



**UNAP**



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA**  
**AMAZÓNICA**

**TESIS**

**RELACIÓN DEL CONTENIDO Cd Pb y Hg EN SUELOS AGRO**  
**FORESTALES DE NINA RUMI Y SU BIOACUMULACIÓN**  
**EN TEJIDOS DE *Inga edulis* (guaba) - LORETO 2020**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON**  
**MENCIÓN EN ECOLOGÍA AMAZÓNICA**

**PRESENTADO POR: CARLOS ADOLFO CONTRERAS LICETTI**

**ASESORES: Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, DRA.**

**BLGO. ALBERTO GARCIA RUIZ, DR.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2022**



**UNAP**



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA**  
**AMAZÓNICA**

**TESIS**

**RELACIÓN DEL CONTENIDO Cd Pb y Hg EN SUELOS AGRO**  
**FORESTALES DE NINA RUMI Y SU BIOACUMULACIÓN**  
**EN TEJIDOS DE *Inga edulis* (guaba) - LORETO 2020**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS CON**  
**MENCIÓN EN ECOLOGÍA AMAZÓNICA**

**PRESENTADO POR: CARLOS ADOLFO CONTRERAS LICETTI**

**ASESORES: Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, DRA.**

**BLGO. ALBERTO GARCIA RUIZ, DR.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2022**



**UNAP**

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Escuela de Postgrado  
"Oficina de Asuntos  
Académicos"



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**N° 044-2022-OAA-EPG-UNAP**

En Iquitos, en el Auditorio de la Escuela de Postgrado-EPG de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana-UNAP, a los veinte días del mes de julio de 2022 a las 10:00 a.m, se dió inicio a la sustentación de la tesis denominada "RELACIÓN DEL CONTENIDO Cd Pb y Hg EN SUELOS AGRO FORESTALES DE NINA RUMI Y SU BIOACUMULACIÓN EN TEJIDOS DE Inga edulis (guaba) – LORETO 2020", presentado por el egresado CARLOS ADOLFO CONTRERAS LICETTI, para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias con mención en Ecología Amazónica, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

El jurado calificador designado mediante Resolución Directoral N°0826-2022-EPG-UNAP, esta conformado por los profesionales siguientes:

Q.F. Andres Oberti Núñez Román, Dr.	Presidente
Q.F. José Daniel Torres Tejada, Dr.	Miembro
Blgo. Roberto Pezo Díaz, Dr.	Miembro

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron respondidas: satisfactoriamente

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al resultado siguiente:

La sustentación pública y la tesis han sido: aprobada con calificación buena

A continuación, el Presidente del Jurado da por concluida la sustentación, siendo las 1:00 pm del veinte de julio del 2022; con lo cual, se le declara al sustentante apto, para recibir el Grado Académico de Doctor en Ciencias con mención en Ecología Amazónica.

Q.F. Andres Oberti Núñez Román, Dr.  
Presidente

Q.F. José Daniel Torres Tejada, Dr.  
Miembro

Blgo. Roberto Pezo Díaz, Dr.  
Miembro

Q.F. Frida Enriqueta Sosa Amay, Dra.  
Asesora

Blgo. Alberto García Ruíz, Dr.  
Asesor

Somos la Universidad licenciada más importante de la Amazonia del Perú, rumbo a la acreditación

Calle Los Rosales cuadra 5 s/n, San Juan Bautista, Maynas, Perú  
Teléfono: (5165) 261101 Correo electrónico: [postgrado@unapiquitos.edu.pe](mailto:postgrado@unapiquitos.edu.pe) [www.unapiquitos.edu.pe](http://www.unapiquitos.edu.pe)



TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA EL 20 DE JULIO 2022  
EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA, EN LA CIUDAD  
DE IQUITOS-PERU.



---

**QF. ANDRES OBERTI NUÑEZ ROMAN DR.**

**PRESIDENTE**



---

**QF. JOSE DANIEL TORRES TEJADA DR.**

**MIEMBRO**



---

**BLGO. ROBERTO PEZO DIAZ DR.**

**MIEMBRO**



---

**QF. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY DRA.**

**ASESORA**



---

**BLGO. ALBERTO GARCIA RUIZ DR.**

**ASESOR**

A mi esposa Marleni Liz, y mis hijos Carlos Heber y Liz Carolina, porque juntos hemos podido superar obstáculos y dificultades.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Coordinador Dr. Roberto Pezo Díaz, por orientarme en la interpretación de los resultados, orientándome en el avance de mis estudios permitiendo obtener mi objetivo de titulación.

A mi Colega Frida Sosa por su orientación en el desarrollo de mi objetivo, permitiéndome alcanzar el logro de mis resultados.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Páginas</b>
Carátula	i
Contracarátula	ii
Acta de Sustentación	iii
Jurado	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Gráficos	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
Resumo	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	5
1.3 Definición de términos básicos	9
<b>CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS</b>	<b>11</b>
2.1 Variables y su operacionalización	11
2.2 Formulación de la hipótesis	11
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>12</b>
3.1 Tipo y diseño de la investigación.	12
3.2 Población y muestra.	13
3.3 Técnicas e instrumentos	14
3.4 Procedimiento de Recolección de datos.	16
3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.	17
3.6 Aspectos éticos	19
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>34</b>

<b>CAPÍTULO VI: PROPUESTA</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO VII; CONCLUSIONES</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>40</b>

## **ANEXOS**

1. Secuencia Procedimientos Esenciales.
2. Identificación de la Muestra
3. Mapa ubicación
4. Informe Ensayo Unidad de Servicios Análisis Químicos -Facultad Química e Ingeniería Química. - UNMSM.
5. Fotos.

## INDICE DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
Tabla 1 : Comparación porcentual de concentración de Cadmio (Cd) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	20
Tabla 2 : Distribución de concentración de Cadmio (Cd) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> en suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto	20
Tabla 3 : ANOVA de concentración de Cadmio (Cd) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	21
Tabla 4 : Comparaciones múltiples de concentración de Cadmio (Cd) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	22
Tabla 5 : Resumen Post-Hot de concentración de Cadmio (Cd) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto	23
Tabla 6 : ANOVA de concentración de Cadmio (Cd) sólo en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> de suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto	23
Tabla 7 : Resumen Post-Hot de concentración de Cadmio (Cd) sólo en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> de los suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	24
Tabla 8 : Comparación porcentual de concentración de Plomo (Pb) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	24
Tabla 9 : Distribución de concentración de Plomo (Pb) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	25
Tabla 10 : ANOVA de concentración de Plomo (Pb) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	25
Tabla 11: Comparaciones múltiples de concentración de Cadmio (Cd) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	26
Tabla 12 : Resumen Post-Hot de concentración de Plomo (Pb) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	27
Tabla 13: ANOVA de concentración de Plomo (Pb) sólo en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> de suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	28
Tabla 14: Resumen Post-Hot de concentración de Plomo (Pb) sólo en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> de los suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	29
Tabla 15: Comparación porcentual de concentración de Mercurio (Cd) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	29
Tabla 16: Distribución de concentración de Mercurio (Hg) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	30

Tabla 17: ANOVA de concentración de Mercurio (Hg) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	30
Tabla 18: Comparaciones múltiples de concentración de Mercurio (Hg) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto	30
Tabla 19: Resumen Post-Hot de concentración de Mercurio (Hg) en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	31
Tabla 20: ANOVA de concentración de Mercurio (Hg) sólo en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> de suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	31
Tabla 21: Resumen Post-Hot de concentración de Mercurio (Hg) sólo en tejidos de <i>Inga edulis (guaba)</i> de los suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto	33

## INDICE DE GRÁFICOS

	<b>Páginas</b>
Gráfico 1: Distribución de concentración de Cadmio (Cd) en tejidos de <i>Inga edulis</i> ( <i>guaba</i> ) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	21
Gráfico 2: Distribución de concentración de Plomo (Pb) en tejidos de <i>Inga edulis</i> ( <i>guaba</i> ) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	28
Gráfico 3: Distribución de concentración de Mercurio (Hg) en tejidos de <i>Inga edulis</i> ( <i>guaba</i> ) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.	32

## RESUMEN

*Inga edulis* “guaba” es una especie vegetal fabácea que crece y se desarrolla en la floresta amazónica del poblado de Nina rumi., se le cultiva por sus grandes vainas comestibles, además de ser utilizada como sombra en los cafetales a nivel de Sudamérica, sin embargo poco se conoce sobre las características del suelo y el contenido de metales que la especie concentra en sus diversas estructuras, el objetivo de este trabajo fue determinar la concentración de metales cadmio, plomo y mercurio, tanto a nivel del suelo como de sus constituyentes florales. El estudio se desarrolló mediante los procesos de secado, molienda y trituración. Se utilizaron, reactivos oficiales, equipos e instrumentos de laboratorio, donde se utilizó la Espectrofotometría de Absorción atómica el mismo que determinó finalmente la alta concentración de metales a nivel del suelo, reportando valores mínimos en los tejidos de la planta, no obstante, por los reportes estadísticos se evidencia mayor concentración de plomo a nivel de hojas y cadmio a nivel de corteza. Los valores reportan los resultados siguientes cadmio mg/kg en hoja 0.012, Fruto 0.023, corteza 0.043, los reportes para plomo son, en Hoja 0.219, en fruto 0.085, en corteza 0.143, encontrando mayor prevalencia a nivel de hoja, asimismo la concentración de mercurio muestra en hoja 0.020, en fruto 0.011 y en corteza 0.013. con variaciones muy próximas en ambas muestras. Se aprecia altas concentraciones de metales en suelo con mercurio 73%, plomo 96% y cadmio 80%.

**Palabras Clave:** *Inga edulis*, leguminosa, espectrofotometría.

## ABSTRACT

*Inga edulis* "guaba" is a fabaceous plant species that grows and develops in the Amazon forest of the town of Nina Rumi. It is cultivated for its large edible pods, in addition to being used as shade in coffee plantations in South America, without However, little is known about the characteristics of the soil and the content of metals that the species concentrates in its various structures, the objective of this work was to determine the concentration of metals Cd, Pb and Hg both at soil level and of their floral constituents. The study was developed through the processes of drying, grinding and crushing official reagents, equipment and laboratory instruments were used, where atomic absorption spectrophotometry was used, which finally determined the high concentration of metals at soil level, reporting minimum values in the plant tissues, however, due to the Statistical reports show a higher concentration of Pb at the leaf level and Cd at the bark level. The values report the following results Cd mg / kg in leaf 0.012, Fruit 0.023, bark 0.043, the reports for lead Pb are, in Leaf 0.219, in fruit 0.085, in bark 0.143, finding a higher prevalence at the leaf level, as well as the concentration of Hg shows 0.020 in leaf, 0.011 in fruit and 0.013 in bark, with very close variations in both samples. High concentrations of metals are seen in soil with Hg 73%, Pb 96% and Cd 80%.

**Keywords:** *Inga edulis*, legume, spectrophotometry.

## RESUMO

*Inga edulis* "guaba" é uma espécie de planta fabulosa que cresce e se desenvolve na floresta amazônica do município de Nina Rumi. É cultivada por suas grandes vagens comestíveis, além de ser usada como sombra nos cafezais da América do Sul, sem No entanto, pouco se sabe sobre as características do solo e o teor de metais que a espécie concentra em suas diversas estruturas, o objetivo deste trabalho foi determinar a concentração dos metais Cd, Pb e Hg tanto ao nível do solo quanto de seus constituintes florais. O estudo foi desenvolvido por meio dos processos de secagem, moagem e britagem, foram utilizados reagentes oficiais, equipamentos e instrumentos de laboratório, onde foi utilizada a espectrofotometria de absorção atômica, que finalmente determinou a alta concentração de metais ao nível do solo, reportando valores mínimos nos tecidos vegetais, porém, devido aos relatórios estatísticos mostram uma concentração maior de Pb ao nível da folha e Cd ao nível da casca. Os valores relatam os seguintes resultados Cd mg / kg na folha 0,012, Fruto 0,023, casca 0,043, os relatórios para chumbo Pb são, na Folha 0,219, no fruto 0,085, na casca 0,143, encontrando uma prevalência maior ao nível da folha, assim como a concentração de Hg mostra 0,020 na folha, 0,011 no fruto e 0,013 na casca, com variações muito próximas em ambas as amostras. Altas concentrações de metais são vistas no solo com Hg 73%, Pb 96% e Cd 80%.

**Palabras-chave:** *Inga edulis*, leguminosa, espectrofotometria

## INTRODUCCIÓN

En el Perú se conocen cerca de 1400 plantas medicinales utilizadas por el hombre rural, de las cuales 1000 son amazónicas y al menos el 80% de la población amazónica depende del uso de esas plantas. La gran diversidad de ecosistemas en la selva baja amazónica originados por procesos geológicos y clima tropical ofrece una abundante y diversa vegetación, siendo necesario gestionar su nivel de riesgo o toxicidad, siendo necesario cambiar en el ideario popular loreto, la visión de la actividad recolectora y depredadora de especies vegetales, difundiendo su actividad económica rural, a través de una gestión eficiente revalorando sus recursos etnoterapéuticos y aporte a favor de la salud integral. Para ello se requiere tener estudios de cada especie en su aporte medicinal y eficacia siendo necesario conocer su inocuidad por lo que el estudio del contenido de los metales es exigido como dispone la norma de los órganos de control de medicamentos insumos y drogas de los diferentes países.<sup>(1,2)</sup>

La diversidad de los minerales en distintas regiones de Perú, la contaminación de los ecosistemas y los ríos amazónicos, las diversas tecnologías empleadas para su cultivo y cosecha, la amplia gama de condiciones sociales son factores que al ser evaluados nos advierten los posibles riesgos de contaminación de los suelos por las actividades que desarrollan los pobladores dentro de sus comunidades y caseríos. Recientemente, se ha demostrado que las plantas son efectivas en la limpieza de suelos contaminados y tienen la capacidad de acumular metales pesados de manera natural en pequeñas y altas cantidades, ya sea como producto de sus requerimientos funcionales o como mecanismo de defensa para sobrevivir en este tipo de ambientes. A este proceso se le conoce como fitorremediación <sup>(3)</sup>

La floresta amazónica ubicada en la comunidad de Zungarococha, nos ofrece una variedad de plantas de uso etnomedicinal, vigorizante y energizante. Los pobladores de los caseríos y estudiantes de las Facultades de Farmacia, Biología y Forestales consumen las leguminosas de la especie *Inga edulis* (*guaba*), sin embargo, poco se conoce sobre su nivel de toxicidad que podría

incluir la contaminación por metales pesados dada la alta demanda de los frutos que nos ofrece esta especie vegetal <sup>(4)</sup>.

Si bien la especie *Inga edulis* (*guaba*) elegida para el estudio tiene gran demanda por sus frutos, sin embargo, la literatura refiere que los metales pesados suelen acumularse en las hojas. Por lo que, el propósito de la presente investigación fue determinar la relación existente entre el contenido de metales cadmio, plomo y mercurio, en suelos agroforestales y su bioacumulación en tejidos de *Inga edulis* (*guaba*) <sup>(5)</sup>.

El estudio es de tipo descriptivo cuasi experimental, donde se busca relacionar las concentraciones de los metales pesados cadmio, plomo y mercurio en el suelo, con el contenido de los mismos en diferentes órganos (corteza, hojas y frutos) de la especie *Inga edulis*. (*guaba*) <sup>(6)</sup>.

Las muestras de suelo, corteza y frutos de *Inga edulis* fueron tratadas con agua destilada, secadas con papel absorbente, luego ser dispuestas en una estufa a 110°C, al dejar enfriar la muestra, se procedió a la molienda y pulverización en un molino eléctrico, procedimiento realizado en la Planta Piloto de la Facultad de Farmacia y Bioquímica (UNAP), con el objetivo de reducir el grado de humedad y no sean afectadas por hongos, mencionar además que los equipos e instrumentos fueron calibrados con anterioridad <sup>(7.8)</sup>

Las muestras vegetales de *Inga edulis* (corteza, hoja y fruto) pretratadas y con un peso promedio de 10 grs, fueron envasadas en frascos de plástico estériles, debidamente rotuladas y diferenciadas, fueron enviadas a la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para el análisis del contenido de metales pesados en mg/kg o ppm en las muestras antes mencionada con el Método EPA Method 200. 7, -Rev.4.4. EMMC Version<sup>(9)</sup>

Las muestras suelo de las áreas de estudio, envasadas en frascos de plástico estériles, con un peso promedio de 10 grs, para el análisis respectivo de metales pesados en mg/kg o ppm en las muestras antes mencionada con el Método EPA Method 200. 7, Rev.4.4. EMMC Versión.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

Calixto I.M. (2018) en su estudio “Aporte de *Inga edulis* a la fertilidad del suelo, degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) en el caserío de Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa. Provincia Leoncio Prado. Huánuco”, a través de un estudio experimental, descriptivo, tuvo por objetivo determinar el aporte de *Inga edulis* a la fertilidad del suelo, degradado por el cultivo de coca.

El estudio experimental demostró que 556 plantones de *inga edulis* aportan a la fertilidad del terreno, evidenciándose el crecimiento de materia orgánica con presencia de potasio, bases totales, reducción de la saturación del Al y pH constante, aumentando el diámetro y la altura de los plantones, demostrando cumplir el objetivo propuesto que la especie *inga edulis* aporta a la fertilidad (10).

El año 2018, Diaz Zamora N, a través de una investigación descriptiva, diseño experimental y comparativo, titulada “Contaminación en suelo y flora por metales pesados en la zona de Ralaveras de la ex Mina-Paredones” incluyó como población de estudio zonas de desmonte y ralaveras, que generan altas concentraciones de metales pesados por drenajes ácidos. Su objetivo, buscó determinar la relación entre la concentración de metales pesados en el suelo y a nivel de plantas, evaluando si este porcentaje excedía el estándar de calidad ambiental para uso comercial, industrial y extractivo.

Las conclusiones del estudio determinó que de las especies *Phragonita australis* (carrizo), *Trixis cacaloides* (herbazal) *Acaricia macracanta* (espina) y *Bursera graveolus* (palo santo), concluyó que el metal con mayor presencia es Mg y la especie que más retuvo metales es *Trixis cacaloides* (herbazal).

El metal con mayor presencia en ese tipo de suelo es el hierro, concluyendo que a mayor contaminación de suelos hay aumento de concentración a nivel de plantas. El estudio permitió el tratamiento de drenajes mineros (11,12).

El año 2018, Rubén M. través de una investigación descriptiva, con diseño experimental y comparativo, en su trabajo “Fitorremediación con Maiz (*Zea mays* L). y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación de metales pesados “. El trabajo concluyó que la mencionada especie vegetal permite fijar a través de su raíz, los metales pesados presentes en suelo

agrícola, determinando que la planta *Zea mays L. (maíz)* tiene capacidad fitorremediadora estabilizante<sup>(13)</sup> .

Bernabé García, Y (2018) en su trabajo “Fitorremediación por densidad poblacional de *Urtica urens (ortiga)*, en suelos contaminados por metales pesados”- caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco, desarrolló una investigación descriptiva, con diseño experimental que consiste en evaluar la capacidad fitorremediadora de la *Urtica urens (ortiga)*

La investigación al extraer suelo de 10 puntos de muestreo, agregando estiércol de cuy para proceder al sembrío de las plantas, observó el crecimiento y post análisis, concluyendo que la muestra donde se incorporó mayor cantidad de estiércol obtuvo hasta un 40% de adsorción de los metales pesados del suelo, además que el estiércol de cuy fortalece el crecimiento de la especie ayudando así a la fitorremediación<sup>(14)</sup> .

Sosa, F (2018), en su trabajo “Metales pesados en hojas de *Myrciria dubia kunt (camu-camu)* y *Cajanus cajan (puspo poroto)*- Loreto, con un enfoque cualitativo, descriptivo y experimental, buscó determinar la presencia o ausencia de metales en las hojas de estas especies.

Determinó que las concentraciones de plomo en hojas secas tanto de *Myrciaria dubia* (Kunth) Mc. Vaugh, como de *Cajanus cajan* (L) Huth; se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles para productos herbales según la OMS. Determinó que las concentraciones de cadmio en hojas secas de *Myrciaria dubia* (Kunth) Mc. Vaugh, se encontraban por debajo de los límites detectables para dicho metal; de igual manera en hojas secas de *Cajanus cajan* (L) Huth encontró concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles para productos herbales según la OMS<sup>(15)</sup>.

Sosa, F (2017), en su estudio “Evaluación de Metales Pesados en recursos terapéuticos de la Ciudad de Iquitos “, con un enfoque descriptivo, experimental y comparativo, determinó que el contenido de cenizas de las doce (12) cortezas analizadas, se dispersan desde un rango de 0.03% para *Campsiandra angustifolia (Huacapurana)* hasta un máximo de 2.41% en el caso de *Abuta refescens (abuta)* con respecto a su promedio. La especie *Swartzia polyphylla (cumaceba)* presentó el menor contenido de cenizas, mientras que *Brosiun potabile (tamamuri)* presentó el mayor contenido de cenizas.

Se encontró arsénico en las doce muestras analizadas por encima de los límites permisibles, encontrándose además cadmio en cinco muestras analizadas: *Thynantus paneurensis* (clavo huasca) *Campsiandra angustifolia* (huacapurana), *Abuta rufescens* (abufa), *Anomospermum sp.* (Achuni sanango) y *Hymneae oblongifolia* (azúcar huayo) , concluyendo que las bebidas preparadas con estas cortezas, constituyen un riesgo para los lugareños<sup>(16)</sup>

## 1.2 Bases teóricas

El desarrollo de actividades industriales, ha contribuido cada vez más a la generación de residuos con elementos potencialmente tóxicos que en concentraciones altas pueden tener efectos nocivos a la salud de la población y afectaciones al equilibrio ecológico y el ambiente. Uno de los problemas más señalados por la sociedad a nivel mundial que ocupa un lugar prominente, es la progresiva degradación de los recursos naturales causada por la gran diversidad de contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos, tanto en la atmósfera, agua, suelo y subsuelo, procedentes de diversas actividades naturales y antropogénicas generando deterioro en el ambiente <sup>(13)</sup>.

Actualmente existen estudios tendientes a resolver la contaminación originada por metales pesados en suelos, mediante estrategias basadas en el uso de plantas que tienen la propiedad de acumular metales pesados; proceso denominado “fitorremediación” que consiste en la remoción, transferencia, estabilización y/o degradación y neutralización de compuestos orgánicos, inorgánicos y radioactivos que resultan tóxicos en suelos y agua.

El crecimiento de las plantas, puede estar limitado no solamente por los nutrientes que requiere en grandes cantidades como dióxido de carbono y agua, sino por algunos compuestos como el zinc, que se necesitan en cantidades diminutas y son escasas en la superficie del suelo, por tanto, el crecimiento de una planta, depende de nutrientes así estos sean requeridos en concentraciones mínimas, el mismo que es limitante para su producción y desarrollo.

Esta novedosa tecnología tiene como objetivo degradar y/o asimilar, los metales pesados, presentes en el suelo, lo cual tiene muchas ventajas con respecto a los métodos convencionales de tratamientos de lugares contaminados; en primer lugar, es una tecnología económica, de bajo costo, en segundo lugar, posee un impacto regenerativo en lugares en donde se aplica y en tercer lugar su capacidad extractiva se mantiene debido al crecimiento vegetal <sup>(14)</sup>.

La fitorremediación no es un remedio para todos los suelos contaminados, antes que esta tecnología pueda volverse técnicamente eficiente y económicamente viable, hay algunas limitaciones que necesitan ser superadas como, por ejemplo, sus mecanismos tanto moleculares, bioquímicos y fisiológicos los cuales son pocos conocidos insuficientemente entendidos, sin embargo, a pesar de esto un gran número de plantas hiperacumuladoras todavía pueden descubrirse e identificarse <sup>(15)</sup>.

### **Metales Pesados en el Ambiente**

El cadmio; es un metal pesado no esencial y poco abundante en la corteza terrestre, es altamente toxico, con alta movilidad y poder bioacumulativo , como consecuencia de la actividad industrial. La contaminación por cadmio, resulta altamente tóxico para el ser humano. Una fuente de contaminación por cadmio en humanos es la ingesta de plantas contaminadas por el metal. Por este motivo, es importante conocer cuáles son los mecanismos de toxicidad del metal en la planta, así como los mecanismos de defensa de la misma, considerándose que lo hacen a través de dos mecanismos, evitando o regulando el ingreso y transporte del mismo y otros a través de la detoxificación, mediante quelación en órganos intracelulares <sup>(19)</sup>.

El mercurio; metal pesado, genera uno de los mayores problemas ambientales actuales debido a su alta toxicidad y capacidad para bioacumularse y biomagnificarse, por lo que altera el equilibrio ecológico y genera graves problemas de salud pública. Este contaminante está relacionado con daños severos al sistema nervioso central, teratogénesis, así como con afecciones del hígado y los riñones <sup>(20)</sup>

El plomo; altamente reactivo resulta potencialmente tóxico para las células vivas de plantas, afectándolos en la captación de clorofila y del potencial hídrico de las hojas o la falta de dióxido de carbono en los cloroplastos que permiten el proceso de la fotosíntesis.

El plomo disperso en el medio ambiente tiene la capacidad de bioacumularse en animales y plantas, su presencia a nivel de suelos es por agua contaminada, residuos sólidos y depósitos de partículas del aire <sup>(21)</sup>.

Suelos; La característica de los suelos en la zona de estudio, se caracteriza por sedimentos de arena fina y arcilla. No se observa afloramientos rocosos, ni sedimentos del tipo de agregados gruesos. En la secuencia estratigráfica de la región se reconoce que los estratos se adelgazan y aumentan de potencia y los entrecruzamientos son frecuentes. Estas manifestaciones en los estratos muestran oscilaciones de un ambiente continental inestable, donde las oscilaciones han sido variables y el relieve deposicional algo irregular.

Debido a la fuerte precipitación pluvial en Iquitos y a que el nivel freático no se encuentra en la mayoría de los casos muy profundo, las arenas arcillosas y las arcillas superficiales se encuentran saturadas <sup>(22)</sup>.

En el suelo, los metales pesados están presentes como iones libres, compuestos metálicos solubles, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos. Su acción directa sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos -SH (sulfhidrilos) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos. La contaminación en suelos por metales pesados ocurre cuando estos son irrigados con aguas procedentes de desechos de minas, aguas residuales contaminadas de parques industriales y municipales y filtraciones de presas de jales <sup>(23)</sup>.

*Inga edulis (guaba)*; conocido como guama o guaba, es una fruta procedente de Sudamérica. Se encuentra en la tribu mimosoide de la familia de las leguminosas fabácea. Es ampliamente cultivado, especialmente por los amazónicos indígenas, para sombra, comida, madera, medicina y producción de la bebida alcohólica cachiri. El nombre inga se deriva de su nombre con el

pueblo tupí de América del Sur. Su nombre "frijol helado" se origina en el sabor dulce y la textura suave de la pulpa.

Las frutas son vainas leguminosas indehiscentes cilíndricas, longitudinalmente acanaladas, que pueden ser rectas, curvas o a menudo retorcidas en espiral. Son colgantes y miden hasta 1 m de largo y son de color marrón amarillento a verde. La cantidad de semillas ovoides puede variar de 10 a 20, que son de color negro violáceo a oliva. Esta planta crece mejor cuando la temperatura media anual durante el día varía de 23 a 30 °C. Sin embargo, puede tolerar entre 18 y 35 °C. Durante el período de descanso, los árboles maduros pueden sobrevivir a -2 °C, mientras que las plantas jóvenes se matan a 0 °C. La precipitación anual preferida varía de 1200 a 2500 mm, pero también se pueden tolerar 640 a 4000 mm de precipitación anual <sup>(24)</sup>.

**Los factores que influyen en la movilización de metales pesados en el suelo son:**

Características del suelo: pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de cambio, presencia de carbonatos, materia orgánica, textura; naturaleza de la contaminación: origen de los metales y forma de deposición y condiciones medioambientales: acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad <sup>(25)</sup>.

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: quedan retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo, ocupando sitios de intercambio o específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo, asociados con la materia orgánica del suelo y/o precipitados como sólidos puros o mixtos; pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pasan a la atmósfera por volatilización y se movilizan a las aguas superficiales o subterráneas <sup>(26)</sup>.

Para elucidar el comportamiento de los metales pesados en los suelos y prevenir riesgos tóxicos potenciales se requiere la evaluación de la disponibilidad y movilidad de los mismos.

La toxicidad de los metales depende no sólo de su concentración, sino también de su movilidad y reactividad con otros componentes del ecosistema

### 1.3 Definición de términos básicos.

- a) **Absorción.** - Es la acción de atraer, es un término que se vincula a absorber, es la atracción desarrollada por un sólido sobre un líquido con la intención que las moléculas logren penetrar en su interior, es la capacidad de un tejido o de una célula para recibir una materia que procede del exterior.
- b) **Adsorción.**- Es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas de gases, líquidos o sólidos disueltos son atrapados o retenidos en una superficie, en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen. Es decir, la adsorción es un proceso en el cual, por ejemplo, un contaminante soluble (**adsorbato**) es eliminado del agua mediante el contacto con una superficie sólida (**adsorbente**). El proceso inverso a la adsorción se conoce como [desorción](#).
- c) **Analito.** - Es un componente (elemento, compuesto o ion) de interés analítico de una muestra que se separa de la cromatografía. Es una especie química cuya presencia se desea conocer identificar y cuantificar mediante un proceso de medición química.
- d) **Biomasa.** - *Es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente. Las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica.*
- e) **Ecosistema.** - Son aquellos distintos hábitats terrestres alrededor de la tierra en el que los seres vivos, animales y plantas viven en el suelo y el subsuelo. La flora y fauna se desarrolla en el propio suelo.
- f) **Especie.** - Una especie se refiere a un grupo de organismos capaces de producir descendencia fértil, constituyendo grupo de organismos reproductivamente homogéneos, alcanzando una diferenciación suficiente como para convertirse en una nueva especie.

- g) Fitorremediación.-** Es la técnica que utilizan las plantas para reducir, degradar o inmovilizar [compuestos orgánicos](#) contaminantes (naturales o sintéticos), de [la tierra](#), del [agua](#) o del aire y que provienen de las actividades humanas. Esta técnica también puede tratar la contaminación por [compuestos inorgánicos](#) ([metales pesados](#) o [radioisótopos](#)).
- h) Metales Pesados.** - Son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta, tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo .
- i) Recurso Forestal.** - Son recursos forestales los bosques naturales, plantaciones forestales y las tierras cuya capacidad de uso mayor sea de producción y protección forestal y los demás componentes silvestres de la flora terrestre y acuática emergente, cualquiera sea su ubicación en el territorio nacional.
- j) Remediación.** - Es el conjunto de actividades a ser implementadas, a fin de cumplir con los criterios ambientales específicos y alcanzar los objetivos sociales deseados después de la etapa de identificación y aprobación del plan de cierre de pasivos ambientales mineros.
- k) Transecto.** - Técnica de observación y registro de datos, donde existe una transición clara o supuesta- de la flora, fauna o de parámetros ambientales.

## CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

### 2.1 Variables y su operacionalización.

#### **Variable independiente**

Considerando el nivel de contaminación que podrían estar presentes en estos suelos agroforestales, la variable independiente se define como;

-Contenido de metales cadmio, plomo y mercurio, en los suelos agroforestales de Nina rumi.

#### **Variable dependiente**

Evaluando la posibilidad que los metales puedan ser absorbidos en distintas estructuras de la especie vegetal, la variable dependiente se establece como.;

Concentración de metales cadmio, plomo y mercurio, en tejido vegetal de la especie *Inga edulis* (*guaba*).

### 2.2 Formulación de la hipótesis

Existe relación directa entre el contenido de metales cadmio, plomo y mercurio, en los suelos agroforestales de Nina rumi y su concentración en tejidos de *Inga edulis* (*guaba*) Loreto 2020.

## CAPITULO III: METODOLOGÍA

### 3.1 Tipo y diseño de la Investigación.

El estudio es de tipo descriptivo, correlacional, cuasi experimental, proyectiva donde se buscará relacionar las concentraciones de los metales pesados Cadmio, Plomo y Mercurio en el suelo, con el contenido de los mismos en diferentes órganos (corteza, hojas y frutos) de la especie *Inga edulis*. (*guaba*)

El presente trabajo de investigación se realizó en el caserío Nina rumi, ubicado cerca del poblado de Puerto Almendras, distrito San Juan, provincia Maynas, en el departamento de Loreto, margen derecho del eje carretero Iquitos-Nauta, Km 5, con una altura 220 m.s.n.m. (Grafico04), cuyas coordenadas UTM corresponden a X= 680255, y= 9576363.

#### **Diseño muestral**

El poblado de Nina Rumi pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad de San Juan Bautista, ubicados en el kilómetro 3,5 de la carretera Iquitos-Nauta, Provincia de Maynas, departamento de Loreto. Este poblado se encuentra en la margen derecha de la cuenca baja del río Nanay, el cual tiene una extensión de 1 721 343 ha <sup>(26)</sup>.

En el río Nanay el nivel más alto de agua se encuentra en mayo, época de creciente, que comprende los meses de marzo, abril y mayo; y el nivel más bajo se presenta en septiembre que es época de vaciante y comprende los meses de agosto, septiembre y octubre. Es en época de vaciante que a lo largo del río se observan varios bancos de arena blanca que se conocen como playas de río <sup>(27)</sup>.

## 3.2 Población y muestra.

### Diseño muestral

El poblado de Nina Rumi pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad de San Juan Bautista, ubicados en el kilómetro 3,5 de la carretera Iquitos-Nauta, Provincia de Maynas, departamento de Loreto. Este poblado se encuentra en la margen derecha de la cuenca baja del río Nanay, el cual tiene una extensión de 1 721 343 ha <sup>(26)</sup>.

La zona de los poblados se constituye en su mayoría por terrazas medianas y bajas en los cuales predominan los suelos arcillosos y con bandos de arena blanca; por la tipología del suelo es un territorio de zonas inundables o como se conocen popularmente en la selva “tahuampas” que en tiempos de creciente se inundan y son muy comunes en la selva baja, formando cuerpos pequeños de agua de color oscuro; son aguas ácidas debido al alto contenido de sustancias húmicas derivadas de la descomposición de la materia orgánica (Instituto Nacional de la Amazonía Peruana, 2009 )<sup>(28)</sup>.

Para conocer el desarrollo y la evaluación de la plantación de *Inga edulis* , se determinó evaluar el área de estudio, recolectando los datos de campo en el formato de inventario, para cada individuo de *Inga edulis* , como son: la vigorosidad de la planta y la ramificación existente; que indica la madurez de una planta en desarrollo; también se consideró evaluar el estado fitosanitario de la especie en estudio para determinar el nivel de sobrevivencia dentro del área de estudio, los individuos sanos que son los que se encuentra sin plagas con o sin frutos y los individuos muertos y secos<sup>(29)</sup>.

El estudio a nivel del suelo, se realizó con dos repeticiones las mismas que fueron obtenidas a una profundidad aproximada de 30 cm, sobre la superficie de los árboles maduros, provistos de frutos, tomado aproximadamente 500 g siendo depositado en envase de plástico estéril. No existe una regla general para el muestreo de suelos puesto que cada sitio requiere de un muestreo particular, por tanto, es importante una ubicación óptima de los puntos de muestreo. No obstante, se considera adecuada tomar las muestras a esta profundidad por cuanto se obtienen resultados estadísticamente significativos a esta profundidad de remoción<sup>(30)</sup>.

Las muestras de hojas de *Inga edulis* (Grafico 2), fueron colectadas de la parte media de la planta, considerando como criterio las normas del laboratorio las hojas sanas, sin manchas de hongos u otro, para depositarlo en las bolsas de papel, con su debido etiquetado de cada muestra en las dos zonas del área de estudio.

Las muestras de frutos de *Inga edulis* (Grafico 1-2), se colectaron entre 3 a 5 frutos maduros por individuo, se tomaron en cuenta las recomendaciones dadas por el laboratorio para la correcta colecta de los frutos sanos, sin daño alguno, para posteriormente depositarlos en el saco con su debido etiquetado en la cinta de agua que además servía para amarrar los frutos colectados<sup>(31)</sup>.

Las muestras de corteza de *Inga edulis*, con buen espesor radicular, para depositarlos en los frascos estériles con el debido rotulado, por duplicado.

### **3.3 Técnicas e Instrumentos.**

En relación a la especie vegetal predominó evaluar el estado fitosanitario para determinar su desarrollo, la ramificación existente y la producción de frutos.

El estudio realizado, corresponde a los suelos donde crece y desarrolla *Inga edulis* (*guaba*), cerca del poblado de Puerto Almendras, próxima a la Facultad de Farmacia y Bioquímica. UNAP.

Luego del realizar la inspección ocular del área de estudio, para la identificación y selección de los individuos de guaba al azar y con el apoyo de los materiales de campo como una tijera de herbario, pala cuchara pequeña, wincha de mano, cinta de agua, saco y otros, se obtuvo las muestras para los análisis de metales pesados.

Esto es tomando en consideración la probabilidad de contaminación dentro del área de estudio y la comparación estadística entre las zonas con las muestras de suelo y material vegetal (raíz, hoja, y fruto), no existen reglas generales para realizar un muestreo de suelos, puesto que cada sitio requiere de un muestreo en particular. Por esto es importante realizar un esquema de muestreo para cada sitio, el cual consiste en la ubicación óptima de los puntos de muestreo y debe de ser lo suficiente flexible para permitir ajuste~ durante las actividades en campo.

Tamaño de la población de estudio

La población está constituida aproximadamente por Cinco (05) árboles de la especie *Inga edulis* (guaba) que crece en las inmediaciones del poblado de Nina Rumi, algunos próximos a la Facultad de Farmacia y otros en la ribera del río, con una distancia aproximadamente de tres metros.

La muestra está constituida por dos (02) árboles georreferenciados de la especie en estudio, ubicados en el caserío de Nina Rumi de los cuales se tomó aproximadamente 2 kg por órgano del árbol muestreado. El muestreo se hizo convenientemente ingresando al bosque por los transectos que usan los lugareños.

El criterio que se utilizó para la colecta de muestras de suelo fue del área o superficie donde crecen estos árboles, asimismo el material vegetal de la especie antes señalada, fue considerando la estratificación ubicada cerca de la carretera, próxima a los terrenos de la Facultad de Farmacia, asimismo los que están ubicadas en la periferia próxima al río Nanay, tomándose aproximadamente 500 g de muestra de suelo depositado en envases de plástico estériles.

### **Criterios de inclusión**

En relación a la especie vegetal, consideramos:

- Las muestras de corteza de *Inga edulis* (*guaba*) con buen espesor radicular, para depositarlos en los frascos estériles con el debido rotulado, por duplicado.
- Las muestras de raíz de *Inga edulis* (*guaba*), se colectaron en las raicillas con un diámetro de 10 mm, luego de ser tratadas y pulverizadas fueron depositados en frascos estériles.
- Las muestras de hojas de *Inga edulis* (*guaba*) , que no presenten necrosis ni manchas de hongos en las hojas, para depositarlos en los frascos estériles con el debido rotulado, por duplicado.
- En relación a muestra de suelo, se colectaron a partir de una profundidad de 30 cm del suelo, ubicado debajo de las ramas y hojas de la especie, entre 250 g a 500 g por muestra de suelo, envasadas en frascos estériles de plástico para su posterior envío.
- Especies vegetales en buen estado, en estadio adulto y georreferenciadas.

### **Criterios de exclusión**

En relación a la especie vegetal;

- Aquellas especies que no sean de la zona.
- Aquellas especies en mal estado, con microorganismos en estadio de crecimiento y no georreferenciadas.
- Que se encuentren marchitas o secas.

En relación al suelo:

- Aquellas que no correspondan a la superficie donde crece la especie.
- Aquellas que no sean tomadas a una profundidad de 30 cms de la superficie donde crece la especie.

### **3.4 Procedimiento de Recolección de datos**

Las muestras de hojas de *Inga edulis* (Grafico 2), fueron colectadas de la parte media de la planta, considerando como criterio las normas del laboratorio las hojas sanas, sin manchas de hongos u otro, para

depositarlo en las bolsas de papel, con su debido etiquetado de cada muestra.

Las muestras de frutos de *Inga edulis* (Grafico 1-2), se colectaron entre 3 a 5 frutos maduros por individuo para las tres zonas del área de estudio, se tomaron en cuenta las recomendaciones dadas por el laboratorio para la correcta colecta de los frutos sanos, sin daño alguno, para posteriormente depositarlos en el saco con su debido etiquetado en la cinta de agua que además servía para amarrar los frutos colectados.

Las muestras de suelos, se colectaron a partir de una profundidad de 20 a 30 cm del suelo ubicado debajo de las ramas y hojas de cada individuo de guaba entre 250 g a 500 g por muestra de suelo para cada individuo; se tomaron en cuenta todas las recomendaciones para la correcta adecuada, posteriormente se depositó las muestras de suelo en frascos de plástico estériles, con su debido etiquetado.

Del área delimitada se proceden a realizar las debidas calicatas, con una profundidad de 30 cms en el suelo, para obtener las muestras necesarias para dicha investigación.

De los puntos de muestreo, se retiró la maleza obteniéndose la submuestra representativa.

El análisis de la muestra se procesó en la Planta Piloto de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP).

### **3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de los Datos.**

Se procede a rotular debidamente los envases de plástico estériles indicando lugar y fecha para el análisis de la concentración de metales, se guardaron en frascos de plástico estériles debidamente etiquetados y por duplicado.

Las muestras vegetales de *Inga edulis* (corteza, hoja y fruto) debidamente pulverizadas, fueron envasadas individualmente por duplicado y en

promedio de 10grs, en envases estériles de plástico, debidamente rotuladas para luego ser enviadas a la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para el análisis de contenido de metales pesados en mg/kg o ppm en las muestras antes mencionada.

Las muestras tomadas del suelo, donde crece la especie, fueron tomadas a 30 cms de profundidad de la superficie y en un promedio de 500 grs recolectadas en envases estériles de plástico para ser enviadas a la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para el análisis de contenido de metales pesados en mg/kg o ppm en las muestras antes mencionada.

#### **Preparación de la muestra para determinación de metales.**

Una vez eliminada la materia orgánica por incineración seca, el residuo se disuelve en ácido diluido. La solución se pulveriza en la llama de un aparato de absorción atómica y se mide la absorción o emisión del metal objeto de análisis a una longitud de onda específica.

- a. Se trató las cenizas con 5 – 10 ml de ácido clorhídrico 6 N hasta mojarlas totalmente y a continuación desecar cuidadosamente sobre placa caliente a temperatura moderada.
- b. Añadir 15 ml de ácido clorhídrico 3 N y calentar el crisol sobre la placa caliente hasta que la solución comience justamente a hervir.
- c. Enfriar y filtrar a través de papel de filtro hacia un matraz volumétrico reteniendo en el crisol la mayor cantidad posible de sólidos.
- d. Añadir 10 ml de ácido clorhídrico 3 N al crisol y calentar hasta que la solución comience justamente a hervir.
- e. Enfriar y filtrar hacia el matraz volumétrico.
- f. Lavar el crisol al menos tres veces con agua y filtrar los lavados hacia el matraz.
- g. Lavar perfectamente el papel de filtro y recoger los lavados en el matraz. 40 h. Si se va a determinar cromo añadir 1 ml de solución de peróxido de hidrógeno por 100 ml de solución.

- i. Enfriar y diluir el contenido del matraz hasta la señal de enrase con agua.
- j. Preparar un blanco tomando las mismas cantidades de los reactivos indicados en las instrucciones.

### **Calibración del aparato y medida de las muestras.**

Una vez que las muestras están listas para la lectura, se procederá a la calibración del equipo, se colocaran las lámparas de cátodo hueco de los elementos a determinar y se fijará juntamente con el software del equipo. Luego se procederá a la alineación del quemador con la señal que emite la lámpara, seguidamente se leyó una concentración de un elemento para comparar la absorbancia que emite y poder determinar que el equipo trabaja correctamente, una vez alineado el quemador y optimizado la lámpara, se creó el método y la secuencia de trabajo según los elementos a leer.

Para las lecturas de las muestras, se calibrará el equipo con el blanco, que para el presente caso será la solución de HCl 0,3N. Luego se leerán las diferentes concentraciones para cada estándar y se determinará la curva de calibración del elemento a determinar (la curva es diferente para cada elemento). Seguidamente se leerán las muestras; las lecturas de las absorbancias en nm, por intercepción en la curva patrón del elemento permitirán determinar la concentración presente en cada muestra.

### **3.6 Aspectos éticos.**

La investigación por sus fines científicos no atenta contra la vida de los individuos (arboles /arbustos) de las especies en estudio. Ya que solo se recogerán muestras de raíz, corteza o tallos y hojas de cada especie, en ningún momento se atenta contra individuo alguno.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

**Tabla 1: Comparación de concentración de cadmio (Cd) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

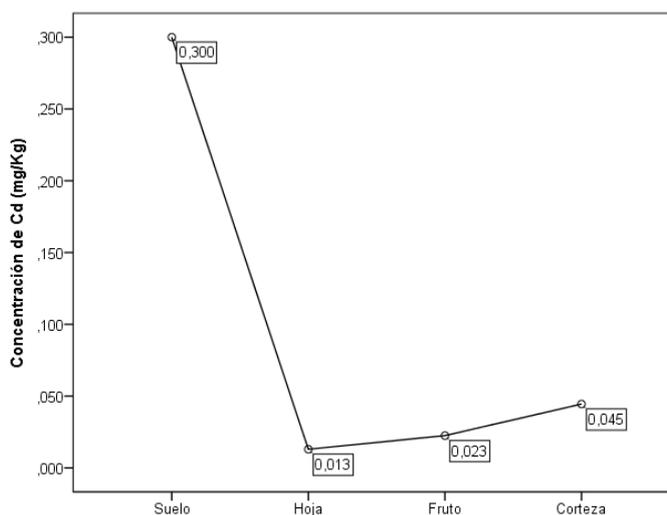
Suelo/Tejido	Muestra A (mg/Kg)	Muestra B (mg/Kg)
Suelo	0,320	0,280
Hoja	0,012	0,014
Fruto	0,023	0,022
Corteza	0,043	0,046

Según la Tabla N° 1, la concentración de cadmio es alta en este tipo de suelo, encontrándose el cadmio en mayor concentración en la corteza de ambas muestras, siendo los valores a nivel de los tejidos de la planta, bastante próximos tanto en la Muestra A como en la Muestra B.

**Tabla 2: Distribución de concentración de Cadmio (Cd) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Suelo	2	,30000	,028284	,020000	,04588	,55412	,280	,320
Hoja	2	,01300	,001414	,001000	,00029	,02571	,012	,014
Fruto	2	,02250	,000707	,000500	,01615	,02885	,022	,023
Corteza	2	,04450	,002121	,001500	,02544	,06356	,043	0,046
Total	8	,09500	,127570	,045103	-,01165	,20165	,012	,320

**Gráfico 1: Distribución de concentración de cadmio (Cd) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**



Según la Tabla 2 y el Gráfico 1, en promedio se encontró 0,4450 mg/Kg de cadmio en la corteza, superando al contenido en las hojas y fruto, con un valor máximo de 0,046 mg/Kg.

**Tabla 3: ANOVA de concentración de cadmio (Cd) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos (*)	0,113	3	0,038	186,883	0,000
Dentro de grupos	0,001	4	0,000		
Total	0,114	7			

En los resultados de ANOVA (Tabla 3), con  $p < 0,05$ , se verifica que la cantidad de cadmio contenido en los órganos y el suelo son diferentes.

(\*) En esta tabla están contenida la concentración de cadmio en suelos y tejidos

**Tabla 4: Comparaciones múltiples de concentración de cadmio (Cd) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

HSD Tukey

(I) Zonas	(J) Zonas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Suelo	Hoja	,287000*	,014204	,000	,22918	,34482
	Fruto	,277500*	,014204	,000	,21968	,33532
	Corteza	,255500*	,014204	,000	,19768	,31332
Hoja	Suelo	-,287000*	,014204	,000	-,34482	-,22918
	Fruto	-,009500	,014204	,904	-,06732	,04832
	Corteza	-,031500	,014204	,261	-,08932	,02632
Fruto	Suelo	-,277500*	,014204	,000	-,33532	-,21968
	Hoja	,009500	,014204	,904	-,04832	,06732
	Corteza	-,022000	,014204	,491	-,07982	,03582
Corteza	Suelo	-,255500*	,014204	,000	-,31332	-,19768
	Hoja	,031500	,014204	,261	-,02632	,08932
	Fruto	,022000	,014204	,491	-,03582	,07982

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

La tabla 4, demuestra que existen diferencias significativas del contenido de cadmio del suelo con cada uno de los órganos.

**Tabla 5: Resumen Post-Hoc de concentración de cadmio (Cd) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

HSD Tukey <sup>a</sup>			
Zonas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Hoja	2	,01300	
Fruto	2	,02250	
Corteza	2	,04450	
Suelo	2		,30000
Significancia		0,261	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

El contenido del cadmio en el suelo es mayor y diferente que en los órganos de *Inga edulis* (guaba) en los que las concentraciones de cadmio en sus órganos no son significativas (Tabla 5)

**Tabla 6: ANOVA de concentración de cadmio (Cd) sólo en órganos de *Inga edulis* (guaba) de suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,001	2	,001	223,786	,001
Dentro de grupos	,000	3	,000		
Total	,001	5			

En la Tabla 6 de ANOVA se presentan los resultados de la concentración de cadmio en los órganos de *Inga edulis* (guaba), con un  $p < 0,05$ , existiendo diferencias significativas de contenido entre los tipos de órganos sobre el contenido de cadmio.

**Tabla 7: Resumen Post-Hoc de concentración de Cadmio (Cd) sólo en órganos de *Inga edulis* (guaba) de los suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

HSD Tukey <sup>a</sup>				
Zonas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Hoja	2	,01300		
Fruto	2		,02250	
Corteza	2			,04450
Significancia		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

Los resultados que muestran en la tabla 7, evidencias las diferencias de contenido de cadmio en los órganos, siendo mayor en la corteza.

**Tabla 8: Comparación de concentración de plomo (Pb) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto. Tejidos.**

Suelo/Tejido	Zona A (mg/Kg)	Zona B (mg/Kg)
Suelo	13,450	14,820
Hoja	0,219	0,237
Fruto	0,085	0,079
Corteza	0,143	0,138

En la tabla 8 se observa que en ambas zonas el contenido de plomo es mayor en la hoja, a excepción del suelo.

**Tabla 9: Distribución de concentración de plomo (Pb) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Suelo	2	14,13500	,968736	,685000	5,43125	22,83875	13,450	14,820
Hoja	2	,22800	,012728	,009000	,11364	,34236	,219	,237
Fruto	2	,08200	,004243	,003000	,04388	,12012	,079	,085
Corteza	2	,14050	,003536	,002500	,10873	,17227	,138	,143
Total	8	3,64638	6,484306	2,292548	-1,77464	9,06739	,079	14,820

El contenido promedio de plomo en la hoja en ambas zonas fue de 0,228 mg/Kg, superior al de la corteza y fruto, pero muy por debajo del suelo.

**Tabla 10: ANOVA de concentración de plomo (Pb) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	293,385	3	97,795	416,751	,000
Dentro de grupos	,939	4	,235		
Total	294,324	7			

En la tabla ANOVA se verifica que el contenido de plomo es diferente en los órganos y el suelo, ( $p < 0,05$ )

**Tabla 11: Comparaciones múltiples de concentración de cadmio (Cd) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

HSD Tukey

(I) Zonas	(J) Zonas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Suelo	Hoja	13,907000*	,484418	,000	11,93500	15,87900
	Fruto	14,053000*	,484418	,000	12,08100	16,02500
	Corteza	13,994500*	,484418	,000	12,02250	15,96650
Hoja	Suelo	-13,907000*	,484418	,000	-15,87900	-11,93500
	Fruto	,146000	,484418	,989	-1,82600	2,11800
	Corteza	,087500	,484418	,998	-1,88450	2,05950
Fruto	Suelo	-14,053000*	,484418	,000	-16,02500	-12,08100
	Hoja	-,146000	,484418	,989	-2,11800	1,82600
	Corteza	-,058500	,484418	,999	-2,03050	1,91350
Corteza	Suelo	-13,994500*	,484418	,000	-15,96650	-12,02250
	Hoja	-,087500	,484418	,998	-2,05950	1,88450
	Fruto	,058500	,484418	,999	-1,91350	2,03050

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla se evidencia la diferencia del contenido del plomo entre cada uno de los órganos ( $p < 0,05$ )

**Tabla 12: Resumen Post-Hoc de concentración de plomo (Pb) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

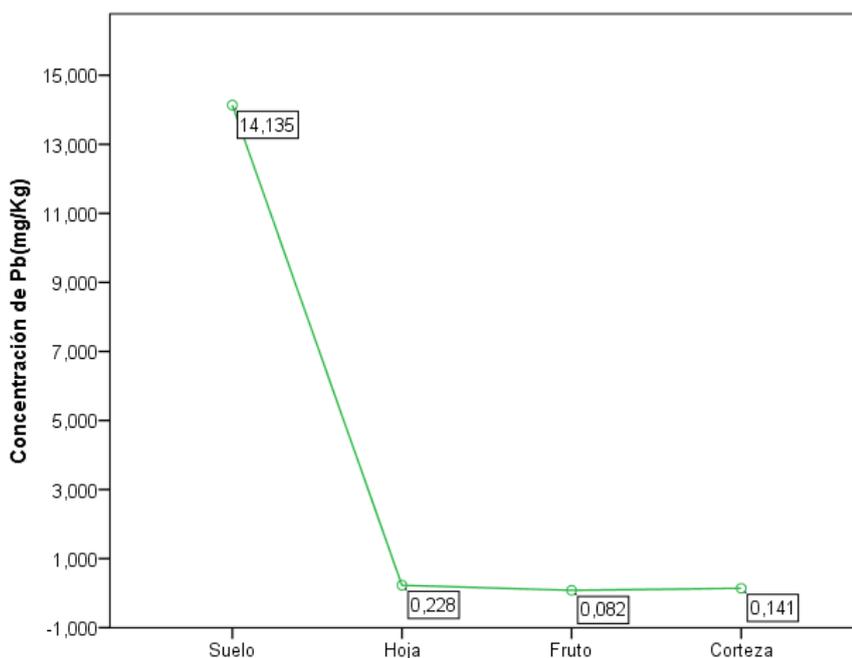
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Zonas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Fruto	2	,08200	
Corteza	2	,14050	
Hoja	2	,22800	
Suelo	2		14,13500
Sig.		,989	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

El resultado de la comparación por pares demuestra que en los órganos el contenido es el mismo, a diferencia del suelo que forma otro grupo cuyo contenido es significativo en comparación al de los órganos.

**Gráfico 2: Distribución de concentración de plomo (Pb) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**



En el gráfico 2, las menores concentraciones de plomo están en los órganos hoja y fruto, y la corteza

**Tabla 13: ANOVA de concentración de plomo (Pb) sólo en órganos de *Inga edulis* (guaba) de suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,022	2	,011	168,283	,001
Dentro de grupos	,000	3	,000		
Total	,022	5			

El análisis de varianza sólo en los órganos muestra que la concentración de plomo es diferente entre ellos ( $p < 0,05$ )

**Tabla 14: Resumen Post-Hoc de concentración de plomo (Pb) sólo en órganos de *Inga edulis* (guaba) de los suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

HSD Tukey <sup>a</sup>				
Zonas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Fruto	2	,08200		
Corteza	2		,14050	
Hoja	2			,22800
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

Según la tabla, se muestra el resumen de la comparación por pares, notándose que el contenido es diferente entre cada tipo de órgano, siendo la hoja la que presenta mayor concentración de plomo.

**Tabla 15: Comparación de concentración de mercurio (Hg) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

Suelo/Tejido	Zona A (mg/Kg)	Zona B (mg/Kg)
Suelo	0,120	0,150
Hoja	0,020	0,030
Fruto	0,011	0,013
Corteza	0,013	0,015

A excepción del suelo, en la hoja se encuentra mayor concentración de mercurio, seguido de la corteza y en menor cantidad en el fruto.

**Tabla 16: Distribución de concentración de mercurio (Hg) en tejidos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Suelo	2	,13500	,021213	,015000	-,05559	,32559	,120	,150
Hoja	2	,02500	,007071	,005000	-,03853	,08853	,020	,030
Fruto	2	,01200	,001414	,001000	-,00071	,02471	,011	,013
Corteza	2	,01400	,001414	,001000	,00129	,02671	,013	,015
Total	8	,04650	,055531	,019633	,00007	,09293	,011	,150

Según las muestras, en el fruto se encuentra la menor concentración de mercurio (0,011mg/Kg), mientras que en la hoja se concentra en mayor concentración.

**Tabla 17: ANOVA de concentración de mercurio (Hg) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,021	3	,007	55,772	,001
Dentro de grupos	,001	4	,000		
Total	,022	7			

Existen diferencias significativas de concentración de mercurio entre el suelo y los órganos, con un  $p < 0,05$

**Tabla 18: Comparaciones múltiples de concentración de mercurio (Hg) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

HSD Tukey						
(I) Zonas	(J) Zonas	Diferencia de		Sig.	95% de intervalo de confianza	
		medias (I-J)	Error estándar		Límite inferior	Límite superior
Suelo	Hoja	,110000*	,011225	,002	,06430	,15570
	Fruto	,123000*	,011225	,001	,07730	,16870
	Corteza	,121000*	,011225	,001	,07530	,16670
Hoja	Suelo	-,110000*	,011225	,002	-,15570	-,06430
	Fruto	,013000	,011225	,679	-,03270	,05870
	Corteza	,011000	,011225	,768	-,03470	,05670
Fruto	Suelo	-,123000*	,011225	,001	-,16870	-,07730
	Hoja	-,013000	,011225	,679	-,05870	,03270
	Corteza	-,002000	,011225	,998	-,04770	,04370
Corteza	Suelo	-,121000*	,011225	,001	-,16670	-,07530
	Hoja	-,011000	,011225	,768	-,05670	,03470
	Fruto	,002000	,011225	,998	-,04370	,04770

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Con valores de  $p < 0,05$ , la concentración de mercurio entre el suelo y los órganos, es significativo.

**Tabla 19: Resumen Post-Hoc de concentración de mercurio (Hg) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

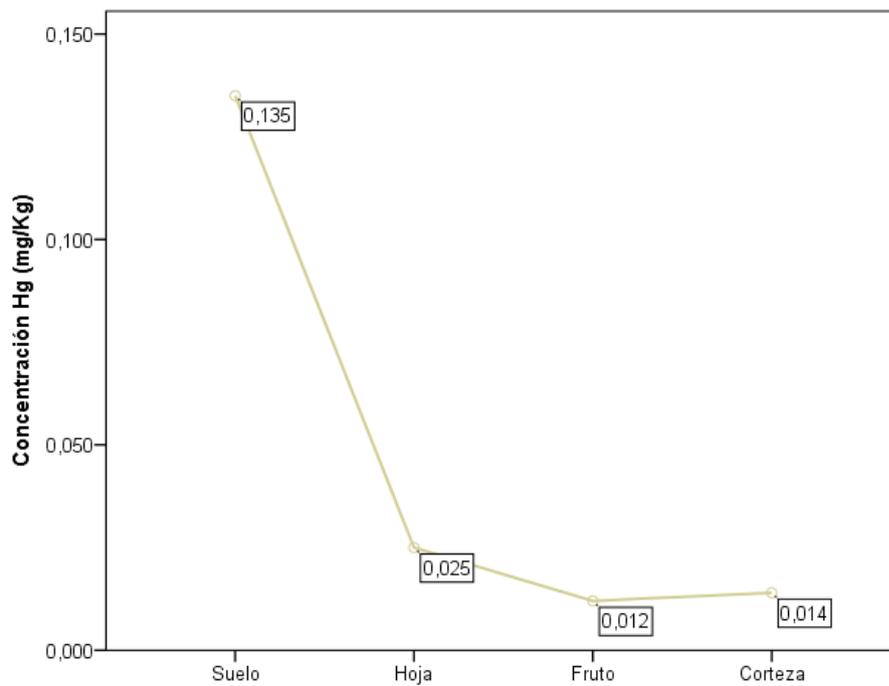
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Zonas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Fruto	2	,01200	
Corteza	2	,01400	
Hoja	2	,02500	
Suelo	2		,13500
Sig.		,679	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

En la tabla se resume de la comparación por pares, observándose que en el suelo la concentración es mayor que la concentración en los tejidos, mientras que la concentración de mercurio en el fruto, corteza y hoja forman un solo grupo, entre las cuáles no existen diferencias significativas.

**Gráfico 3: Distribución de concentración de mercurio (Hg) en órganos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**



La concentración de Hg en el suelo está muy por encima que en los órganos.

**Tabla 20: ANOVA de concentración de mercurio (Hg) sólo en órganos de *Inga edulis* (guaba) de suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	2	,000	5,444	,100
Dentro de grupos	,000	3	,000		
Total	,000	5			

En la tabla 20, según los resultados del análisis de varianza se concluye que no existen diferencias significativas de concentración de mercurio en los tejidos,  $p > 0,05$ .

**Tabla 21: Resumen Post-Hoc de concentración de mercurio (Hg) sólo en órganos de *Inga edulis* (guaba) de los suelos agroforestales de Nina Rumi, Loreto.**

HSD Tukey<sup>a</sup>

Zonas	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
Fruto	2	,01200
Corteza	2	,01400
Hoja	2	,02500
Sig.		,107

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

El resumen de la prueba Tukey para la comparación por pares muestra a un solo grupo a todos los órganos, confirmando que la concentración en ellas es el mismo.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Ambas muestras A y B son diferentes o independientes (tabla 1) donde cada uno representa una muestra diferente, tomada de diferentes lugares, donde a excepción del suelo, el cadmio se encuentra en mayor concentración en corteza.

Los datos se trataron de acuerdo a la estadística descriptiva que determinó el promedio, desviación estándar y coeficiente de variabilidad para cada elemento analizado y los resultados se presentaron en tablas y gráficos. Como técnica de modelamiento se procesaron los resultados por el análisis de varianza de un factor (ANOVA) dado que son más de dos variables, asumiendo que las varianzas son diferentes con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Este procedimiento se realizó en el programa estadístico SPSS v 21.0.

De acuerdo a la lectura desarrollada en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para el análisis de contenido de metales pesados en mg/Kg o ppm en las muestras antes mencionada para las especies de *Inga edulis* (*guaba*), se aprecia bastante aproximación entre los resultados por lo que se resume que estadísticamente son iguales aunque numéricamente exista ligera variación, no obstante se apreció que la concentración de metales a nivel del suelo presenta alta concentración, valores registrados a través de tablas y gráficos.

La concentración de los metales cadmio, plomo y mercurio registran alta concentración a nivel del suelo, si comparamos con la concentración que absorbe la planta a nivel de sus estructuras el cual resulta mínimo.

Estas diferencias notorias se grafican a través del análisis de varianza, cuyos valores demuestran que las concentraciones de cadmio, plomo y mercurio,

son mucho mayores a nivel del suelo, en comparación a los valores a nivel de hojas, corteza y frutos de la especie.

En el análisis Post-hoc, esta prueba de rangos determina que no existe mayor diferencia entre medias, al efectuar un estudio comparativo por pares entre los metales y tejidos del vegetal concluye finalmente que el suelo concentra la mayor cantidad de metales, por tanto, concluye que no existe diferencia significativa si comparamos las concentraciones de metales en las estructuras de la especie *Inga edulis (guaba)* por cuanto los valores son bastante próximos.

No obstante, se puede determinar que la concentración de cadmio (Cd), registra mayor concentración en la corteza de la planta *Inga edulis (guaba)*. Tabla Nro. 7.

En la comparación porcentual de la concentración de Pb (plomo) Tabla Nro 8, se determinó que existe alta concentración a nivel del suelo; sin embargo, se concluye que la especie vegetal *Inga edulis (guaba)* no es predominante para la absorción de plomo (Pb); no obstante se encontró mayor concentración a nivel de la hoja.

El análisis de la media y la desviación standard que nos muestra el cuadro comparativo, demostró la alta concentración del metal plomo (Pb) a nivel del suelo; sin embargo, existe mayor concentración del metal a nivel de la hoja, si comparamos la absorción del metal plomo (Pb) en los otros órganos del vegetal.

Tabla Nro 09.

El análisis Post-hoc, demostró asimismo que no existe mayor diferencia entre medias, al efectuar un estudio comparativo por pares entre los metales y tejidos del vegetal, concluyéndose finalmente que el suelo concentra la mayor cantidad de plomo (Pb); por tanto, no existe diferencia significativa comparando las concentraciones de metales en las estructuras de la especie por cuanto los valores son bastante próximos.

El análisis ANOVA de la concentración de plomo en los órganos de *Inga edulis* (*guaba*) en los suelos agroforestales de Nina rumi que grafica el análisis de las medias, no encontró mayor variación, como así lo demuestran los valores de la Tabla Nro 10.

El análisis de la media y la desviación standard que muestra el cuadro comparativo, demostró la prevalencia del metal mercurio (Hg) a nivel del suelo; sin embargo, la concentración del mercurio (Hg) en los órganos de la especie *Inga edulis* (*guaba*) no registra mayor variación, siendo bastante similar. Tabla Nro 16

El análisis diferencial de las medias y los intervalos de confianza (95%) para el mercurio (Hg) muestra una diferencia de medias significativa en el nivel 0.05 reportando alta concentración del mercurio (Hg) a nivel del suelo; sin embargo, no existe prevalencia en la absorción del metal en los órganos del vegetal.

Tabla Nro 18.

El análisis ANOVA de concentración de mercurio (Hg) en los tejidos de *Inga edulis* (*guaba*) de suelos agroforestales de Nina rumi demuestra que no existe mayor diferencia significativa en la absorción del metal en los diversos órganos de la especie. Asimismo, el análisis en grupo no registra mayor diferencia. Tabla Nro 20.

El resumen Post Hoc de concentración del mercurio (Hg) solo en tejidos de *Inga edulis* (*guaba*) reporto una concentración similar a nivel de los órganos Tabla 21.

## CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Desarrollo de estudio, en otras especies vegetales próximos a esta zona, donde podamos evaluar el riesgo de toxicidad, sobre todo a nivel de los frutos, considerando que los lugareños consumen con relativa frecuencia.

Si consideramos que la corteza de estos vegetales, concentran mayor cantidad de metales pesados, entonces los licores artesanales elaborados en base al extracto hidroalcohólico, podrían representar algún riesgo sanitario para aquellos que consumen estas bebidas, considerando que los mismos no tienen control de calidad ni control microbiológico que otorgue seguridad en su venta libre.

Se hace preciso considerar un estudio más profundo a nivel de suelos, si tomamos en cuenta el alto nivel de metales pesados que hemos podido determinar, sobretodo evaluar el origen de su procedencia para tomar las acciones necesarias con autoridades de salud.

Finalmente, considerar estudios a mayor profundidad y con mayor número de la especie, para analizar estas variables, asimismo solicitar a la Universidad de la Amazonia , implementar estos equipos de alta resolución para procedimiento de análisis y lectura , de esta forma estaremos evitando enviar a la capital, con el gasto que estos exámenes representan.

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.

Se determinó ligera acumulación de plomo a nivel de las hojas de *Inga edulis*, siendo la concentración del metal a nivel de la corteza y fruto, similar y mínima. Sin embargo, la concentración de este metal a nivel del suelo es alta, como así ocurre con los otros metales (cadmio y mercurio).

Si bien las muestras analizadas no excedieron los límites propuestos por la OMS en algunas de las muestras se observaron concentraciones de plomo y cadmio considerables, sobre todo a nivel del suelo, evidenciando una contaminación que podría resultar de la actividad antropogénica, natural o por la contaminación de los ríos, producto de la creciente en periodos de lluvia

En relación al cadmio, se aprecia alta concentración a nivel del suelo, se concentra en mayor porcentaje a nivel de la corteza; sin embargo, en otros órganos de la especie es mínima.

En relación al mercurio, la presencia a nivel del suelo es notoria; sin embargo, en otras partes de la especie es similar por debajo de los límites permisibles.

Los frutos de *Inga edulis* en el área de estudio, presentaron mínimas concentraciones de cadmio, plomo y mercurio, estando todos por debajo del límite de toxicidad para el consumo del ser humano.

Se aprecia finalmente mayor acumulación de plomo (Pb) en la hoja, a diferencia del cadmio (Cd) que tuvo mayor concentración a nivel de la corteza, se registró mayor concentración de plomo (pb) a nivel del suelo. Gráfico nro. 2 /Taba 14.

El estudio comparativo del metal mercurio (Hg) en los tejidos de *Inga edulis* (guaba) y suelos agroforestales de Nina Rumi, se reportó una concentración muy similar en los tejidos del vegetal, sin mayor prevalencia por absorción a nivel de sus órganos; sin embargo, se evidenció alta concentración a nivel del suelo. Tabla Nro. 15.

En cuanto a la especie vegetal, se presenta acumulación de metales pesados en corteza, hojas y fruto en concentraciones similares, pero en valores mínimos por debajo del límite de toxicidad.

## CAPÍTULO VIII : RECOMENDACIONES

No existen datos históricos en concentración de metales pesados como línea base así como determinación de presencia de contaminación de los suelos en altas concentraciones de plomo, cadmio y mercurio. Asimismo, la presencia de estos elementos a nivel de corteza y hojas de la especie, se podría desarrollar futuros proyectos para determinar si la especie *Inga edulis (guaba)* tiene buena o nula capacidad de fitorremediación sobre estos metales en el área de estudio.

Es necesario dar a conocer a las autoridades competentes estos resultados para que se pueda implementar un sistema de seguridad alimentaria a fin de que implementen niveles de control de metales pesados en alimentos, y que estos estudios puedan servir para hacer un mejor seguimiento de las actividades agrícolas y forestales.

Resulta adecuado conocer a través de estudios posteriores la notoria acumulación que desarrolla la especie *Inga edulis (guaba)* en la concentración de plomo a nivel de hojas y cadmio a nivel de corteza, es probable que esta característica se repita en otras especies vegetales que abundan en esta comunidad.

Se recomienda en el recojo de muestras realizar los análisis de suelo para metales pesados a mayor profundidad de los 30 cm a fin de determinar si existe mayor concentración de estos elementos metálicos.

Difundir la presente investigación a los profesionales de Farmacia, Ingeniería ambiental, Agronomía etc., con el interés de profundizar el presente estudio que nos permita conocer las propiedades de la especie *Inga edulis (guaba)* y su mecanismo de autorregulación en la absorción de metales y oligoelementos.

## CAPITULO IX : REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1.- Naciones Unidas. Avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe. Naciones Unidas 2010.: <http://www.eclac.cl/rio20/tpl/docs/3.ODM-7.ESP.pdf>
2. Organización Panamericana de la Salud —Sistemas de Salud Tradicional en América Latina y el Caribe: Información de basell, Washington D.C.1999. : [http://www.publicaciones.ops.org.ar/publicaciones/pubOPS\\_ARG/Pub55.pdf](http://www.publicaciones.ops.org.ar/publicaciones/pubOPS_ARG/Pub55.pdf)
- 3.- Cunningham, D. S., y R. W. Berti. (1993). Remediation of contaminated soil with Green plants: An overview. In *Vitro Cell. Dev. Biol.* 29: 207-212.
- 4.-Álvarez A, Arias Y, Rafael J, Di Bernardo ML, García MY, Yáñez C, Mejías R, et al. Productos naturales con fines terapéuticos comercializados en Venezuela. RETEL. Revista de Toxicología en Línea. 2008;(15): 35-48.
- 5.-Panduro P, Julio, Soria B. Bianca “Metales pesados en hojas de *Myrciaria dubia* (Kunth) Mc. Vaugh. “ *Camu camu*” y *Cajanus cajan* (L) Huth. “ *Puspo poroto*”, que se expenden en el centro herbolario “pasaje paquito” de la ciudad de Iquitos. Tesis Universidad Amazonia Peruana UNAP. Iquitos.2015
- 6.-Medina T. Carola, Taminche S. Samuel “Evaluación de metales en la corteza de *Campsiandra angustifolia spruce ex benth.* “*huacapurana*” de uso etnoterapéutico en la región Loreto 2015.Tesis. UNAP.Iquitos.2015.
- 7.- Calixto I.M. Aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo, degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*) en el caserío de Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa. Provincia Leoncio Prado. Depart. Huánuco 2018 (Tesis doctoral)
- 8.-Riveros Villa F. Niveles de contaminación por Metales pesados en suelos agrícolas y sus efectos en hortalizas en el Valle Higueras. Huánuco”, (Tesis) Dirección Investigación Universitaria. - Universidad Nacional Hermilio Valdizan.2017
- 9.- Diaz Zamora N. Medina Burga H. Contaminación en suelo y flora por metales pesados en la zona de ralaveras de la ex Mina-Paredones. (Tesis Doctoral) Cajamarca. Universidad Privada del Norte.2018
- 10.- Ruben M, Oscar L, Andrés A, Gilberto G. Fitorremediación con Maíz (*Zea mays L.*) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación de metales pesados. Scientia Agropecuaria 2018.Vol 9 (4)
- 11.- Bernabé García, Y. Fitorremediación por densidad Poblacional de *Urtica urens* (*ortiga*) en suelos contaminados por metales pesados -Caserío Shiracmaca .(Tesis)Distrito de Huamachuco-Universidad Cesar Vallejo; 2018.
- 12.- Numa PC, Rafael MR, Francisco CS, Alicia MO, Jose TF. Metales pesados en leche de vaca alimentadas con alfalfa producidas en suelo irrigado con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala. México. Revista Mexicana de ciencias Pecuarias.Vol.9 Nro3. Mérida Jul/sept 2018. disponible en [http:// dx. doi, org/10.22319/ rmcp. v9i3,4358](http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4358)
- 13.- McGrath D., Lombi E.F., Zhao F.J., Dunham, S. J. Phytoremediation of Heavy Metal- Contaminated Soils: Natural hyper accumulation versus

Chemically Enhanced phytoextraction. *Journal of Environmental Quality* 30(6),1919-192,2001.

14.- Young K., Leon & A. Cano. Peruvian Puna. In S.D. Dais, V.H. Heywood, O. Herrera-Macbride, Villa-Lobos and A.C. Hamilton (Eds). *Center of plant diversity a Guide and strategy for their conservation*. Volume 3, The Américas. The world wide fund and IUCN-The World conservation union .470-476, 1976.

15.- Alkorta I., Becerril & C. Garbisu. Phyto stabilization of metal contaminated soils. *Review on Environmental Health*,25, 135-146,2010

16.- Sauve S., Henderson H.E. Solid-Solution Partitioning of metals in contaminated soils: Dependence on ph., total metal burden, and Organic Matter. *Environ. Sci technol.*34, 1125-1131,2000.

17.-Spain A., Implications of Microbial Heavy metals tolerance in the environment reviews in *Undergraduate research*,2,1-6,2000.

18.- Zhang Q., Davis L. C., Erick L. E. Heavy Metal. In: *Hazardous Substance Res.*, 2 (4):1 ,2000

19.- Becerril J.M., O. Barrutia, J.I. García P. A. Hernández, J.M. Olano & C. Garbisu. . *Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos eco fisiológicos y su uso en fitorremediación*. *Ecosistemas* 16,2000 (2): 50-55

20.- Wang, Y. P., & Chao, C.C. Effects of Vesicular- Arbuscular Mycorrhizae and Heavy Metals on the Growth of Soybean and Phosphate and Heavy Metal Uptake by Soybean in Major Soil Groups of Taiwan. *J. Agric. Assoc. China New. Ser.* 157,1992, 6-20

21.-Sauquillo, A., Rigol, A. & Rauret, G. Overview of the use of Leaching/Extraction Tests for Risk Assessment of Trace Metals in Contaminated Soils and Sediments. *Trends in Analytical Chemistry*, 22,2003, pp.152-159.

22.- Prasad, M. N. V. & H. M. Freitas. Metal Hyperaccumulation In Plants Biodiversity Prospecting For Phytoremediation Technology. *Electronic Journal of Biotechnology* 6 (3).2003- 285– 321

23.- Banat, K. M., Howari, F. & Al-Hamad, A. A. Heavy Metals in Urban Soils of Central Jordan: Should we worry about Their Environmental Risks. *Environmental Research*, 97, 2005,258-273

24. Acosta-Solís, M *Vocabulario Básico de Fitoecología en Ecología y Fito ecología*. Quito. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoiriana.1977.

25. Allaby, M. *Diccionario de Ecología y Medio Ambiente*. Documento interno de Trabajo. Quito: 1985.

26. Cajahuanca Sosa, R. A. (2018). Los recursos turísticos de los poblados de Zungarococha, Nina Rumi y Llanchama: nuevas rutas turísticas.

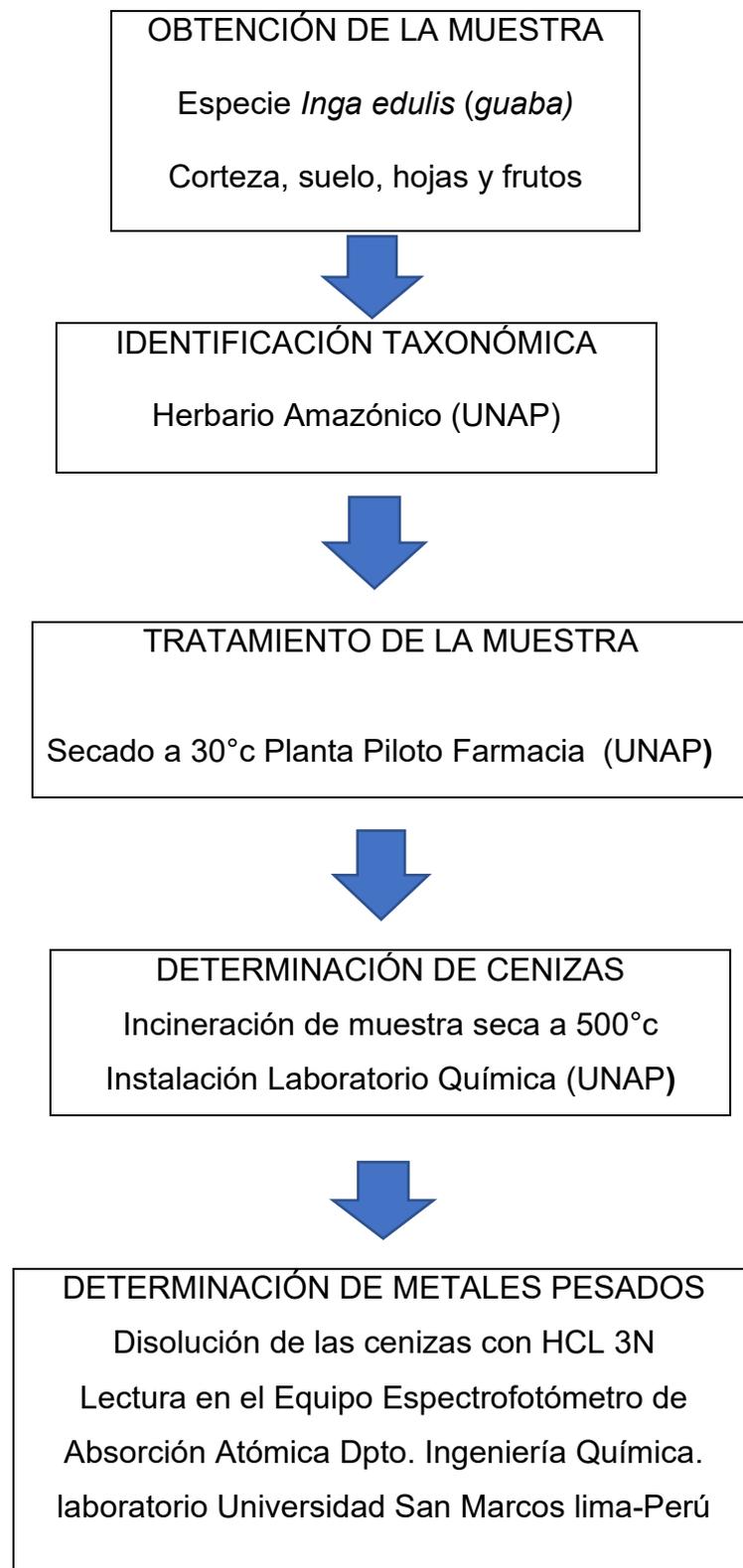
27. Correa, E., & Ortega, H. (2010). Diversidad y variación estacional de peces en la cuenca baja del río Nanay, Perú. *Revista peruana de biología*, 17(1), 37-

28.- Rodríguez-Achung, F. (1990). Los suelos de áreas inundables de la Amazonia peruana: potencial, limitaciones y estrategia para su investigación. *Folia Amazónica*, 2(1-2), 7-25.

- 29.- Torres, s., & Jumbo, Y. J. Informe Técnico de la Interpolación de los resultados del muestreo de suelos, que incluya las representaciones gráficas.
- 30.- Flórez Arango, A., & Henao Henao, M. (2014). Almacenamiento optimizado en la inga edulis.
- 31.- Cardona, A. F. O., Prado, Y. P., & Morales, S. V. R. (2013). Manejo de frutos y semillas de las especies forestales *Inga densiflora* Benth. e *Inga edulis* Mart. asociadas a paisajes cafeteros del departamento del Quindío. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 24(2), 280-292.

## **ANEXOS**

## 1.- Secuencia de Procedimientos Principales.



## 2.- Identificación de la Muestra (Herbarium Amazonense)



Centro de Investigación de  
Recursos Naturales  
Herbarium Amazonense — AMAZ

INSTITUCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO  
CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN AUT-ICND-2017-005

### CONSTANCIA N.º 20-2019-AMAZ-UNAP

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del CIRNA, de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

#### HACE CONSTAR:

Que, la muestra botánica presentada por **CARLOS ADOLFO CONTRERAS LICETTI**, estudiante de Doctorado en Ecología Amazónica de la Escuela de Post Grado de Universidad Nacional de la Amazonía Peruana pertenece al proyecto de tesis de post grado titulado: **"Relación del Contenido de Metales en los suelos y la especie vegetal *Inga edulis* (guaba) en el Caserio de Nina Rumi, Loreto"** ha sido **DETERMINADA** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMZ-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

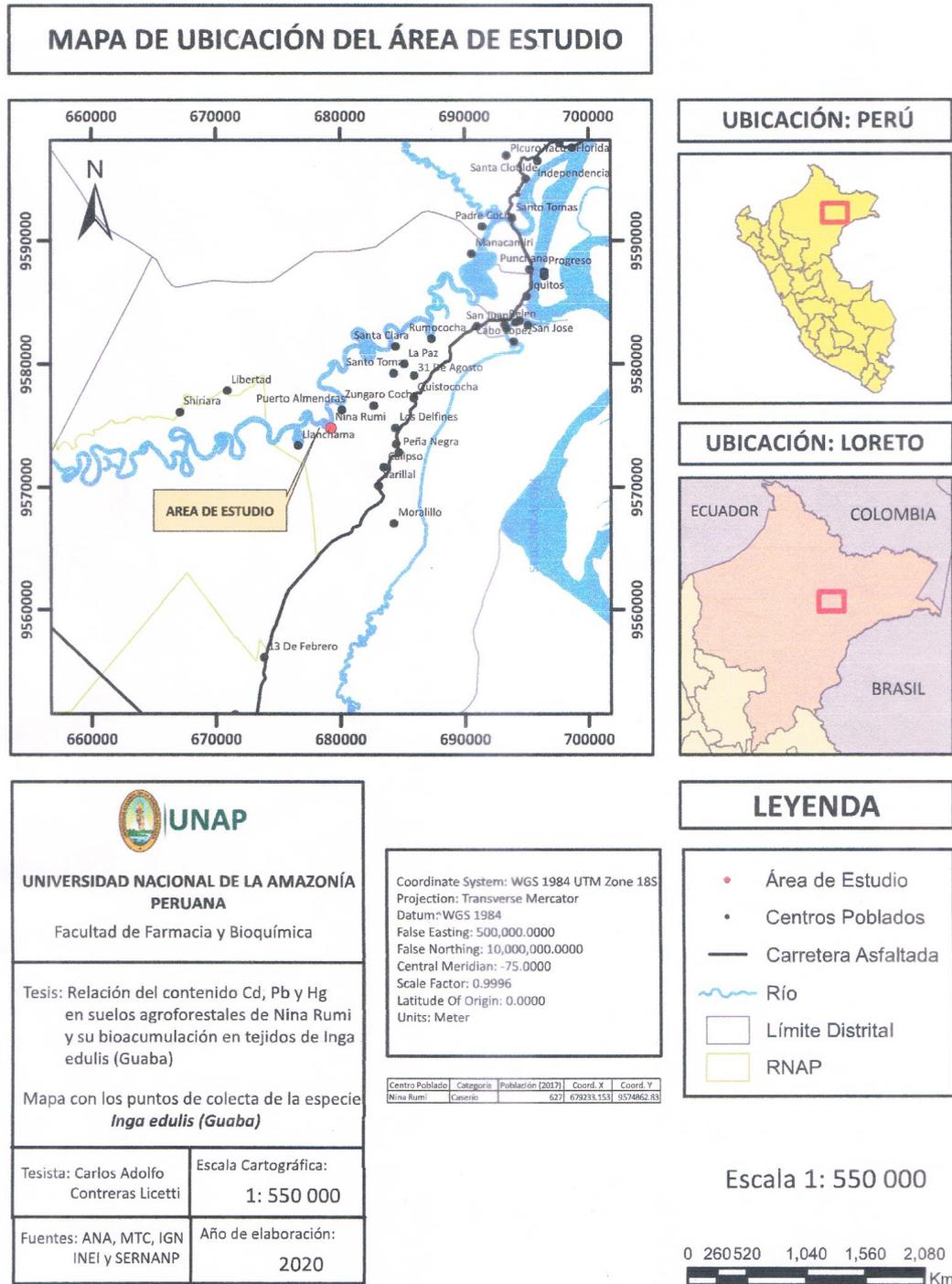
Nº	FAMILIA	ESPECIE
01	FABACEAE	<i>Inga edulis</i> Mart.

A los siete días del mes de octubre del dos mil diecinueve, se expide la presente constancia al interesado para los fines que se estime conveniente.

Atentamente,

  
  
**Blgo. Richard J. Huaranca Acostupa M.Sc.**  
Coordinador del Herbarium AMAZ  
CIRNA – UNAP

### 3.- Mapa de Ubicación.



#### 4.- Informe de Ensayos

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS</b> <b>FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS</b>	
---	---	---

### INFORME DE ENSAYO

N° 089-2021

Cliente	ADOLFO CONTRERAS
Dirección del cliente	IQUITOS
Referencia USAQ	088
Denominación de la muestra	CORTEZA DE INGA EDULIS
Fecha de recepción	08/04/2021
Fecha de análisis	09/04/2021
Fecha de emisión de informe	16/04/2021
Características de muestra.	Sólida, recolectada el 16/02/2021

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
088-01a	Cadmio	No especifica	0.043	mg/Kg
088-01b	Cadmio	No especifica	0.046	mg/Kg
088-02a	Plomo	No especifica	0.143	mg/Kg
088-02b	Plomo	No especifica	0.138	mg/Kg
088-03a	Mercurio	No especifica	0.013	mg/Kg
088-03b	Mercurio	No especifica	0.015	mg/Kg

#### Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Cadmio	0.002 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS
Plomo	0.006 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS
Mercurio	0.008 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS



PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

INFORME DE ENSAYO

N° 088-2021

Cliente	ADOLFO CONTRERAS
Dirección del cliente	IQUITOS
Referencia USAQ	087
Denominación de la muestra	FRUTO DE INGA EDULIS
Fecha de recepción	08/04/2021
Fecha de análisis	09/04/2021
Fecha de emisión de informe	16/04/2021
Características de muestra.	Sólida, recolectada el 16/02/2021

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
087-01a	Cadmio	No específica	0.023	mg/Kg
087-01b	Cadmio	No específica	0.022	mg/Kg
087-02a	Plomo	No específica	0.085	mg/Kg
087-02b	Plomo	No específica	0.079	mg/Kg
087-03a	Mercurio	No específica	0.011	mg/Kg
087-03b	Mercurio	No específica	0.013	mg/Kg

Límites de detección y Métodos  
Determinación de parámetro

Parámetro	Límite de detección	Método
Cadmio	0.002 mg/Kg	USAQ-ME04 AAS
Plomo	0.006 mg/Kg	USAQ-ME04 MS
Mercurio	0.008 mg/Kg	USAQ-ME04 AAS

PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



INFORME DE ENSAYO

N° 087-2021

Cliente	ADOLFO CONTRERAS
Dirección del cliente	IQUITOS
Referencia USAQ	086
Denominación de la muestra	HOJA DE INGA EDULIS
Fecha de recepción	08/04/2021
Fecha de análisis	09/04/2021
Fecha de emisión de informe	16/04/2021
Características de muestra.	Sólida, recolectada el 16/02/2021

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
086-01a	Cadmio	No especifica	0.012	mg/Kg
086-01b	Cadmio	No especifica	0.014	mg/Kg
086-02a	Plomo	No especifica	0.219	mg/Kg
086-02b	Plomo	No especifica	0.237	mg/Kg
086-03a	Mercurio	No especifica	0.02	mg/Kg
086-03b	Mercurio	No especifica	0.03	mg/Kg

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Cadmio	0.002 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS
Plomo	0.006 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS
Mercurio	0.008 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS

PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



INFORME DE ENSAYO

N° 086-2021

Cliente	ADOLFO CONTRERAS
Dirección del cliente	IQUITOS
Referencia USAQ	085
Denominación de la muestra	Suelo
Fecha de recepción	08/04/2021
Fecha de análisis	09/04/2021
Fecha de emisión de informe	16/04/2021
Características de muestra.	Sólida, recolectada el 16/02/2021

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
085-01a	Cadmio	No especifica	0.32	mg/Kg
085-01b	Cadmio	No especifica	0.28	mg/Kg
085-02a	Plomo	No especifica	13.45	mg/Kg
085-02b	Plomo	No especifica	14.82	mg/Kg
085-03a	Mercurio	No especifica	0.12	mg/Kg
085-03b	Mercurio	No especifica	0.15	mg/Kg

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Cadmio	0.002 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS
Plomo	0.006 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS
Mercurio	0.008 mg/Kg	USAQ-ME-04 AAS

  
PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**

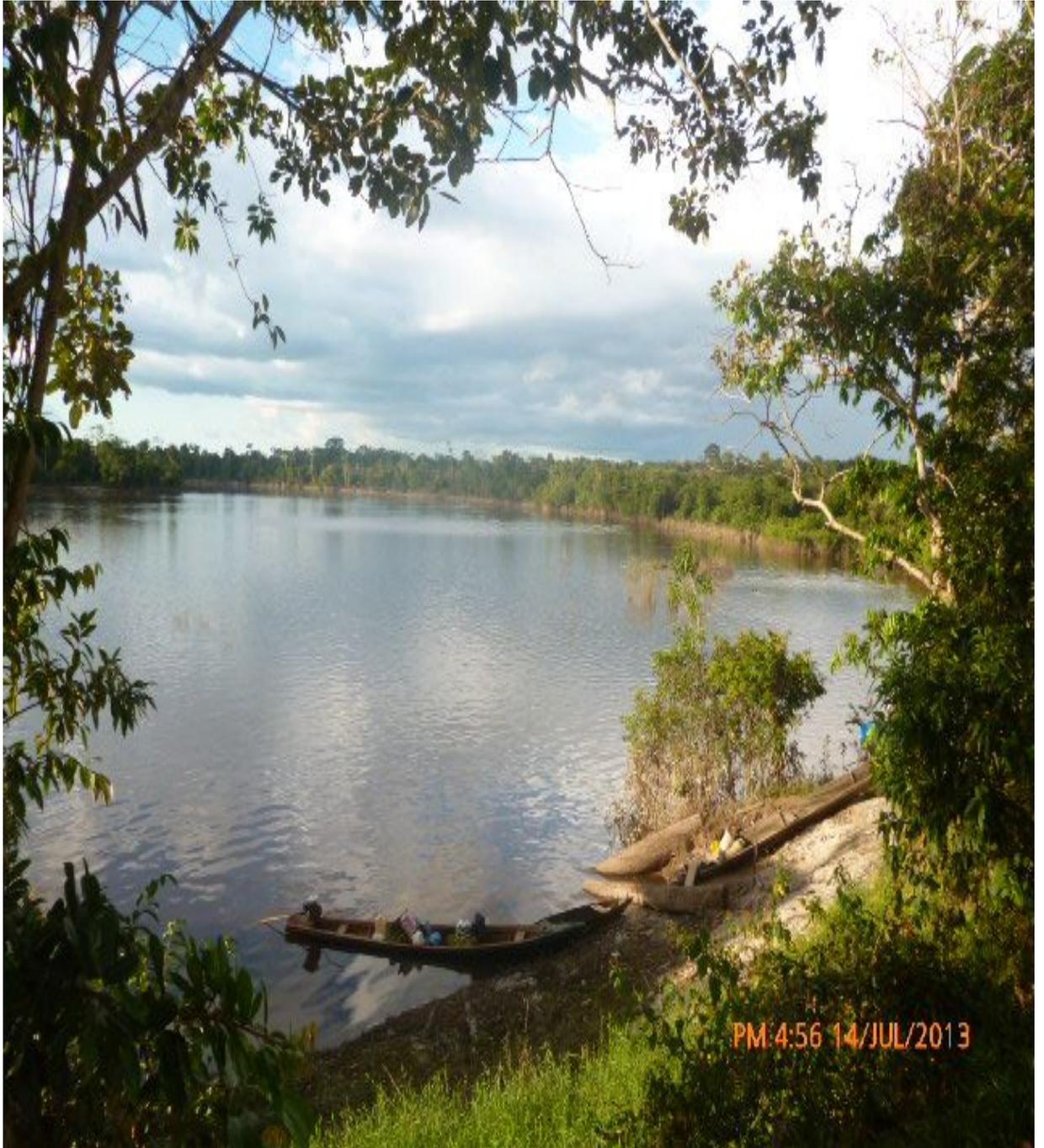
5.- Fotos de la Especie vegetal *Inga edulis* (guaba)



**GRÁFICO NRO 01. FRUTO DE *Inga edulis* (guaba)**



**GRÁFICO NRO 02: FRUTO MADURO DE *Inga edulis* "guaba"**



**GRÁFICO 03.-CENTRO POBLADO NINA RUMI ZUNGAROCCHA - A ORILLAS DEL RIO NANAY.**



**GRÁFICO 04.-CENTRO POBLADO NINA RUMI**



**GRÁFICO NRO 05.- PLANTACION DE *Inga edulis* "guaba"**



GRÁFICO 06.- PROCESO DE SECADO EN ESTUFA DE *inga edulis* "guaba"



**GRÁFICO 07.- MUESTRA PULVERIZADA Corteza, Hojas, Suelo y Fruto de *Inga Edulis* "guaba"**



**GRÁFICO 08.- MUESTRA PULVERIZADA Corteza, Hojas, Suelo y Fruto de *Inga Edulis* "guaba"**



**GRÁFICO NRO 09.- PROCESO DE SECADO DE HOJAS, TALLO *Inga edulis* "guaba"**



**GRÁFICO NRO 10.- PROCESO DE SECADO DE HOJAS *Inga edulis* "guaba"**



**GRÁFICO NRO 11.- PROCESO DE SECADO DE HOJAS Y TALLO *Inga edulis* "guaba"**



**GRÁFICO NRO 12.- PROCESO DE SECADO DE HOJAS Y TALLO *Inga edulis* "guaba"**



**GRÁFICO NRO 13.- MOLINO COLOIDAL**