los árboles de la plantación de *Inga edulis*, calcular la proporción de Carbono los árboles de la plantación de *Inga edulis*, generar ecuaciones que estimen el contenido de biomasa aérea del árbol (fuste, hojas, ramas). La investigación llegó a las siguientes conclusiones: -Se logró generar información técnico-científica sobre las reservas de carbono de la plantación de *Inga edulis*; que servirá como base para la elaboración de potenciales proyectos de valoración de servicios ambientales - La ecuación que mejor estimó la biomasa total de árboles individuales fue  $\text{LnPT} = -1.289 + 0.032 \text{ DAC}^2 - 0.002 \text{ DAC}^3 + 1.131 \text{ LnDAC}$ . - Los resultados del estudio indican que al año 2010 la biomasa aérea total fue de 6 180.21 toneladas para la plantación de *Inga edulis* del proyecto VCS-Campo Verde. - La cantidad de  $\text{CO}_2\text{-e}$  almacenado al año 2010 en la plantación de *Inga edulis*, del proyecto VCS-Campo Verde fue de 11 330.38  $\text{tCO}_2\text{-e}$ . - La variable que más se correlaciona con la biomasa aérea de la plantación de *Inga edulis* es (DAC), que a su vez fue la variable más fácil de medir en campo.

Villagaray (2014), Realizó la investigación: *Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (erythroxylon coca) en VRAEM, Perú, con aplicación de Tecnología Agroforestal*, en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. El objetivo de la investigación fue determinar el grado de recuperación de suelos degradados por efecto de la plantación del paloto (*Ochroma pyramidales*), *Pueraria phaseoloides* (kudzú), *Desmodium ovalifolium* (desmodium) en terrenos alpillales (*Pteridium aquilinum*) de una parcela demostrativa en Pichari Alta. La investigación llegó a las siguientes

conclusiones: El uso de tecnología agroforestal limpias en el valle del río Apurímac, Ene Y Mantaro en la recuperación de suelos degradados, utilizando el árbol del paloto y las herbáceas como el kutzú y el desmodium, recuperan el suelo de manera acelerada sin la necesidad de gastar e productos químicos como son los herbicidas para poder eliminar las plantas invasoras como el Alpillo (*Pteridium aquilinum*) y el Rabo de Zorro (*Andropogun bicornis*) o por otro lado estar realizando quemas que contribuyen en la contaminación del medio ambiente. Tal como se puede observar en los datos de los resultados, coadyuvan en el incremento de la materia orgánica, mejora el pH del suelo, mejoran en el incremento de la fertilidad del suelo, recolonizan los suelos degradados para su posterior utilización en actividades agropecuarias y forestales.

Pinedo (2015), Realizó la investigación: *Reforestación en suelos impactadas por las actividades petroleras en la zona de canteras km 74 Shiviyaçu lote 1ab, en la zona de Andoas. Loreto – Perú*, en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. El objetivo de la investigación fue reforestar los suelos impactados por la actividad petrolera, determinando el crecimiento, sobrevivencia, mortandad y vigorosidad de las especies utilizadas. La investigación llegó a las siguientes conclusiones: - Se ha reforestaron suelos impactados por derrame de hidrocarburos en la zona de Canteras km 74 Shiviyaçu Lote 1AB, Andoas. Loreto - Perú”. Con 3.33 ha aproximadamente. - En la Reforestación se utilizó las especies forestales de: de Shimbillo, Guaba, Caoba, Pan del árbol, Amasisa Pijuayo, Aguaje, Ungurahui, Cacao y Uvos. - Se sembraron 3,541 plantones. - El crecimiento en diámetro de las especies fueron: Cacao con 1.98 cm, Shimbillo con 1.96 cm, Amasisa, Pan del árbol y Uvos con 1.90 cm, Caoba, Guaba y aguaje con 1.89 cm, Ungurahui y Pijuayo con 1.75 cm respectivamente. - El crecimiento en altura de las especies fueron: Cacao con 44.80 cm, Shimbillo con 93.40 cm, Amasisa, Pan del árbol con 60.87 cm, Uvos con 46.70 cm, Caoba con 90.80 cm, Guaba con 92.87 cm, Aguaje con 55.10 cm, Ungurahui con 48.50 cm, Pijuayo con 60.60 cm respectivamente. - La sobrevivencia de los plantones

a los seis meses de evaluación tuvo un resultado del 100%. - El vigor de todos los plántones al final de la evaluación fue excelente.

Dueñas (2015), realizó la investigación: *Evaluación de la capacidad fitorremediadora de Inga edulis Mart., en una área degradada por minería aurífera en el Distrito Inambari, Provincia Tambopata, Región de Madre de Dios*, en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Este estudio tuvo como objetivos evaluar el desarrollo y sobrevivencia de la especie de *Inga edulis* Mart., en el área degradada por actividad de la minería, evaluar el nivel de metales pesados existente en el suelo del área de estudio y evaluar el nivel de metales pesados existente en los diferentes órganos de la especie de *Inga edulis* M. La investigación llegó a las siguientes conclusiones: - El desarrollo en altura de la especie *Inga edulis*, instalados en una área disturbado por la minería, se ha estabilizado a 1.47 m a los cuatro años de edad. En condiciones normales debería estar a mayor altura, lo que demuestra que estos suelos están totalmente degradados. Para el estado de sobrevivencia de la especie *Inga edulis*, se determinó en un 56 % del total de individuos de la plantación, esto demuestra una reducción severa de producción de biomasa de la plantación y la ausencia de algunas variables ambientales. - Debido a la falta de datos históricos en concentración de Metales Pesados como línea base y la no presencia de Mercurio (Hg) en el suelo y planta; y la muy baja concentración de Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni) y Zinc (Zn) para este estudio, dificulta en llegar a una conclusión si la especie de *Inga edulis* tiene buena o nula capacidad de Fitorremediación sobre estos metales en el área de estudio. - Los frutos y hojas de la *Inga edulis* en el área de estudio, presentaron las mayores concentraciones de Cr, Cu, Ni, Zn, pero todos están por debajo del límite de toxicidad para el consumo del ser humano. - En cuanto a la especie vegetal, la mayoría presentó acumulación de metales pesados en sus componentes morfológicos analizados por debajo del Límite de Toxicidad. La más alta acumulación de Cr, Ni y Zn se presentó hojas y fruto (H/F) y para Cu fue en hoja. Todas las muestras reportaron

niveles acumulados a nivel raíz, hoja y fruto. No hubo relación entre las concentraciones de suelo con respecto a raíz, hojas y fruto, a diferencia del Cr que si reporto relación entre la concentración de suelo con el fruto.

### **2.1.3. Locales.**

Rios (2015), Realizó la investigación: *Efectos de aplicación del bocashi en el crecimiento del Sacha Inchi (Piukenetia volubilis L.) y recuperación de un suelo degradado en el Distrito de Daniel Alomía Robles, Huánuco*, en la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. La investigación tuvo como objetivos evaluar el efecto de los niveles de abono fermentado tipo bocashi en el crecimiento de la altura y porcentaje de mortandad del sachá inchi (*Piukenetia volubilis L.*) y Evaluar el efecto del abono fermentado tipo bocashi en la fertilidad de un suelo degradado por acidez. Las conclusiones fueron: - Se obtuvo mejores resultados en el T3 (400 g de bocashi por planta) pues notoriamente influenció en el crecimiento de la planta llegando al final del estudio a medir 184 cm y también fue el tratamiento que tuvo 0 % de mortandad. - Mejoró las condiciones de fertilidad del suelo, obteniendo los mejores resultados el T3 (400 g de bocashi /planta), se incrementó el pH desde 4.3 a 5.2; materia orgánica de 2.0 % a 5.3 %; nitrógeno de 0.09 % a 0.24 %; fósforo 7,7 ppm a 11,38 ppm; bases cambiables de 30.99% a 95.06 %; así mismo, se logró reducir la acidez cambiabile de 69.01% a 4.94% y por consiguiente la saturación de aluminio en el suelo descendió de un 43.66 %a 2.47 %. 3. - La aplicación del abono fermentado tipo bocashi es una alternativa eficaz para favorecer el desarrollo de cultivos de sachá inchi aun en condiciones de un suelo degradado lo cual nos permite asegurar que el bocashi es un abono orgánico indispensable para recuperar o mejorar la fertilidad de un suelo.

Chuquichaico (2016), Realizó la investigación: *Impacto de la reforestación en la recuperación de los suelos degradados en la microcuenca del río monzón - Región Huánuco*, en la Escuela de Post Grado de la Universidad Inca Garcilaso de la Vega. La investigación tuvo como objetivos: Determinar de qué manera el clima favorece la

reforestación de los suelos degradados en la Microcuenca del Río Monzón, Establecer de qué manera la capacidad de uso mayor de la tierra favorece la reforestación de los suelos degradados de la Microcuenca del Río Monzón, Evaluar de qué forma el agua favorece la reforestación de los suelos degradados de la Microcuenca del Río Monzón, Determinar de qué manera los árboles plantados favorecen la recuperación de los suelos degradados de la Microcuenca del Río Monzón y Analizar de qué modo la población favorece la recuperación de los suelos degradados de la Microcuenca del Río Monzón. Las conclusiones de la investigación fueron:

- Los resultados obtenidos han permitido determinar que la reforestación impacta favorablemente en la recuperación de suelos degradados en la microcuenca del río Monzón, como es el caso del proyecto forestal Monzón (UNODC, 2003), fue un ejemplo vivo del estudio, el mismo que cumplió con los principios y criterios claros en materia forestal, ambiental, social y económica, además de aplicar los criterios técnicos y dar paso a garantizar la sostenibilidad, en remplazo de la economía ilegal del cultivo de coca.
- La formación de una maza forestal o bosque reforestada, conformado por árboles y arbustos favorecen la recuperación de los suelos degradados por el proceso de deforestación en la microcuenca del río Monzón, ante este problema los agricultores hoy en día son más conscientes ambientalmente y están preocupados por la lejanía y la escasa leña en su parcela y están preocupados para recuperarlos los suelos degradados, a través de la reforestación y simular a un bosque natural con bienes y servicios importantes, para la economía lícita local.
- Los ecosistemas forestales recuperados, contienen además de bienes y servicios ambientales, la captura de carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos son de importancia primaria cuando se considera el manejo de bosques.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. *Inga edulis.***

#### **2.2.1.1. *Origen.***

El origen del género *Inga* se halla en la Amazonía de Brasil, Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. Las especies también han sido introducidas a través de gran parte de Sudamérica tropical, Panamá y Costa Rica. (Lawrence, 1993, citado por Montaña, 2006, p.16)

#### **2.2.1.2. *Características Botánicas.***

La guaba es una leguminosa de copa densa, ancha, aparasolada con ramificación simpoidal desde el segundo tercio. Alcanza alturas de hasta 6-18 m, con diámetros de 15 a 50 cm. El fuste es recto y cilíndrico, la corteza color marrón claro; con lenticelas de 2 a 3 mm de largo dispuestas en hileras y aglomeradas en la base del fuste. Las hojas son compuestas, paripinnadas, de 15 a 25 cm de longitud; raquis alado con glándulas en forma de cráter entre los folíolos; con 4 a 6 pares de folíolos opuestos, ápice agudo, base obtusa, haz glabro color verde oscuro con envés pubescente y amarillento. Las inflorescencias en racimos terminales de 7 a 12 cm de largo, con flores blancas, hermafroditas, de 3.5 a 4 cm de largo, cáliz y corola tubulares con 4 a 5 lóbulos; estambres numerosos con filamentos filiformes de 3 a 4 cm de largo; ovario súpero. Los frutos son legumbres de 40 a 180 cm de largo, color café verduscas, profundamente estriadas, carnosas, que contienen numerosas semillas negras en su interior rodeadas por un arilo blanquecino, algodonoso y comestible. La madera tiene un peso específico de 0.54 g/cm<sup>3</sup>. Es de color pardo blancuzco, textura media, grano ligeramente entrecruzado. Es difícil de trabajar. Se usa en construcciones rurales, cajas, muebles, postres y leña. (Pennington y Revelo 1997)

Su mayor uso es como leña, en la producción de carbón, construcciones rurales, parquet; además su fruto es comestible y se utiliza como alimento por su grado nutricional. En recuperación de tierras

degradadas, es una especie ideal por su aporte de hojarasca y manejo bajo podas. (Enríquez, 1996, citado por Dueñas, 2015, p.6)

- **Clasificación Científica de la Guaba.**

Reino : Plantae  
Filo : Magnoliophyta  
Clase : Magnoliopsida  
Orden : Fabales  
Familia : Fabaceae  
Sub-familia: Mimosoideae  
Especie : *Inga edulis* Martius  
Autor: Carl Friedrich Philipp von Martius

- **Nombres comunes.**

En el Perú : Guaba  
En Brasil : Inga-cipó; rabo de mico.  
En Colombia: Guano  
En Venezuela: Guano bejuco



Fuente: Propia (2018).

*Imagen 1. Planta, fruto, flor y semilla del Inga edulis.*

### **2.2.1.3. Características ecológicas.**

Esta especie es originaria de la Amazonia y se distribuye desde los 26° S. en Brasil y Ecuador. Hasta los 10° N en Honduras en América Central. La distribución altitudinal varía de 0 a 1800 m.s.n.m., con precipitaciones de 800 a 1200 mm por año, con una estación seca de hasta cuatro meses y temperaturas de 20 a 26 °C. Es común encontrarla a la orilla de caminos y ríos en formaciones de bosque secundario. Tolera suelos hasta semipermeables y con altos contenidos de aluminio. (Thirakul, 1992, citado por Dueñas, 2015, p.7)

La guaba es nativa de centro y Sudamérica, desde el Sur de México. Se extiende desde Colombia a través de la mayor parte de Sudamérica tropical al este de los Andes hasta la costa de Brasil. (Huertas y Saavedra, 1990, citado por Dueñas, 2015, p.8)

La planta se adapta a todos los tipos de suelos existentes en la Amazonia, desde los más fértiles entisoles, inceptisoles, histosoles y alfisoles, hasta los más ácidos e infértiles oxisoles, ultisoles e inclusive los espodosoles arenosos. Desarrolla bien en terrenos no inundables. Tolera hidromorfismo y periodos secos prolongados. (Enríquez, 1996, citado por Dueñas, 2015, p.8)

### **2.2.1.4. Fenología.**

“El pacay florece entre marzo y octubre y los frutos maduran entre septiembre y marzo” (Saldías et al., 1994, citado por Montaña, 2006, p.20).

### **2.2.1.5. Propagación.**

El porcentaje de germinación de las semillas de pacay varía de 95 a 100% con semilla fresca. La germinación es epigea, se inicia a los cuatro días después de la siembra y finaliza de 15 a 25 días después (Salazar, 2000, citado por Montaña, 2006, p.21).

La semilla es pesada y con una viabilidad corta, lo cual actúa como limitante al uso más amplio de especies seleccionadas; la semilla es del tipo recalcitrante. En vivero la semilla es germinada en camas de almácigo con diferentes sustratos, por ejemplo tierra orgánica más arena gruesa en la

proporción 2:1; la semilla se siembra a una profundidad entre 1.5 y 2.0 cm. Las semillas deben ser procesadas inmediatamente después de recolectadas, para evitar la fermentación y descomposición de la pulpa. Las vainas deben golpearse suavemente para permitir su apertura y las semillas se extraen manualmente para luego lavarlas con abundante agua. (Lawrence, 1995, citado por Montaña, 2006, p.21)

#### **2.2.1.6. Usos.**

El uso comercial más importante del pacay es como árbol de sombra en las plantaciones de cacao o café donde la calidad de la sombra y la capacidad del árbol de fijar nitrógeno y reciclar nutrientes, mediante la abundante hojarasca, lo adecuan a este uso. Además, es una importante especie melífera. (Meneses et al., 1996, citado por Montaña, 2006, p.21)

“El pacay produce una leña de buen valor calorífico. La madera se usa en contrachapeado ordinario, embalaje, cajas y carpintería interior” (Viscarra y Lara, 1992, citado por Montaña, 2006, p.21).

“El Inga es consumido fresco, se pueden elaborar refrescos, además de que el árbol produce sombra, por lo que el árbol de pacay puede ser empleado en asociación con otros cultivos que demanden dicha sombra” (CIAT, 2000, citado por Montaña, 2006, p.22).

#### **2.2.1.7. Germinación.**

La germinación es un proceso de cambio de una pequeña estructura inactiva a una planta que crece activamente, destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen. Las semillas, casi invariablemente, pasan por un período de desecamiento durante su maduración; la primera fase de la germinación es la absorción de agua (imbibición a un rango de temperatura adecuado), en la mayoría de los casos hay oxidación de sustancias orgánicas en el sistema celular con liberación gradual de energía.

El proceso de germinación está compuesto de tres fases simultáneas:

- Absorción de agua, por imbibición, que hace que la semilla se hinche y acabe abriéndose la cubierta seminal.
- Actividad enzimática e incremento de las tasas de respiración y asimilación, que indican la utilización de alimento almacenado y su transposición a las zonas de crecimiento.
- Agrandamiento y divisiones celulares que traen como consecuencia la aparición de la radícula y la plúmula. (Duffus y Slaughter, 1980, citado por Montaña, 2006, p.23)

La germinación es el surgimiento y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de las estructuras esenciales que indican la capacidad de la semilla para producir una planta normal en condiciones favorables. (Justice, 1972, citado por Montaña, 2006, p.23)

El impedimento para que las semillas germinen puede deberse a dos causas: el medio no es favorable para el crecimiento vegetativo a causa de una escasa disponibilidad de humedad, aireación o por una temperatura inadecuada, a este tipo de inhibición se le llama quiescencia; o las condiciones del medio son adecuadas, pero el organismo tiene una combinación fisiológica tal que impide su crecimiento, este tipo de inhibición se denomina latencia, dormancia o letargo (Willan, 1991, citado por Montaña, 2006, p.23)

#### **2.2.1.8. Fijación de nitrógeno.**

De entre las diferentes especies forestales que pueden ser utilizadas en la recuperación de áreas degradadas, las leguminosas capaces de formar simbiosis con microorganismos fijadores de N<sub>2</sub> atmosférico despiertan gran interés. Ya fueron descritas asociaciones con organismos fijadores en cerca de 650 especies de árboles y se cree que millares de otras especies puedan también asociarse. Esas especies, cuando están asociadas a hongos micorrízicos, promueven un aprovechamiento aún mejor de fósforo u otros nutrientes como zinc, manganeso y cobre.

Las especies fijadoras de nitrógeno pueden producir un significativo aumento en la fertilidad del suelo, cuando están inoculadas con cepas efectivas de *Rhizobia* o *Frankia*, a través de su producción de hojarasca rica

en nitrógeno y el rápido ciclo de raíces finas y de nódulos. Gran parte de las especies leguminosas arbóreas presentan elevada producción de biomasa con un significativo aporte de hojas al suelo. Además del volumen de material vegetal que aportan al suelo, las características químicas de tal material pueden condicionar la velocidad de descomposición y el ciclo de nutrientes. Los datos obtenidos muestran mayores cantidades de materia seca y de nutrientes como P, K, Mg y N para la hojarasca bajo la especie leguminosa (Dias, Franco, Campello, De Faria, & Da Silva, 1995)

La familia Leguminosae contiene más de 200 géneros y 17.000 especies de árboles, arbustos y plantas (Werner, 1992, citado por Ferrari y Wall, 2004). Las actinorrizas incluyen más de 200 especies pertenecientes a 8 familias y 25 géneros, siendo todos árboles o arbustos (Ferrari y Wall, 2004).

### **2.2.2. Fertilidad del suelo.**

La fertilidad es la capacidad de dar vida. Al hablar de fertilidad de suelos, nos referimos a su capacidad para permitir y sustentar vida vegetal. Esta, no solo depende de la presencia de nutrientes en el suelo, sino también de su disponibilidad para las plantas, de la capacidad del perfil en el suelo para almacenar y entregar agua, de la existencia de un espacio físico para el crecimiento de raíces y de la ausencia de procesos de destrucción de lo que haya logrado crecer. La fertilidad del suelo tiene, por lo tanto, componentes químicos, componentes físicos y componentes biológicos, y todo manejo efectivo debe considerar mecanismos de optimización de los tres tipos de componentes en forma interdependiente. (Montecino, 2008).

La Fertilidad del Suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Andrades y Martínez, 2014)

La fertilidad del suelo puede ser definida como la capacidad del suelo para suministrar a las plantas agua y nutrientes esenciales para su

crecimiento y desarrollo. Los factores que determinan la fertilidad se pueden clasificar en:

- Fertilidad Físicos, que condicionan el desarrollo del sistema radicular, y su aporte hídrico. La fertilidad física se identifica por: textura, estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados, etc.
- Fertilidad Químicos, que hace referencia a la reserva de nutrientes y su aporte a las plantas. Se caracteriza por: capacidad de cambio de cationes, pH, materia orgánica, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (B, Fe, Mo, Mn, Zn, Cu, Na y Cl), y sus formas químicas en el suelo que condicionan su biodisponibilidad.
- Fertilidad Biológicos, determinados por la actividad de los microorganismos del suelo. La microflora del suelo utiliza la materia orgánica como sustrato y fuente de energía, interviniendo en la producción de enzimas, ciclo de C y de N, transformaciones biológicas de nutrientes y procesos de humificación y mineralización. (López y Miñano, 2002)

El índice de fertilidad química-IF de Parent (1989) se adaptó y se estimó mediante puntajes derivados de la sumatoria de las características químicas.

#### **2.2.2.1. Indicadores de la Fertilidad Química.**

Se refiere a las propiedades químicas del suelo, tanto sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes. (Huerta, 2010, citado por López y Zamora 2016)

Se describe los componentes del Índice de Fertilidad química-IF:

##### **2.2.2.1.1. Materia Orgánica.**

La materia orgánica si bien no supone una fuente mera e inmediata de nutrimentos, es de suma importancia para una buena conformación del suelo. La materia orgánica en los suelos está compuesta de restos orgánicos de origen vegetal y animal que, por acción de las bacterias,

hongos, protozoos y actinomicetos presentes en el suelo, es transformada, en parte, en una sustancia coloidal de coloración oscura conformada por moléculas o polímeros de elevado peso molecular y de resistencia a degradación que le confiere a los suelos buenas características. El segundo producto de la acción de los microorganismos son los macro y micronutrientes derivados de los compuestos orgánicos que luego son mineralizados. Este proceso de mineralización es lento y por lo tanto representa solo una reserva de nutrimentos para las plantas a largo plazo.

La importancia de la materia orgánica en cuanto a fertilidad de los suelos radica en que la presencia de ésta en el suelo mejora las propiedades físicas del mismo, como disminución de la densidad aparente de suelos muy compactos, mejora de la conductividad hidráulica, una mejor segregación de los agregados del suelo. Las mejoras químicas que aportan la MO a los suelos es el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), buena disponibilidad de los macro y micronutrientes a largo plazo; aunque también significa un aumento de la conductividad eléctrica (salinidad) del suelo.

En el ciclo de la materia orgánica en el suelo los residuos de plantas (raíces, tallos, hojas, flores, frutos, etc.) son atacados por los microorganismos en dos formas diferentes:

- Los compuestos de fácil descomposición son mineralizados rápidamente y el producto final es CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, los cuales pueden ser usados como nutrimentos por las plantas o ser incorporados o inmovilizados por los microorganismos para poder desarrollar su propia actividad metabólica.
- Los compuestos más resistentes son mineralizados lentamente y conjuntamente con sustancias resintetizadas de origen microbiano, constituyen el humus, el cual con el tiempo puede ser descompuesto lentamente produciendo nuevamente formas iónicas simples a ser usadas por las raíces de las plantas. Estos compuestos son ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas. (Molina, 2011)

### 2.2.2.1.2. pH.

Es una propiedad que tiene influencia indirecta en los procesos químicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biológicos y actividad microbiana.

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos ( $H^+$ ) que se da en la interface líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Fernández y Rojas, 2006, citado por López y Zamora, 2016).

La acidez del suelo se debe a pérdidas de las bases en suelos de zonas lluviosas por efecto de disolución de las mismas las que se percolan y se pierden por lixiviación en proporciones considerables. Los sitios del suelo que estaban siendo ocupados por las bases, son reemplazados por el ion hidrógeno el cual al pasar a la solución del suelo produce la reducción del pH y toxicidad en las plantas (Porta y López, 2008, citado por López y Zamora, 2016)

El crecimiento de las plantas, en suelos ácidos como alcalinos hacen que algunos nutrientes sean altamente insolubles a valores de pH altos, mientras que otros son menos disponibles a valores de pH bajo. La disponibilidad máxima para la mayoría de nutrientes ocurre en el rango de pH de 6,5 a 7,5. (Padilla 2007, citado por López y Zamora, 2016)

Los valores que favorecen a la mayoría de los nutrientes están disponibles para las plantas y por ende para desarrollo de los cultivos a pH de 6.5 a 7.5 (Vásquez et al., 2002, citado por López y Zamora, 2016), ya que pH es muy importante en las propiedades del suelo porque regula las propiedades químicas del suelo, determina la disponibilidad del resto de los cationes para las plantas e influye sobre la CIC, que es menor en suelos ácidos que en los básicos (Báscones, 2005, citado por López y Zamora, 2016).

#### 2.2.2.1.3. Fosforo.

El contenido y el comportamiento del fósforo (P) en los suelos para uso agrícola, está determinado inicialmente por las propiedades originales del material parental, el tipo de arcilla dominante, por la fracción orgánica, así como por otras propiedades y procesos de naturaleza biológica y química. Así mismo, el manejo agronómico al que ha sido sometido el suelo, puede provocar variaciones importantes del P que modifican igualmente su dinámica en el suelo (Henríquez, 2015, citado por López y Zamora 2016).

El fosforo del suelo se presenta casi exclusivamente como ortofosfatos derivados del ácido fosfórico,  $H_3PO_4$  que se combina con compuestos orgánicos o con compuestos de Fe, Ca y Al. Los compuestos formados pueden encontrarse en forma de sales en solución, sales cristalinas o sales absorbidas por los coloides del suelo. (Garrido, 2001)

El ion fosfato puede, además, ser directamente absorbido por los coloides del suelo o puede formar enlaces de gran estabilidad con los hidróxidos de Fe, Al o Mn que forman parte de los coloides del suelo. Estos últimos constituyen el fosforo fijado. La abundancia relativa de cada uno de estos compuestos variara de acuerdo al origen del suelo, a los niveles de materia orgánica y al pH. (Montecino, 2008)

#### 2.2.2.1.4. Saturación de Aluminio.

El aluminio hace parte de los complejos aluminosilicato que liberan fácilmente el ion  $Al^{3+}$  a la solución del suelo (Álvarez et al., 2005, citado por Rojas et al., 2009). Según el pH, el aluminio puede estar de forma soluble, intercambiable y tóxica para las plantas ( $Al^{3+}$ ), o de forma polimerizada. En las zonas templadas, los suelos ácidos son predominantemente orgánicos, mientras que en las zonas tropicales, los suelos son ácidos minerales, entre los que predominan los ultisoles y los oxisoles (Liao et al., 2006, citado por Rojas et al., 2009).

Son suelos clasificados taxonómicamente como oxisoles y ultisoles, muy susceptibles a la degradación, de baja fertilidad actual y potencial, con niveles deficientes de macro y micronutrientes y elevada concentración de

aluminio, que bajo condiciones naturales no ofrecen un medio óptimo para la producción de cultivos y pasturas y, sin embargo, son dónde se adelantan las actividades agropecuarias y forestales principalmente (Sanz et al., 1999, citado por Rivera, Moreno, Herrera y Romero, 2015)

#### 2.2.2.1.5. CIC - CICE.

El CICE se ha dado en llamar así a la suma de Cationes Intercambiables de un suelo, incluyendo la Acidez titulable (Al + H). Difiere de la verdadera Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en que esta evalúa el número total de puestos de carga negativa y la CICE evalúa solamente los puestos que están ocupados. Generalmente su valor es inferior a la CIC. (Garrido, 2001)

En unidades del sistema internacional, se expresa (CIC) en centimoles de carga positiva por kilogramo de suelo,  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  o bien  $\text{cmolc kg}^{-1}$ . Con anterioridad se venía utilizando como unidad el  $\text{meq}/100\text{g}$ , cuyo uso se halla todavía muy extendido. El valor numérico es el mismo con ambas unidades (Huerta, 2010, citado por López y Zamora, 2016).

Los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos, son  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  y  $\text{Na}^{+}$  (las bases del suelo) y  $\text{NH}_4^{+}$ , en suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el  $\text{Al}^{3+}$  juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo constituyendo, junto con el  $\text{H}^{+}$ , la acidez intercambiable del mismo (Jaramillo, 2002, citado por López y Zamora, 2016).

Los coloides del suelo, principalmente las arcillas y la materia orgánica, muestran en su superficie cargas negativas, por lo que pueden adsorberse a ellas cationes (ya sea nutrimentos o contaminantes). Estos cationes pueden ser intercambiados por cantidades equivalentes de otros cationes, esta equivale a  $\text{meq}/100\text{g}$  de suelo y depende de la cantidad de coloides que tiene (Siebe et al., 2006, citado por López y Zamora, 2016).

#### 2.2.2.1.6. Bases totales.

Las bases totales es la cantidad de iones cargados positivamente, con exclusión de iones de hidrógeno y aluminio, estas son: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>. (Rivera et al., 2015). El contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo, especialmente el de los dos primeros. Los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg, mientras que los suelos muy ácidos generalmente presentan deficiencias de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo. (Molina, sf)

#### 2.2.2.1.7. Potasio.

El potasio se encuentra en el suelo en forma de catión intercambiable, es decir, adsorbido a las arcillas y a la materia orgánica en sus sedes de intercambio, pasando fácilmente a la solución del suelo por la acción de ácidos débiles.

Muchos suelos son ricos en potasio de forma natural, por contener arcillas del tipo de la illita. Esto ocurre por ejemplo en zonas donde la roca madre es una pizarra. También son ricos en potasio los suelos que se abonan frecuentemente con estiércol. (Garrido, 2001)

### 2.2.3. **Coca (*Erythroxylum coca*).**

#### 2.2.3.1. **Descripción taxonómica.**

Según Zaragoza (2010) , la siguiente taxonomía pertenece a la coca.

Reino : Plantae  
Filo : Magnoliophyta  
Clase : Magnoliopsida  
Orden : Malpighiales  
Familia : Eritroxiláceas  
Género : *Erythroxylum*  
Especie : *E. coca*  
Nombre : *Erythroxylum coca*

### **2.2.3.2. Descripción botánica.**

Es Arbusto de 1 a 2.5 m, corteza fuertemente arrugada, ramas sube rectas, escamas plumizo-cenicientas, presencia de lenticelas, las ramas jóvenes presentan estrías longitudinales hacia el ápice, hojas membranosas y simples de forma oblongolanceolada, de 8 x 5 cm de tamaño, venación lateral y media prominente con un par de areolas longitudinales translúcidas que nacen en la base de la lámina, dirigidas hacia el ápice y con un mucrón muy notorio en el ápice foliar, en la base presenta varias estípulas, flores blancas a amarillentas, cáliz con lóbulos ovoides, pétalos con tres dientes, tubo estaminal 10, estilo 4, fruto drupa rojo-naranja, oblonga a ovoide. (Villena y Sauvain, 1997)

La Coca es una planta espermatofita sudamericana perteneciente a la familia Erythroxylaceae (Eritroxiláceas). Ha tenido gran importancia para las culturas andinas en donde tuvo usos analgésicos y nutricionales. Esta planta necesita climas húmedos o templados además de un terreno suelto y humoso; se propaga por semillas y su cosecha inicia después del tercer año de plantación. (Sánchez, Ordóñez y Riveros, 2005).

La especie de mayor valor comercial es *Erythroxylum coca*, cuyas hojas han sido utilizadas como masticatorios, por sus propiedades estimulantes desde épocas remotas. Este uso, en principio limitado a colonias indígenas, se extendió considerablemente hasta llegar a constituir en la actualidad un importante problema social. La coca mascada con cal alivia el hambre y el cansancio, lo que puede llevar a un consumo bajo de alimentos y un excesivo desgaste físico. Otro uso importante es el de la cocaína, alcaloide que se extrae de las hojas, de numerosas aplicaciones en medicina y extendido uso como narcótico, también conocido actualmente como problema social (León, 1987, citado por Villena y Sauvain, 1997)

Según Zaragoza (2010), refiere que las principales características de la coca y su forma de cultivo, son los siguientes:

- La Coca es un arbusto de 1,0 a 2,5 m de altura que crece espontáneamente en los Andes de Perú y Bolivia.

- Se cultiva en terrenos con altitud entre 500 y 1500 y hasta los 3000 msnm.
- Se desarrolla en terrenos llanos y con pendientes hasta de 45°.
- La temperatura ideal para el cultivo esta entre 18 y 25°C.
- Es muy resistente a plagas y enfermedades.
- Es sensible a hongos endoparásitos de podredumbre de raíz y hojas.
- No requiere cantidades importantes de fertilizantes.
- Se planta mediante trasplante de almácigos de 2 a 3 meses, o por semilla.
- Comienza su producción a los 8 ó 12 meses, según fertilización.
- Las plantas producen unos 25 años, y bien tratadas hasta 40 años.
- Se realizan 4 ó 5 cosechas anuales de 200 a 400 kg/ha de hoja seca.
- La producción anual puede variar entre 800 y 2500 kg/ha.



Fuente: Propia (2018).

*Imagen 2. Planta de coca (Erythroxylum coca)*



Fuente: Propia (2018).

*Imagen 3. Hojas, semilla y flor de la hoja de coca (Erythroxylum coca)*

### **2.2.3.3. Efectos ecológicos atribuidos al cultivo de la coca.**

Los efectos atribuidos al cultivo de la coca surgen tanto de la planta y su funcionamiento (autoecología) como de las técnicas empleadas para su cultivo (agroecología). Entre los primeros se encuentran el empobrecimiento del suelo, su pérdida de estructura y su acidificación.

Los impactos derivados del manejo del suelo surgen de la necesidad de desmontar para implantar el cultivo. La deforestación se realiza con la técnica de tumba-roza-quema. Consiste en tumbar los árboles y arbustos, retirar el material más voluminoso y quemar el resto; es un proceso de incendio controlado. La secuencia más generalizada de desmonte y cultivo es:

- Tumba o descubre
- Extracción de un bajo porcentaje de rollizos de valor maderero
- Incendio o quema
- Siembra de un alimento básico o sustituto del pan (arroz, yuca, maíz);
- Plantío de cultivo comercial: la coca y más tarde naranjos. La rotación completa insume 7 a 8 años. (Rosso, 2013)

#### **2.2.3.4. Impactos en el medio ambiente.**

##### *2.2.3.4.1. Deforestación.*

La producción de hojas de coca requiere la deforestación, al igual que todo otro cultivo. Cuando se deforesta, no sólo se pierde información genética presente, sino que se destruye la posibilidad de especiaciones futuras. Se producen extinciones locales y se reduce la biodiversidad; se pierde información acumulada en las relaciones entre especies (dispersoras de propágulos, polinizadoras). Se modifica los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos (de nutrientes) y se deja suelo expuesto a la erosión.

Si la deforestación va acompañada de incendios, se pierde gran cantidad de nutrientes. Con la primera quema se pierde el 25% del C y N por volatilización. Las cenizas que quedan en la superficie del suelo contienen los cationes que no se volatilizan pero se van perdiendo lentamente por los procesos de lixiviación; escurrentía; consumo (nutrientes entran a las plantas por las raíces) y exportación (toda vez que se realiza una cosecha, los nutrientes que entraron a las plantas desde el suelo y se acumularon en los órganos cosechados, se pierden del sistema). Como no hay aporte de nutrientes al suelo ni por el mantillo, ni por el lixiviado de las hojas ni por escurrimiento por el tronco, a los 3 o 4 años, la fertilidad del suelo queda agotada.

Los daños causados por la deforestación dependen de varios factores: tamaño del terreno producido, tiempo en que el suelo permanece desnudo, condiciones climáticas, momento en que se produce el desmonte, tipo de vegetación circundante, tecnología usada para el desmonte, frecuencia de deforestación y tipo de conversión; pero estos puntos que ya fueron abordados y se trataron estos factores. Si el terreno es sembrado después de la deforestación, se reduce el riesgo de erosión; si es abandonado inmediatamente y hay fuentes de propágulos cercanas, se inicia de inmediato la sucesión y también se reduce el riesgo de erosión.

La recuperación de la fertilidad del suelo también depende del tamaño de la parcela con cultivo de coca. Si la parcela es pequeña (< 1 ha) el nivel de nutrientes se recupera con la recuperación de la vegetación, para

lo cual se requiere un período de descanso adecuado (entre 10 y 100 años). En esto se basa el éxito de la agricultura migratoria. Si el período de descanso no es suficientemente largo (depende de las variables físicas, del tamaño de la parcela, de la vegetación circundante), se produce una regresión hacia el matorral (*Psidium* sp) y pastos africanos invasores (*Pennisetum* sp). (Matteucci y Morello, 1997)

El cultivo tradicional de la coca no se hace en grandes extensiones; sino en microparcels; pero este se hace peligroso cuando se extiende como un solo cultivo en toda la región. En el ciclo agrícola tradicional, de un cocal agotado (es de unos 20 a 40 años). (Rosso, 2013)

#### *2.2.3.4.2. Erosión.*

Se afirma que el cultivo de coca es el causante de la erosión del suelo. Por lo que ya hemos visto, la tasa de erosión se relaciona con el manejo del suelo más que con el cultivo. El cultivo industrial es quizá más riesgoso, porque el objetivo es el enriquecimiento rápido y no hay un interés en conservar el soporte físico-ecológico.

Es cierto que la defoliación total de la coca deja el suelo expuesto. Sin embargo, el período en que las plantas permanecen sin hojas es muy corto. Por otro lado, el cocal está cubierto de hierbas, ya que sólo se desmaleza alrededor de cada planta; quiere decir que no está todo el suelo expuesto.

La erradicación de cultivos, deja el suelo expuesto a la erosión. La sustitución de cultivos, tal como se practica actualmente, sin un estudio de suelos previo, también debe contribuir a la erosión. Si el cultivo que se instala no es el adecuado, o el suelo no es apropiado para el cultivo, el emprendimiento fracasa y el suelo se erosiona en la misma medida o más que en un cultivo de coca abandonado. (Matteucci y Morello, 1997)

#### *2.2.3.4.3. Contaminación de suelos y cursos de agua.*

Para compensar la pérdida acelerada de nutrientes del suelo y obtener mayor rendimiento, los cultivadores de coca en el Perú aplican gran cantidad de agroquímicos como fertilizantes foliares, insecticidas y

fungicidas, muchos de uso prohibido, generando daños a la flora y fauna silvestre y creando un ambiente hostil para las diversas formas de vida humana.

Por otro lado, en el proceso de maceración de la hoja de coca también se utilizan diversos químicos y productos contaminantes kerosén, ácido sulfúrico, carbonato, acetona, etc. que al concluir con su objetivo son vertidos en suelos y ríos, contaminándolos en forma inmediata y convirtiendo las aguas en no aptas para el consumo de seres vivos, ocasionando un grave perjuicio en la flora y fauna silvestre. (Novak, Namihas y García, 2009)

#### *2.2.3.4.4. Pérdida de diversidad biológica y perjuicio al desarrollo sostenible*

La deforestación y la contaminación de los suelos y ríos ocasionan la extinción de innumerables especies, lo que se traduce no solo en una amenaza a la diversidad biológica y genética, sino también a su desarrollo sostenible.

Por otro lado, la desprotección del Estado en las zonas cocaleras fomenta la excesiva explotación forestal y la descontrolada caza y pesca, aumentando el número de especies en extinción. (Novak, Namihas y García, 2009)

#### **2.2.3.5. Suelos degradados en la Amazonía.**

Durante el período 1980-1990, el cultivo de hoja de coca (*Erythroxylum coca*) experimentó un mayor crecimiento, pasando de ser un cultivo tradicional a industrial, aunque ilegal. En 1964, el cultivo de coca ocupaba 15.200 ha cuya producción la consumían la industria farmacéutica y el «chaccheo» tradicional de los pobladores andinos. Hacia 1990, ocupaba 200 mil hectáreas, y constituía el segundo cultivo más sembrado después del arroz. Este incremento empezó en áreas boscosas de la Selva Alta, como el Alto Huallaga (Huánuco y San Martín), Huallaga Central (San Martín), valles de los ríos Apurímac y Ene (Ayacucho y Cusco), La Convención y Lares (Cusco), donde las condiciones edafoclimáticas son

óptimas para el crecimiento de la especie. La producción de coca exige la eliminación de la cobertura original, pero debido a las condiciones de infertilidad natural de los suelos, en pocos años los campos de cultivo se trasladan. (Meza et al.,2006)

El incremento en la producción de cultivos ilícitos (hoja de coca y, en menor medida, amapola) ha causado la pérdida de 2.3 millones de hectáreas de bosques y la degradación total de unas 200 mil hectáreas (DEVIDA 2005, citado por Meza et al., 2006).

Según los últimos reportes del CORAH, Hasta el 2011 la erradicación era de aproximadamente 10,000 ha anuales de coca. Después de esa fecha, el programa de Erradicación incrementó sus metas reportando la erradicación de más de 30,000 ha anuales, entre 2014 y 2016, haciendo un total de 135,406 ha erradicados en el periodo 2012-2016.

La erradicación de cultivos de coca para el 2014, 2015 y 2016 en el Alto Huallaga se concentró en la margen derecha del río Huallaga, entre Daniel Alomias Robles, José Crespo y Castillo y Rupa Rupa, con un total de 9 407, 9 170 y 2 842 ha respectivamente. (UNODC, 2017)

### **2.3. Definiciones conceptuales**

***Inga edulis***: Es una leguminosa de copa densa, ancha, aparasolada con ramificación simpoidal desde el segundo tercio. Alcanza alturas de hasta 30 m, con diámetros de 30 a 60 cm. (Pennington y Revelo 1997)

**Crecimiento**: Debe entenderse como un aumento irreversible de las dimensiones del organismo. El crecimiento puede efectuarse por el aumento en las dimensiones de las células como por la división de estas. (Neyoy, 2012)

**Diámetro altura cuello (DAC)**: Es la medición del diámetro a los 5 cm del nivel del piso, de los árboles antes de ser derribados. (Rueda, 2014)

**Sobrevivir**: Vivir con escasos medios o en condiciones adversas. (Real Academia Española, 2014)

**Sobrevivencia**: Acción y efecto de sobrevivir. (Real Academia Española, 2014)

**Fertilidad:** Es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Sánchez, 2000)

**Fertilidad química:** Se refiere a las propiedades químicas del suelo, tanto sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos componentes. (Huerta, 2010, citado por López y Zamora 2016)

**Índice de Fertilidad Química-IF:** Se adaptó y se estimó mediante puntajes derivados de la sumatoria de las características químicas (Materia orgánica, pH, P, Saturación Al, CIC, Bases totales y K). (Rojas et al., 2009)

**Suelo:** Es un ente natural, tridimensional, trifásico, dinámico, sobre el cual crecen y se desarrollan la mayoría de las plantas. Es un ente, porque tiene vida; tridimensional, porque es visto a lo largo, ancho y profundidad; trifásico, porque existe fase sólida, líquida y gaseosa; dinámico, porque dentro del suelo ocurren procesos que involucran cambios físicos y reacciones químicas constantemente. (Sánchez, 2000)

**Degradación del suelo:** Se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. (FAO, 2018)

**Degradación Física:** Se refiere a los cambios adversos en el suelo que afectan las condiciones físicas relacionadas con el desplazamiento del aire, del agua y nutrientes, y el desarrollo de las raíces. (Piscitelli, 2015)

**Degradación Biológica:** La pérdida de la biodiversidad (organismos vivos) y de la materia orgánica (organismos de origen animal y vegetal, parcial y/o totalmente descompuestos o transformados) constituyen los efectos más notorios debidos a los procesos de degradación biológica. (Piscitelli, 2015)

**Degradación Química:** Varios de los procesos de degradación química están vinculados a la degradación biológica. Siendo estas el agotamiento de nutrientes y la acidificación del suelo. (Piscitelli, 2015)

**Materia Orgánica:** A pesar de que la misma constituye solo una pequeña fracción de la mayoría de los suelos, es un componente dinámico que ejerce

una influencia dominante en muchas propiedades y procesos del suelo. (Corbella y Fernández, 2001)

**pH:** Es definido como el logaritmo inverso de la actividad de iones hidrógeno en la solución suelo. Normalmente el rango de pH de los suelos varía entre 3.5 a 9.0, la razón por la que no se alcanza valores extremos de 0 ó 14 se debe a que la solución suelos no es una solución verdadera, sino una solución coloidal. (Sánchez, 2000)

**Fosforo:** Ya sea en sus formas orgánica (proveniente de la materia orgánica) o inorgánica (proveniente de los minerales del suelo) es otro componente fundamental para la fertilidad de los suelos. Cuando el suelo tiene un pH fuertemente ácido o alcalino el fósforo se insolubiliza por lo que no está disponible para la planta, como la forma soluble. (Morón, Martino y Sawchik, 1999)

**Saturación Al:** El porcentaje de saturación de aluminio (% saturación Al) de la CICE representa mejor la acidez (agronómica) de los suelos que el pH en el agua o cualquier otro electrolito. (Bernier y Alfaro, 2006)

**CICE:** es la carga eléctrica de las arcillas y materia orgánica del suelo, ésta puede ser permanente o dependiente del pH, se expresa en cmol.kg<sup>-1</sup> de suelo. (Oliva, 2009)

**Bases totales:** La bases totales es la cantidad de iones cargados positivamente, siendo estas: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> que son absorbidos en la superficie de las partículas del suelo y se mide y es expresada como parte de la fertilidad química del suelo. (Rivera et al., 2015)

**Potasio:** El potasio (K<sup>+</sup>) es un macronutriente esencial para las plantas. Cumple un papel importante en la activación de más de 60 enzimas que actúan en diferentes procesos metabólicos, dentro de los más importantes están la fotosíntesis y la síntesis de proteínas y carbohidratos. (INTAGRI, 2017)

## 2.4. Hipótesis

**H<sub>1</sub>:** El *Inga edulis* aporta a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

**H<sub>0</sub>:** El *Inga edulis* no aporta a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Variable dependiente.

Fertilidad del suelo

**Dimensión:**

Fertilidad Química

**Indicadores:**

- Materia Orgánica (%)
- PH (Adimensional)
- Fosforo (ppm)
- Saturación de Al (%)
- CICE (meq/100g)
- Bases totales (meq/100g)
- Potasio (meq/100g)

### 2.5.2. Variable independiente.

*Inga edulis*

**Dimensión:**

- Crecimiento
- Sobrevivencia

**Indicadores:**

- Altura (H)
- Diámetro altura cuello (DAC)
- Planta viva

## 2.6. Operacionalización de variables (dimensiones e indicadores)

Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida
<b><u>Variable Dependiente</u></b> Fertilidad del suelo	Fertilidad Química	Materia Orgánica	%
		pH	Adimensional
		Fosforo	ppm
		Saturación de Al	%
		CICE	meq/100g
		Bases totales	meq/100g
		Potasio	meq/100g
<b><u>Variable Independiente</u></b>	Crecimiento	Altura (H)	m.
		Diámetro altura cuello (DAC)	cm.
<i>Inga edulis</i>	Sobrevivencia	Planta viva	%

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de Investigación

Según la intervención del investigador: *Con intervención*, es decir, se modificará la realidad. Según el número de variables analíticas: *Analítica*, porque se cuenta con más de una variable, es decir variable dependiente e independiente. Según la planificación de las mediciones: *Prospectiva*, en el presente estudio se usan datos primarios, que se obtienen a partir de la propia medición. Según el número de mediciones de la variable de estudio: *Longitudinal*, los instrumentos se aplican a la misma unidad de estudio o variable más de una vez. Según el análisis estadístico: el estudio es *cuantitativo*, por la necesidad de análisis estadístico. (Supo, 2014)

##### 3.1.1. Enfoque.

El enfoque de la Investigación es Cuantitativo, debido a que se hace uso de La estadística para el análisis de las mediciones obtenidas (tablas de frecuencia, medidas de resumen y contrastación de hipótesis utilizando métodos estadísticos), para establecer una serie de conclusiones respecto a las hipótesis. (Supo, 2014)

##### 3.1.2. Alcance o nivel.

En nivel de investigación científica es Explicativo, porque evalúa la causalidad entre dos variables de estudio, es decir medir el efecto de la variable independiente (*Inga edulis*) en la variable dependiente (fertilidad del suelo). (Supo, 2014)

##### 3.1.3. Diseño

El diseño de la investigación es experimental, cuya representación gráfica es la siguiente:

$G_A$	$O_1$	X	$O_2$
$G_B$	$O_1$	X	$O_2$
$G_C$	$O_1$	X	$O_2$

Donde:

**G** : Grupo o zona de muestreo

**O<sub>1</sub>** : Pretest o muestreo previo

**O<sub>2</sub>**: Postest o muestreo final

**X** : Tratamiento, estímulo o condición experimental

### 3.2. Población y muestra.

El trabajo de campo se realizó en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Región Huánuco; ubicado a una altitud de 720 m.s.n.m. y latitud sur entre 09°11'49" Y 76°05'27" de longitud oeste. Sus coordenadas geográficas UTM: zona 18 L, 380152 Este y 8983178 Norte.

En el presente estudio la población fue de 5 Ha aproximadamente que tuvieron los siguientes criterios de inclusión:

- Suelo que tuvo como cultivo a la coca, durante 20 años aproximadamente.
- Suelo con un periodo de descanso de 5 años aproximadamente.

Para obtención de la muestra se utilizó el muestreo NO PROBABILÍSTICO, siendo el tipo de muestreo intencional o de conveniencia, debido a que prevalecieron los criterios personales del investigador. La muestra fue de 0.5 hectáreas, la cual fue dividida en tres zonas (A, B y C) para la recolección de las muestras de suelo de acuerdo a las características topográficas del terreno, sobre el cual se plantaron 556 plántulas de *Inga edulis* a una distancia de 3x3 m, con el método de tres bolillos para aprovechar al máximo el área a revegetar y su pronta fertilización del suelo durante los 2 años que duró el proyecto.

### 3.3. Técnicas e instrumento de recolección de datos

#### 3.3.1. Para la recolección de datos

Para recolectar aproximadamente un kilo de muestra compuesta representativa, se recorrió cada zona en “zig-zag”, recolectando 30 submuestras de la zona A, 18 de la zona B y 16 de la Zona C a la profundidad de 0-30 cm con la ayuda de una pala recta; y se recolectaron además de ello muestras simples de cada zona a la profundidad 30-50 cm; obteniendo finalmente 6 muestras (3 simples y 3 compuestas), posteriormente se depositó las muestras del suelo en bolsas herméticas con su debido etiquetado para ser trasladado al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva-Tingo María.

Para recolectar datos de crecimiento del *Inga edulis*, se procedió a la medición de la altura con una Wincha y el diámetro con una cinta métrica registrando a la planta más pequeña y el de mayor tamaño de cada hilera para así obtener el promedio; estos fueron realizados al iniciar la plantación y al finalizar el estudio (2 años). Además de ellos se registraron la sobrevivencia de la planta.

Los instrumentos que se utilizaron en el presente estudio se detallan a continuación según las variables:

Variable	Indicador	Técnica de recolección de datos	Instrumento y/o Recursos de Recolección de datos
<i>Inga edulis</i>	Crecimiento Sobrevivencia	Observación	Cinta métrica y Wincha Tabla de conteo y medición
Fertilidad del suelo	MO	Observación	Balanza.
	PH		pH-metro.
	P		Balanza, agitador de vaivén y espectro colorímetro.
	K		Balanza y fotocolorímetro.
	Bases totales		Balanza y equipo de absorción atómica.
	CICe		Balanza, agitador magnético y compresor.
	Sat. de Al		Balanza.

### 3.3.2. Para la presentación de datos

Para la presentación de los datos se utilizó la técnica de la sistematización y la redacción científica.

### 3.3.3. Para el análisis e interpretación de los datos

A continuación se presentan las técnicas de procesamiento y presentación de datos, considerados en el presente estudio:

<b>Etapas</b>	<b>Técnica</b>	<b>Prueba estadística</b>
Procesamiento	Ordenamiento y codificación de datos Tablas estadísticas	Prueba de normalidad Prueba "t" de Student (al superarse la normalidad) Prueba de Rangos de Wilcoxon (al no superarse la normalidad)

Se contempla el uso del software estadístico SPSS, versión 24 para el análisis de los datos, por considerarse una herramienta muy útil para el análisis descriptivo y analítico.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Procesamiento de datos

Tabla 1

*Presentación de descriptivos de los indicadores de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

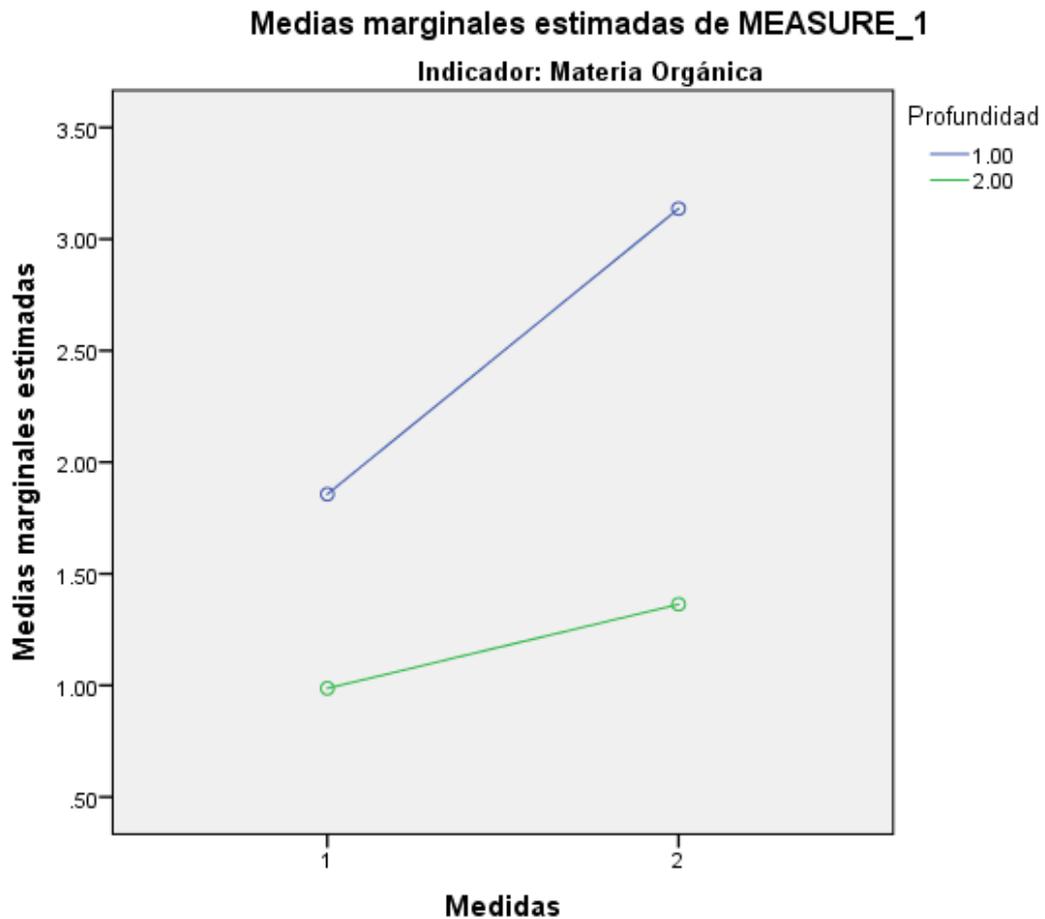
INDICADOR	PROFUNDIDAD	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	N	
M.O.	Antes	0-30 cm (1)	1.8567	1.54436	3
		30-50 cm (2)	.9867	.86743	3
	Después	0-30 cm (1)	3.1367	.48604	3
		30-50 cm (2)	1.3633	.14503	3
pH	Antes	0-30 cm (1)	4.5000	.20664	3
		30-50 cm (2)	4.5867	.21385	3
	Después	0-30 cm (1)	4.3600	.10536	3
		30-50 cm (2)	4.4667	.04509	3
P	Antes	0-30 cm (1)	6.4867	.34152	3
		30-50 cm (2)	6.0033	.65592	3
	Después	0-30 cm (1)	3.8233	.27737	3
		30-50 cm (2)	3.4400	.76151	3
Sat.	Antes	0-30 cm (1)	64.9467	5.99920	3
		30-50 cm (2)	64.5667	1.29651	3
Al	Después	0-30 cm (1)	49.6300	7.88452	3
		30-50 cm (2)	52.1900	4.93480	3
CICe	Antes	0-30 cm (1)	6.1933	2.02954	3
		30-50 cm (2)	6.0800	.99378	3
	Después	0-30 cm (1)	8.4567	.73636	3
		30-50 cm (2)	7.3267	.30022	3
BT	Antes	0-30 cm (1)	1.4500	.23516	3
		30-50 cm (2)	1.3567	.17214	3
	Después	0-30 cm (1)	4.1733	.61207	3
		30-50 cm (2)	3.6133	.25106	3
K	Antes	0-30 cm (1)	.2767	.04509	3
		30-50 cm (2)	.2600	.04359	3
	Después	0-30 cm (1)	.3520	.10149	3
		30-50 cm (2)	.2867	.05132	3

Fuente: Información recolectada en la investigación

**Interpretación:** En la tabla anterior se observa las variaciones que resultaron en cada uno de los indicadores de la fertilidad química al cabo de dos años de estudio.

Gráfico 1

Evaluación de la Materia Orgánica antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.

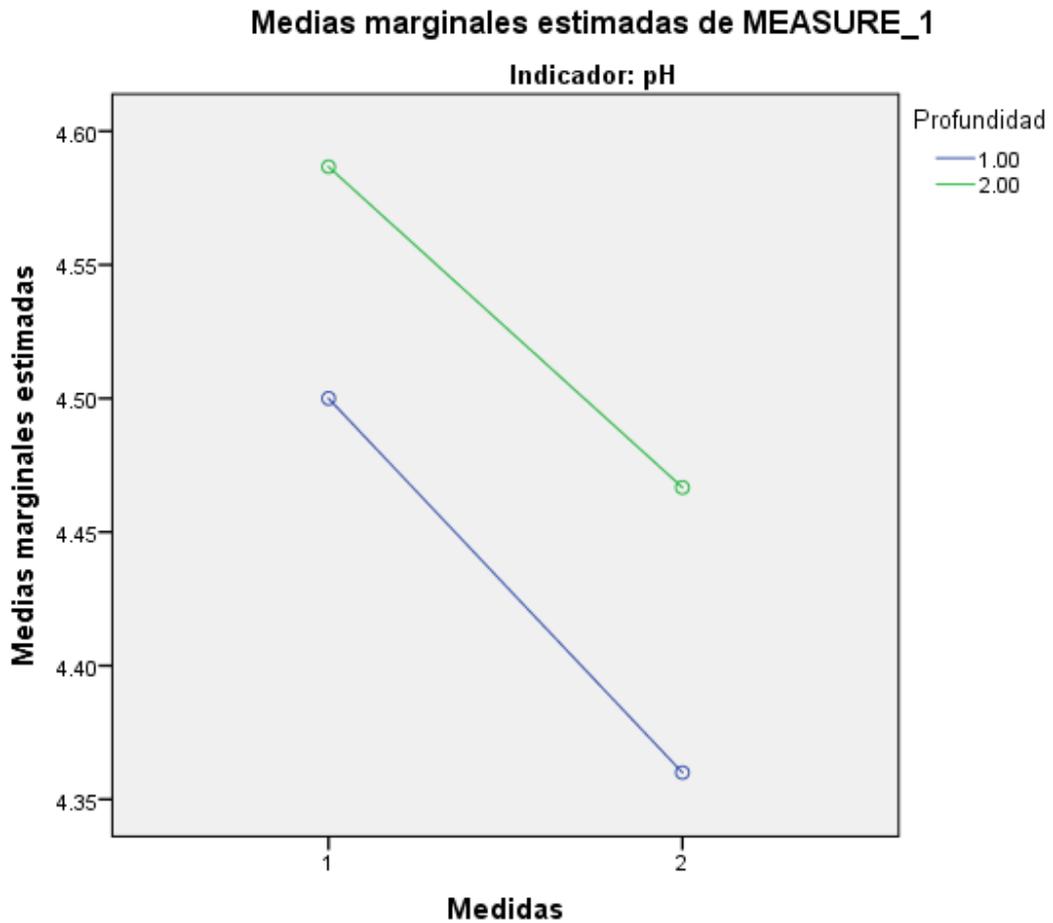


Fuente: Tabla1

**Interpretación:** En la gráfica anterior se muestra que, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada las muestras, se dio un mayor incremento de Materia Orgánica en una profundidad de 0 a 30 cm, donde se encuentra el 90% de las raíces del *Inga edulis*. Según la tabla de categoría de Materia Orgánica elaborado por Rioja (2007), por citado López y Zamora (2016), hemos pasado de ser un suelo de Baja fertilidad (1.8567%) a Alta (3.1367%), según este indicador.

Gráfico 2.

*Evaluación del pH antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

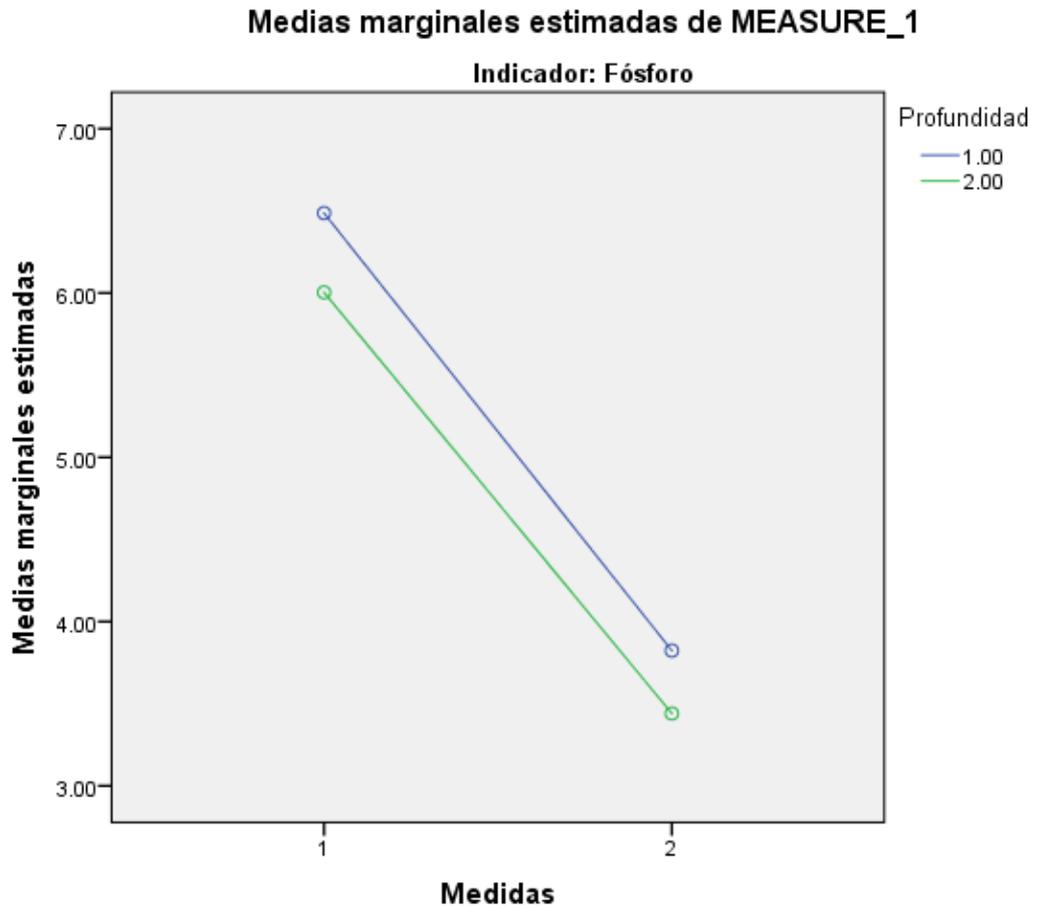


Fuente: Tabla1

**Interpretación:** En la gráfica anterior se muestra que, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada la muestra, se dio un decremento similar del pH en ambas profundidades. Según los resultados obtenidos se puede visualizar que hubo una pequeña variación en el pH (de 4.5 a 4.36), lo que nos demuestra que los suelos de nuestra Amazonia se caracterizan por ser ácidos y por ello las plantas desarrollaron estrategias para su sobrevivencia (Moragas, 2008).

Gráfico 3

Evaluación del Fósforo antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.

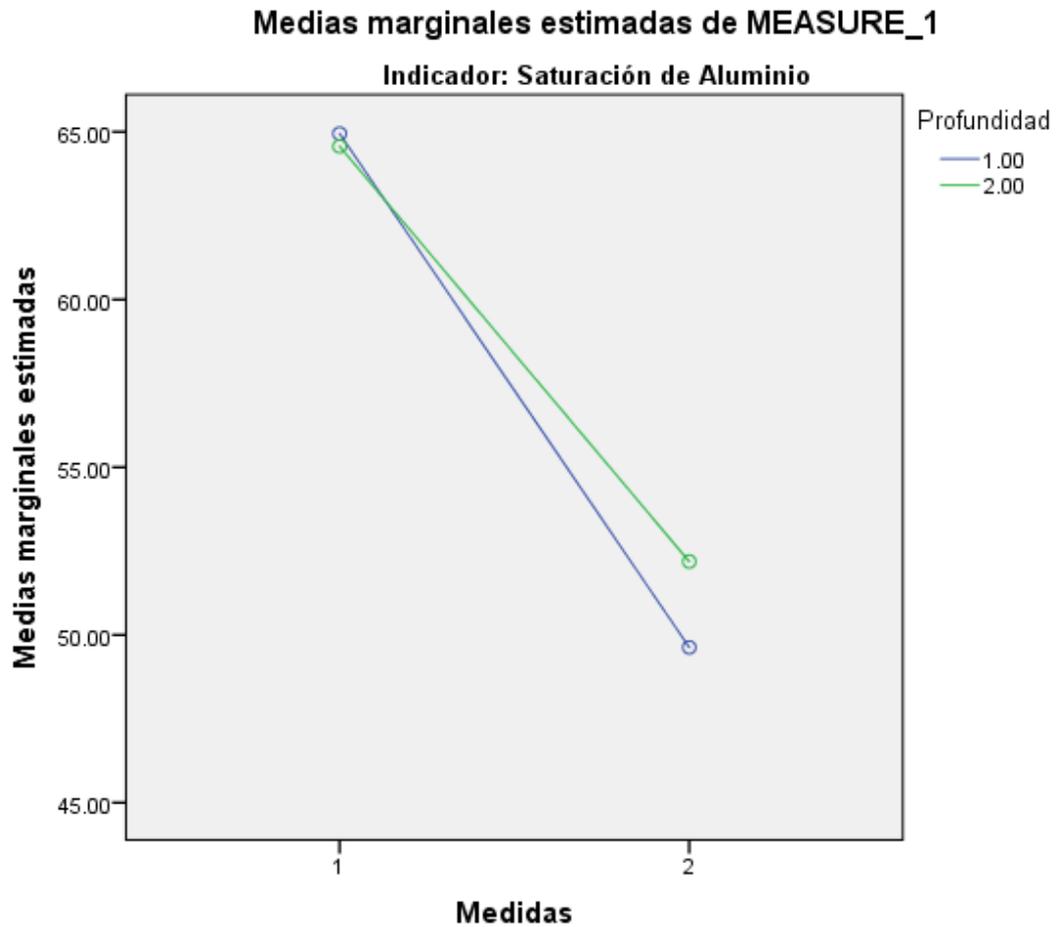


Fuente: Tabla1

**Interpretación:** En la gráfica anterior se muestra que, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada la muestra, se dio un decremento similar de Fósforo en ambas profundidades. El Fosforo es un nutriente necesario para el crecimiento de la planta, durante los 2 años que se desarrolló el estudio se observó un incremento en la altura y diámetro del *Inga edulis*, por lo se puede decir que el fosforo ingresó al órgano del *Inga edulis* y será devuelto progresivamente al sistema a través de la caída de sus hojas.

Gráfico 4

*Evaluación de la saturación de Aluminio antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

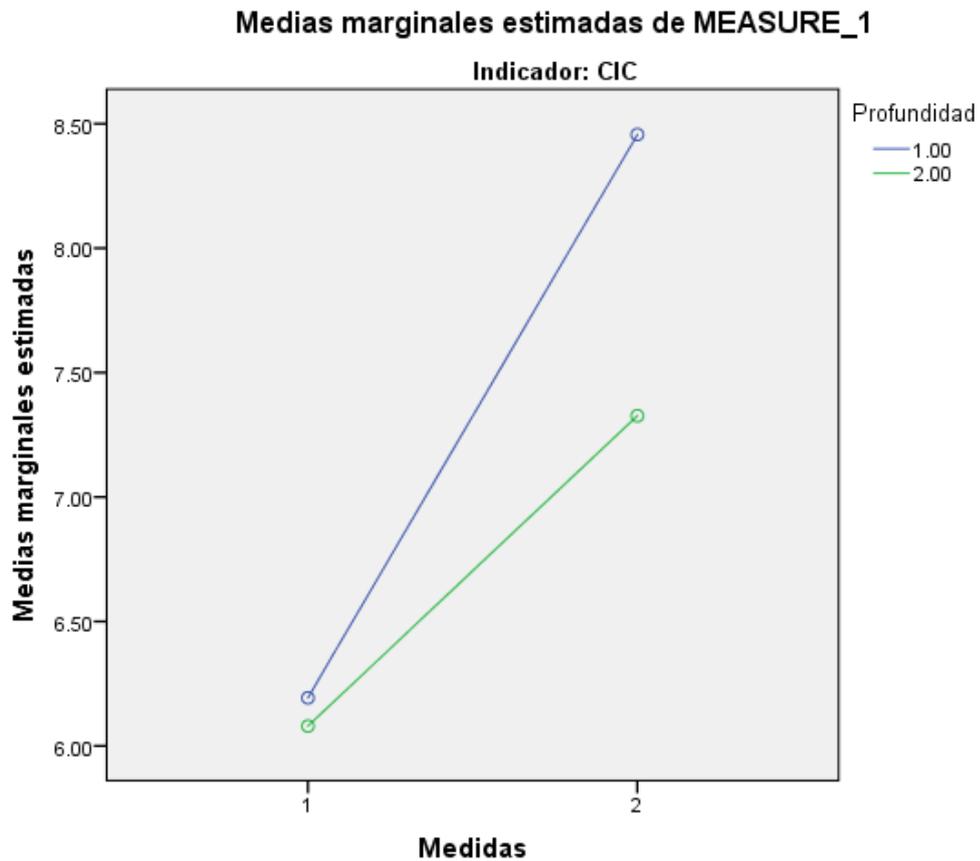


Fuente: Tabla1

**Interpretación:** En la gráfica anterior se muestra que, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada la muestra, se dio un mayor decremento de la saturación de Aluminio en la profundidad de 0 a 30 cm. Según los resultados obtenidos se puede visualizar una disminución significativa (de 64.9467% a 49.63%), lo que nos permite modificar las condiciones del suelo para el crecimiento de otras especies.

Gráfico 5

*Evaluación del CICe antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

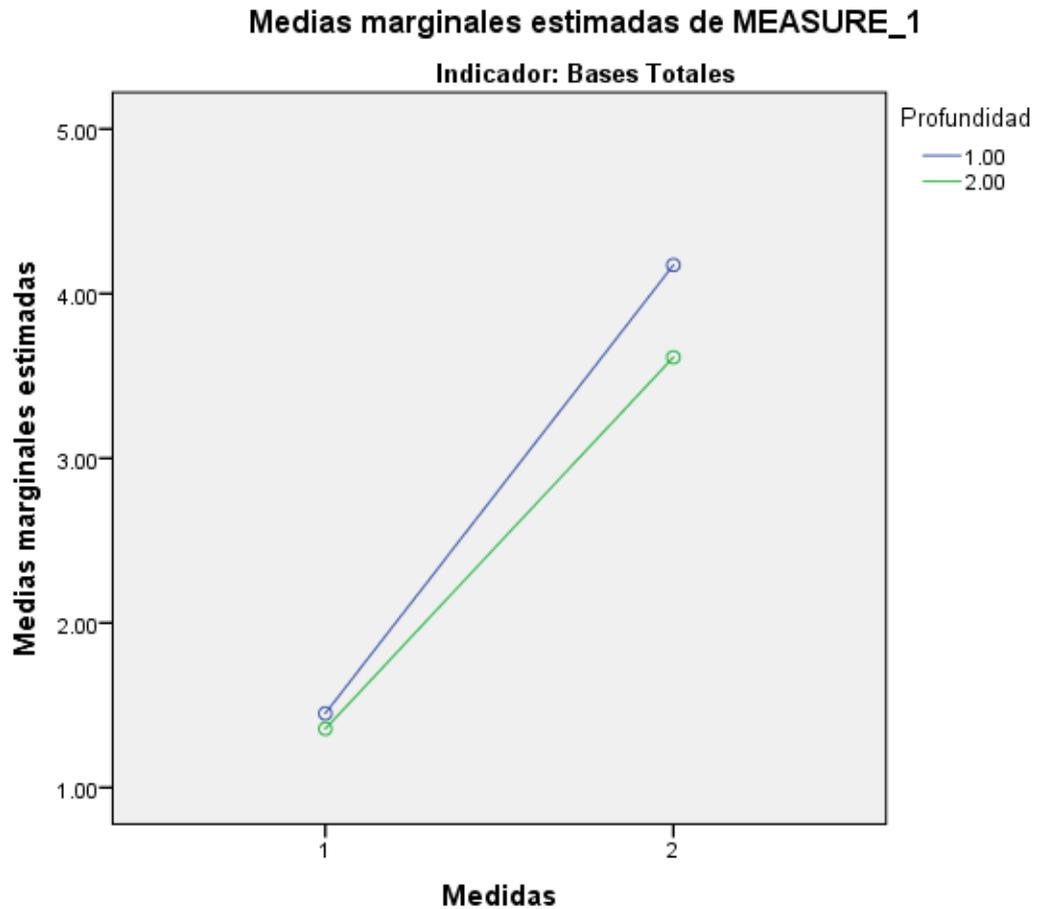


Fuente: Tabla1

**Interpretación:** En la gráfica anterior se muestra que, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada la muestra, se dio un mayor incremento de CICe en la profundidad de 0 a 30 cm. Según los resultados obtenidos se puede visualizar un incremento significativo (de 6.1933 meq/100g a 8.4567 meq/100g), lo que nos permite clasificarnos como suelo de fertilidad media (PROAMAZONIA, 2003, citado por Ríos 2015), según este indicador.

Gráfico 6

*Evaluación de las Bases Totales antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

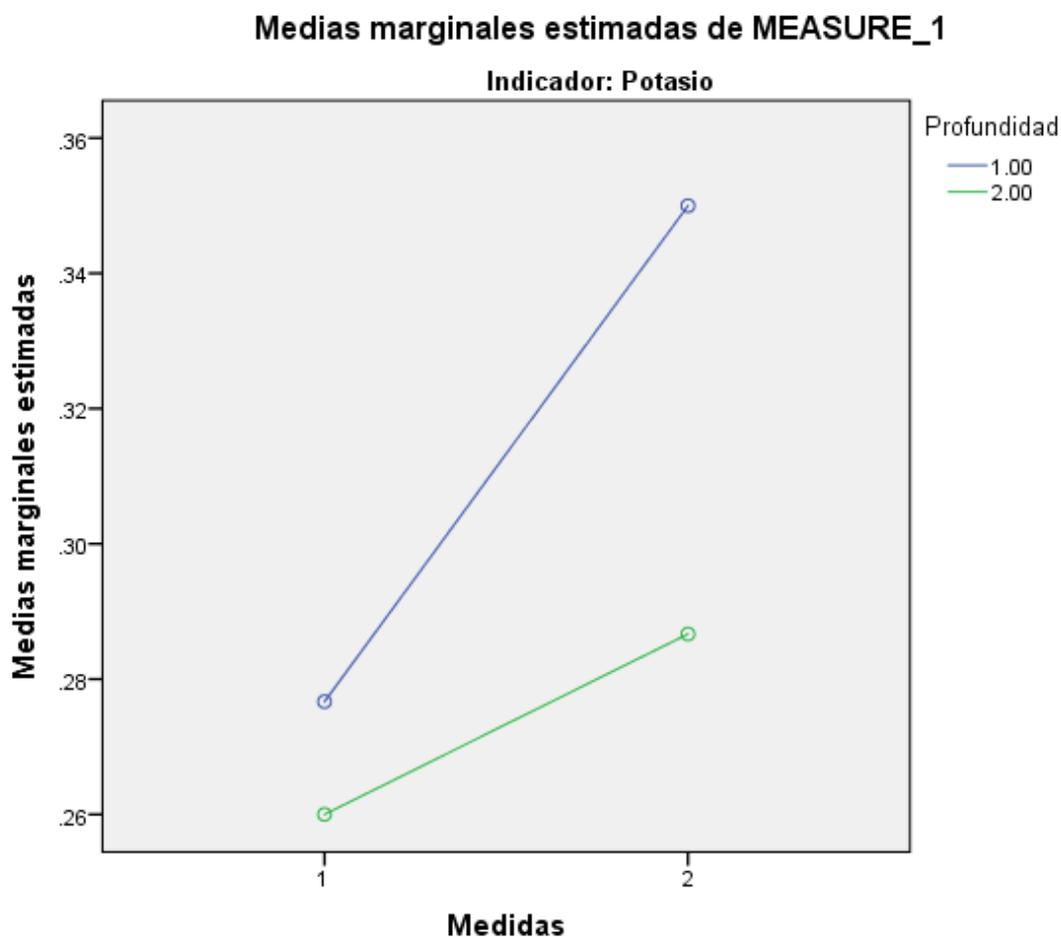


Fuente: Tabla1

**Interpretación:** En la gráfica anterior se muestra que, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada la muestra, se dio un mayor incremento similar de Bases Totales en la profundidad de 0 a 30 cm. Según los resultados obtenidos se puede visualizar un incremento significativo (de 1.45 meq/100g a 4.1733 meq/100g), lo que nos indica que los nutrientes del suelo son mayores para poder sostener el crecimiento de otras especies.

Gráfico 7

*Evaluación del Potasio antes y después de la intervención en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*



Fuente: Tabla1

**Interpretación:** En la gráfica anterior se muestra que, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada la muestra, se dio un mayor incremento de Potasio en la profundidad de 0 a 30 cm. Según la tabla de clasificación del suelo según el contenido de potasio elaborado por PROAMAZONIA (2003), citado por Rios (2015), hemos pasado de ser un suelo de fertilidad Media (0.2767 meq/100g) a Alta (0.352 meq/100g), según este indicador.

Tabla 2  
Cálculo del Índice de fertilidad química-IF según Parent.

profundidad	Densidad de raíces de <i>Inga edulis</i>	Periodo	Indicador de la Fertilidad Química							IF
			M.O	pH	P	Sat. Al	CICe	BT	K	
0-30 cm	90%	Inicio	1	1	2	0.5	1	0.5	1	7
		Final	2	1	1	0.5	1	1	2	8.5

Fuente: Aplicación del tabla de puntaje de Parent (1989), a partir de los resultados obtenidos.

**Interpretación:** En la tabla anterior se observa la variación del Índice de Fertilidad Química del suelo desarrollado por Parent (1989), a partir de los resultados obtenidos en el laboratorio al inicio y final del estudio en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. Donde se puede apreciar que la fertilidad del suelo pasó de ser baja (7) a moderada (8.5) al sumarse el puntaje.

Gráfico 8

Variación del Índice de Fertilidad Química en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.

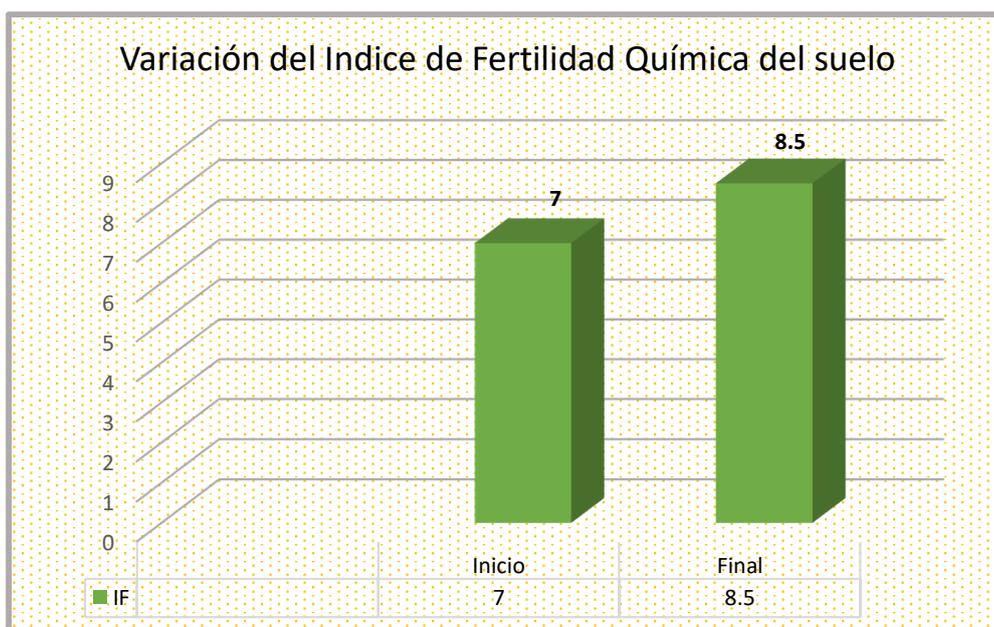


Tabla 3  
*Sobrevivencia de los plántones de Inga edulis en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

	Frecuencia	Sobrevivencia
SI	501	90.1 %
NO	55	9.9 %
Total	556	100.00

Fuente: Información recolectada durante la investigación

**Interpretación:** En la tabla anterior se observa que la sobrevivencia de los plántones de *Inga edulis* fue del 90.1%, es decir podemos afirmar que 1 de cada 10 plántones no logró sobrevivir.

Gráfico 9  
*Evaluación de la sobrevivencia del Inga edulis en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

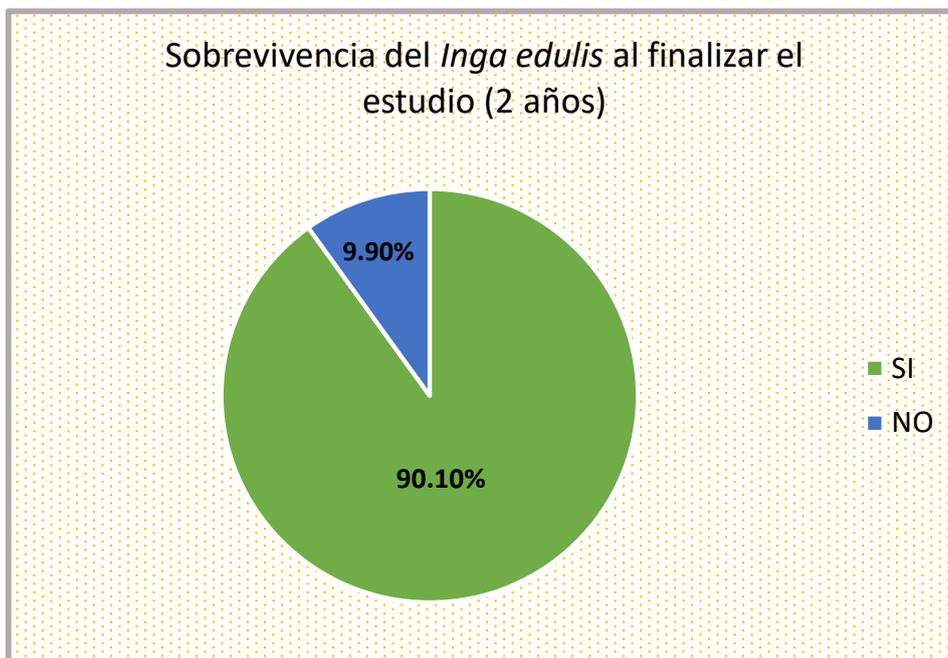


Tabla 4

*Altura Inicial y Final de los plántones de Inga edulis en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

Descriptivos	Altura Inicial	Altura Final
Media	0.400	1.927
Error estándar	0.000	0.024
Límite Inferior NC 95%	0.400	1.880
Limite Superior NC 95%	0.400	1.975

Fuente: Información recolectada durante la investigación

**Interpretación:** En la tabla anterior se observa que el *Inga edulis* tuvo una altura inicial de 0.40 m. y que en promedio se incrementó a un rango de 1.880 m a 1.975 m durante el periodo evaluado, considerando un nivel de confianza (NC) del 95%

Tabla 5

*Diámetro Inicial y Final de los plántones de Inga edulis en el suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

Descriptivos	Diámetro Inicial	Diámetro Final
Media	1.500	13.804
Error estándar	0.000	0.372
Límite Inferior NC 95%	1.500	13.075
Limite Superior NC 95%	1.500	14.532

Fuente: Información recolectada durante la investigación

**Interpretación:** En la tabla anterior se observa que el *Inga edulis* tuvo un diámetro inicial de 1.5 cm. y que en promedio se incrementó a un rango de 13.075 cm a 14.532 cm durante el periodo evaluado, considerando un nivel de confianza (NC) del 95%

## 4.2. Contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis

Debido a que la variable es numérica, es necesario realizar una prueba de la normalidad en los datos, para de esa manera elegir apropiadamente el procedimiento estadístico a emplear.

Tabla 6

*Prueba de normalidad en la diferencia de los datos (después – antes) de los indicadores de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

Indicador	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M. O.	.194	6	.200	.922	6	.518
pH	.325	6	.047	.816	6	.082
P	.212	6	.200	.931	6	.590
Al	.255	6	.200	.873	6	.240
CICe	.224	6	.200	.900	6	.371
BT	.308	6	.079	.811	6	.074
K	.333	6	.036	.729	6	.012
IF	.401	6	.003	.702	6	.007

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Información recolectada durante la investigación

**Interpretación:** En la tabla anterior se aprecia que, en los indicadores de fertilidad química: M. O., pH, P, Al, CICe y BT el p-valor supera el valor de significancia (0.05), por lo que podemos considerar que los datos provienen de una distribución normal, por lo que es pertinente el uso de procedimientos paramétricos para su análisis. El procedimiento paramétrico que se ajusta con la hipótesis planteada es la t de Student para muestras relacionadas. Para el caso del K y el IF, se observa que no se supera la prueba de normalidad, por lo que se procede a emplear un procedimiento estadístico no paramétrico equivalente, como son los Rangos de Wilcoxon.

Tabla 7  
*Prueba de muestras emparejadas de los indicadores: M. O., pH, P, Al, CICE y BT de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

Indicador	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
			Inferior	Superior				
M. O. Después - Antes	0.82833	0.41476	-0.23783	1.89450	1.997	5	0.102	
pH Después - Antes	-0.13000	0.06006	-0.28438	0.02438	-2.165	5	0.083	
P Después - Antes	-2.61333	0.11488	-2.90865	-2.31802	22.748	5	0.000	
Al Después - Antes	-13.84667	2.39451	-20.00194	-7.69139	-5.783	5	0.002	
CICE Después - Antes	1.75500	0.62733	0.14241	3.36759	2.798	5	0.038	
BT Después - Antes	2.49000	0.16976	2.05361	2.92639	14.667	5	0.000	

La tabla anterior es útil para la contrastación de la siguiente hipótesis

H<sub>1</sub>: El *Inga edulis* aporta a la fertilidad (M. O., pH, P, Al, CICE y BT) del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco. De la tabla anterior resulta lo siguiente:

Existe diferencia significativa en el Fósforo, Aluminio, CIC y Bases Totales. Es decir, se acepta la hipótesis del investigador en estos casos. Sin embargo, no se aprecia diferencia significativa en la Materia Orgánica ni en el pH. Todo ello considerando un nivel de significancia del 5%. Si bien es cierto no se evidencian cambios significativo en la Materia orgánica, pero cualitativamente si analizamos a la profundidad 0-30 cm donde se desarrolla el 90% de las raíces del *Inga edulis*, según la categoría propuesta por rioja (2007), la variación que se presenta en el presenta estudio es de fertilidad baja (1.8567%) a fertilidad alta (3.3633%), lo que nos confirma que el *inga edulis* si aporta a la fertilidad del suelo en este indicador.

Tabla 8

*Prueba de muestras emparejadas de los indicadores: K de la fertilidad química del suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

Indicador		Antes - Después
Potasio	Z	-2.207 <sup>b</sup>
	Sig. asintótica (bilateral)	0.027
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon		
b. Se basa en rangos positivos.		

La tabla anterior es útil para la contrastación de la siguiente hipótesis

H<sub>1</sub>: El *Inga edulis* aporta a la fertilidad (K) del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

De la tabla 17 resulta lo siguiente:

Existe diferencia significativa en el Potasio. Se acepta la hipótesis del investigador.

Tabla 9

*Prueba de muestras emparejadas de los indicadores: Índice Total de la fertilidad química (IF) del suelo degradado por el cultivo de coca (Erythroxylum coca) Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018.*

Indicador		Antes - Después
IF	Z	-1.342 <sup>b</sup>
	Sig. asintótica (bilateral)	.180
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon		
b. Se basa en rangos positivos.		

La tabla anterior es útil para la contrastación de la siguiente hipótesis

H<sub>1</sub>: El *Inga edulis* aporta a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

De la tabla anterior resulta lo siguiente:

No existe diferencia significativa la fertilidad (evaluado como un todo). No se puede aceptar la hipótesis del investigador como un todo. Los valores de cambio no se reconocen estadísticamente, pero si cualitativamente, porque hemos pasado de ser un suelo de baja fertilidad (IF: 7) a moderada fertilidad (IF: 8.5) a una profundidad de 0-30 cm.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Contrastación de los resultados del trabajo de investigación.

**Con relación al Objetivo General:** Determinar el aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

En el presente estudio se evaluó el aporte del *Inga edulis* a la fertilidad química del suelo y se ha obtenido que, con un nivel de significancia del 5%, que los indicadores como la Materia Orgánica, CICE, Bases totales, Potasio y la saturación de Aluminio aceptan la hipótesis de investigación; evaluando la información descriptiva se observa un incremento de los valores de dichos indicadores y los indicadores pH y fósforo presenta una ligera reducción. Una investigación realizada en Pichari-Vraem por Villagaray, S. M. sobre la recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca utilizando el árbol *Ochroma pyramidale* recuperan el suelo en Materia Orgánica, potasio, CIC, bases totales y la saturación de aluminio, y se presentaron una reducción en fósforo. En ambas investigaciones realizadas en condiciones similares se presenta una reducción del fósforo, lo que confirma que este macroelemento es de mayor importancia para el crecimiento de la planta según diversos autores y que es necesario que este regresa al sistema a través de la caída de sus hojas.

**Con relación al Objetivo Específico 1:** Determinar la Fertilidad Química del suelo previo y al finalizar el estudio, en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

En el presente estudio se ha encontrado una variación mayor en la profundidad de 0-30 cm donde se encuentra el 90% aproximadamente de las raíces del *Inga edulis*, obteniéndose variaciones en materia orgánica de 1.8567 a 3.1367, pH de 4.5 a 4.36, fósforo de 6.4867 a 3.8233, Saturación de Aluminio de 64.9467 a 49.63, CICE de 6.1933 a 8.4567, Bases totales de 1.45

a 4.1733 y Potasio de 0.2767 (107.913 ppm) a 0.352 (137.28 ppm). Una investigación realizada en Pichari-Vraem por Villagaray, S. M. sobre la recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca utilizando el árbol *Ochroma pyramidale*, se obtuvo variaciones en materia orgánica de 3.47 a 4.21, Potasio de 54 a 102, CICe de 21.21 a 12.36, pH de 5.2 a 6.13, bases totales de 1.46 a 9.07 y fósforo de 6.07 a 2.74 en los 9 meses que duró la investigación. En esta última investigación se evidencia valores iniciales altos en los indicadores de la fertilidad química (suelo con mayor nutriente), lo que nos indica que posiblemente el cultivo de coca no fue instalado por mucho tiempo y los indicadores iniciales no son críticos; entonces si se desea implementar proyectos inversión que permita recuperar la fertilidad de dichos suelos, se debe tener en cuenta tanto el tiempo de cultivo y un análisis previo de suelo para determinar el tiempo de duración del proyecto.

Otra investigación realizada en Madrid por Hernández, A. J. y Pastor, J. sobre la recuperación natural en sistemas con suelos degradados durante un periodo de 2 años, se obtuvo variaciones en materia orgánica de 1.24 a 1.51, pH 7.71 a 7.39, potasio de 24.5 a 26.3. Ambas investigaciones fueron desarrolladas durante 2 años, lo que demuestra que el proceso de recuperación natural de un suelo degradado es muy lento si lo comparamos con los resultados obtenidos al utilizar un árbol leguminoso que tiene la capacidad de fijar Nitrógeno.

**Con relación al Objetivo Específico 2:** Determinar el incremento de la altura del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

En el presente estudio se obtuvo los siguientes resultados en cuanto al incremento de la altura del *Inga edulis*, que a partir de una altura inicial de 0.40 m, en promedio se incrementó a un rango de 1.880 m a 1.975 m al finalizar el estudio (2años) y con un nivel de confianza del 95%. Una investigación realizada en Andoas-Loreto por Pinedo, J. M. sobre la recuperación de áreas impactadas por derrame de hidrocarburos, se obtuvo después de seis meses

de evaluación de la plantación, que el *Inga edulis* creció en altura 92.87 cm. La duración de esta última investigación es menor, por tanto el incremento de la altura también es menor, además de ello el suelo fue impactado por derrame de hidrocarburos.

Otra investigación realizada en Inambari-Tambopata por Dueñas, J. sobre la capacidad fitorremediadora del *Inga edulis* Mart., en una área degradada por minería aurífera, el desarrollo en altura de la especie, instalada en un área disturbado por la minería, se ha estabilizado a 1.47 m a los cuatro años de edad. En esta última investigación a pesar de que el tiempo es mayor, las plantas crecieron muy poco al compararlo con nuestro resultado, ya que las condiciones ambientales del suelo fueron distintas (suelo degradado por la minería aurífera) y esto pudo retrasar su crecimiento.

Finalmente una investigación realizada en Ucayali por Rueda, C. O. sobre las reservas de carbono en la biomasa aérea de una plantación de *Inga edulis* en área de pasturas degradadas después de 22 meses, se obtuvo que el promedio de altura total es de 4.7 m con un coeficiente de variación de 27.6%. Si bien esta última investigación se desarrolló casi en tiempos similares y el incremento de la altura fue mayor, podría explicarse a las condiciones iniciales de nutrientes del terreno, que favoreció su incremento.

**Con relación al Objetivo Específico 3:** Determinar el incremento del diámetro del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

En el presente estudio se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto al incremento del diámetro del *Inga edulis*, que a partir del diámetro inicial de 1.5 cm, en promedio se incrementó a un rango de 13.075 cm a 14.532 cm al finalizar el estudio (2años), considerando un nivel de confianza del 95%. Una investigación realizada en Andoas-Loreto por Pinedo, J. M. sobre la recuperación de áreas impactadas por derrame de hidrocarburos, se obtuvo después de seis meses de evaluación de la plantación, que el *Inga edulis*

creció en altura 1.89 cm. La duración de esta última investigación fue menor, por tanto el incremento del diámetro también es menor, además de ello presenta dos condiciones adversas que son la degradación y derrame de hidrocarburos en el suelo.

Otra investigación realizada en Ucayali por Rueda, C. O. sobre las reservas de carbono en la biomasa aérea de una plantación de *Inga edulis* en área de pasturas degradadas después de 22 meses, se obtuvo que el promedio de diámetro DAC de las muestras es de 8.7 cm con un coeficiente de variación de 28.5%. Si bien esta última investigación se desarrolló casi en tiempos similares y el incremento en el diámetro es menor en comparación con nuestros resultados, podría explicarse a las condiciones iniciales de nutrientes del terreno.

**Con relación al Objetivo Específico 4:** Determinar el índice de la sobrevivencia del *Inga edulis* en un suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.

En el presente estudio se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a la sobrevivencia de los plántones de *Inga edulis* siendo del 90.1% (501 plantas). Una investigación realizada en Andoas-Loreto por Pinedo, J. M. sobre la recuperación de áreas impactadas por derrame de hidrocarburos, al final de la evaluación después de seis meses se ha obtenido un resultado del 100% de sobrevivencia de plántones de *Inga edulis*. La duración de esta última investigación fue menor y la sobrevivencia de dicha planta fue mayor, lo que explica que estos tuvieron menos tiempo para estar expuesto a situaciones como las plagas, enfermedades, raleo en cada cultivo y diversas situaciones que pueden reducir la cantidad de plantas vivas al pasar el tiempo.

Otra investigación realizada en Inambari-Tambopata por Dueñas, J. sobre la capacidad fitoremediadora del *Inga edulis* Mart., en una área degradada por minería aurífera, para el estado de sobrevivencia de la especie, se determinó en un 56% del total de individuos de la plantación al concluir los 4 años. La

duración de esta última investigación fue mayor y la sobrevivencia de dicha planta fue menor, lo que explica que estos tuvieron más tiempo para estar expuesto a situaciones como las plagas, enfermedades, raleo en cada cultivo y diversas situaciones que pueden reducir la cantidad de plantas vivas al pasar el tiempo.

## CONCLUSIONES

### **Con relación al Objetivo General**

Los suelos de nuestra amazonia se hallan sometida a una fuerte presión de uso, por la ampliación de la frontera agrícola (cultivos de coca), generando la pérdida de la fertilidad del suelo. Nuestra investigación no permitió determinar que el *Inga edulis* aporta a la fertilidad química del suelo, produciendo un incremento significativo en M.O, K, CICE, Sat. Al, Bases totales (BT) y una disminución del fósforo (P) ya que es un nutriente necesario para el crecimiento de la planta que será devuelta al sistema con la caída de las hojas. El pH se mantiene casi constante durante los 2 años que duró el estudio.

### **Con relación a los Objetivos Específicos**

#### **Con relación al Objetivo Específico 1:**

Se ha encontrado una variación mayor en la profundidad de 0-30cm donde se encuentra el 90% aproximadamente de las raíces del *Inga edulis*, obteniéndose variaciones en materia orgánica de 1.8567 a 3.1367, pH de 4.5 a 4.36, fósforo de 6.4867 a 3.8233, Saturación de Aluminio de 64.9467 a 49.63, CICE de 6.1933 a 8.4567, Bases totales de 1.45 a 4.1733 y Potasio de 0.2767 (107.913 ppm) a 0.352 (137.28 ppm). Con los datos obtenidos el Índice de Fertilidad Química-IF de Parent (1989) tuvo una variación de 7 a 8.5, pasando de ser un suelo de fertilidad baja a moderada.

#### **Con relación al Objetivo Específico 2:**

En el estudio se obtuvo los siguientes resultados en cuanto al incremento de la altura del *Inga edulis*, que a partir de una altura inicial de 0.40 m, en promedio se incrementó a un rango de 1.880 m a 1.975 m al finalizar el estudio (2años) y con un nivel de confianza del 95%.

#### **Con relación al Objetivo Específico 3:**

En el presente estudio se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto al incremento del diámetro del *Inga edulis*, que a partir del diámetro inicial de 1.5 cm, en promedio se incrementó a un rango de 13.075 cm a 14.532 cm al finalizar el estudio (2años) y con un nivel de confianza del 95%.

**Con relación al Objetivo Específico 4:**

En el presente estudio se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a la sobrevivencia de los plantones de *Inga edulis* siendo del 90.1% (501 plantas del total 556), es decir podemos afirmar que 1 de cada 10 plantones no logró sobrevivir.

## RECOMENDACIONES

Realizar estudios en la misma línea de investigación, pero con otras especies endémicas de la zona y poder determinar la especie que genera un incremento mayor de la Fertilidad química y en menor tiempo. Es decir determinar variaciones en el costo-beneficio. Todo ello permitirá contar con diferentes alternativas de solución con base científica frente a una misma problemática.

Previa a la implementación de cultivos alternativos (cacao, café, etc.) que se vienen desarrollando posterior a la erradicación del cultivo de coca, se recomienda realizar análisis para determinar la fertilidad química del suelo y realizar proyectos de recuperación; ya que si estos se encuentran en niveles críticos los suelos continuarán degradándose y los nutrientes serán insuficientes para lograr el desarrollo de las plantas, lo que conllevará a su vez a utilizar productos químicos y contaminar otros recursos.

La explotación del recurso suelo debe ir acompañada de prácticas agrícolas adecuadas para combatir la erosión independiente de lo que se cultive, así como la inclusión de costos de reposición (asociar con árboles leguminosos que mantenga su fertilidad y productividad en el mediano y largo plazo).

Ejecutar proyectos de inversión a nivel de municipios y la Región para la recuperación de suelos degradados de nuestra amazonia, posterior a la erradicación del cultivo de coca que se viene realizando actualmente, con especies endémicas de la zona ampliamente estudiada, para poder sustentar con bases científicas la duración del proyecto y lograr recuperar la fertilidad química del suelo.

Que la E.A.P: Ingeniería Ambiental continúe realizando los concursos de proyectos, presentados cada año durante el Congreso internacional de la carrera, permitiendo que la población estudiantil direcciona sus esfuerzos, para dar solución a los problemas ambientales que se presentan en nuestra actualidad, desde las aulas universitarias mediante la asesoría de los docentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrades, M., y Martínez, E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. Rioja, España: Universidad de Rioja, servicio de publicaciones.
- Arévalo, L. F. (2017). *Evaluación de los impactos ambientales producidos por el cultivo y transformación de la coca (Erythroxylum coca), en la vereda manzanares del municipio de el tarra, norte de santander* (tesis pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia.
- Bernier, V., y Bortolameolli, G. (2000). *diagnóstico de la fertilidad del suelo*. Osorno, Chile.
- Bernier, R. y Alfaro, M. (2006). *Acidez de los suelos y efectos del encalado*. Osorno, Chile: Imprenta América.
- Chuchuca, N. N. (2014). *Mapificación del grado de fertilidad de suelos, mediante los sistemas de información geográfica (SIG), DEL Cantón las Lajas Provincia de el Oro* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- Chuquichaico, L. A. (2016). *Impacto de la reforestación en la recuperación de los suelos degradados en la microcuenca del río monzón - Región Huánuco* (tesis de postgrado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Monzón-Huánuco, Perú.
- Corbella, R. y Fernandez, J. (2001). *Materia orgánica del suelo*. Recuperado file:///C:/Users/NO%20TRANSMISIBLES/Downloads/Materia%20Organica%20del%20Suelo.pdf
- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., y Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: Un asunto de interés Público. *Gaceta Ecológica*, 5-6.
- Dias, L. E., Franco, A. A., Campello, E., De Faria, S. M., y Da Silva, E. M. (1995). *Leguminosas forestales: aspectos relacionados con su nutrición y uso en la recuperación de suelos degradados*. Itaguaí-Brasil.
- Dueñas, J. (2015). *Evaluación de la capacidad fitorremediadora de Inga edulis Mart., en una área degradada por minería aurífera en el Distrito Inambari, Provincia Tambopata, Región de Madre de Dios* (tesis de

- pregrado). Universidad Nacional Amazónica, Puerto Maldonado-Madre de Dios, Perú.
- FAO. (2018). Portal de suelos de la FAO. *Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
- Ferrari, A., y Wall, L. (2004). *Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados*. La plata, Argentina.
- Garrido, S. (2001). *Interpretación de análisis de suelos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Hernández, A. J. y Pastor, J. (2008). La restauración en sistemas con suelos degradados: estudio de casos en agroecosistemas mediterráneos y taludes de carretera. En: *Contaminación de suelos. Tecnologías para su recuperación*. Madrid.
- INTAGRI. (2017). Fijación de potasio en el suelo. *Artículos Técnicos de INTAGRI*. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>
- López, E., y Miñano, F. (2002). *Métodos rápidos de análisis de suelos*. Madrid, España.
- López, G. M. y Zamora, A. R. (2016). *Diagnóstico de la fertilidad del suelo en el área de investigación, innovación y desarrollo de la espam- mfl* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica, Calceta, Ecuador.
- Manzano, N. T. (2005). *Cultivo de coca e impacto ambiental en la Región del Chapare, Bolivia*. Chapare , Bolivia.
- Matteucci, S., y Morello, J. (1997). *Aspectos ecológicos del cultivo de coca*. Argentina.
- Meza, A., Sabogal, C., y Jong, W. (2006). *Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana: Revisión de experiencias y lecciones aprendidas*. Lima, Perú: Servicios Gráficos Virgen Candelaria.
- Molina, J. A. (2011). La materia orgánica del suelo. *Monografias.com*.
- Molina, E. (s/f). *Análisis de suelos y su interpretación*. Recuperado de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

- Montaño, R. C. (2006). *Tratamiento pregerminativos y sustratos en la germinación de copoasú (Theobroma grandiflorum (Wild. ex Spreng.) Schum.) y pacay (Inga edulis Martius) en la comunidad de Santa Rosa del Abuná, Pando*. La Paz, Bolivia.
- Montecino, C. (2008). *Manejo de la fertilidad del suelo*. Temuco, Chile.
- Moragas, F. (2008). *La selva Amazónica, suelo*. Valencia-España.
- Morón, A., Martino, D. y Sawchik, J. (1999). *Manejo y fertilidad de suelos*. Montevideo, Uruguay: Editado por la Unidad de Difusión e información Tecnológica del INIA.
- Neyoy, C. (2012). Crecimiento y desarrollo vegetal. *Apuntes de fisiología vegetal*. Recuperado de <http://fisiolvegetal.blogspot.com/2012/10/crecimiento-y-desarrollo.html>
- Novak, F., Namihas, S. y García, J. (2009). *La situación en la Región Ayacucho*. Ayacucho, Perú.
- Oliva, D. P. (2009). *Determinación de la acidez intercambiable ( $Al^{+3}+H^+$ ) a partir del pH para la estimación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en suelos de la cuenca del Pacífico en El Salvador, Honduras y Nicaragua* (tesis de pregrado). Universidad Zamorano, Zamora, Honduras.
- Parent, G. (1989). *Guía de reforestación*. Corporación de Defensa de Bucaramanga, ACIDI-ROCHE.
- Pennington, T. D., y Revelo, N. (1997). *El género Inga en el Ecuador: Morfología, distribución y usos*. Michigan, Estados Unidos: Royal Botanic Gardens.
- Pinedo, J. M. (2015). *Reforestación en suelos impactadas por las actividades petroleras en la zona de canteras Km 74 Shiviayacu Lote 1AB, en la zona de Andoas. Loreto - Perú*. Andoas (tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos-Loreto, Perú.
- Pinzón, L. F. y Sotelo, H. (2013). *Efectos de los cultivos ilícitos sobre el medio natural en Colombia* (tesis postgrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

- Piscitelli, M. (2015, 15 de julio). Degradación de suelos. *Actualidad*. Recuperado de <https://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la Real Academia*. Recuperado de <http://www.rae.es/>
- Rios, W. D. (2015). *Efectos de aplicación del bocashi en el crecimiento del Sacha Inchi (Piukenetia volubilis L.) y recuperación de un suelo degradado en el Distrito de Daniel Alomía Robles, Huánuco* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María-Huánuco, Perú.
- Rivera, Y. D., Moreno, L., Herrera, M., y Romero, H. M. (2015). La toxicidad por aluminio (Al<sup>3+</sup>) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Investigación e innovación científica*.
- Rojas, A., Madero, E., Ramirez, L. M., y Zuñiga, O. (2009). *Índice de potencial productivo del suelo aplicado a tres fincas ganaderas de ladera en el Valle del Cauca*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Rosso, I. J. (2013). *Incidencia económica de la degradación de suelos por efecto del cultivo de coca en la economía yungueña* (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Rueda, C. O. (2014). *Estimación de las reservas de Carbono en la Biomasa Aérea de una plantación de Inga edulis en Campo Verde, Ucayali* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Sánchez, J. (2000). *Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas*. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/fertilidad%20del%20suelo%20y%20nutricion.pdf>
- Sánchez, M. C., Ordóñez, K. L., y Riveros, B. (2005). *Características Medicinales de la Coca (Erythroxylum coca)*. Quindío, Colombia.
- Silvia, S. M., y Correa, F. (2010). Valoración económica del suelo y gestión ambiental: aplicación en empresas floricultoras colombianas. *En: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada*.

- Supo, J. (2014) Seminarios de Investigación Científica. 2da edición. Editorial Bioestadístico, Arequipa, Perú
- UNODC. (2009). *Monitoreo de cultivos de coca 2008*. lima, Perú.
- UNODC. (2017). *Monitoreo de cultivos de coca 2016*. lima, Perú.
- Villagaray, S. (2014). *recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (erythroxylon coca) en VRAEM, Perú, con aplicación de tecnología agroforestal* (tesis de pregrado). Universidad nacional San Cristobal de Huamanga, Vraem, Perú.
- Villena, M., y Sauvain, M. (1997). *Uso de la hoja de coca y salud pública*. La Paz, Bolivia.
- Zaragoza. (10 de 05 de 2010). El cultivo legal de la coca orgánica y recomendaciones para su fertilización. *Noticias SEPHU*, págs. 1-4.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

### FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:** "Aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco-2018"

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGÍA												
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es el aporte del <i>Inga edulis</i> a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> ¿Cuál es la Fertilidad Química del suelo previo y al finalizar el estudio, en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco? ¿Cómo es el incremento de la altura del <i>Inga edulis</i> en un suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco? ¿Cómo es el incremento del diámetro del <i>Inga edulis</i> en un suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco? ¿Cuál es índice de sobrevivencia del <i>Inga edulis</i> en un suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar el aporte del <i>Inga edulis</i> a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Determinar la Fertilidad Química del suelo previo y al finalizar el estudio, en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco. Determinar el incremento de la altura del <i>Inga edulis</i> en un suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco. Determinar el incremento del diámetro del <i>Inga edulis</i> en un suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco. Determinar el índice de la sobrevivencia del <i>Inga edulis</i> en un suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.</p>	<p><b>Hipótesis</b> <b>H<sub>1</sub>:</b> El <i>Inga edulis</i> aporta a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco. <b>H<sub>0</sub>:</b> El <i>Inga edulis</i> no aporta a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (<i>Erythroxylum coca</i>), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento Huánuco.</p> <p>En los objetivos específicos se contempla como intención analítica la estimación puntual, es decir se pretende la obtención de un valor numérico que proporcione la información requerida. (Supo, 2014)</p>	<p><b>V. D.</b> Fertilidad del suelo</p> <p><b>V. I.</b> <i>Inga edulis</i></p>	<p>Fertilidad Química</p> <p>Crecimiento</p> <p>Sobrevivencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materia Orgánica</li> <li>• pH</li> <li>• Fosforo</li> <li>• Saturación de Al</li> <li>• CIC</li> <li>• Bases totales</li> <li>• Potasio</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura (H)</li> <li>• Diámetro altura cuello (DAC)</li> </ul> <p>Planta viva</p>	<p>El presente estudio es según la intervención del investigador: con intervención. Según el número de variables analíticas: Analítica. Según la planificación de las mediciones: Prospectiva. Según el número de mediciones de la variable de estudio: Longitudinal. Según el análisis estadístico: Cuantitativo.</p> <p>El <b>Enfoque</b> del estudio es Cuantitativo El <b>nivel</b> de la investigación Científica es Explicativo El <b>Diseño</b> de la investigación es experimental, cuya representación gráfica es la siguiente:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">G<sub>A</sub></td> <td style="padding: 2px 5px;">O<sub>1</sub></td> <td style="padding: 2px 5px;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">O<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">G<sub>B</sub></td> <td style="padding: 2px 5px;">O<sub>1</sub></td> <td style="padding: 2px 5px;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">O<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">G<sub>C</sub></td> <td style="padding: 2px 5px;">O<sub>1</sub></td> <td style="padding: 2px 5px;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">O<sub>2</sub></td> </tr> </table> </div> <p>Donde: G : Grupo o Zona de muestreo O<sub>1</sub> : Pretest o muestreo previo O<sub>2</sub> : Postest o muestreo final X : Tratamiento, estímulo o condición experimental</p> <p>La <b>Población</b> es de 5 ha aproximadamente, que tienen los siguientes criterios de inclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo que tuvo como cultivo a la coca durante 20 años aproximadamente.</li> <li>• Suelo con un periodo de descanso de 10 años aproximadamente.</li> </ul> <p>La <b>muestra</b> es de 0.5 ha el cual se dividió en tres zonas para su muestreo de acuerdo a las características topográficas del terreno. Para obtención de la muestra se utilizó el muestreo No Probabilístico, siendo el tipo de muestreo intencional o de conveniencia.</p> <p><b>Técnica de recolección de datos</b> La observación</p>	G <sub>A</sub>	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>	G <sub>B</sub>	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>	G <sub>C</sub>	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
G <sub>A</sub>	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>															
G <sub>B</sub>	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>															
G <sub>C</sub>	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>															





**SOLICITANTE:** CALIXTO IGLESIAS MAGALY

### Anexo 3. Resultado del Análisis de suelos 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
 Tingo María  
 Facultad de agronomía – laboratorio de análisis de suelos  
[Analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:Analisisdesuelosunas@hotmail.com)

#### ANÁLISIS DE SUELOS

**PROCEDENCIA:**

Caserío: Buenos Aires  
 Distrito: Rupa Rupa  
 Provincia: Leoncio Prado  
 Departamento: Huánuco

ZONA N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA				Análisis mecánico			pH	M.O.	N	P	K	CIC	Cambiabiles Cmol/Kg						CICe	%	%	%									
		Código	Cultivo	Sector	Propietario	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	%	ppm	ppm					Ca	Mg	k	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
						%	%	%																									
C1	1 M0263	M1	Cocal	Buenos Aires	Calixto Iglesias, Magaly	9.68	63.04	27.28	Arcilloso	4.28	3.60	0.16	6.41	122.95	...	0.98	0.26	...	...	6.11	1.18	8.53	14.52	85.48	71.67								
C2	2 M0264	M2	Cocal	Buenos Aires	Calixto Iglesias, Magaly	9.68	71.04	19.28	Arcilloso	4.40	1.97	0.09	5.52	108.45	...	0.84	0.18	...	...	4.60	1.40	7.02	14.45	85.55	65.56								
B2	3 M0265	M3	Cocal	Buenos Aires	Calixto Iglesias, Magaly	7.68	63.04	29.28	Arcilloso	4.82	0.33	0.01	5.74	82.46	...	0.80	0.21	...	...	3.18	0.86	5.04	19.90	80.10	63.10								
B1	4 M0266	M4	Cocal	Buenos Aires	Calixto Iglesias, Magaly	9.68	67.04	23.28	Arcilloso	4.69	0.66	0.03	6.19	90.96	...	0.75	0.20	...	...	3.26	0.97	5.18	18.24	81.76	63.03								
A1	5 M0267	M5	Cocal	Buenos Aires	Calixto Iglesias, Magaly	5.68	65.04	29.28	Arcilloso	4.53	1.31	0.06	6.86	108.95	...	1.09	0.24	...	...	2.93	0.62	4.87	27.23	72.77	60.14								
A2	6 M0268	M6	Cocal	Buenos Aires	Calixto Iglesias, Magaly	7.68	73.04	19.28	Arcilloso	4.54	0.66	0.03	6.75	112.95	...	1.05	0.21	...	...	4.02	0.91	6.18	20.29	79.71	65.04								

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
 RECIBO N° 0453195  
 FECHA: 21/03/2016



## Anexo 4. Resultado del Análisis de suelos 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
 AV. UNIVERSITARIA S/N – TINGO MARÍA – CELULAR 941531359  
 Facultad de agronomía – laboratorio de análisis de suelos  
 Analisisdesuelosunas@hotmail.com

### ANÁLISIS DE SUELOS

ZONA N°	COD. LAB.	DATOS		Análisis mecánico				Humedad	pH	M.O.	N	P	K	CIC	Cambiables Cmol/Kg						CICe	%	%	%			
				Arena	Arcilla	Limo	Textura								Ca	Mg	k	Na	Al	H					Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
				%	%	%	%								ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm					ppm	ppm	ppm
A1	1	S2766	AS-03	Guaba	13.2	50.4	36.4	Arcilloso	49.25	4.46	3.30	0.15	3.75	172.42	...	3.90	0.54	...	...	3.10	0.10	7.64	58.09	41.91	40.60		
C1	2	S2767	BS-03	Guaba	11.2	50.4	38.4	Arcilloso	34.62	4.25	3.52	0.16	4.13	143.94	...	3.05	0.41	...	...	4.60	0.60	8.66	39.93	60.07	53.14		
B1	3	S2768	CS-03	Guaba	11.2	58.4	30.4	Arcilloso	37.68	4.37	2.59	0.12	3.59	91.46	...	3.15	0.42	...	...	5.00	0.50	9.07	39.33	60.67	55.15		
A2	4	S2769	AP-03	Guaba	7.25	54.4	38.4	Arcilloso	39.29	4.47	1.22	0.05	4.29	126.94	...	3.06	0.46	...	...	3.40	0.10	7.02	50.17	49.83	48.40		
C2	5	S2770	BP-03	Guaba	3.25	66.4	30.4	Arcilloso	36.07	4.42	1.51	0.07	2.82	116.95	...	2.96	0.38	...	...	3.70	0.30	7.34	45.51	54.49	50.40		
B2	6	S2771	CP-03	Guaba	1.25	68.4	30.4	Arcilloso	39.67	4.51	1.36	0.06	3.21	89.46	...	2.75	0.37	...	...	4.40	0.10	7.62	40.91	59.09	57.77		

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
 RECIBO N° 0533757  
 FECHA: 26 de marzo del 2018

**Anexo 5 Tabla de conteo y medición del *Inga edulis***

Planta	Hilera	Zona	Sobrevivencia		Altura Promedio (i)	Altura Promedio (f)	Diámetro promedio (i)	Diámetro promedio (f)
			1:SI	2:NO				
1	1	A	2		0.42		1.50	
2		A	2					
3		A	2					
4	2	A	2					
5		A	1					
6		A	1					
7		A	1					
8		A	2					
9	3	A	1					
10		A	1					
11		A	1					
12		A	1					
13		A	1					
14		A	1					
15		A	1					
16	4	A	1					
17		A	1					
18		A	1					
19		A	1					
20		A	2					
21		A	1					
22		A	1					
23		A	2					
24		A	1					
25		A	1					
26	A	1						
27	5	A	1					
28		A	1					
29		A	1					
30		A	1					
31		A	1					
32		A	1					
33		A	1					
34		A	1					
35		A	2					
36		A	1					
37		A	1					
38		A	1					
39		A	1					
40		A	1					
41		A	1					
42	6	A	1					
43		A	1					
44		A	1					
45		A	1					
46		A	1					
47		A	1					
48		A	1					
49		A	1					
50		A	1					
51		A	1					
52		A	1					
53		A	1					
54		A	1					
55		A	1					
56	A	1						
57	A	1						
58	A	1						
59	A	1						
60	7	A	1					
61		A	1					
62		A	1					
63		A	1					
64		A	1					
65		A	1					
66		A	1					

67		A	1			
68		A	1			
69		A	1			
70		A	1			
71		A	1			
72		A	1			
73		A	1			
74		A	1			
75		A	1			
76		A	1			
77		A	1			
78		A	1			
79		A	1			
80		A	1			
81	8	A	1	0.42	1.50	25.10
82		A	1			
83		A	1			
84		A	1			
85		A	1			
86		A	1			
87		A	1			
88		A	1			
89		A	1			
90		A	1			
91		A	1			
92		A	1			
93		A	1			
94		A	1			
95		A	1			
96		A	1			
97		A	1			
98		A	1			
99		A	1			
100		A	1			
101	A	1				
102	A	1				
103	9	A	1	0.42	1.50	27.40
104		A	1			
105		A	1			
106		A	1			
107		A	1			
108		A	1			
109		A	1			
110		A	1			
111		A	1			
112		A	1			
113		A	1			
114		A	1			
115	A	1				
116	A	1				
117	A	1				
118	A	1				
119	A	1				
120	A	1				
121	A	1				
122	A	1				
123	A	1				
124	A	1				
125	10	A	1	0.42	1.50	30.90
126		A	1			
127		A	1			
128		A	1			
129		A	1			
130		A	2			
131		A	1			
132		A	1			
133		A	1			
134		A	1			
135		A	1			
136	A	1				

137		A	1			
138		A	1			
139		A	1			
140		A	1			
141		A	1			
142		A	1			
143		A	1			
144		A	1			
145		A	1			
146		A	1			
147	11	A	1	0.42	1.80	18.00
148		A	1			
149		A	1			
150		A	1			
151		A	1			
152		A	1			
153		A	1			
154		A	1			
155		A	1			
156		A	1			
157		A	1			
158	A	1				
159	A	1				
160	A	1				
161	A	1				
162	A	1				
163	A	1				
164	A	1				
165	A	1				
166	A	1				
167	A	1				
168	A	1				
169	12	A	1	0.42	1.62	12.30
170		A	1			
171		A	1			
172		A	1			
173		A	1			
174		A	1			
175		A	1			
176		A	1			
177		A	1			
178		A	1			
179		A	1			
180	A	1				
181	A	1				
182	A	1				
183	A	1				
184	A	1				
185	A	1				
186	A	1				
187	A	1				
188	A	1				
189	A	1				
190	A	1				
191	13	A	1	0.42	1.64	10.30
192		A	1			
193		A	1			
194		A	1			
195		A	1			
196		A	1			
197		A	1			
198		A	1			
199		A	1			
200		A	1			
201		A	1			
202	A	1				
203	A	1				
204	A	1				
205	A	1				
206	A	1				

207		A	1			
208		A	1			
209		A	1			
210		A	1			
211		A	1			
212		A	2			
213	14	A	1		1.67	9.80
214		A	1			
215		A	1			
216		A	1			
217		A	1			
218		A	1			
219		A	1			
220		A	1			
221		A	2			
222		A	1			
223		A	1			
224		A	1			
225		A	1			
226		A	1			
227	A	1				
228	A	1				
229	A	1				
230	A	1				
231		A	2			
232		A	1			
233		A	1			
234		A	1			
235	15	A	1		1.60	7.10
236		A	1			
237		A	1			
238		A	1			
239		A	1			
240		A	1			
241		A	1			
242		A	1			
243		A	1			
244		A	1			
245		A	1			
246		A	1			
247	A	1				
248	A	1				
249	A	1				
250	A	1				
251	A	1				
252		A	1			
253		A	1			
254		A	1			
255		A	1			
256	16	A	1		1.82	11.70
257		A	1			
258		A	1			
259		A	1			
260		A	1			
261		A	1			
262		A	1			
263		A	1			
264		A	1			
265		A	1			
266		A	1			
267		A	1			
268	A	1				
269	A	1				
270	A	1				
271	A	1				
272	A	1				
273	A	1				
274	A	1				
275	A	1				
276	A	1				

0.42

1.50

277		A	1			
278		A	1			
279		A	1			
280		A	1			
281		A	1			
282		A	2			
283		A	1			
284		A	1			
285		A	1			
286		A	1			
287	17	A	1		1.79	7.70
288		A	1			
289		A	1			
290		A	1			
291		A	1			
292		A	1			
293		A	1			
294		A	1			
295		A	1			
296		A	1			
297		A	1			
298		A	1			
299		A	1			
300		A	1			
301		A	1			
302		A	1			
303		A	1			
304		A	1			
305		A	1			
306		A	1			
307		A	1			
308	18	A	1		1.77	6.90
309		A	1			
310		A	1			
311		A	1	0.42		
312		A	1			
313		A	1			
314		A	1			
315		A	1			
316		A	1			
317		A	1			
318		A	1			
319		A	1			
320		A	1			
321		A	1			
322		A	1			
323		A	1			
324		A	1			
325		A	1			
326		A	1			
327		A	1			
328		A	1			
329	19	A	1		1.62	7.90
330		A	1			
331		A	1			
332		A	1			
333		A	1			
334		A	1			
335		A	1			
336		A	1			
337		A	1			
338		A	1			
339		A	1			
340		A	1			
341		A	1			
342		A	1			
343	20	A	1		1.58	5.30
344		A	1			
345		A	1			
346		A	1			

347		A	1			
348		A	1			
349		A	1			
350		A	1			
351		A	1			
352		A	1			
353		A	1			
354		A	1			
355		A	1			
356		A	1			
357		A	1			
358		A	1			
359		A	1			
360		A	1			
361	21	A	1	0.42	1.58	5.00
362		A	1			
363		A	1			
364		A	1			
365		A	1			
366		A	1			
367		A	1			
368		A	1			
369		A	1			
370		A	1			
371		A	1			
372		A	1			
373		A	1			
374		A	1			
375		A	1			
376		A	1			
377		A	1			
378		A	1			
379		A	1			
380		A	2			
381		22	B			
382	B		1			
383	B		1			
384	B		1			
385	B		1			
386	B		1			
387	B		1			
388	B		1			
389	B		1			
390	B		1			
391	B		1			
392	B		1			
393	B		1			
394	B		1			
395	B		1			
396	B		1			
397	B		1			
398	B		2			
399	23	B	1	0.42	1.64	8.70
400		B	1			
401		B	1			
402		B	1			
403		B	1			
404		B	1			
405		B	1			
406		B	1			
407		B	1			
408		B	1			
409		B	1			
410		B	1			
411		B	1			
412		B	1			
413		B	1			
414		B	1			
415		B	1			
416	B	2				

417		B	2			
418		B	2			
419		B	1			
420		B	1			
421		B	1			
422		B	2			
423		B	1			
424		B	1			
425	24	B	1		1.42	7.30
426		B	1			
427		B	1			
428		B	1			
429		B	1			
430		B	1			
431		B	1			
432		B	1			
433		B	1			
434		B	1			
435		B	2			
436		B	2			
437		B	1			
438		B	1			
439		B	1			
440		B	1			
441		B	1			
442		B	1			
443	25	B	1		1.27	5.80
444		B	1			
445		B	1			
446		B	1			
447		B	1			
448		B	1			
449		B	1			
450		B	1			
451		B	2			
452		B	2	0.42		
453		B	2			
454		B	2			
455		B	1			
456		B	2			
457		B	2			
458		B	2			
459	26	B	2		1.03	4.40
460		B	1			
461		B	1			
462		B	1			
463		B	1			
464		B	1			
465		B	1			
466		B	2			
467		B	2			
468		B	1			
469		B	2			
470		B	1			
471		B	1			
472		B	1			
473	27	B	1		1.26	7.80
474		B	1			
475		B	1			
476		B	1			
477		B	2			
478		B	1			
479		B	1			
480		B	2			
481	28	B	2		1.32	7.20
482		B	2			
483		B	2			
484		B	2			
485		B	2			
486		B	1			

487		B	1
488		B	1
489		B	1
490	29	B	1
491		C	2
492		C	1
493	30	C	1
494		C	1
495		C	2
496		C	2
497	31	C	1
498		C	1
499		C	2
500		C	1
501	32	C	1
502		C	1
503		C	2
504		C	1
505	33	C	1
506		C	1
507		C	1
508		C	1
509	34	C	1
510		C	1
511		C	1
512		C	1
513	35	C	1
514		C	1
515		C	2
516		C	1
517		C	1
518	36	C	1
519		C	1
520		C	2
521		C	1
522		C	1
523	37	C	1
524		C	2
525		C	2
526		C	1
527		C	1
528	38	C	1
529		C	1
530		C	2
531		C	1
532		C	1
533	39	C	1
534		C	1
535		C	2
536		C	1
537	40	C	1
538		C	1
539		C	2
540		C	1
541	41	C	1
542		C	1
543		C	2
544		C	1
545	42	C	1
546		C	1
547		C	2
548		C	1
549	43	C	1
550		C	1
551		C	1
552		C	2
553		C	1
554	44	C	1
555		C	2
556	45	C	2

0.42

1.50

1.22		9.28
1.21		9.30
1.03		5.01
1.84		20.20
2.42		20.00
2.44		20.26
2.95		15.50
2.98		15.58
3.01		24.80
2.74		26.00
3.06		30.60
3.12		20.40
2.58		20.20
2.43		18.00
1.41		13.60
1.58		11.58

### Anexo 6. Rotulo de las muestras de suelo

	ETIQUETA PARA MUESTRA DE SUELO		
	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO INGENIERIA AMBIENTAL		
CÓDIGO DE MUESTRA:		FECHA:	HORA:
MUESTRA N°:		NUMERO DE SUB-MUESTRAS:	
LUGAR DE MUESTREO:			
MUESTRA PARA:	MO	F	Q
			F-Q
RESPONSABLE:			
SOLICITANTE:		TELEFONO:	
DIRECCIÓN:			

## Anexo 7. Presupuesto

- **Recursos humanos.**

**Tesista:**

Calixto Iglesias, Magaly

Recursos Humanos por Actividad	Costo en S/.				
	Unidad de medida	Precio unitario	Cantidad	Días	Importe
<b>Vivero</b>					
Peón	Individuo	S/. 25.00	3	1	S/. 75.00
Personal de cocina	Individuo	S/. 25.00	1	1	S/. 25.00
Personal de riego	N° de riego	S/. 15.00	8	1	S/. 120.00
<b>Preparación del terreno</b>					
Peón	Individuo	S/. 25.00	2	3	S/. 150.00
Personal de cocina	Individuo	S/. 25.00	1	3	S/. 75.00
<b>Plantación de la Guaba</b>					
Peón	Individuo	S/. 25.00	6	3	S/. 450.00
Personal de cocina	Individuo	S/. 25.00	1	3	S/. 75.00
<b>Deshierbo de terreno</b>					
1er deshierbo: Peón	Individuo	S/. 25.00	2	1	S/. 50.00
2do deshierbo: Peón	Individuo	S/. 25.00	2	1	S/. 50.00
3er deshierbo: Peón	Individuo	S/. 25.00	2	1	S/. 50.00
4to deshierbo: Peón	Individuo	S/. 25.00	2	1	S/. 50.00
5to deshierbo: Peón	Individuo	S/. 25.00	2	1	S/. 50.00
6to deshierbo: Peón	Individuo	S/. 25.00	2	1	S/. 50.00
7mo deshierbo: Peón	Individuo	S/. 25.00	2	1	S/. 50.00
Personal de cocina	Individuo	S/. 25.00	1	7	S/. 175.00
<b>Muestreo de suelos</b>					
1er Muestreo					
Peón	Individuo	S/. 25.00	4	1	S/. 100.00
Personal de cocina	Individuo	S/. 25.00	1	1	S/. 25.00
2do Muestreo					
Peón	Individuo	S/. 25.00	4	1	S/. 100.00
Personal de cocina	Individuo	S/. 25.00	1	1	S/. 25.00
3er Muestreo					
Peón	Individuo	S/. 25.00	4	1	S/. 100.00
Personal de cocina	Individuo	S/. 25.00	1	1	S/. 25.00
<b>Levantamiento topográfico</b>					
Ingeniero civil	Individuo	S/ 1500.00	1	1	S/. 1500.00
Asistente del ing.	Individuo	S/. 250.00	1	1	S/. 250.00
Personal de cocina	Individuo	S/. 25.00	1	1	S/. 25.00
<b>Total</b>					<b>S/. 3645.00</b>

• **Recursos materiales.**

Instrumentos, Equipos y Materiales por Actividad	Costo en S/.			
	Unidad de medida	Precio unitario	Cantidad	Importe
<b>Vivero</b>				
Lampa	Unidad	S/. 12.00	1	S/. 12.00
Machete	Unidad	S/. 15.00	2	S/. 30.00
Lima	Unidad	S/. 5.00	2	S/. 10.00
Bolsa de almácigo	Ciento	S/. 5.00	5	S/. 25.00
Mantada	Metros	S/. 2.50	10	S/. 25.00
Poseadora	Unidad	S/. 25.00	1	S/. 25.00
Botas	Par	S/. 20.00	1	S/. 20.00
Bomba de mochila manual	Unidad	S/. 120.00	1	S/. 120.00
<b>Preparación del terreno</b>				
Machete	Unidad	S/. 15.00	2	*
Lima	Unidad	S/. 5.00	2	*
<b>Plantación de la Guaba</b>				
Wincha	Unidad	S/. 6.00	1	S/. 6.00
Cinta métrica	Unidad	S/. 2.00	1	S/. 2.00
Poseadora	Unidad	S/. 25.00	1	*
Machete	Unidad	S/. 15.00	2	*
Lima	Unidad	S/. 5.00	2	*
Costal	Unidad	S/. 1.00	3	S/. 3.00
Pala	Unidad	S/. 18.00	1	S/. 18.00
<b>Deshierbo de terreno</b>				
Machete	Unidad	S/. 15.00	2	*
Lima	Unidad	S/. 5.00	2	*
<b>Muestreo de suelos</b>				
Balde	Unidad	S/. 7.00	1	S/. 7.00
Pala recta	Unidad	S/. 20.00	1	S/. 20.00
Pala	Unidad	S/. 18.00	1	*
Barreta	Unidad	S/. 20.00	1	S/. 20.00
Poseadora	Unidad	S/. 25.00	1	*
Espátula	Unidad	S/. 3.00	1	S/. 3.00
Guantes descartable	Caja x 100	S/. 18.00	1	S/. 18.00
Plástico para extender la muestra	Metro	S/. 1.00	3	S/. 3.00
Balanza	Unidad	S/. 10.00	1	S/. 10.00
Cinta de embalaje	Unidad	S/. 3.00	1	S/. 3.00
Cinta masking	Unidad	S/. 3.00	1	S/. 3.00
Cinta métrica	Unidad	S/. 2.00	1	*
Wincha de 5 m.	Unidad	S/. 6.00	1	*
Bolsa de plástico con cierre hermético	Caja x 10	S/. 11.00	3	S/. 33.00
<b>Materiales de escritorio</b>				
Papel bond	Millar	S/. 24.00	1	S/. 24.00

Tablero	Unidad	S/. 5.00	1	S/. 5.00
Libreta de apuntes	Unidad	S/. 5.00	1	S/. 5.00
Lapicero	Unidad	S/. 0.5	9	S/. 4.5
Mica	Unidad	S/. 0.5	6	S/. 3.00
Corrector	Unidad	S/. 3.00	3	S/. 9.00
Lápiz	Unidad	S/. 0.5	3	S/. 1.5
Borrador	Unidad	S/. 0.5	3	S/. 1.5
Resaltador	Unidad	S/. 3.00	3	S/. 9.00
Tajador	Unidad	S/. 0.5	3	S/. 1.5
USB	Unidad	S/. 18.00	2	S/. 36.00
Folder manila	Unidad	S/. 0.5	6	S/. 3.00
Sobre manila	Unidad	S/. 0.5	6	S/. 3.00
Post-It	Unidad	S/. 2.00	1	S/. 2.00
<b>Equipos</b>				
Impresora	Unidad	S/. 500.00	1	S/. 500.00
Cámara fotográfica	Unidad	S/. 600.00	1	S/. 600.00
Equipo topográfico + mira	Alquiler	S/. 50.00	2 días	S/. 100.00
GPS	Alquiler	S/. 20.00	8 días	S/. 160.00
<b>Total</b>				<b>S/.1884.00</b>

\* Representa el material que ya se compró para la actividad anterior y no es necesario duplicar los costos.

Gastos Adicionales	Costo en S/.			
	Unidad de medida	Precio unitario	Cantidad	Importe
Servicio de transporte	Viaje ida-vuelta	S/. 60.00	13	S/. 780.00
Muestreo de suelos	Muestra	S/. 60.00	18	S/. 1080.00
Copias fotostáticas	Unidad	S/. 0.10	1500	S/. 150.00
Internet	Hora	S/. 1.00	400	S/. 400.00
celular	Recarga	S/. 10.00	20	S/. 200.00
Víveres	Actividad	S/. 50.00	15	S/. 900.00
<b>Total</b>				<b>S/. 3510.00</b>

- **COSTO TOTAL DEL PROYECTO: S/. 9039.00 nuevos soles**

## Anexo 8. Tablas de los Indicadores de la Fertilidad Química

Tabla 1

*Clasificación del suelo según la materia orgánica (MO)*

M.O. (%) por el método Walkley-Black	
% M.O.	Categoría
< 0.9	Muy Bajo
1.0-1.9	Bajo
2.0-2.5	Medio
2.6-3.5	Alto
>3.6	Muy Alto

Fuente: Rioja (2007), citado por López y Zamora (2016)

Tabla 2

*Clasificación del suelo según el pH*

Valor de pH	Categoría
< 5.0	Pobre
5.0-6.0	Medio
6.0-6.5	Rico

Fuente: PROAMAZONIA (2003), citado por Rios (2015)

Tabla 3

*Clasificación del suelo según el contenido de Fosforo*

Rango	Clasificación
P < 7.0 ppm.	Bajo
7.0 ≥ P ≤ 14 ppm.	Medio
P > 14 ppm.	Alto

Fuente: Sánchez et al. (2006), citado por Rios (2015)

Tabla 4

*Clasificación del suelo según la Saturación de Aluminio*

Valor sat. Al (%)	Categoría
< 1.09	Muy bajo
1.10-3.09	Bajo
3.10-6.09	Medio
6.10-12.09	Alto
>12.10	Muy alto

Fuente: Bernier y Bortolameolli (2000)

Tabla 5

*Clasificación del suelo según el CICE*

Rango	Categoría
<4.0	Bajo
4.0-30.0	Medio
>30.0	Alto

Fuente: PROAMAZONIA (2003), citado por Rios (2015)

Tabla 6  
*Clasificación del suelo según las bases totales*

Rango	Categoría
0-1	Muy pobre
1-5	Pobre
5-10	Mediana
10-30	Alta
>30	Muy alta

Fuente: Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Bogotá – Colombia (1979), citado por Chuchuca (2014)

Tabla 7  
*Clasificación del suelo según el contenido de Potasio*

Rango	Clasificación
$K < 0.2$ meq/100g	Bajo
$0.2 \leq K \leq 0.3$ meq/100g	Medio
$K > 0.3$ meq/100g	Alto

Fuente: PROAMAZONIA (2003), citado por Rios (2015)

Tabla 8  
*Puntajes para obtener el índice de fertilidad química (IF) del suelo*

Características	Puntajes			
	0.5	1	2	3
	Rangos			
Materia Orgánica (%)	-	<3	3-6	>6
pH(1:1)	-	$\leq 4.5$	4.6-5.5	5.6-7.3
		>8.5	7.4-8.4	
Fósforo (ppm)	-	<5	5-15	>15
Saturación Al (%)	>15	5-15	0-5	0
CIC (meq/100g)	-	<10	10-20	>20
Bases totales (meq/100g)	<4	4-10	>10	-
Potasio (meq/100g)	<0.1	0.1-0.35	>0.35	-

Suma de puntaje	Fertilidad
>15	Alta
8-15	Moderada
<8	Baja

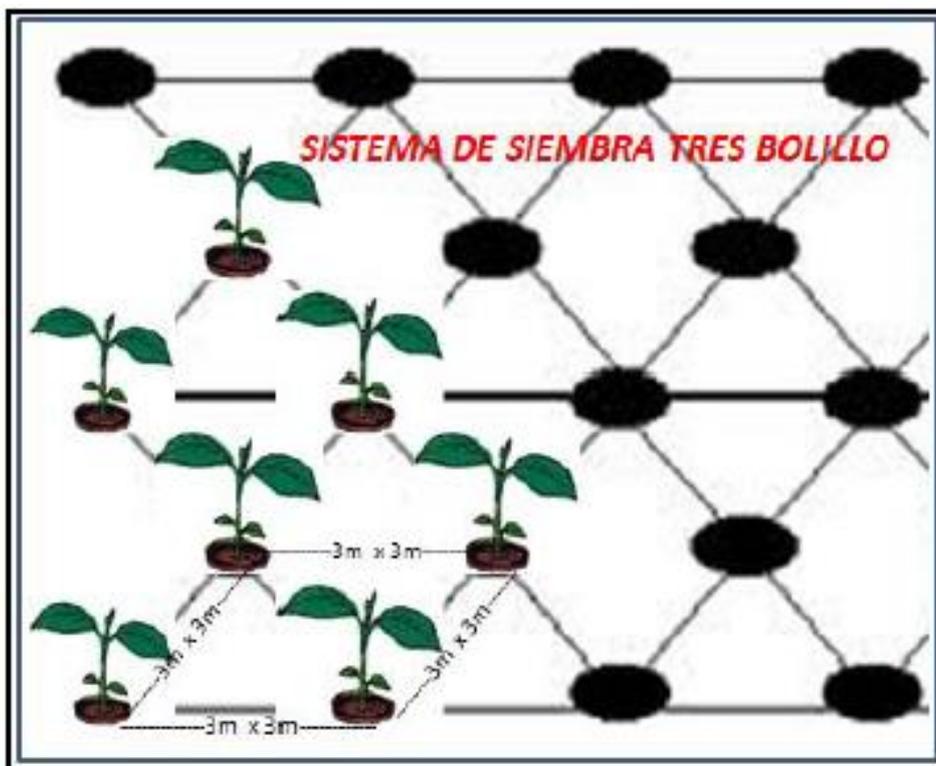
Fuente: Parent (1989)

### Anexo 9. Distanciamiento recomendado para algunas especies

Distanciamiento recomendados	
Distanciamiento en Metros	Especies
3 X 3	Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> )
6 X 6	Pan de Arbol ( <i>Artocarpus altilis</i> )
5 X 5	Pijuayo ( <i>Bactris gasipaes</i> )
4 X 4	Uvos ( <i>Spondias mombin</i> )
3 X 3	Guaba ( <i>Inga edulis</i> )
5 X 5	Ungurahui ( <i>Jessenia batahua</i> )
6 X 6	Shimbillo ( <i>Inga Sp.</i> )
10 X 10	Aguaje ( <i>Maurytia flexuosa</i> )
10 X 10	Amasisa ( <i>Erythrina Sp.</i> )
12 X 12	Caoba ( <i>Swietenia macrophylla</i> )

Fuente: Pinedo (2015)

### Anexo 10. Sistema de siembra tres bolillos utilizado en el proyecto



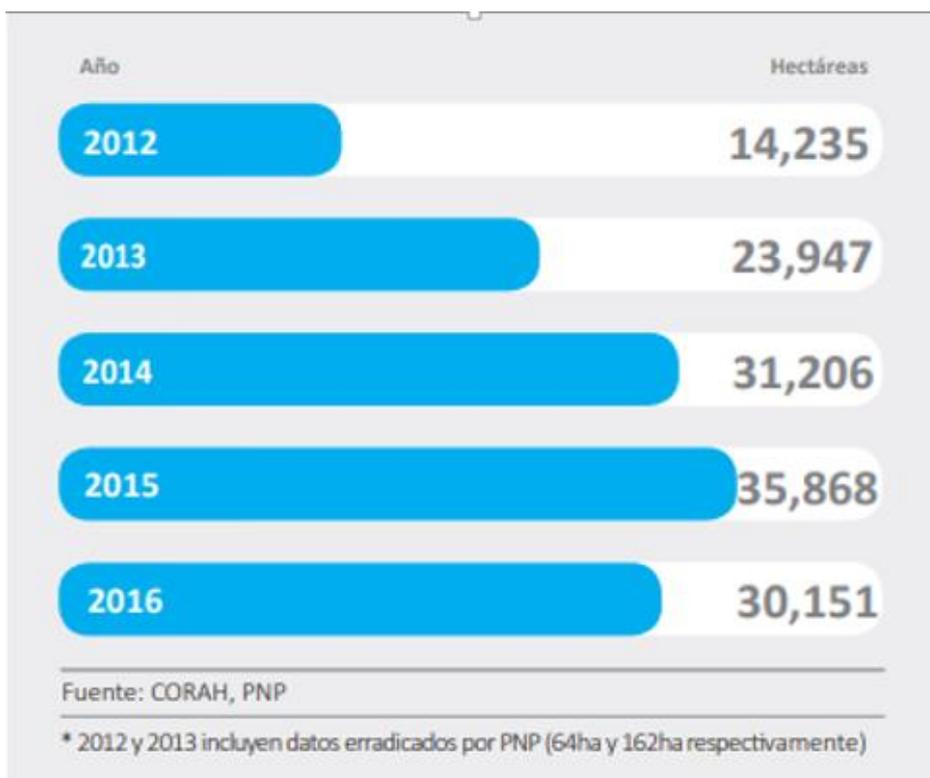
Fuente: Pinedo (2015)

**Anexo 11. Listado de las especies de Árboles Fijadores de nitrógeno en suelos degradados.**

Nombre Científico	Familia	Subfamilia
<i>Allocasuarina tortuosa</i> (Ait.) L. Johnson	CAS	CAES
<i>Bauhinia variegata</i> L.	LEG	CAES
<i>Caeslpinia peltophoroides</i> Benth.	LEG	PAP
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	LEG	MIM
<i>Calliandra calothyrsus</i> Meissn.	LEG	
<i>Casuarina collina</i> Poiss. Ex Panch. & Seb.	CAS	
<i>Casuarina cunninghamiana</i> Miq.	CAS	
<i>Casuarina obesa</i> Miq.	CAS	
<i>Casuarina oligodon</i> L. Johnson	CAS	
<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard	LEG	PAP
<i>Coriaria myrtifolia</i> L.	COR	
<i>Dalbergia sissoo</i> Roxb.	LEG	PAP
<i>Desmodium nicaraguense</i> Oerst.	LEG	PAP
<i>Desmodium rensonii</i>	LEG	PAP
<i>Dichrostachys cinerea</i> (L.) W. & A.	LEG	MIM
<i>Discaria americana</i> Gilles & Hook	RHA	
<i>Discaria trinervis</i> Gilles & Hook	RHA	
<i>Elaeagnus angustifolia</i> (L.)	ELA	
<i>Elaeagnus umbelata</i> Thunb.	ELA	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	LEG	MIM
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	LEG	PAP
<i>Erythrina glauca</i> Willd.	LEG	PAP
<i>Erythrina indica</i> Lam.	LEG	PAP
<i>Erythrina variegata</i> (L.) Merr.	LEG	PAP
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) A. Chev.	LEG	MIM
<i>Flemingia congesta</i> Roxb.	LEG	PAP
<i>Flemingia macrophylla</i> (Willd.) Merr.	LEG	PAP
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	LEG	CAES
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	LEG	PAP
<i>Hardwickia binate</i> Roxb.	LEG	CAES
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	ELA	
<i>Indigosfera teysmannii</i> Miq.	LEG	PAP
<i>Inga cinnamomea</i> Benth.	LEG	MIM
<i>Inga davidsei</i> M. Sousa	LEG	MIM
<i>Inga dumosa</i> Benth	LEG	MIM
<i>Inga edulis</i> Mart.	LEG	MIM
<i>Inga oerstediana</i> Benth.	LEG	MIM
<i>Inga punctata</i> Willd.	LEG	MIM
<i>Inga sapindoides</i> Willd.	LEG	MIM
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl.) Willd.	LEG	MIM
<i>Leucaena diversifolia</i> Benth.	LEG	MIM
<i>Leucaena shannoni</i> Donn. Smith	LEG	MIM
<i>Mimosa himalayana</i> Gramble	LEG	MIM

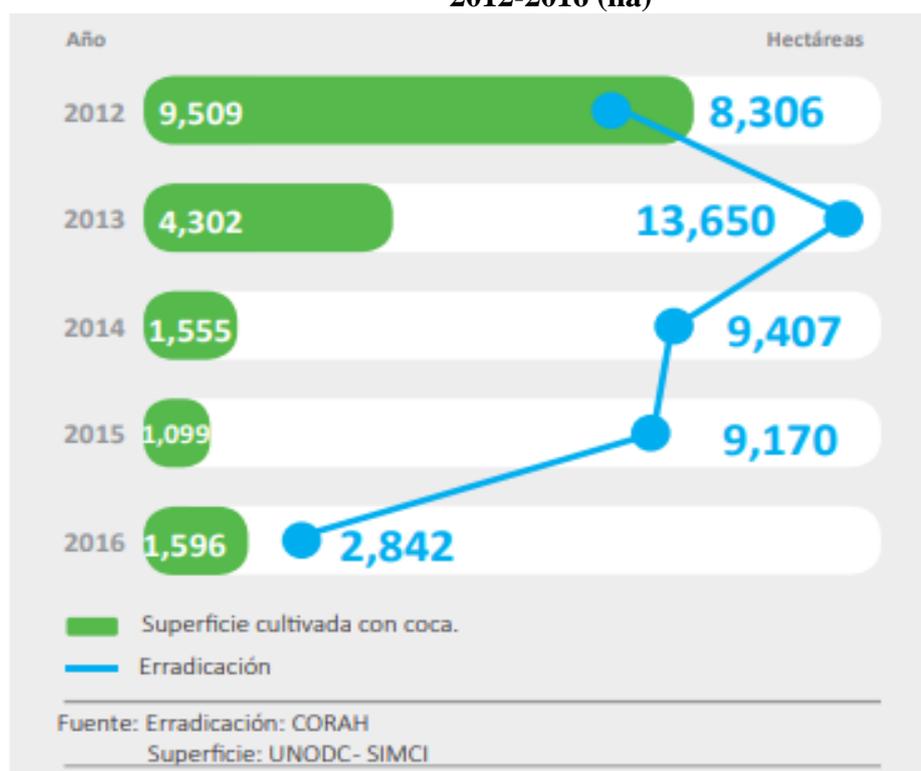
Fuente: Brewbaker et al. (1983, 1990) y Werner (1992), citado por Ferrari y Wall (2004)

### Anexo 12. Erradicación reportada de la superficie cultivada con coca en Perú, 2012-2016.



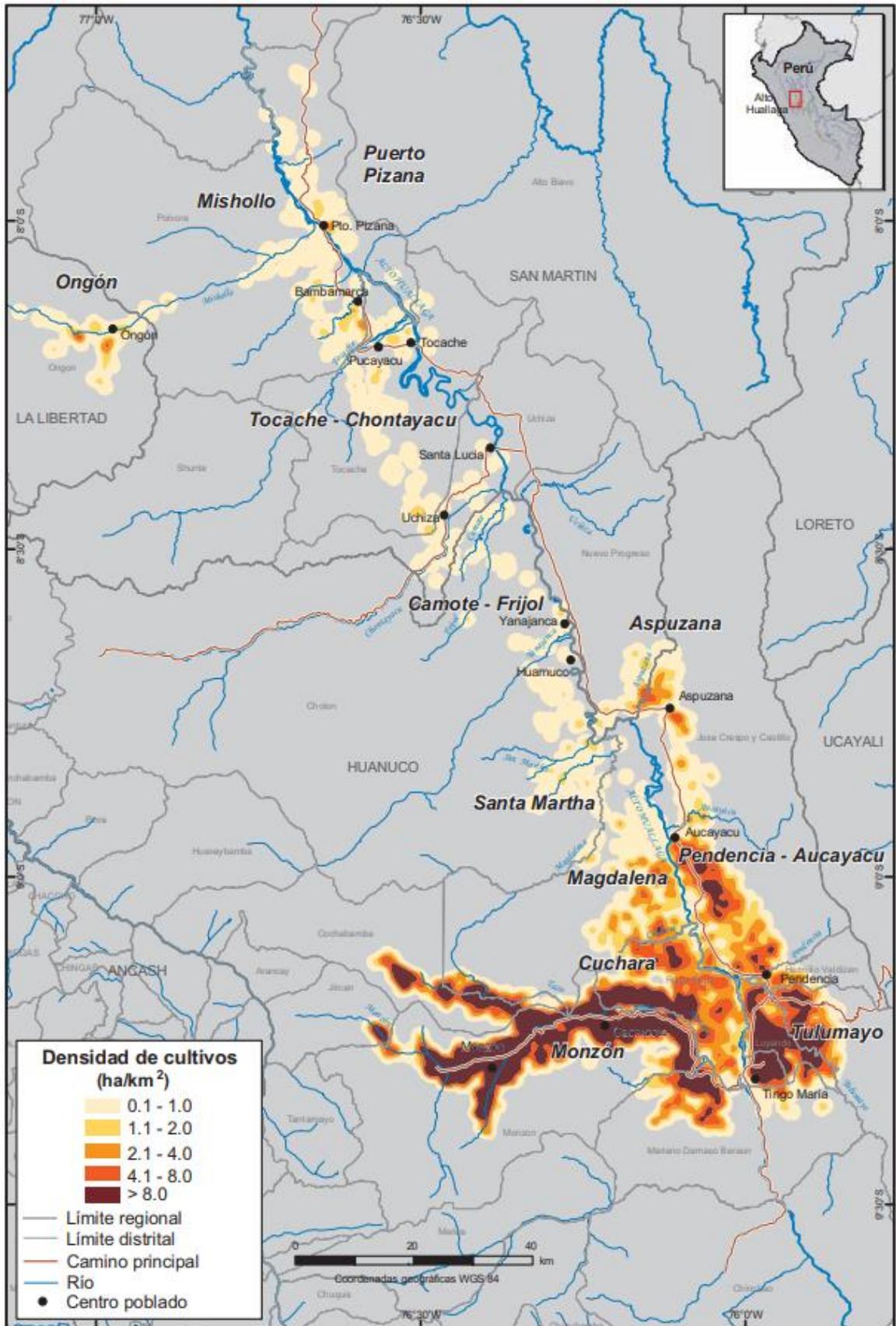
Fuente: UNODC (2017)

### Anexo 13. Superficies cultivadas con coca y erradicación en Alto Huallaga, 2012-2016 (ha)



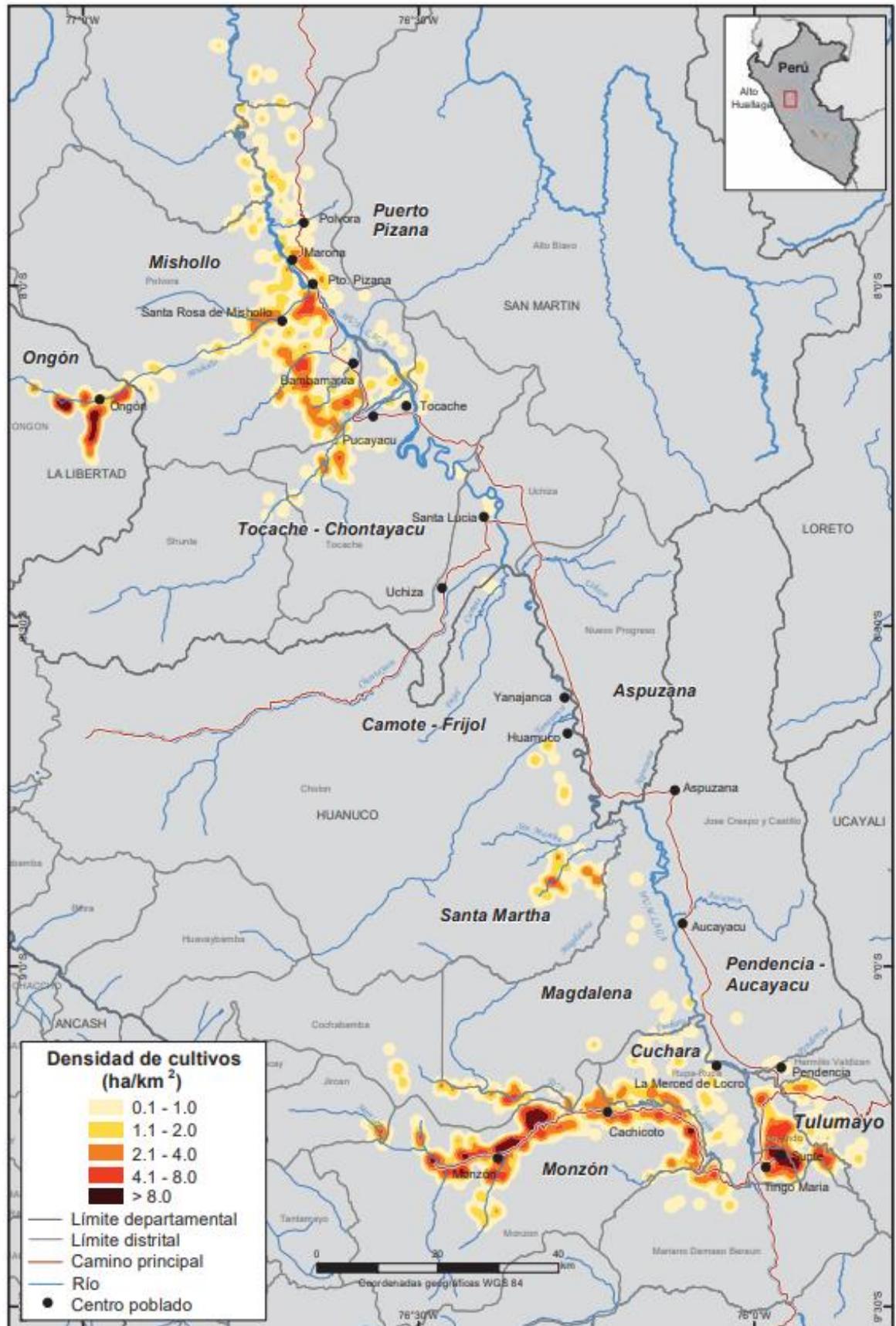
Fuente: UNODC (2017)

Anexo 14. Densidad de cultivos de coca en Alto Huallaga, 2008



Fuente: UNODC (2009)

Anexo 15. Densidad de cultivos de coca en Alto Huallaga, 2016



Fuente: UNODC (2017)

## Anexo 16. Evidencias fotográficas

### Recolección de semillas



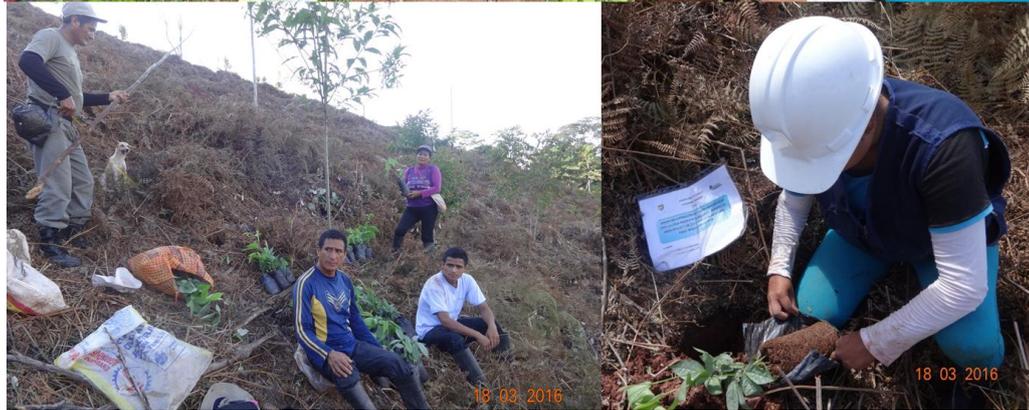
### Realización del almácigo



### Preparación del terreno



## Plantación del *Inga edulis*



## Limpieza del terreno (deshierbe trimestral)



### Levantamiento topográfico



### Muestreo del suelo



### Medición del crecimiento (altura y diámetro) del *Inga edulis*

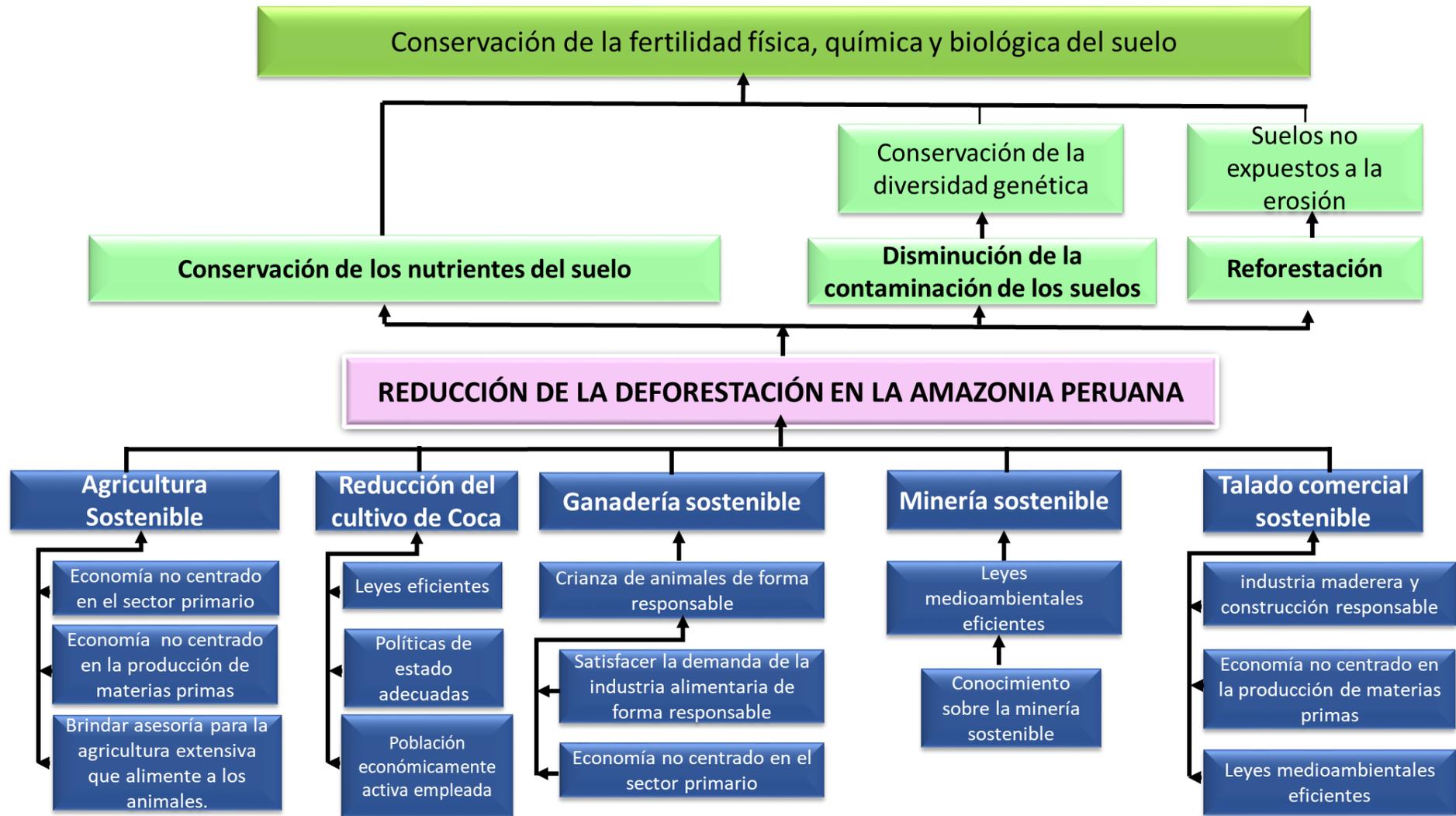


Anexo 17. Árbol de causas y efectos



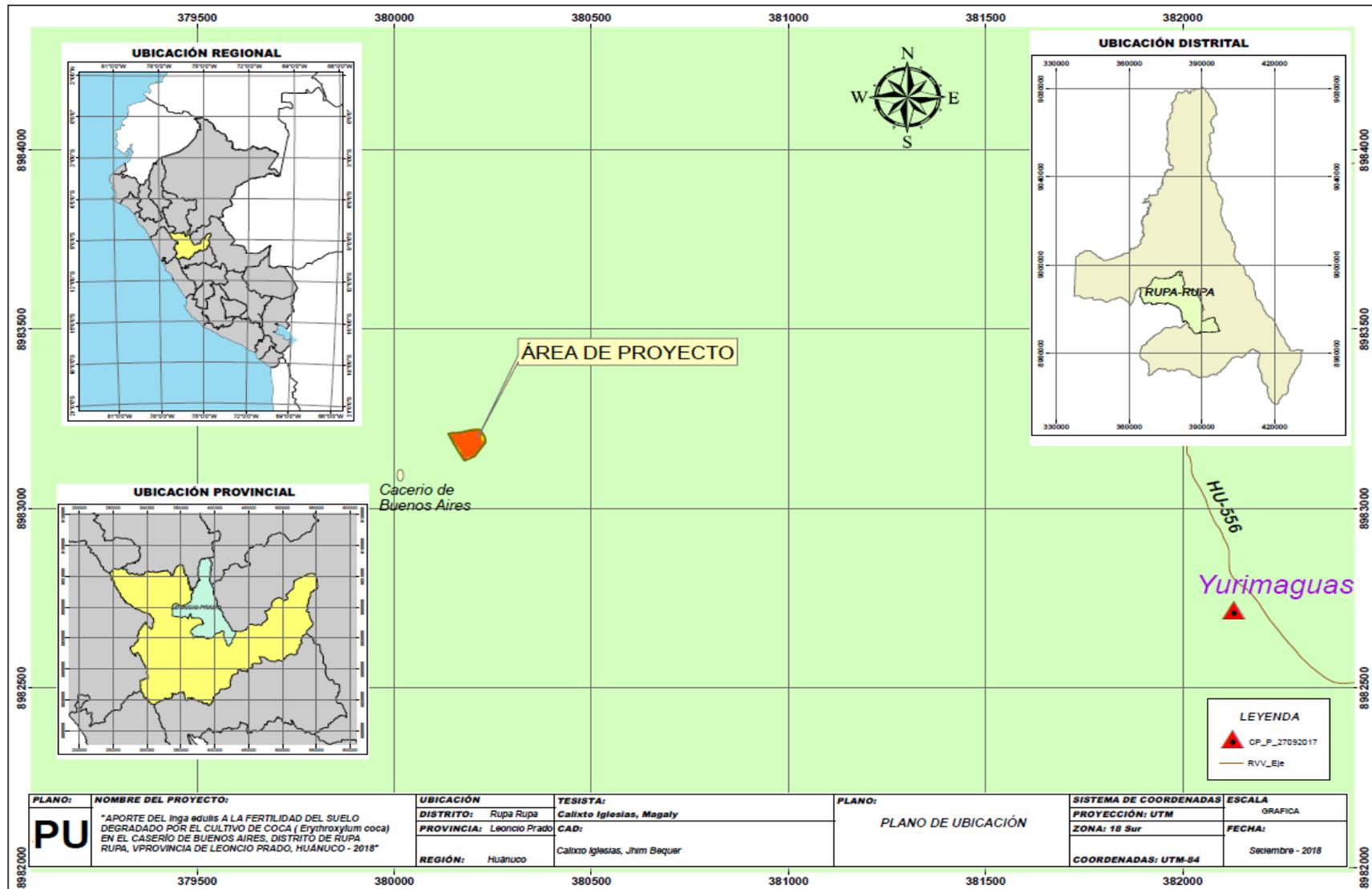
Fuente: Elaboración propia (2018)

Anexo 18. Árbol de Medios y fines

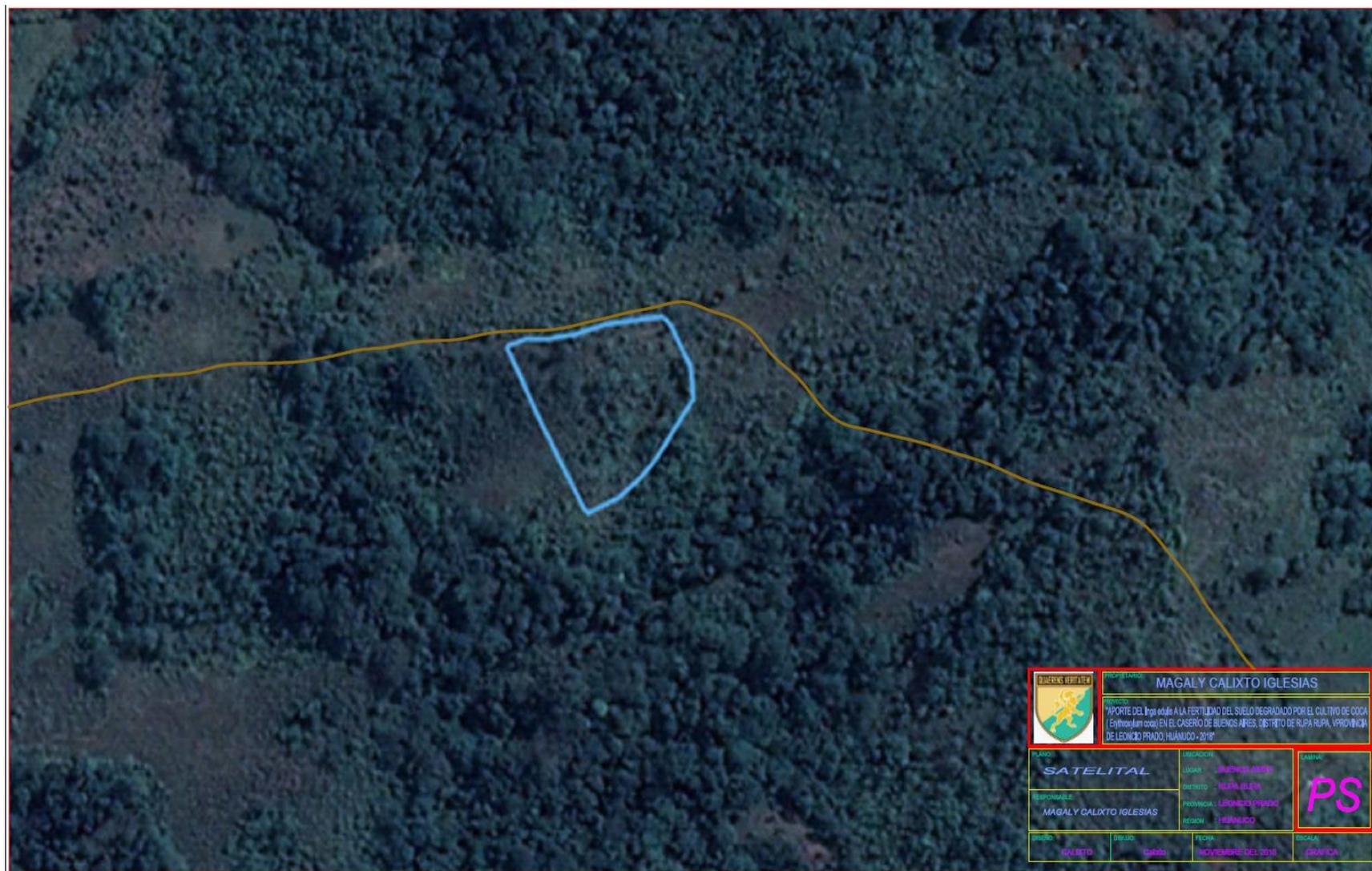


Fuente: Elaboración propia (2018)

## Anexo 19. Plano de ubicación del estudio

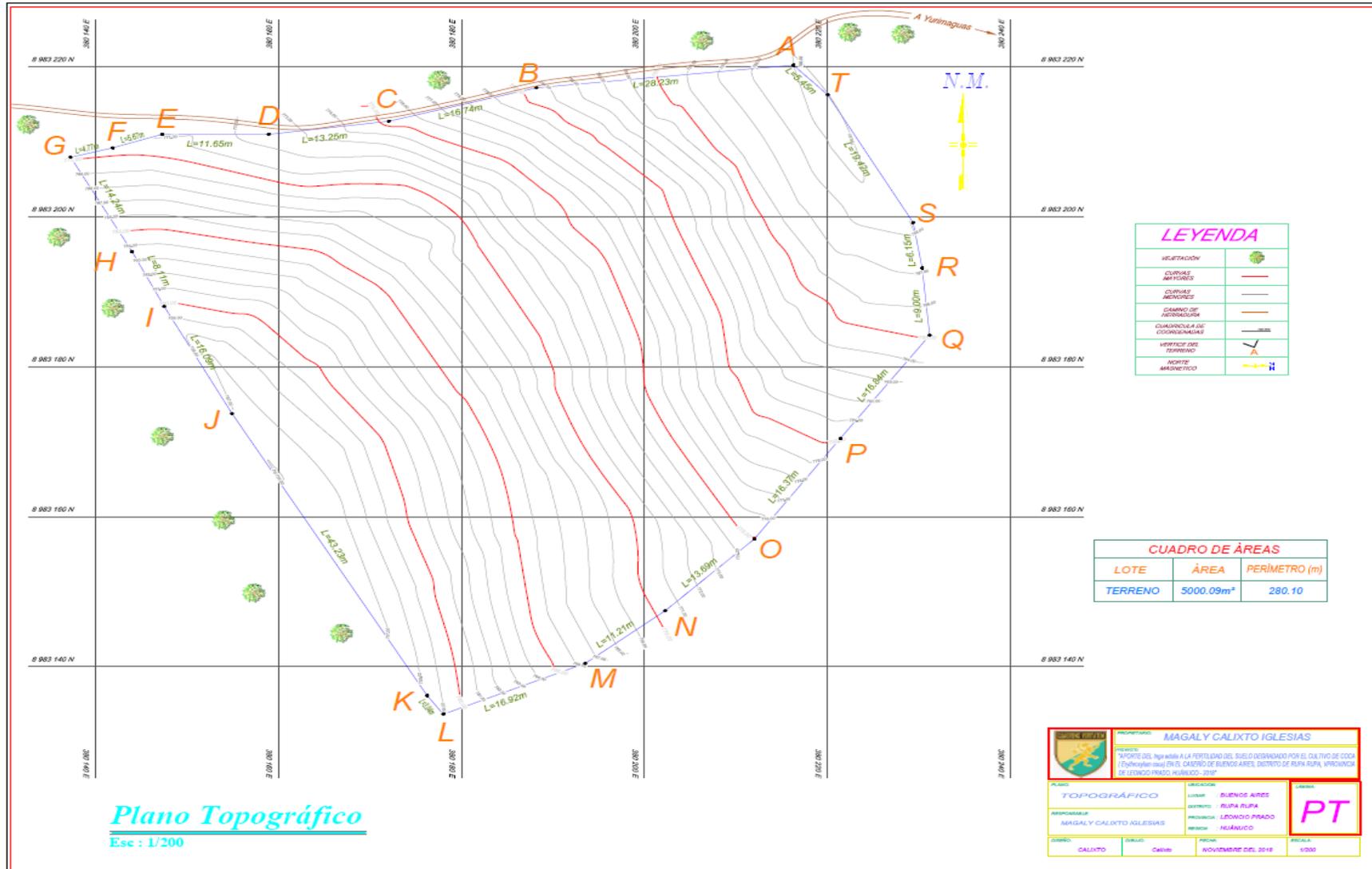


## Anexo 20. Plano satelital de la zona de estudio.

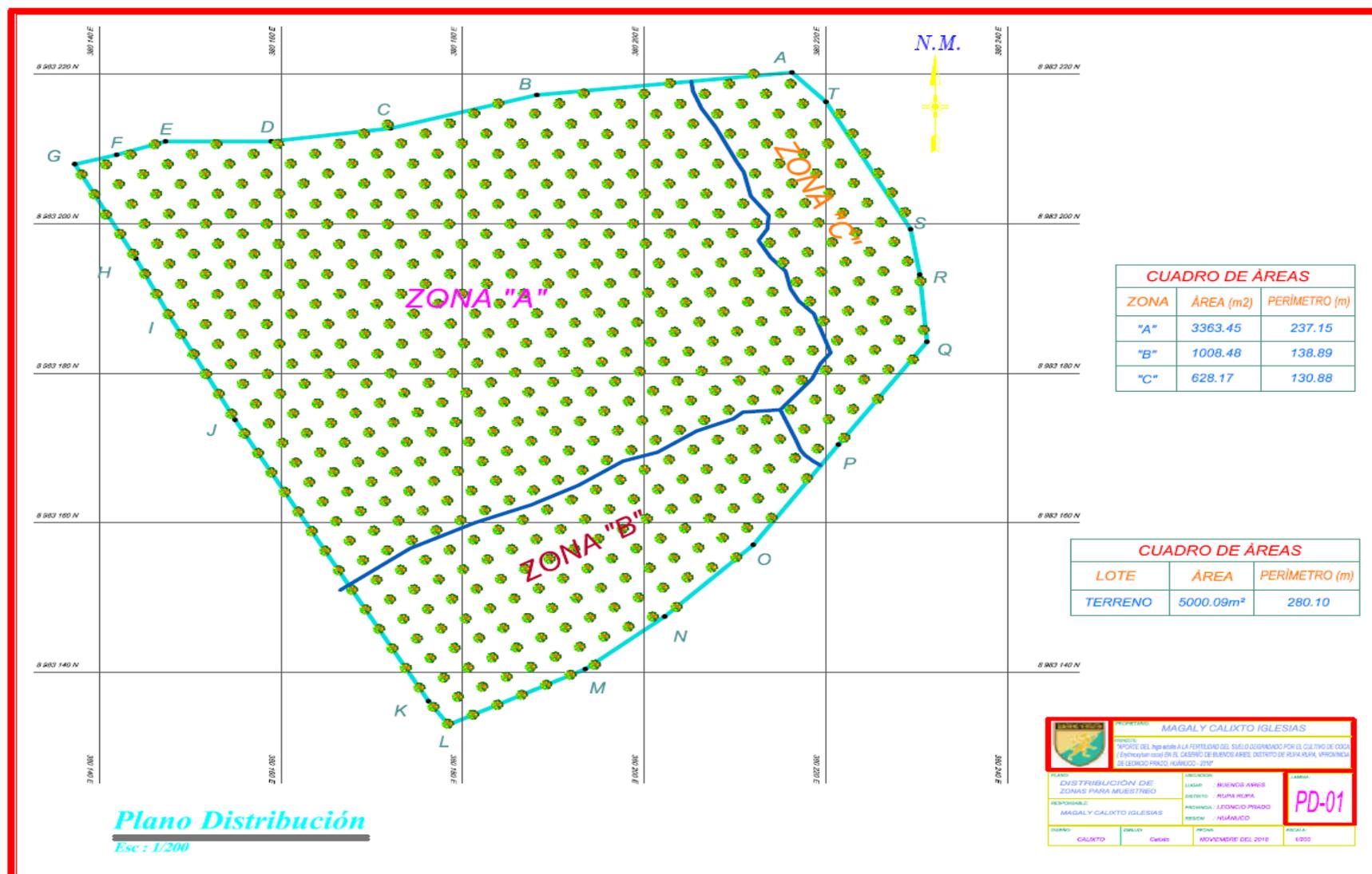




## Anexo 22. Plano topográfico del terreno



### Anexo 23. Plano de distribución de zonas para el muestreo de suelos



## Anexo 24. Plano de sobrevivencia del *Inga edulis*

