



**UNAP**



**FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO, COBRE, ZINC  
Y CROMO EN *Unonopsis floribunda* (ICOJA) RECOLECTADA EN NINA  
RUMI, LORETO 2021.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**PRESENTADA POR:**

**KENYER RAÚL GABRIEL ZEVALLOS FACHIN**

**ASESORA:**

**Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, Dra.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2021**

# ACTA DE SUSTENTACIÓN



Facultad de Farmacia y Bioquímica  
Escuela Profesional de Facultad de Farmacia y Bioquímica

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°071-PCGT-FFyB-UNAP-2021/OFICIO N°273-DINV-UNAP-2021

En la ciudad de Iquitos, Distrito de Iquitos, Departamento de Loreto, por vía Zoom de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, a los 17 días del mes de diciembre de 2021, a horas 19:30, se dio inicio a la sustentación pública de Tesis titulada "DETERMINACIÓN DE MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO, COBRE, ZINC Y CROMO EN *Unonopsis floribunda* (Icoja) RECOLECTADA EN NINA RUMI, LORETO 2021", aprobada con Resolución Decanal N°248-2021-FFyB-UNAP, presentada por el bachiller: KENYER RAÚL GABRIEL ZEVALLOS FACHIN, para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico que otorga la Universidad de acuerdo con Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal N°183-2021-FFyB-UNAP, está integrada por:

- |   |            |
|---|------------|
| - Ing. CLETO JARA HERRERA, Mtro.        | Presidente |
| - Q.F. IVONNE NAVARRO DEL ÁGUILA, Mtra. | Miembro    |
| - Q.F. LENIN FERNÁNDEZ ARELLANO, Mtro.  | Miembro    |

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: satisfactoriamente.

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública de la tesis ha sido aprobada con la calificación muy buena.

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico.

Siendo las 21:00 se dio por terminado el acto academico.

  
Ing. CLETO JARA HERRERA, Mtro.  
Presidente

  
Q.F. IVONNE NAVARRO DEL ÁGUILA, Mtra.  
Miembro

  
Q.F. LENIN FERNÁNDEZ ARELLANO, Mtro.  
Miembro

  
Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, Dra.  
Asesora

Carretera Zungarococha – Nina Rumi  
Correo electrónico: farmacia  
San Juan – Loreto – Perú. Celular N°942917936  
www.unapiquitos.edu.perú

UNIVERSIDAD  
**LICENCIADA**  
RESOLUCIÓN N°012-2019-SUNEDU/CD

Lima, 1 de febrero de 2019

## JURADO Y ASESORA

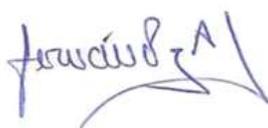


---

**Ing. CLETO JARA HERRERA, Mtro.**

**CIP N° 28912**

**Presidente**

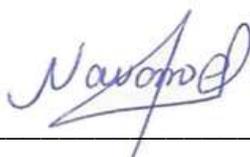


---

**Q.F. LENÍN FERNANDEZ ARELLANO, Mtro.**

**CQFP N° 14332**

**Miembro**



---

**Q.F. IVONNE NAVARRO DEL AGUILA, Mtra.**

**CQFP N° 11601**

**Miembro**



---

**Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, Dra.**

**CQFP N° 03468**

**Asesora**

## DEDICATORIA

A mi Dios Todopoderoso que me acompaña a donde quiera que yo voy, me conoce, me guía y me protege. Todo lo que soy se lo debo a Él, quién hoy me permite alcanzar este gran logro profesional con esfuerzo y dedicación.

A mis amados padres Oswaldo Zevallos Angulo y Sandra Fachin Tamani, a mi primo Henry silva Sinarahua y a la memoria de mi abuelita Irene Angulo Flores quienes se esmeraron en inculcarme principios y valores y me enseñaron a amar el estudio y a buscar el camino de la superación. Lo que bien se aprende jamás se olvida, por ello y por mucho más, gracias papá, mamá, primo y abuelita.

A Yessenia León Flores y nuestra hijita Kristell zevallos León, por su amor, compañía y motivación para continuar en el camino de la lucha para superarme y ser cada día una mejor persona y profesional.

*Kenyer R. G. Zevallos Fachin*

## **AGRADECIMIENTOS**

Por lo que nada se logra solo, siempre hay personas que nos acompañan y ayudan a alcanzar el éxito; va mi agradecimiento a mis profesores de la facultad de Farmacia y Bioquímica, todos aportaron con su ejemplo, enseñanzas y experiencia a mi formación profesional, la misma que acaba de comenzar.

A los compañeros de estudios con quienes me acompañe en el viaje por profesionalizarme, juntos integraremos la gran familia de los químicos farmacéuticos, para brillar con luz propia en los diferentes campos de esta noble profesión al servicio de los demás.

A todas las personas que colaboraron para la realización de la tesis, un inmenso agradecimiento y que todo sea para aportar al bienestar de todos.

## ÍNDICE

PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
<b>JURADO Y ASESORA</b>	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. BASES TEORICAS	4
1.2.1. Especie en estudio: <i>Unonopsis floribunda</i> (icoja)	4
1.2.2. Elementos químicos de interés para los seres vivos	6
1.2.3. Acumulación de metales en las plantas	8
1.2.4. Técnicas analíticas para determinación de metales	8
1.2.5. Medidas para controlar la contaminación por metales	9
1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	10
<b>CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	<b>11</b>
2.1. HIPÓTESIS	11
2.2. VARIABLES DE ESTUDIO	11
2.2.1. Variables independientes	11
2.2.2. Operacionalización de variables	11
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>12</b>
3.1. DISEÑO METODOLÓGICO	12
3.2. DISEÑO MUESTRAL	12
3.3. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	12
3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	13
3.5. CONSIDERACIONES ÉTICAS	13
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN</b>	<b>32</b>

<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES</b>	35
<b>CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES</b>	36
<b>CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	37
<b>ANEXOS</b>	39

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Concentración de Fe en los diferentes órganos de la especie amazónica <i>Unonopsis floribunda</i> (icoja).....	14
<b>Tabla 2.</b> Concentración de Mn en los diferentes órganos de la especie amazónica <i>U. floribunda</i> (icoja).....	16
<b>Tabla 3.</b> Concentración de Zn en los diferentes órganos de la especie amazónica <i>U. floribunda</i> (icoja).....	18
<b>Tabla 4.</b> Concentración de Cu en los diferentes órganos de la especie amazónica <i>U. floribunda</i> (icoja).....	20
<b>Tabla 5.</b> Concentración de Cr en los diferentes órganos de la especie amazónica <i>U. floribunda</i> (icoja).....	22
<b>Tabla 6.</b> Concentración de Mg en los diferentes órganos de la especie amazónica <i>U. floribunda</i> (icoja).....	24
<b>Tabla 7.</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	27
<b>Tabla 8.</b> Prueba de homogeneidad de varianzas.....	28
<b>Tabla 9.</b> Prueba de ANOVA de un factor .....	29
<b>Tabla 10.</b> Resultado de las comparaciones múltiples con la prueba post hot HSD Tukey, que resultaron significativas con un intervalo de confianza de 0,95%. .....	30
<b>Tabla 11.</b> Pruebas post hoc HSD Tukey a con un subconjunto homogéneo para un alfa = 0,05.....	30
<b>Tabla 12.</b> Pruebas post hoc HSD Tukey a con dos subconjuntos homogéneos para un alfa = 0,05. ....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Gráfico de la concentración promedio de Fe en la raíz, corteza y hojas en los cinco arboles de <i>U. floribunda</i> muestreados.....	15
<b>Figura 2.</b> Concentración promedio de Mn en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco arboles muestreados.....	17
<b>Figura 3.</b> Concentración promedio de Zn en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco arboles muestreados. ....	19
<b>Figura 4.</b> Concentración promedio de Cu en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco arboles muestreados. ....	21
<b>Figura 5.</b> Concentración promedio de Cr en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco arboles muestreados. ....	23
<b>Figura 6.</b> Promedio de Mg en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco arboles muestreados. ....	25
<b>Figura 7.</b> Concentración promedio de los metales Mn, Zn, Cu, Cr de los cinco árboles.....	26
<b>Figura 8.</b> Concentración promedio de los metales Fe y Mg de los cinco árboles. ....	26

## ANEXOS

**Anexo 1.** Operacionalización de variables.

**Anexo 2.** Certificado de la especie botánica.

## RESUMEN

Los metales esenciales, aún en muy pequeña cantidad son indispensables para los seres vivos. Determinar la concentración de magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc y cromo en *U. floribunda* (icoja) recolectada en Nina Rumi, Loreto 2021. La investigación de tipo descriptivo y diseño no experimental mediante un muestreo por conveniencia se obtuvo dos kg de raíz, corteza y hojas; para el análisis se requirió (0,2 g) de cada muestra seca pulverizada, que fueron mineralizadas y luego digeridas en medio ácido. Los analitos fueron cuantificados en el espectrofotómetro de absorción atómica. En promedio los oligoelementos en los cinco árboles mostraron concentraciones que estaban por debajo de 50 mg / Kg, de  $Cr = Cu < Zn < Mn$ . El Cr presentó una tendencia en cuatro de los árboles a concentrarse en la corteza más que en las hojas y se encontró entre 4,3 a 18,92 mg / kg, valores un poco superiores a las encontradas en hierbas medicinales. El magnesio se encontró en un rango de 118,09 a 159,47 mg / Kg. Al aplicar la prueba de ANOVA de un factor se demostró que no hay diferencia significativa inter e intra grupos ( $\alpha = 0,05$ ) en el contenido de los metales Mn, Zn, Cu y Mg. Los niveles de concentración corresponden a lo esperado, siendo el elemento secundario Mg el que se encontró en mayor concentración, seguido del Fe, Mn y los demás oligoelementos analizados.

**Palabras clave:** Oligoelementos, espectrofotometría de absorción atómica, química de suelos.

## ABSTRACT

Essential metals, even in very small amounts, are essential for living beings. Determine the concentration of magnesium, iron, manganese, copper, zinc and chromium in *U. floribunda* (icoja) collected in Nina Rumi, Loreto 2021. Descriptive research and non-experimental design through sampling by convenience, two kg of root, bark and leaves were obtained; For the analysis, (0.2 g) of each dry pulverized sample was required, which were mineralized and then digested in an acid medium. The analytes were quantified in the atomic absorption spectrophotometer. On average, the trace elements in the five trees showed concentrations that were below 50 mg / Kg, of Cr = Cu <Zn <Mn. Cr showed a tendency in four of the trees to be concentrated in the bark more than in the leaves and was found between 4.3 to 18.92 mg / kg, values slightly higher than those found in medicinal herbs. Magnesium was found in a range of 118.09 to 159.47 mg / Kg. When applying the one-way ANOVA test, it was shown that there is no significant difference between and within groups ( $\alpha = 0.05$ ) in the content of the metals Mn, Zn, Cu and Mg. The concentration levels correspond to what was expected, with the secondary element Mg being the one found in the highest concentration, followed by Fe, Mn and the other trace elements analyzed.

Keywords: Trace elements, atomic absorption spectrophotometry, soil chemistry.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas aportan micronutrientes, muy necesarios para el buen funcionamiento del organismo, si las concentraciones están dentro de la ventana de la esencialidad; pero si están por encima del límite máximo permitido en un producto de consumo humano representa un riesgo de intoxicación por metales, como es el caso del cobre, hierro, manganeso y zinc.

De manera que, conocer el contenido de los micronutrientes, en alimentos, insumos naturales y preparados medicinales es de exigencia reglamentaria. Así también los metales pesados a los cuales no se le conoce función biológica alguna, debe conocerse su concentración; por lo que el análisis de metales forma parte de los protocolos de control de calidad, todo esto con el fin de prevenir la metalo-toxicidad en los consumidores (1). Por ello los países dictan sus normas e imponen restricciones para las concentraciones máximas permitidas de cada metal en los recursos y productos de origen vegetal.

En los países Latinoamericanos y del Asia, las comunidades étnicas tienen un arsenal de especies de flora para uso medicinal y las consumen en preparados caseros y artesanales (2). Especies cuyo consumo han llegado a difundirse a los pobladores de las ciudades más cercanas. En la zona de selva de Perú y sobre todo en Loreto esta costumbre ancestral se mantiene, y se ofertan preparados artesanales de cortezas vegetales en albergues y mercados a los turistas nacionales y extranjeros (3, 4).

El estudio de los insumos vegetales es parte del quehacer del químico farmacéutico, el cual se enfoca en las características botánicas, composición fitoquímica, actividad biológica, entre otros aspectos determinantes de una planta usada con fines medicinales. Pero todo el protocolo del estudio de una planta comienza con delimitar la actividad toxicológica que condiciona su manipulación y da la garantía de continuar con las pruebas de actividad farmacológicas, las pruebas preclínicas y clínicas. Los minerales esenciales son indispensables para el vegetal, no así los metales sin actividad biológica conocida; pero cuando los minerales esenciales superan las concentraciones

permitidas para el vegetal, también se convierten en tóxicos; por lo que, es importante conocer su nivel de contenido en los diferentes órganos de la planta.

La población nativa y rural le atribuye propiedades curativas a la especie vegetal *Unonopsis floribunda* (icoja), sus órganos como corteza, raíz y sus preparados artesanales los ofrecen a propios y extraños (5). El uso de esta especie está bien difundido en la Amazonía por su valor etnoterapéutico (6), (7) principalmente de la corteza, requerida para las bebidas hidro-etanólicas, que se comercializadas en mercados. Sin embargo, se desconoce si su consumo representa algún peligro para la salud (4).

Además de los estudios de actividad farmacológica, es necesario refrendar si su consumirla no conlleva entre otros riesgos, la posibilidad de intoxicación por metales. Determinan la seguridad para consumirla hace parte de la calidad de este insumo vegetal. Por lo que, este estudio es muy importantes y contribuye a validar el consumo de preparados con fines medicinales de *U. floribunda* (icoja).

La sabiduría étnica sobre las bondades curativas de la floresta amazónica es de interés nacional e internacional, para quienes están a la búsqueda de nuevas moléculas farmacológicas. Sin embargo, todo comienza con los estudios de seguridad, porque de nada vale la actividad farmacológica, si la planta representa un riesgo de toxicidad.

Los metales, en la actualidad por el incremento de su liberación al sustrato suelo pueden condicionar su acumulación en los vegetales, y pasar desapercibido el riesgo de consumirlos a través de la cadena alimenticia. Por ello es imperativo determinar la concentración de magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc y cromo en *U. floribunda* (icoja) recolectada en Nina Rumi, más consumidos por el hombre. A fin de que, la población consumidora e investigadores tengan la garantía que al menos esta condición de calidad, en esta especie botánica amazónica, con bondades curativas si se cumple.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1 ANTECEDENTES

En 2016, se publicó un artículo que versa sobre el análisis elemental en seis especies vegetales de uso medicinal, los elementos analizados fueron fósforo, azufre, potasio, calcio, escandio, titanio, vanadio, manganeso, hierro, yodo y cadmio por un método que conserva la muestra. Bombardearon las muestras granuladas con un haz de protones emanados de un acelerador 3MV Van de Graff en el Centro de Energía Atómica, Dhaka y las radiografías por emisión de rayos X inducida por protones (PIXE) fueron recogidas con detector [Si (Li)]. La recopilación y el análisis de datos se realizaron utilizando Maestro-32 y software GUPIX. Encontraron que las concentraciones más altas correspondían al azufre y el potasio, calcio y fósforo en cinco de las plantas medicinales y el escandio, titanio y yodo en cuatro plantas. Concluyeron que los elementos están en concentraciones realmente altas ya que Savar es un área extremadamente contaminada con lodos industriales (8).

En 2017, en un artículo de revisión sobre el contenido de cadmio, plomo y elementos trazas, en hierbas medicinales, donde se reportó una concentración de hierro en un rango promedio de 6,2 a 1 477 mg / kg correspondiendo el valor más bajo al comino y el más alto a la menta. Así mismo tenían altas concentraciones de hierro las muestras de manzanilla, raíz de shirsh zallouh, tomillo y salvia (824, 686, 556 y 547 mg / kg respectivamente). Los rangos reportados para manganeso fueron entre 1,8 a 715 mg / kg, siendo las muestras de tomillo, canela, jengibre y manzanilla, las que contenían las cantidades más significativas (324, 251, 250 y 185 mg / kg, respectivamente). El cadmio reportó entre 1,01 a 0,92 mg/kg; el cromo < 0,03 a 9,43 mg/kg; el zinc 45,8 mg / kg y el cobre 12,0 mg / kg. Determinaron que la concentración depende de la especie vegetal, siendo mayoritario el hierro y de medio a más baja el cadmio; el contenido de plomo y cadmio en las hierbas superó los límites máximos permitidos, pero fue pobre su contenido en las infusiones (9).

En ese mismo año, se publicó el análisis de cuatro elementos tóxicos en cinco plantas medicinales y su impacto en la salud humana, las muestras fueron recolectadas en la ciudad de Madina y el análisis de los analitos fue por espectrometría. El contenido de aluminio estuvo en el rango de 156,4 a 1609,18 mg/ kg; el cadmio entre 0,01 a 0,10 mg / kg, el plomo de 0,65 a 2,59 mg / kg y el arsénico entre 0,05 a 0,34 mg / kg. El promedio de recuperaciones luego del lavado fue Al (47,32%), As (59,1%), Cd (62,03%) y Pb 32,40%). Concluyeron que, si bien las plantas estudiadas son una fuente de elementos tóxicos, el aluminio presentó el más alto contenido en todas las plantas analizadas, el cadmio y arsénico presentaron las más bajas concentraciones en todas las especies analizadas y que el lavado permitió extraer sustancias tóxicas de las plantas; pero el plomo y el cadmio no se eliminaron de todas ellas, esto indicaría que algunas plantas pueden absorber ciertos elementos, así mismo los elementos tóxicos en general estuvieron por debajo de la dosis diaria (1).

## 1.2 BASES TEORICAS

### 1.2.1. Especie en estudio: *Unonopsis floribunda* (icoja)

#### A. Taxonomía de la especie

Reino	: Plantae
Filo	: Magnoliophyta
Orden	: Magnoliopsida
Clase	: Magnoliales
Familia	: Annonaceae
Genero	: <i>Unonopsis</i>
Especie	: <i>Unonopsis floribunda</i> Diels

**Nombre regional:** icoja, bari rao (shipibo conibo)

Habita en climas tropicales húmedos y secos, con temperaturas altas y precipitaciones fluviales, en suelos no inundables e inundables, cerca o lejos de cuerpos de agua, en lugares sombreados y comparte ecosistemas con otras

especies amazónicas como uvilla, chuchuhuasi, castaña, sangre de drago, amasisa, retama, lupuna entre otras (10).

## **B. Aprovechamiento medicinal de la especie**

Esta especie suele usarse para enfermedades que se caracterizan por el enfriamiento de alguna parte del cuerpo; como artritis, reumatismo y diarreas en estos casos suele consumirse en ayunas y por la noche, la maceración hidroetanólica de corteza seca (10).

En caso de heridas expuestas se aplica cenizas de corteza y para heridas internas, inflamación, pelagra, manchas y erupciones de la dermis puede consumirse cocimientos de la corteza. También se consume mezclada con otras cortezas como ubos, chuchuhuasi, y punga para casos de los flujos vaginales (10).

## **C. Fitoquímica del género *Unonopsis***

Especies de este género reportan estudios de contenido alcaloidal, común a otros géneros de la misma familia. Se reportaron por primera vez para este género los alcaloides aporfina, glaucina y norglaucina (11).

En la región Loreto, se hizo estudios de identificación de metabolitos secundarios presentes en *U. floribunda*, en los extractos etéreos sobresale la presencia de cumarinas en corteza y raíz (12).

En los extractos etanólico, en hojas se identificó la presencia de taninos, en el de corteza abundante presencia de taninos, saponinas y cumarinas y en el de raíz se reportó abundante presencia de aminoácidos, taninos y cumarinas (12).

En el tamizaje fitoquímico de los extractos acuosos de *U. floribunda* Diels (icoja), reportaron en la corteza abundante presencia de saponinas, por los dos métodos y no se encontró mucílagos en este órgano (12).

## 1.2.2. Elementos químicos de interés para los seres vivos

### A. Oligoelementos esenciales

En la especie humana los oligoelementos presentan en promedio concentraciones inferiores al 0,01% de la masa corporal total y su presencia es de vital importancia bioquímica y fisiológica. Concentraciones más bajas entorpecen la función catalítica, reguladora y estructural de enzimas, hormonas y membranas biológicas. Por lo que, su déficit provoca alteraciones carenciales específicas e inespecíficas y las concentraciones tóxicas llevarían a efectos indeseables que pueden revertirse o ser perecederos y graves para el organismo (13).

**Cobre**, su consumo aproximado es de 200 ug/día, importante en reacciones de óxido reducción y se asocia a enzimas comprometidas en: el metabolismo del hierro la ferroxidasas (ceruloplasmina), en producción de energía el citocromo C oxidasa, en la vía de síntesis del grupo hemo el ácido  $\delta$ -aminolevulínico deshidratasa, como antioxidante forma parte del sitio activo de superóxido dismutasa (Cu-SOD) y de la cerulplasma. En procesos del sistema nervioso central (catálisis por cuproenzimas, Ej tirosinasa y dopamina  $\beta$  hidroxilasa). En el tejido conectivo la lisil oxidasa contribuye al endurecimiento del colágeno y la elastina. También comprometido en la expresión de genes (transcripción. Su déficit por causas genéticas lleva a la enfermedad de Wilson y el exceso de cobre en el organismo puede llevar a deficiencia renal crónica (13, 14).

**Cromo**, en suplementos nutricionales se dosifica de 50 a 200  $\mu$ g/día, bajo la forma de cloruro de cromo, nicotinato de cromo, citrato de cromo y picolinato de cromo. El  $\text{Cr}^{3+}$  es biológicamente activo, pero sus concentraciones son bajas; es un componente fundamental del llamado factor de tolerancia a la glucosa – GTF; es el que inicia la unión de la insulina a los receptores de insulina de las células, aumentando la capacidad que tienen las células de regular la insulina. Esta hormona está comprometida en el almacenamiento y metabolismo de carbohidratos, colesterol total y triglicéridos, proteínas y ácidos nucleicos. El cromo hexavalente es un derivado de la fabricación del acero inoxidable,

pigmentos y productos industriales, es tóxico, causa irritación local (dermatitis) y aumento de la incidencia de cáncer preferentemente de pulmón (15).

**Manganeso**, su ingesta diaria está entre 2,3 mg / día en hombres adultos mientras que para mujeres adultas es de 1,8 mg / día. Se le asocia a la función antioxidante de la enzima superóxido dismutasa Mn-SOD de la matriz mitocondrial. Es regulador del metabolismo de macronutrientes al actuar como cofactor del piruvato carboxilasa, arginasa, fosfoenolpiruvato, carboxiquinasa, acetilCoA carboxilasa y tirosina sulfotransferasa (16); pero exposiciones mayores a las requeridas producen problemas en el tracto respiratorio como embolia pulmonar y bronquitis, alteraciones neurológicas con manifestaciones de olvidos, daños en los nervios y alucinaciones, además puede causar parkinson (17).

**Zinc**, la cantidad diaria recomendada de zinc en adultos es de 8 mg para las mujeres y de 11 mg para los hombres. Tetrámeros que se compleja con O<sub>2</sub>, N<sub>x</sub> y sulfuro de moléculas hidrofílicas como oxidoreductasas, transferasas, liasas, isomerasas y ligasas. También al igual que el manganeso forma parte del sitio activo de la SOD y también interviene en el metabolismo del DNA y del proceso de traducción (13, 18).

**Hierro**, es fundamental para la síntesis de clorofila, también es un cofactor de reacciones químicas. Forma parte de moléculas proteicas transportadoras de oxígeno en los diferentes organismos. También acepta y libera electrones para generar energía desempeñando un papel importante en el proceso de la respiración celular. El hierro se distribuye en el organismo humano adulto, principalmente en tres compartimientos: a) como componente del grupo hemo, b) hierro circulante, c) hierro de los depósitos (bazo, médula ósea, sist. Monocito-macrófago).

**Magnesio** es un macronutriente muy importante para las plantas forma parte de la clorofila. Es un constituyente de metaloenzimas como la arginasa y superóxido dismutasa y también es un activador enzimático. En los seres humanos participa en el mantenimiento del tejido óseo.

### **1.2.3. Acumulación de metales en las plantas**

Los metales sean o no esenciales pueden ser absorbidos por las raíces o las hojas, los mismos que proceden del suelo, aguas de regadillo o por la deposición de la polución en el follaje. Manteniéndose una dinámica de intercambio catiónico entre la fase soluble del suelo y las superficies de absorción de la planta, donde se encuentran varios tipos de transportadores de membrana (CPx-ATPasas, Nramps, familias Zip), que sirven como primera línea de defensa para expulsar los metales pesados. En ocasiones si los metales resultan tóxicos por su naturaleza o concentración y logran pasar a la planta, estos pueden quedar secuestrados quelados con péptidos en compartimientos celulares (vacuolas), o bien pueden ser biotransformados o conjugados, para evitar su acción tóxica sobre las enzimas afectando la bioquímica y fisiología de la planta. Los mecanismos químicos de utilización o detoxificación dependen de la especie, variedad y genotipo de la planta y de la naturaleza de los contaminantes metálicos (19-21).

### **1.2.4. Técnicas analíticas para determinación de metales**

Para la determinación de metales en órganos vegetales (hojas y raíz comúnmente) se puede usar diferentes tipos de tratamiento de muestras, una muy usada es la mineralización de la muestra por calcinación y posterior digestión ácida de las cenizas en caliente; pero tiene el inconveniente de pérdida de analito por volatilización ya que se somete la muestra a altas temperaturas. En ocasiones se realiza la digestión en caliente con ácidos inorgánicos, pudiendo oxidarse la materia orgánica con peróxido de hidrógeno concentrado. En el caso de las digestiones ácidas puede haber posibles contaminaciones de las muestras, también puede hacerse la digestión en microondas (19, 21).

La cuantificación del analito puede alcanzarse por Espectrometría de absorción atómica, método que presenta diferentes opciones, cada uno con ventajas y desventajas: a) espectrometría de llama, b) vapor frío con generación de hidruros, c) horno de grafito; también se usa la Espectrometría de emisión con

plasma inductivamente acoplado y detección óptica- ICPOES y la Espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado – ICPMS.

La espectroscopia de absorción atómica de llama - FAAS, horno de grafito y generación de hidruros con vapor frío determina pocos analitos, contrariamente la ventaja de los dos últimos métodos y el acoplamiento a ICPMS, permite límites de cuantificación y detección a bajas concentraciones. Llama y ICPOES su límite de cuantificación y detección requiere de más altas concentraciones, pero el segundo método permite detectar mayor cantidad de analitos.

En resumen, el método de ICPMS presenta los mejores beneficios: permite detectar en la misma muestra diferentes analitos, los mismos que se pueden detectar con una alta sensibilidad, el análisis por muestra es de aproximadamente 3 min, presenta un rango lineal para determinaciones de ppt a ppm, con pocas interferencias, alta productividad, información isotópica, se puede acoplar a otras técnicas LC – ICPMS y GC – ICPMS; sin embargo, no siempre se cuenta con este método.

#### **1.2.5. Medidas para controlar la contaminación por metales**

En la última década, a nivel mundial se promueve la conservación del medio ambiente, los diferentes países determinan el control y contenido de sustancias químicas indeseables donde se incluyen específicamente nutrientes no metálicos y metales esenciales y no esenciales. La Unión Europea - UE está poniendo énfasis en normar, para disminuir este tipo de contaminantes en las matrices agua y suelo a fin de reducir la eutrofización. La UE ha establecido regulaciones integrales sobre las concentraciones máximas permitidas de micronutrientes (Fe, I, Co, Cu, Mn, Zn, Mo, Se) y elementos no esenciales (As, Cd, F, Pb, Hg) (22).

Así mismo regula las concentraciones máximas permitidas de aditivos tipo oligoelementos esenciales en alimentos para animales y en los piensos. También regula el contenido de metales en cereales y diferentes categorías de alimentos procesados, como fórmulas para lactantes, alimentos procesados a

base de cereales y alimentos para bebés y niños pequeños derivados del cacao, alimentos para usos especiales y bebidas. Todo esto con el fin de proteger la seguridad alimentaria, la salud humana, y reducir la contaminación ambiental.

De otro lado da normas para las concentraciones máximas permitidas de contaminantes metálicos (Pb, Cd, Hg y Sn), entre otros tipos de sustancias químicas indeseables. A esto se suma el control de metales en los materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Establece los laboratorios comunitarios de referencia responsables de los controles oficiales y verificación del cumplimiento de productos alimenticios, estableciendo los métodos de muestreo preparación de muestras y métodos analíticos para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, entre otros compuestos químicos. Y también la elaboración del informe e interpretación de resultados. Toda la normativa está en constante actualización (22).

### 1.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Elementos esenciales para las plantas**, son los elementos químicos que la planta toma de su medio ambiente, principalmente de la parte soluble del suelo; los de mayor concentración son denominados macronutrientes (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg y S) y los de menor concentración son llamados micronutrientes (Fe, Mn, B, Cu, Zn, MO, Cl, Ni).

**Micronutrientes**, agrupan a las vitaminas y los minerales, considerados esenciales para el metabolismo enzimático de los seres vivos, a pesar de las pequeñas concentraciones en que son requeridos.

**Absorción atómica** o espectroscopia de absorción atómica- AAS es un método instrumental, que mediante el registra de la absorbancia emitida por la radiación de resonancia de los átomos libres de los elementos, los cuales a altas temperaturas pasan del estado basal a un estado excitado.

## CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 2.1. HIPÓTESIS

**Hi:** La concentración de magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc y cromo en *Unonopsis floribunda* (icoja) recolectada en Nina Rumi, Loreto 2021, no todos superan los límites máximos permitidos para recursos vegetales de uso humano.

### 2.2. VARIABLES DE ESTUDIO

#### 2.2.1. Variables independientes

**Oligoelementos en los órganos de la planta:** Metales requeridos para el buen funcionamiento del vegetal en concentración de trazas *U. floribunda* (icoja).

**Electrolito magnesio en los órganos de la planta:** Metal secundario presente en la especie vegetal *U. floribunda* (icoja)

#### 2.2.2. Operacionalización de variables

Variables Independientes	Definición operacional	Tipo de variable por su naturaleza	Indicador	Escala de medición ppm
Oligoelementos en los órganos de la planta	Concentración de cationes metálicos presentes en la raíz tallo y hojas de <i>U. floribunda</i> (icoja)	Cuantitativa	Presencia de metales: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn,	mg/kg
Electrolito magnesio en los órganos de la planta	Metal tipo electrolito (Mg) presente en la raíz tallo y las hojas <i>U. floribunda</i> (icoja)	Cuantitativa	Presencia de metal: Mg	mg/kg

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

El estudio planteado fue de tipo descriptivo, se cuantificó la concentración de varios elementos esenciales (Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr) en órganos de la especie *U. floribunda* (icoja); con un diseño no experimental, transversal, se midió la concentración de los analitos sin discriminar la especie química del elemento a medir.

### 3.2. DISEÑO MUESTRAL

La población correspondió a los individuos de la especie de flora *U. floribunda* (icoja) localizados en el área de dominio de la investigación y la muestra estuvo constituida por 2 kilos por cada muestra de los órganos: raíz, corteza de tallo y hojas de *U. floribunda* (icoja); las mismas que fueron recolectadas en las inmediaciones de Nina Rumi en un muestreo por conveniencia. Sin embargo, por ser variables numéricas continuas los datos fueron aleatorios. El árbol muestreado fue georreferenciado y se hizo con la ayuda de un equipo de posicionamiento satelital - GPS, en unidades UTM UPS18 M, los resultados se procesaron con la muestra uno (X:0680148, Y: 9575437), la muestra dos (X:0680026, Y: 9575437), muestra tres (X:0680026, Y: 9575433), cuatro (X:0680294, Y: 9575309), cinco (X:0680147, Y: 9575424).

### 3.3. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- a. Con la ayuda de un matero (hombre conocedor de la zona boscosa) y un botánico, se ingresó por los transeptos al bosque aledaños la comunidad de Nina Rumi, en busca de individuos de la especie *U. floribunda* (icoja).
- b. La identificación de la especie recolectada y georeferenciada se realizó con ayuda de la exsicata en el Herbarium Amazonense de la UNAP.
- c. De la muestra seca y pulverizada (raíz, corteza de tallo y hojas) se procesó 0,2 gr por triplicado, extrayéndose el agua residual en estufa de 110°C por 3 horas para eliminar la humedad residual, posteriormente las muestras

fueron reducidas a cenizas en mufla a 550°C x 24 horas, y finalmente se extrajo los analitos de interés sometiendo las cenizas en plato caliente con 10 mL de HCl 6N y 2 lavados con 10 mL de HCl 3N.

- d. Sin discriminar las especies químicas de los elementos elegidos para cuantificar, los analitos fueron quemados en un equipo de absorción atómica, usando como gas de arrastre aire/acetileno temperatura de ionización 3000°C y lámparas de cátodo hueco como señal.

### **3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

La información para obtener la estadística descriptiva fue procesada en Excel y los resultados se presentaron en tablas y gráficos. En el software de SPSS versión 24 se analizó la base de datos, para establecer la relación inter grupo e intragrupo. La interpretación del coeficiente de variabilidad – CV se hizo con los siguientes criterios:

$0 \leq CV \leq 0,1$       variabilidad muy baja

$0,1 < CV \leq 0,25$     variabilidad baja

$0,25 < CV \leq 0,4$     variabilidad moderada

$0,4 < CV \leq 0,5$     variabilidad alta

$CV > 0,5$             variabilidad muy alta

### **3.5. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

La colecta permitió obtener muestras de aproximadamente 2 kg por cada órgano vegetal de la especie en estudio, que es un árbol; por lo que, no representó un peligro que atente contra el árbol muestreado ni mucho menos contra la especie. Los reactivos químicos usados fueron desechados de manera adecuada, como está descrito en los protocolos del laboratorio de química analítica de la universidad, en atención a la protección del medio ambiente.

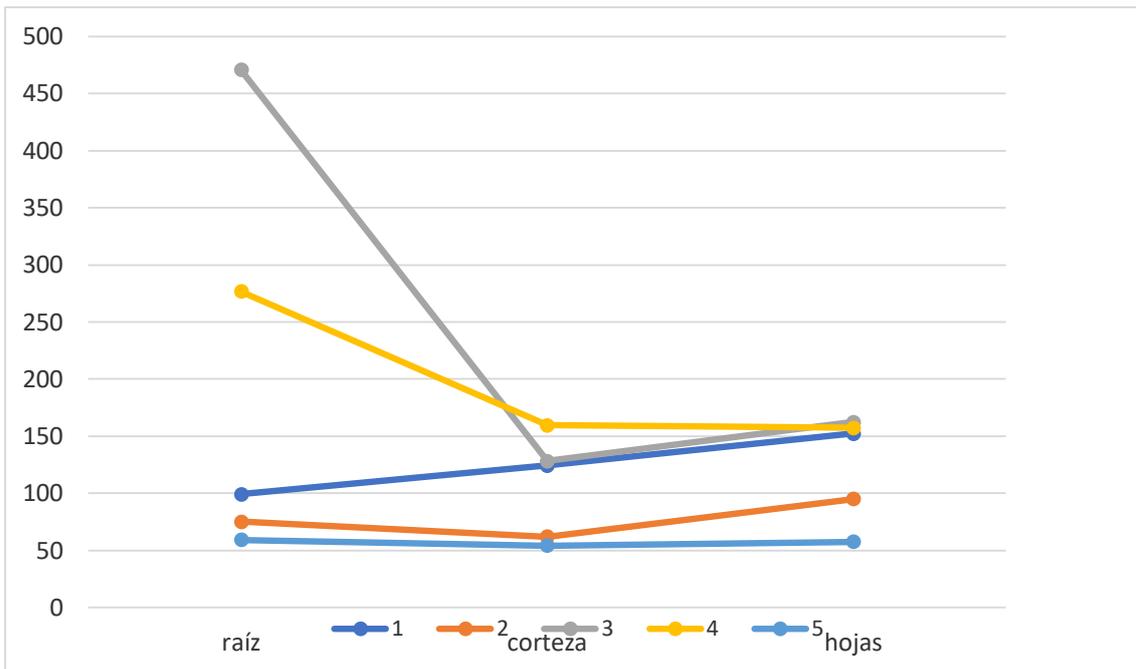
## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### A. Estadística descriptiva

**Tabla 1.** Concentración de Fe en los diferentes órganos de la especie amazónica *Unonopsis floribunda* (icoja).

Árbol	1	2	3	4	5	
<b>Raíz</b>	98,9	77,6	476,3	279,5	61,7	
	96,4	72,8	470,2	273,3	56,7	
	102,7	74,7	465,3	277,1	59,3	
$\bar{x}$	<b>99,21</b>	<b>75,04</b>	<b>470,59</b>	<b>276,63</b>	<b>59,23</b>	<b>196,14</b>
<b>DS</b>	3,21	2,42	5,49	3,11	2,49	176,50
<b>CV</b>	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04	0,90
<b>Corteza</b>	127,5	62,1	131,7	160,7	55,9	
	121,2	58,6	127,8	155,8	48,8	
	124,5	65,6	125,6	162,4	57,6	
$\bar{x}$	<b>124,40</b>	<b>62,11</b>	<b>128,36</b>	<b>159,62</b>	<b>54,10</b>	<b>105,72</b>
<b>DS</b>	3,15	3,50	3,08	3,42	4,67	45,64
<b>CV</b>	0,03	0,06	0,02	0,02	0,09	0,43
<b>Hojas</b>	152,4	91,9	161,8	157,2	59,3	
	148,7	95,2	158,3	161,2	54,7	
	155,6	97,8	167,2	153,7	58,2	
$\bar{x}$	<b>152,24</b>	<b>94,96</b>	<b>162,43</b>	<b>157,35</b>	<b>57,41</b>	<b>124,88</b>
<b>DS</b>	3,45	2,97	4,48	3,75	2,41	46,53
<b>CV</b>	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,37

De acuerdo a la tabla 1, se observa para el hierro que, las repeticiones de cada muestra presentaron una variabilidad muy baja ( $< 0,1$ ); más el promedio de las diferentes muestras de cada órgano, presentaron una variabilidad muy alta ( $CV > 0,5$ ), indicando que, el contenido de los minerales en los árboles muestreados es variada.



**Figura 1.** Gráfico de la concentración promedio de Fe en la raíz, corteza y hojas en los cinco arboles de *U. floribunda* muestreados

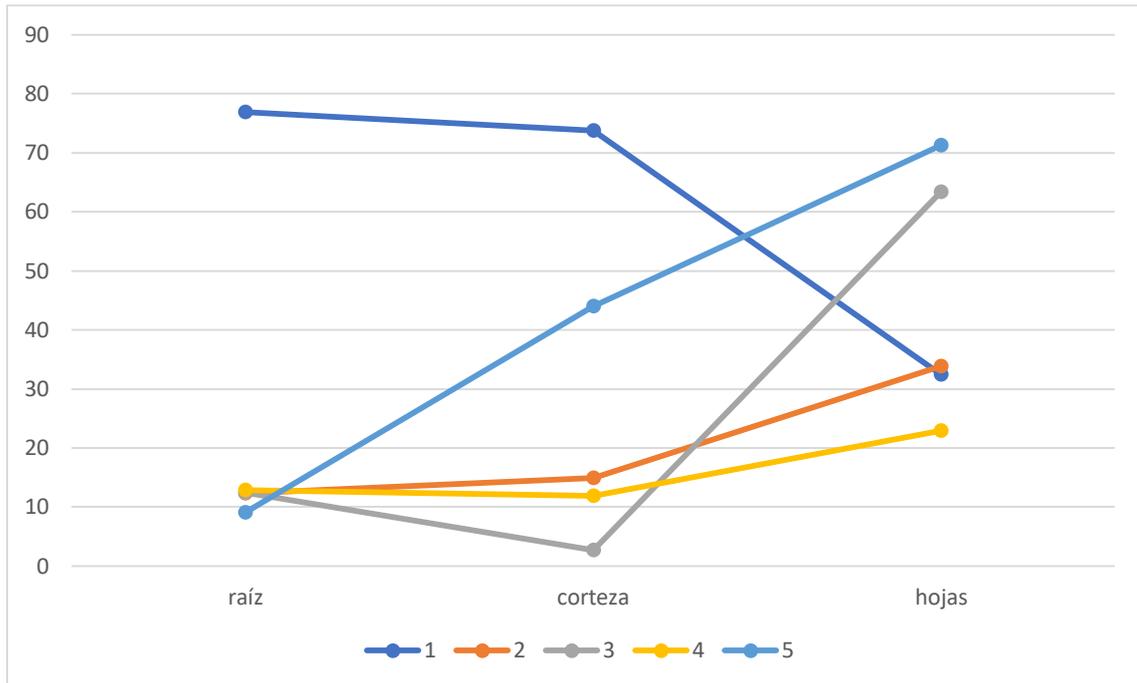
La figura 1, muestra que el árbol 2 y 1 tienen una tendencia similar donde la concentración del Fe es menor en la raíz y mayor en las hojas, contrariamente en los árboles 3 y 4 es al revés y el árbol cinco las concentraciones en los tres órganos analizados son casi iguales.

**Table 2.** Concentración de Mn en los diferentes órganos de la especie amazónica *U. floribunda* (icoja).

Árbol	1	2	3	4	5	
<b>Raíz</b>	79,0	12,7	13,3	16,0	9,2	
	76,3	12,0	11,9	11,5	9,0	
	75,4	12,2	12,1	11,0	8,9	
$\bar{x}$	<b>76,90</b>	<b>12,30</b>	<b>12,43</b>	<b>12,83</b>	<b>9,03</b>	<b>24,70</b>
<b>DS</b>	1,88	0,35	0,76	2,75	0,15	29,22
<b>CV</b>	0,02	0,03	0,06	0,21	0,02	1,18
<b>Corteza</b>	75,3	15,2	2,0	12,8	44,9	
	72,4	14,9	2,8	11,3	44,5	
	73,6	14,6	3,2	11,4	42,7	
$\bar{x}$	<b>73,75</b>	<b>14,91</b>	<b>2,67</b>	<b>11,83</b>	<b>44,03</b>	<b>29,44</b>
<b>DS</b>	1,43	0,31	0,60	0,82	1,17	29,22
<b>CV</b>	0,02	0,02	0,23	0,07	0,03	0,99
<b>Hojas</b>	33,7	35,5	65,5	24,4	72,4	
	31,5	32,4	62,7	21,8	70,8	
	32,2	33,7	61,8	22,7	70,6	
$\bar{x}$	<b>32,46</b>	<b>33,88</b>	<b>63,35</b>	<b>22,97</b>	<b>71,25</b>	<b>44,78</b>
<b>DS</b>	1,12	1,57	1,95	1,33	0,97	21,17
<b>CV</b>	0,03	0,05	0,03	0,06	0,01	0,47

De acuerdo a la tabla 2, se observa para el manganeso que, las repeticiones de cada muestra presentaron una variabilidad muy baja ( $< 0,1$ ); más el promedio de manganeso en las diferentes muestras de cada órgano, presentaron una

variabilidad muy alta ( $CV > 0,5$ ) en raíz y corteza a alta ( $0,4 < CV < 0,5$ ), indicando que, el contenido de los minerales en los árboles muestreados es variada.



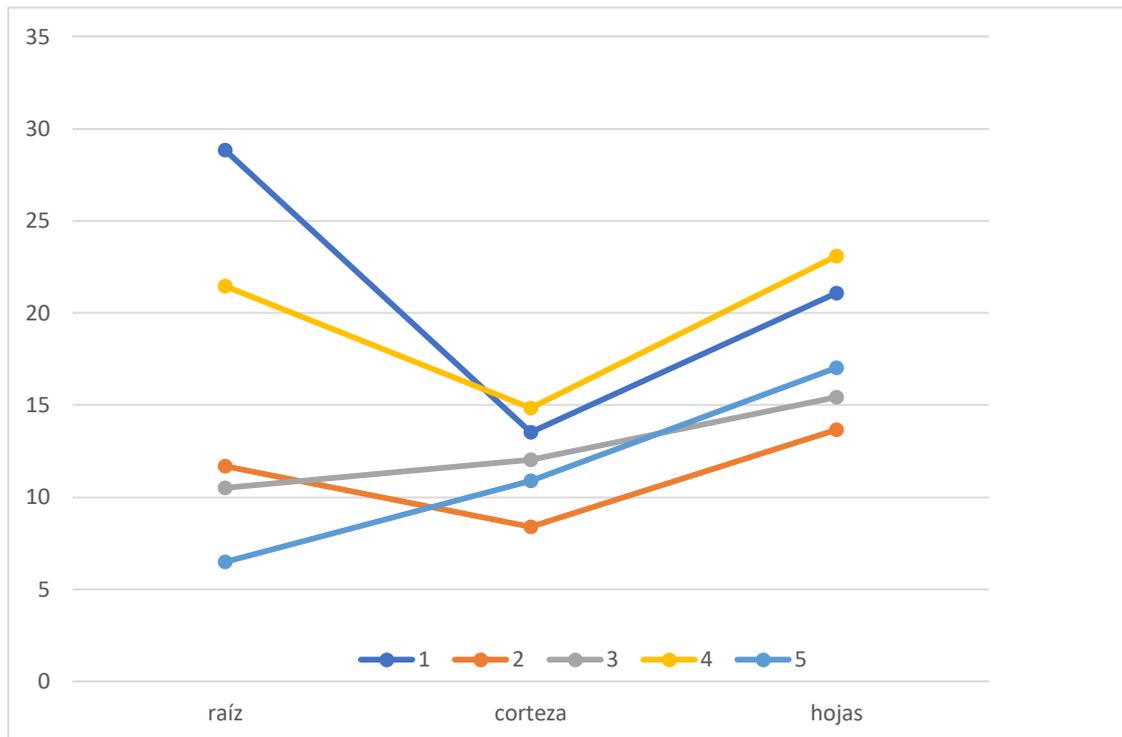
**Figura 2.** Concentración promedio de Mn en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco árboles muestreados.

La figura 2, muestra los promedios del Mn donde en todos los árboles el contenido en la raíz es menor que en las hojas, siendo a la inversa solo en el árbol 1.

**Tabla 3.** Concentración de Zn en los diferentes órganos de la especie amazónica *U. floribunda* (icoja).

Árbol	1	2	3	4	5	
<b>Raíz</b>	29,1	11,9	10,6	21,9	6,4	
	28,5	11,6	10,5	20,7	6,5	
	29,0	11,6	10,4	21,8	6,6	
$\bar{x}$	<b>28,85</b>	<b>11,70</b>	<b>10,50</b>	<b>21,46</b>	<b>6,50</b>	<b>15,80</b>
<b>DS</b>	0,30	0,17	0,09	0,66	0,11	9,14
<b>CV</b>	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,58
<b>Corteza</b>	14,0	8,8	12,3	15,0	10,5	
	13,4	7,9	11,8	14,8	11,2	
	13,2	8,5	12,0	14,7	11,0	
$\bar{x}$	<b>13,53</b>	<b>8,38</b>	<b>12,02</b>	<b>14,82</b>	<b>10,90</b>	<b>11,93</b>
<b>DS</b>	0,42	0,44	0,23	0,13	0,36	2,48
<b>CV</b>	0,03	0,05	0,02	0,01	0,03	0,21
<b>Hojas</b>	21,8	13,6	15,6	23,5	17,2	
	20,0	13,9	15,4	22,8	16,6	
	21,4	13,5	15,3	23,0	17,2	
$\bar{x}$	<b>21,06</b>	<b>13,65</b>	<b>15,43</b>	<b>23,08</b>	<b>17,01</b>	<b>18,05</b>
<b>DS</b>	0,94	0,22	0,14	0,33	0,36	3,93
<b>CV</b>	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,22

De acuerdo a la tabla 3, se observa para el zinc que, las repeticiones de cada muestra presentaron una variabilidad muy baja ( $< 0,1$ ); más el promedio de zinc en las diferentes muestras de cada órgano, presentaron una variabilidad baja ( $0,1 < CV < 0,25$ ) en corteza y hojas a muy alta ( $CV > 0,5$ ) en la raíz, indicando que, el contenido de este mineral en los árboles muestreados es variada.



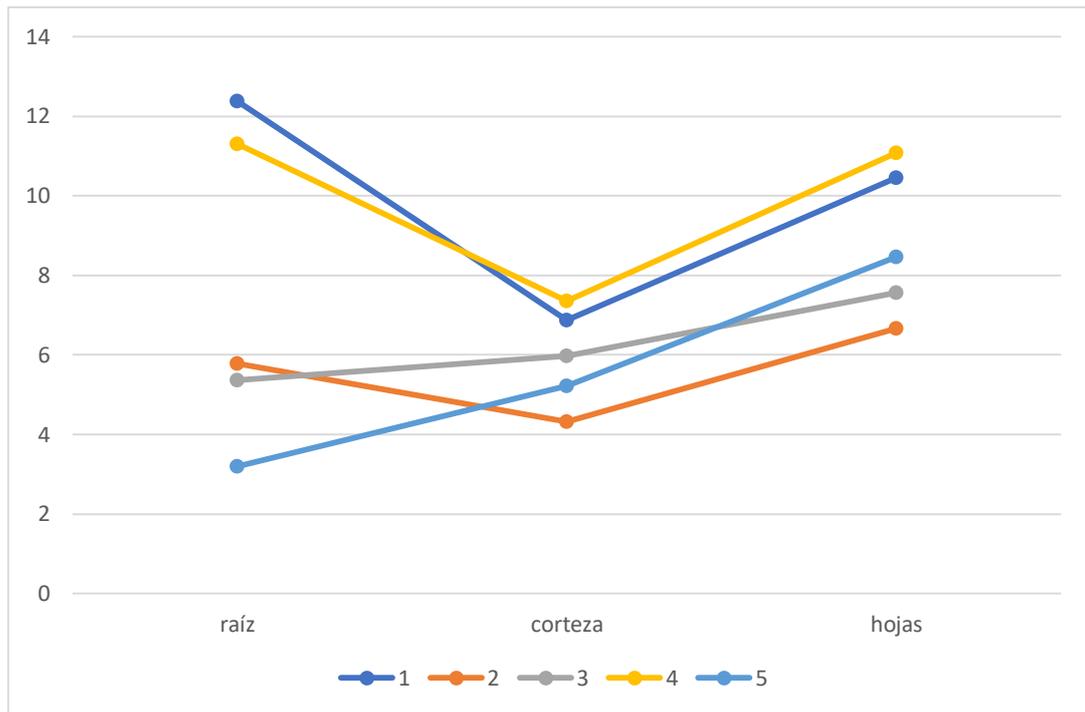
**Figura 3.** Concentración promedio de Zn en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco arboles muestreados.

La figura 3, si bien las concentraciones del Zn son diferentes en los cinco árboles la tendencia es que, a mayor concentración del metal en la raíz la concentración tiende a bajar en las hojas.

**Tabla 4.** Concentración de Cu en los diferentes órganos de la especie amazónica *U. floribunda* (icoja).

Árbol	1	2	3	4	5	
<b>Raíz</b>	14,53	5,95	5,29	11,40	3,19	
	14,00	5,60	5,41	11,00	3,30	
	8,62	5,80	5,40	11,50	3,10	
$\bar{x}$	<b>12,38</b>	<b>5,78</b>	<b>5,37</b>	<b>11,30</b>	<b>3,20</b>	<b>7,61</b>
<b>DS</b>	3,27	0,18	0,06	0,26	0,10	4,01
<b>CV</b>	0,26	0,03	0,01	0,02	0,03	0,53
<b>Corteza</b>	7,00	4,38	6,13	7,48	5,25	
	6,80	4,20	6,00	7,40	5,20	
	6,80	4,40	5,80	7,20	5,20	
$\bar{x}$	<b>6,87</b>	<b>4,33</b>	<b>5,98</b>	<b>7,36</b>	<b>5,22</b>	<b>5,95</b>
<b>DS</b>	0,12	0,11	0,16	0,14	0,03	1,23
<b>CV</b>	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,21
<b>Hojas</b>	10,89	6,78	7,79	11,73	8,62	
	10,20	6,40	7,50	10,90	8,40	
	10,30	6,80	7,40	10,60	8,40	
$\bar{x}$	<b>10,46</b>	<b>6,66</b>	<b>7,56</b>	<b>11,08</b>	<b>8,47</b>	<b>8,85</b>
<b>DS</b>	0,38	0,23	0,20	0,58	0,13	1,88
<b>CV</b>	0,04	0,03	0,03	0,05	0,01	0,21

De acuerdo a la tabla 4, se observa para el cobre que, las repeticiones de cada muestra presentaron una variabilidad muy baja ( $< 0,1$ ); más el promedio de cobre en las diferentes muestras de cada órgano, presentaron una variabilidad baja ( $0,1 < CV < 0,25$ ) en corteza y hojas a muy alta ( $CV > 0,5$ ) en la raíz, indicando que, el contenido de este mineral en los árboles muestreados es variada.



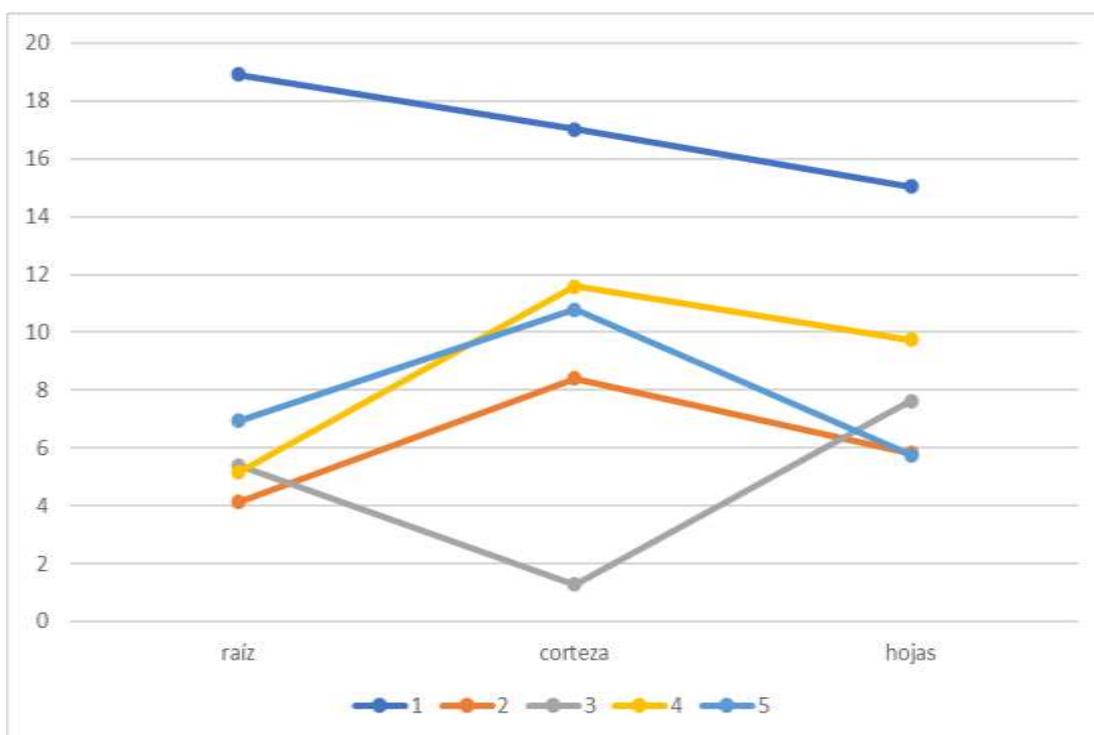
**Figura 4.** Concentración promedio de Cu en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco arboles muestreados.

La figura 4, muestra que las concentraciones promedio del Cu, del árbol 2 al 4 conservan la misma tendencia de comportamiento de los niveles de concentración del metal, siendo de menor a mayor de la raíz a la hoja, mientras que su comportamiento en el árbol 1 fue a la inversa.

**Tabla 5.** Concentración de Cr en los diferentes órganos de la especie amazónica *U. floribunda* (icoja).

Árbol	1	2	3	4	5	
<b>Raíz</b>	19,3	4,3	5,5	5,9	6,9	
	18,5	4,0	5,4	4,8	6,9	
	19,0	4,1	5,3	4,8	7,0	
$\bar{x}$	<b>18,92</b>	<b>4,13</b>	<b>5,40</b>	<b>5,15</b>	<b>6,94</b>	<b>8,11</b>
<b>DS</b>	0,38	0,15	0,11	0,61	0,05	6,13
<b>CV</b>	0,02	0,04	0,02	0,12	0,01	0,76
<b>Corteza</b>	17,5	8,3	1,3	12,0	10,8	
	16,7	8,4	1,2	11,3	10,7	
	16,9	8,5	1,3	11,5	10,9	
$\bar{x}$	<b>17,03</b>	<b>8,40</b>	<b>1,27</b>	<b>11,60</b>	<b>10,79</b>	<b>9,82</b>
<b>DS</b>	0,42	0,09	0,06	0,35	0,10	5,73
<b>CV</b>	0,02	0,01	0,05	0,03	0,01	0,58
<b>Hojas</b>	15,3	5,7	7,7	9,9	5,8	
	14,8	5,9	7,5	9,6	5,7	
	15,0	5,9	7,7	9,7	5,8	
$\bar{x}$	<b>15,04</b>	<b>5,83</b>	<b>7,63</b>	<b>9,73</b>	<b>5,76</b>	<b>8,80</b>
<b>DS</b>	0,26	0,12	0,12	0,15	0,05	3,85
<b>CV</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,44

De acuerdo a la tabla 5, se observa para el cromo que, las repeticiones de cada muestra presentaron una variabilidad muy baja ( $< 0,1$ ); más el promedio de cromo en las diferentes muestras de cada órgano, presentaron una variabilidad alta ( $0,4 < CV \leq 0,5$ ) en hojas a muy alta ( $CV > 0,5$ ) en la corteza y raíz, indicando que, el contenido de este mineral en los árboles muestreados es variada.



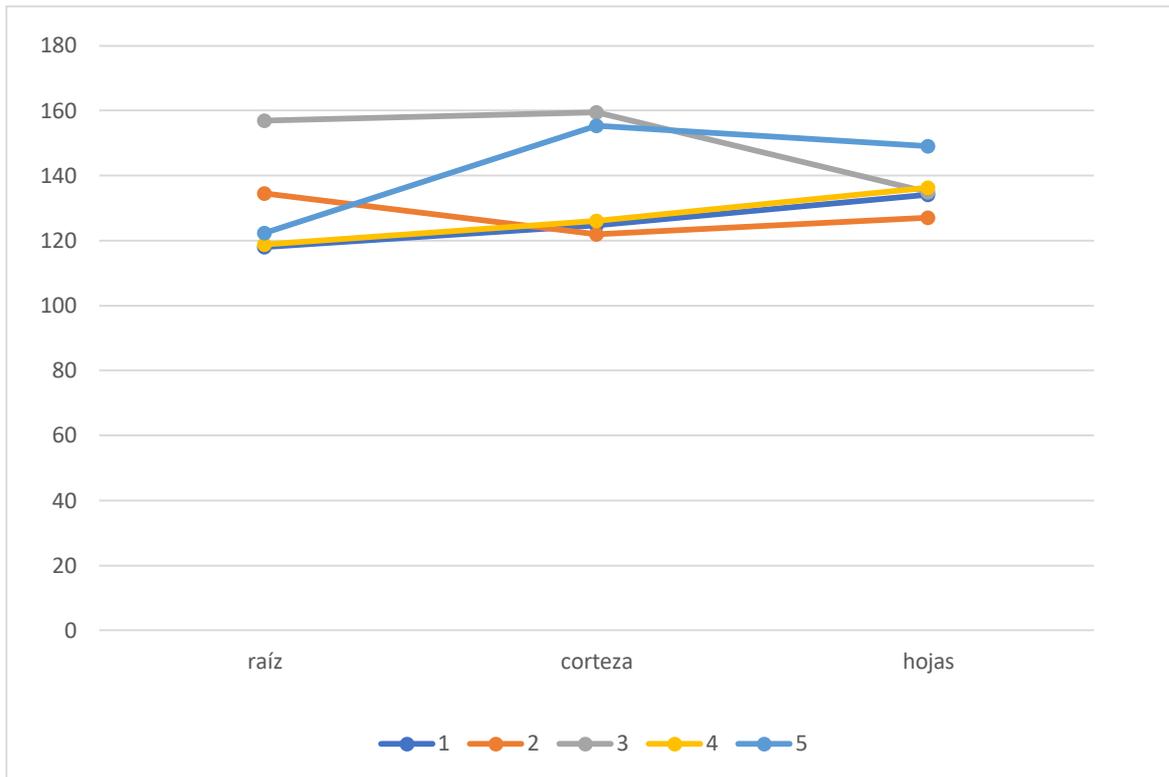
**Figura 5.** Concentración promedio de Cr en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco arboles muestreados.

La figura 5, muestra que las concentraciones promedio del Cr, siendo en los árboles 2, 4 y 5 la concentración mayor en la corteza, mientras que en el árbol 3 es la concentración más baja y la tendencia en el árbol 1 va de mayor a menor de la raíz a la hoja.

**Tabla 6.** Concentración de Mg en los diferentes órganos de la especie amazónica *U. floribunda* (icoja).

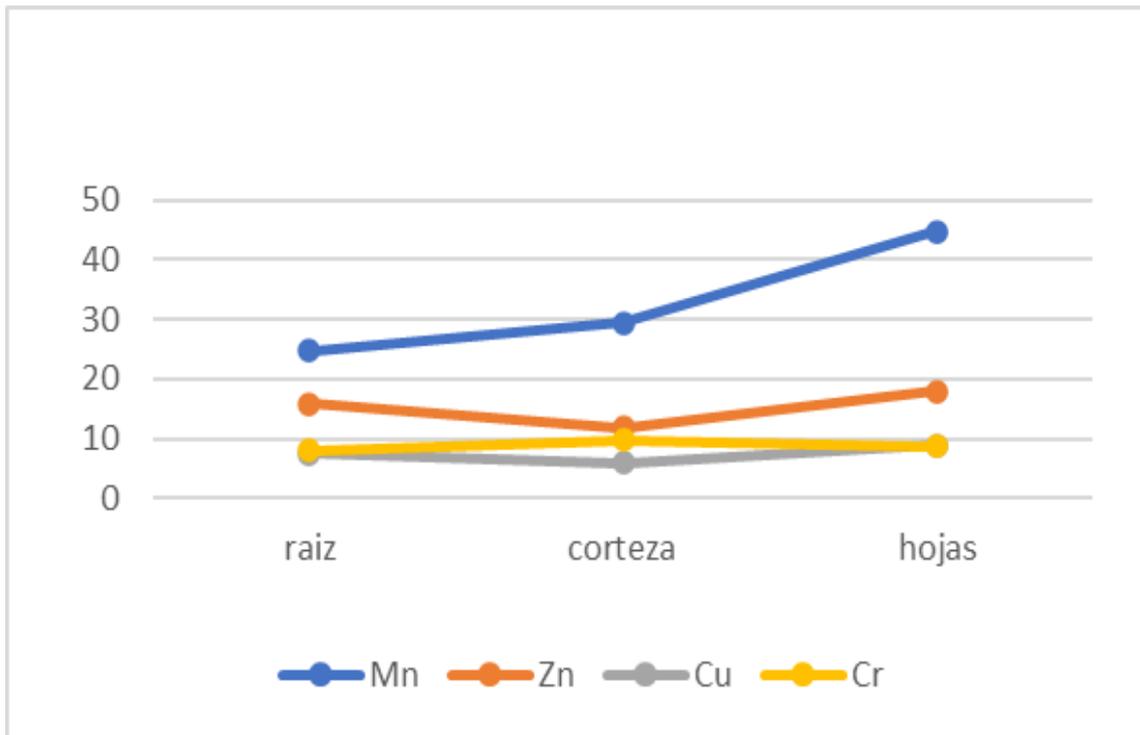
Árbol	1	2	3	4	5	
<b>Raíz</b>	122,0	135,9	158,1	122,1	122,6	
	115,9	134,6	157,2	117,2	119,7	
	116,4	133,2	155,7	117,2	124,9	
$\bar{x}$	<b>118,09</b>	<b>134,56</b>	<b>157,00</b>	<b>118,82</b>	<b>122,41</b>	<b>130,18</b>
<b>DS</b>	3,37	1,34	1,22	2,81	2,61	16,39
<b>CV</b>	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,13
<b>Corteza</b>	129,3	123,3	162,3	127,7	156,4	
	120,3	120,1	158,5	125,6	154,8	
	124,6	122,2	157,6	124,8	155,2	
$\bar{x}$	<b>124,74</b>	<b>121,86</b>	<b>159,47</b>	<b>126,02</b>	<b>155,45</b>	<b>137,51</b>
<b>DS</b>	4,51	1,62	2,50	1,48	0,81	18,33
<b>CV</b>	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,13
<b>Hojas</b>	135,3	129,3	138,8	138,3	150,7	
	135,9	125,5	131,3	134,7	147,5	
	131,2	126,6	134,6	136,1	149,2	
$\bar{x}$	<b>134,13</b>	<b>127,14</b>	<b>134,89</b>	<b>136,35</b>	<b>149,13</b>	<b>136,33</b>
<b>DS</b>	2,55	1,97	3,75	1,79	1,59	7,99
<b>CV</b>	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,06

De acuerdo a la tabla 6, se observa para el magnesio que, las repeticiones de cada muestra presentaron una variabilidad muy baja ( $< 0,1$ ); más el promedio de magnesio en las diferentes muestras de cada órgano, presentaron una variabilidad baja ( $0,1 < CV \leq 0,25$ ) en la corteza y muy baja ( $0 \leq CV \leq 0,1$ ) en la raíz y las hojas; indicando que, el contenido de este mineral en los árboles muestreados no es muy variada.

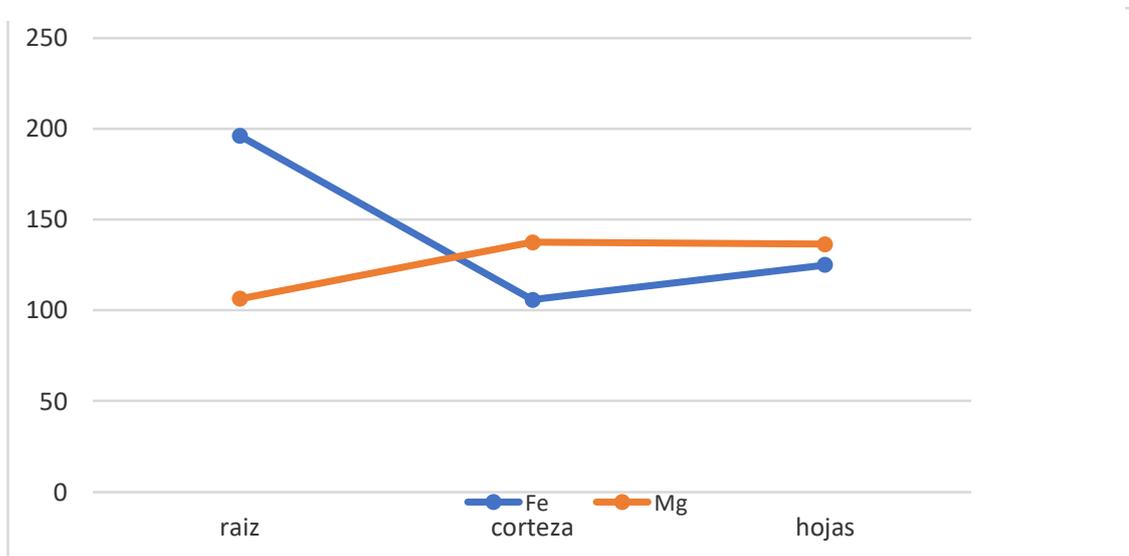


**Figura 6.** Promedio de Mg en la raíz, corteza y hojas en cada uno de los cinco árboles muestreados.

En la tabla 6 y figura 6 se aprecia que, el Mg tiene un contenido muy semejante en los tres órganos de los cinco árboles muestreados.



**Figura 7.** Concentración promedio de los metales Mn, Zn, Cu, Cr de los cinco árboles.



**Figura 8.** Concentración promedio de los metales Fe y Mg de los cinco árboles.

**Tabla 7.** Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

Metal	Árbol	Estadístico	Gl	Sig.
Fe	1	,999	3	,942
	2	,985	3	,767
	3	,824	3	,173
	4	,764	3	,032
	5	,973	3	,683
Mn	1	,803	3	,121
	2	,839	3	,212
	3	,867	3	,287
	4	,817	3	,155
	5	,995	3	,862
Zn	1	1,000	3	,981
	2	,978	3	,715
	3	,953	3	,584
	4	,890	3	,355
	5	,991	3	,821
Cu	1	,970	3	,669
	2	,980	3	,732
	3	,939	3	,522
	4	,792	3	,095
	5	,982	3	,744
Cr	1	1,000	3	,972
	2	,986	3	,776
	3	,971	3	,674
	4	,944	3	,545
	5	,914	3	,432
Mg	1	,990	3	,812
	2	,991	3	,815
	3	,825	3	,175
	4	,989	3	,804
	5	,887	3	,346

De acuerdo a la tabla 7, algunos datos que están por encima de 0,05 indica que los valores de la variable tienen un comportamiento normal.

**Tabla 8.** Prueba de homogeneidad de varianzas

Metal	Estadístico	gl1	gl2	Sig.
Fe	10,212	4	10	,001
Mn	2,188	4	10	,144
Zn	,874	4	10	,512
Cu	1,115	4	10	,402
Cr	,483	4	10	,748
Mg	1,823	4	10	,201

Las varianzas de las medias presentaron una significancia  $> 0,05$  por lo tanto se acepta que las medias son iguales, excepto en el caso del Fe.

Prueba de Hipótesis para análisis de varianza con el estadístico F donde:

**H<sub>0</sub>:** Los promedios de los cationes metálicos analizados en los tres órganos de la especie *Unonopsis floribunda* (icoja), de los árboles estudiados son iguales, con 95% de confiabilidad y 5% de significancia.

**H<sub>1</sub>:** Los promedios de cada catión metálico analizado en los tres órganos de la especie *Unonopsis floribunda* (icoja) en al menos uno de los árboles estudiados es diferente.

**Tabla 9.** Prueba de ANOVA de un factor

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Mn Inter grupos	4071,134	4	1017,784	1,801	,205
Intra grupos	5652,471	10	565,247		
Total	9723,605	14			
Zn Inter grupos	277,360	4	69,340	2,909	,078
Intra grupos	238,341	10	23,834		
Total	515,701	14			
Cu Inter grupos	60,516	4	15,129	3,369	,054
Intra grupos	44,910	10	4,491		
Total	105,427	14			
Cr Inter grupos	274,556	4	68,639	9,344	,002
Intra grupos	73,462	10	7,346		
Total	348,018	14			
Mg Inter grupos	1480,253	4	370,063	2,745	,089
Intra grupos	1348,141	10	134,814		
Total	2828,394	14			

En la tabla 9, en el caso del Cr de acuerdo a la significancia que es menor a 0,05 se rechaza la  $H_0$  y se acepta que las varianzas de las medias son diferentes. En el caso de los otros metales por la significancia mayor 0,05 no se puede rechazar la  $H_0$  por lo tanto se asume que no existe diferencia en los grupos es decir son iguales.

**Tabla 10.** Resultado de las comparaciones múltiples con la prueba post hoc HSD Tukey, que resultaron significativas con un intervalo de confianza de 0,95%.

V. dependiente	(I) árbol	(J) árbol	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Límite inferior	Límite superior	
Cr	HSD Tukey	Árbol 1	2	10,87667*	2,21302	,004	3,5934	18,1599
		3	12,23000*	2,21302	,002	4,9468	19,5132	
		4	8,17000*	2,21302	,027	,8868	15,4532	
		5	9,16667*	2,21302	,013	1,8834	16,4499	

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

En la tabla 10 solo se presenta el metal Cr que es el único catión que presenta diferencia significativa en el árbol 1, en relación con los demás árboles de acuerdo a la prueba de Tukey.

**Tabla 11.** Pruebas post hoc HSD Tukey a con un subconjunto homogéneo para un alfa = 0,05.

Metal	Subconjunto 1		
	Árbol	N	
Fe	5	3	56,9133
	2	3	77,3700
	1	3	125,3367
	4	3	197,8667
	3	3	253,7933
	Sig.		,132
Mn	4	3	15,8767
	2	3	20,3633
	3	3	26,1500
	5	3	41,4367
	1	3	61,0367
	Sig.		,214
Cu	2	3	5,5900
	5	3	5,6300
	3	3	6,3033
	1	3	9,9033
	4	3	9,9133

	Sig.		,167
Zn	2	3	11,2433
	5	3	11,4700
	3	3	12,6500
	4	3	19,7867
	1	3	21,1467
	Sig.		,170
Mg	1	3	125,6533
	4	3	127,0633
	2	3	127,8533
	5	3	142,3300
	3	3	150,4533
	Sig.		,140

De acuerdo a la tabla 11, solo se formó un subgrupo con los promedios similares por lo tanto no hay diferencia entre las medias.

**Tabla 12.** Pruebas post hoc HSD Tukey a con dos subconjuntos homogéneos para un alfa = 0,05.

Metal	Árbol	N	Subconjunto 1	Subconjunto 2
Cr	3	3	4,7667	
	2	3	6,1200	
	5	3	7,8300	
	4	3	8,8267	
	1	3		16,9967
	Sig.		,407	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000

De acuerdo a la tabla 12, se formaron dos subconjuntos, en cada subgrupo se aprecia los promedios similares y las diferencias se dan entre los subgrupos que se formaron.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los metales pesados al estar en su forma biodisponibilidad para los vegetales en la fracción soluble de forma persistente pasan a la cadena trófica y causar toxicidad y bioacumularse. Más los metales pesados esenciales son requeridos por el vegetal para crecer y completar su ciclo en un nivel óptimo que depende de cada especie.

El Fe es muy importante para la vida del vegetal, por lo que es determinante la cuantificación de su concentración en cada órgano. En la raíz su concentración depende del contenido en el suelo, siendo muy alta en la raíz 3 y 4; pero al llegar a la corteza y las hojas su concentración tiene una menor variabilidad entre los diferentes árboles analizados y es sabido que, es en los órganos verdes donde se desarrolla la mayor actividad metabólica (tabla 1 y figura 1). Ababneh y col. reportó un rango promedio de 6,2 a 1 477 mg / kg en hierbas medicinales y los valores encontrados en *U. floribunda* fueron 54 a 470,6 mg / kg; por lo que solo llegan a un tercio de este rango de concentración (9).

El comportamiento de los niveles del Mn en los diferentes órganos se aprecia en mayor concentración en las hojas que en los otros dos órganos analizados, excepto en el árbol 1 donde se muestra con un comportamiento contrario, donde la concentración en la raíz es mucho más alta que en los otros cuatro árboles donde la concentración en este órgano es muy parecida; pero luego desciende ligeramente en la corteza y en pleno declive en las hojas, para alcanzar una concentración parecida a las hojas de los demás árboles (tabla 2 y figura 2). Este metal al igual que el Fe son los oligoelementos que la planta requiere en mayor concentración. Según Ababneh y col. reportó contenido de Mn en plantas medicinales entre 1,8 a 715 mg / kg (9); mientras que los valores encontrados en *U. floribunda* están por debajo del 10% de este valor (9,0 a 76,9 mg / kg).

El micronutriente Zn en los cinco árboles (tabla 3 y figura 3) tiene un comportamiento bastante parecido partiendo de las raíces en su mayoría hace un declive, para luego ascender la concentración en las hojas, casi en todas por encima de la raíz, lugar donde al parecer es requerido. Según Ababneh y col. la media que reportó para Zn fue de 45,8 mg / kg (9), y el valor máximo encontrado

en *U. floribunda* (6,5 a 28,9 mg / kg) está por debajo de este promedio calculado a partir de una gama de casi una decena de hierbas que se suelen consumir en infusiones.

El Cu (tabla 4 y figura 4) tiene un comportamiento muy semejante al Zn, pero las concentraciones en este metal tienen mucho mayor amplitud. Ababneh y col. reportaron como concentración promedio para el Cu 12,0 mg / kg en las hierbas medicinales (9), siendo el valor máximo encontrado en *U. floribunda* (3,20 11,30 mg / kg) muy cercano a este promedio.

El Cr no es un elemento esencial para los vegetales, pero si es un micronutriente para los animales y el hombre. El contenido de Cr en *U. floribunda* (icoja) marca una tendencia en cuatro de los árboles a concentrarse en la corteza más que en las hojas (tabla 5 y figura 5). Es en los órganos verdes donde se lleva a cabo la mayor actividad bioquímica; por lo que su mayor presencia en la corteza tal vez represente su acumulación e inmovilización para que no interfiera con la actividad fisiológica, bioquímica y orgánica de la planta. Ababneh y col. reportaron valores para el Cr de <0,03 a 9,43 mg / kg, en este estudio sobre *U. floribunda* los valores encontrados resultaron casi el doble (entre 4,3 a 18,92 mg / kg).

El Mg es un metal muy requerido por los seres vivos y es un metal esencial estructuralmente, un electrolito; así como un cofactor importante en diferentes rutas metabólicas, tal vez en los diferentes órganos de la especie *U. floribunda* (tabla 6 y figura 6) y se encontró en un rango de concentraciones de

Las concentraciones promedio de los cinco árboles muestran que las concentraciones del Cr = Cu < Zn < Mn, van por debajo de 50 mg / Kg en su nivel de concentración promedio de los cinco árboles. Y en los tres órganos analizados la concentración tiende a ser casi horizontal con muy poca pendiente a favor de la parte foliar (figura 7 y 8).

El Mg y el Fe están en promedio de los cinco árboles en mayor cantidad, si bien al parecer la cantidad de Fe absorbida es casi el doble que la del Mg (figura 7 y 8), Sin embargo, desciende por debajo del Mg en la corteza y en las hojas, siendo

finalmente el Mg el más abundante de los elementos analizados en la especie *U. floribunda*, ubicado como un elemento secundario.

El análisis descriptivo nos muestra una aproximación si se quiere entender así del contenido de metales en la raíz, corteza y hojas de la especie *U. floribunda*. Por lo que fue necesario el análisis de la variabilidad de los promedios de los diferentes árboles muestreados. Para aplicar la prueba de ANOVA de un factor es necesario conocer si la distribución de los promedios tiene un comportamiento normal (tabla 7) y si las varianzas son homogéneas (tabla 8).

De acuerdo a la prueba de Shapiro – Wilk la significancia es  $> 0,05$  por lo que se acepta que los promedios de los metales en los tres órganos tienen una distribución normal. Por otro lado, las varianzas de las medias tienen una significancia  $> 0,05$  lo que indica que las medias son homogéneas. Al aplicar la prueba de ANOVA de un factor se demostró que no hay diferencia significativa inter grupos e intra grupos (con un nivel de significancia =  $0,05$ ) en el contenido de los metales Mn, Zn, Cu y Mg, no así en el Cr que resultaron diferentes.

La prueba post hot HSD Tukey, permitió identificar para el Cr que hay una relación entre el árbol 1 y los otros cuatro árboles muestreados y analizados. Esta prueba mostro que para los metales de Fe, Mn, Cu, Zn y Mg hay solo un subconjunto homogéneo para un alfa =  $0,05$ . Mientras que para el Cr muestra dos subconjuntos homogéneos.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES**

La concentración de los oligoelementos manganeso, zinc y cobre se encuentra en una concentración aceptables para especies medicinales y las concentraciones no difieren significativa entre los árboles analizados.

En el caso del cromo que es un metal pesado no es esencial para el vegetal, su concentración se encontró por encima del promedio del encontrado en hierbas medicinales y las concentraciones promedio difieren entre los diferentes árboles.

La concentración del hierro fue mayor a la de los demás oligoelementos, porque cumple una gran actividad estructural, fisiológica y bioquímica en los vegetales, pero su concentración está dentro del rango encontrado en hierbas medicinales y el promedio de las concentraciones no difieren significativa entre los árboles.

El magnesio que es un elemento secundario en los seres vivos se encontró en mayor cantidad que los demás elementos metálicos analizados, sin que estos niveles sean excesivos y los promedios en los cinco árboles fueron muy semejantes.

## **CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES**

La preservación ecológica del medio ambiente es la gran prioridad del mundo global, por lo que, la vigilancia del comportamiento de los metales en especial de los pesados requiere de una determinación periódica tanto en el ecosistema como en las especies de flora y fauna.

Al encontrarse niveles de cromo un poco elevados es pertinente hacer otros análisis sobre las especies químicas y estudios de posibles contribuyentes de este contaminante al medio ambiente.

## CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brima E. Toxic elements in different medicinal plants and the impact on human health. *International journal of environmental research and public health*. 2017 octubre; 14(1209).
2. Abugassa O, Bashir AT, Doubali K, Etwir R, Abu-Enawel M, Abugassa SO. Characterization of trace elements in medicinal herbs by instrumental neutron activation analysis. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*. 2008; 278(3): p. 559-563.
3. Sosa-Amay FE. Evaluación de metales pesados en recursos terapéuticos vegetales de la ciudad de Iquitos. Tesis. Iquitos: Universidad Nacional de Trujillo, Sección de Postgrado en Ingeniería Química; 2016.
4. Mass Horna W, Campanera Reig M. Árboles medicinales Iquitos; 2011.
5. Vasquez W. Características Agronomicas, Potencial y Uso de Plantas Medicinales en las Comunidades de Mohena Caño, Ullpa Caño (Zonas Inundables) Rio Itaya. TESIS. 2010: p. 96.
6. Medina R. Etnobotanica Cuantitativa de las plantas medicinales de la comunidad nativa nuevo Saposoa, Provincia Coronel Portillo, Ucayali-Peru. TESIS. 2018: p. 144.
7. Vasquez S. Evaluación del uso e impacto de especies de flora utilizadas en medicina tradicional en la ciudad de Tanshiyacu, Loreto, Peru 2014. Tesis. 2016: p. 66.
8. Hossen L, Abedin J, Akter S. Pixe for elemental analysis of domestic medicinal plants in bangladesh. *Internacional journal of recent advances in physics*. 2016 November; 5(3/4).
9. Ababneh FA. The Hazard Content of Cadmium, Lead, and Other Trace Elements in Some Medicinal Herbs and Their Water Infusions. *International Journal of Analytical Chemistry*. 2017.
10. Pinedo M, Rengifo E, Cerruti T. Plantas medicinales de la Amazonia Peruana Iquitos; 1997.
11. Da Silva FMA, de Souza ADL, Koolen HHF, Barison A, Vendramin ME, Costa EV. Phytochemical Study of the Alkaloidal Fractions of *Unonopsis duckei* R. E. Fr. Guided by Electrospray Ionisation Ion-trap Tandem Electrospray Ionisation Ion-trap Tande. *Phytochem. Anal.* 2014; 25(45-49).

12. Herrera Ruiz ML, Vela Amasifuen NN. Caracterización fitoquímica y parámetros fisicoquímicos de hoja, corteza y raíz de *Unonopsis floribunda* Diels (icoja) año 2016. Tesis. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.
13. Ramírez Hernández J, Bonete MJ y Martínez-Espinosa RM. Propuesta de una nueva clasificación de los oligoelementos para su aplicación en nutrición,
14. Oligoterapia, y otras estrategias terapéuticas. *Nutrición hospitalaria*. 2015; 31(3): p. 1020-1033.
15. Hernandez Triana M. Recomendaciones nutricionales para el ser humano. Actualización. *Rev,cubana invest biomed*. 2004; 23(4): p. 266-92.
16. De Gandarias JM, Sabino EN, Gonzáles JA, Azkuna JI, Fernández MC. *Nutrición. Minerales y oligoelementos España*; 2008-2009.
17. Universidad Nacional de Piura. Departamento Académico de Ciencias y Tecnologías. Dokumen. [tips/documents/seminario-4-oligoelementos](https://dokumen.tips/documents/seminario-4-oligoelementos). [Online]. [cited 2020 marzo 01. Available from: HYPERLINK "https://dokumen.tips/documents/seminario-4-oligoelementos.html"]
18. Licata M. [Zonadiet.com/nutrición](https://www.zonadiet.com/nutricion/manganeso.htm). [Online]. [cited 2020 marzo 01. Available from: HYPERLINK "https://www.zonadiet.com/nutricion/manganeso.htm"]
19. Olafisoye O, Ojelade OaOO. Trace Elements and Antioxidants in Some Medicinal Plants. *Research and reviews in biosciencias*. 2017; 11(3): p. 111.
20. Reyes YC, Vergara I, Torres OE, Díaz M, González EE. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 2016 julio-diciembre; 16(2): p. 68-77.
21. Locatelli C, Melucci D, Laocatelli M. Toxic metals in herbal medicines. A review. *Current Bioactive Compounds*. 2014 august 01; 10: p. 181-188.
22. Hejna, M., Gottardo, D., Baldi, A., Cheli, F., Zaninelli, M., & Rossi, L. (2018). Review: Nutritional ecology of heavy metals. 12(10), 2156-2170. doi:10.1017/S175173111700355X.

## ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de variables

<b>Variabes de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Tipo de variable por su naturaleza</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de medición ppm (VMP)</b>
Oligoelementos en los órganos de la planta	Metales requeridos por el vegetal en concentración de trazas <i>U. floribunda</i> (icoja)	Concentración de oligoelementos presentes en la raíz tallo y hojas de <i>U. floribunda</i> (icoja)	Cuantitativa	Presencia de metales: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn,	mg/kg ug/kg
Electrolito magnesio en los órganos de la planta	Metal secundario presente en la especie vegetal <i>U. floribunda</i> (icoja)	Metal tipo electrolito presente en la raíz tallo y las hojas <i>U. floribunda</i> (icoja)	Cuantitativa	Presencia de metal: Mg	mg/kg

## Anexo 2. Certificado de la especie botánica



Centro de Investigación de  
Recursos Naturales  
Herbarium Amazonense - AMAZ

INSTITUCION CIENTIFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO  
CODIGO DE AUTORTIZACION AUT-ICND-2017-005

### CONSTANCIA

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

### HACE CONSTAR:

Que, la muestra botánica presentado por **KENYER RAUL GABRIEL ZEVALLOS FACHIN**, Bachiller de la Escuela de Formación Profesional de Farmacia y Bioquímica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, pertenece a la tesis titulado: "DETERMINACION DE METALES ESENCIALES EN *Unonopsis floribunda* (ICOJA) DE USO ETNOMEDICINAL POR POBLADORES DE NINA RUMI Y PUERTO ALMENDRA, LORETO-PERU"; han sido DETERMINADAS en este Centro de Investigación y Enseñanza, Herbarium Amazonense-AMAZ, del Centro de Investigación de Recursos Naturales de la UNAP-CIRNA-UNAP, como se indica a continuación:

Código AMAZ	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN
023441	ANNONACEAE	<i>Unonopsis floribunda</i> Diels	"Icoja"

Se expide la presente constancia al interesado, para los fines que estime conveniente.

Atentamente,

Iquitos, 20 de mayo del 2021

  
**Richard J. Huancanca Acostupa**  
Coordinador Herbarium Amazonense

