



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**DOCTORADO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA
AMAZÓNICA**

TESIS

**CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL SUELO Y SU RELACIÓN CON
EL CONTENIDO EN *Manihot esculenta* (YUCA) CULTIVADA DE LA
ZONA DE PUERTO ALMENDRA NINA RUMI, LORETO**

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

PRESENTADO POR: CARLOS ENRIQUE CALLOPAZA VALLADARES

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

BLGO. ALBERTO GARCÍA RUÍZ, DR.

IQUITOS, PERÚ

2022



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**DOCTORADO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA
AMAZÓNICA**

TESIS

**CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL SUELO Y SU RELACIÓN CON
EL CONTENIDO EN *Manihot esculenta* (YUCA) CULTIVADA DE LA
ZONA DE PUERTO ALMENDRA NINA RUMI, LORETO**

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

PRESENTADO POR: CARLOS ENRIQUE CALLOPAZA VALLADARES

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

BLGO. ALBERTO GARCÍA RUÍZ, DR.

IQUITOS, PERÚ

2022



UNAP

Escuela de Postgrado "JOSÉ TORRES VÁSQUEZ"
Oficina de Asuntos Académicos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
05-2022-OAA-EPG-UNAP

Con **Resolución Directoral N°0071-2022-EPG-UNAP**, se autoriza la sustentación de la Tesis denominada: "CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO EN *Manihot esculenta* (YUCA) CULTIVADA DE LA ZONA DE PUERTO ALMENDRA NINA RUMI, LORETO", teniendo como jurados a los siguientes profesionales:

BLGO. ROBERTO PEZO DIAZ, DR.	PRESIDENTE
BLGO. LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, DR.	MIEMBRO
ING. Q. REYNA GLADYS CÁRDENAS VDA. DE REATEGUI, DRA.	MIEMBRO
Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, DRA.	ASESORA
BLGO. ALBERTO GARCÍA RUIZ, DR.	ASESOR

A los veintiocho días del mes de enero del 2022, a las 11:00 a.m, en la modalidad virtual zoom institucional-EPG de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se constituyó el Jurado Evaluador y dictaminador, para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis denominada: "CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO EN *Manihot esculenta* (YUCA) CULTIVADA DE LA ZONA DE PUERTO ALMENDRA NINA RUMI, LORETO" presentado por el señor CARLOS ENRIQUE CALLOPAZA VALLADARES, como requisito para obtener 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 Amazonía Peruana.

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

abueellas satisfactoriamente

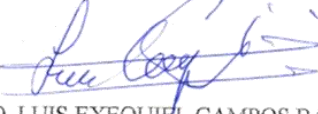
El Jurado, después de la deliberación correspondiente en privado, llegó a las siguientes conclusiones, la sustentación es:

- Aprobado como: a) Excelente () b) Muy bueno (x) c) Bueno ()
- Desaprobado: ()

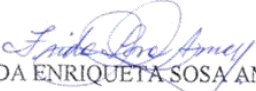
Observaciones :

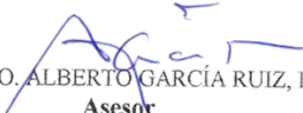
A Continuación, el Presidente del Jurado, da por concluida la sustentación, siendo las *12:30* del veintiocho de enero del 2022; con lo cual, se le declara al sustentante *apte.* para recibir el **Grado Académico de Doctor en Ciencias con mención en Ecología Amazónica**.


BLGO. ROBERTO PEZO DIAZ, DR.
Presidente

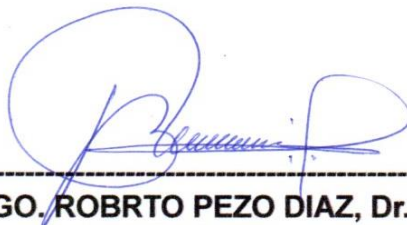

BLGO. LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, DR.
Miembro


ING. Q. REYNA GLADYS CÁRDENAS VDA. DE REATEGUI, DRA
Miembro

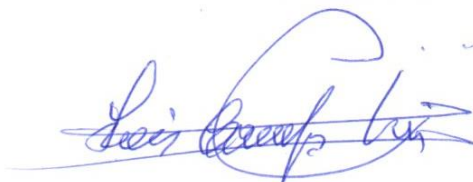

Q.F. FRIDA ENRIQUETA SOSA AMAY, DRA.
Asesora


BLGO. ALBERTO GARCÍA RUIZ, DR.
Asesor

TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA EL 28 DE ENERO 2022, EN LA PLATAFORMA VIRTUAL ZOOM INSTITUCIONAL DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA, EN LA CIUDAD DE IQUITOS – PERÚ



**BLGO. ROBRTO PEZO DIAZ, Dr.
PRESIDENTE**



**BLGO. LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, Dr.
MIEMBRO**



**ING. REYNA GLADYS CÁRDENAS VDA.DE REATEGUI, Dra.
MIEMBRO**



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



**BLGO. ALBERTO GARCÍA RUIZ, Dr.
ASESOR**

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, pues sin el apoyo de ellos no lo había logrado. A la memoria de mi mama Julia Valladares Lopez mi eterno amor de hijo hasta el cielo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y a la escuela de Postgrado del Programa de Doctorado en Ciencias con mención en Ecología Amazónica por permitirme continuar con mi formación profesional.

A la Dra. Frida Enriqueta Sosa Amay, al Dr. Alberto Garcia Ruiz y a los docentes del doctorado Ecología Amazónica I Promoción, por su apoyo y orientación en la realización del presente estudio.

A mis compañeros de estudios por el equipo que formamos en los trabajos académicos.

A la Dra. Hilda Reyna Farje Vela, por su noble apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Paginas
CARATULA	i
CONTRACARATULA	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN	iii
JURADO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
RESUMO	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases Teóricas	7
1.3. Definición de Términos básicos	15
CAPÍTULO II: VARIABLE E HIPÓTESIS	16
2.1. Variables y su operacionalización	16
2.2. Formulación de Hipótesis	16
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de la investigación	17
3.2. Diseño Muestral	18
3.3. Técnicas e instrumentos	18
3.4. Procedimientos de recolección de datos	19
3.5. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos	20
3.6 Aspectos éticos	21
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	22
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	58
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	61
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	63
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES	65
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

ANEXOS

1. Ficha de recolección de muestras de metales en suelos de cultivo, en la raíz y hojas de *M.esculenta* (yuca), en la zona de puerto Almendra Nina Rumi, Loreto.
2. Constancia del centro de Investigación de Recursos Naturales.
3. Plan de ejecución del taller de capacitación.

ÍNDICE DE TABLAS

Páginas

Tabla 1. Estadígrafos empleados para analizar la variación de los datos obtenidos en el suelo entre 0-20 cm de profundidad, 2021	23
Tabla 2. Estadígrafos empleados para analizar la variación de los datos obtenidos del suelo entre 20 a 40 cm de profundidad, 2021.	24
Tabla 3. Prueba de t (diferencias de medias) del hierro del suelo a 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de M. esculenta. 2021.	26
Tabla 4. Prueba de t (diferencias de medias) del cobre del suelo de 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en zona de cultivo de M. esculenta. 2021.	27
Tabla 5. Prueba de t (diferencias de medias) del manganeso del suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de M. esculenta. 2021.	28
Tabla 6. Prueba de t (diferencias de medias) del zinc del suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de M. esculenta. 2021.	29
Tabla 7. Prueba de t (diferencias de medias) del plomo del suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de M. esculenta. 2021.	30
Tabla 8. Prueba de t (diferencias de medias) del cadmio en muestras de suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en zona de cultivo de M. esculenta, 2021.	31
Tabla 9. Prueba de t (diferencias de medias) del cromo del suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de M. esculenta, 2021.	32
Tabla 10. Estadígrafos empleados para analizar los metales en las hojas de M. esculenta cultivadas en Puerto Almendra y Nina Rumi, 2021.	34
Tabla 11. Estadígrafos empleados para analizar los metales en la raíz de Manihot esculenta cultivadas en Puerto Almendra y Nina Rumi. 2021.	36
Tabla 12. Prueba de t (diferencias de medias) de hierro en las hojas y raíz de M. esculenta. 2021.	38
Tabla 13. Prueba de t (diferencias de medias) del cobre en las hojas y raíz de M. esculenta, 2021.	39
Tabla 14. Prueba de t (diferencias de medias) del manganeso en las hojas y raíz de M. esculenta, 2021.	40
Tabla 15. Prueba de t (diferencias de medias) del zinc en las hojas y raíz de M. esculenta, 2021.	41

Tabla 16. Prueba de t (diferencias de medias) del cadmio en las hojas y raíz de <i>M. esculenta</i> . 2021.	42
Tabla 17. Prueba de t (diferencias de medias) del plomo en las hojas y raíz de <i>M. esculenta</i> , 2021.	43
Tabla 18. Prueba de t (diferencias de medias) del cromo en las hojas y raíz de <i>M. esculenta</i> , 2021.	44
Tabla 19. Coeficiente de correlación de Pearson entre el metal del suelo entre 0 a 20 cm y su presencia en las hojas de <i>M. esculenta</i> .	47
Tabla 20. Coeficiente de correlación de Pearson entre el contenido de metales en el suelo de 20 a 40 cm y su presencia en las hojas de <i>M. esculenta</i> .	49
Tabla 21. Coeficiente de correlación de Pearson entre el metal del suelo de 0 a 20 cm y su presencia en la raíz de <i>M. esculenta</i> , 2021.	53
Tabla 22. Coeficiente de correlación de Pearson entre el metal del suelo entre 20 a 40 cm y su presencia en la raíz de <i>M. esculenta</i> , 2021.	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Páginas
Figura 1. Desviación estándar de la concentración de metales en el suelo 0-20 cm de profundidad.	23
Figura 2. Desviación estándar de la concentración de metales en el suelo de 20 a 40 cm de profundidad.	25
Figura 3. Prueba de t para la concentración de Fe en 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.	27
Figura 4. Prueba de t para la concentración de Cu de 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.	28
Figura 5. Prueba de t para la concentración de Mn en 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.	29
Figura 6. Prueba de t para la concentración de Zn de 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.	30
Figura 7. Prueba de t para la concentración de Pb de profundidad de 0 a 20 y de 20 a 40 cm del suelo.	31
Figura 8. Prueba de t para la concentración de Cd en 0-20 y 20-40 cm de profundidad en el suelo.	32
Figura 9. Prueba de t para la concentración de Cr de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.	33
Figura 10. Desviación estándar de la concentración de metales en las hojas de M.esculenta.	35
Figura 11. Desviación estándar de la concentración de metales en raíz de M.esculenta.	37
Figura 12. Prueba de t para la concentración de Fe en las hojas y raíz de M.esculenta.	39
Figura 13. Prueba de t para la concentración de Cu en las hojas y raíz de M.esculenta.	40
Figura 14. Prueba de t para la concentración de Mn en las hojas y raíz de M.esculenta.	41
Figura 15. Prueba de t para la concentración de Zn en las hojas y raíz de M.esculenta.	42
Figura 16. Prueba de t para la concentración de Cd en las hojas y raíz de M.esculenta.	43

Figura 17. Prueba de t para la concentración de Pb en las hojas y raíz de M.esculenta.	44
Figura 18. Prueba de t para la concentración de Cr en las hojas y raíz de M.esculenta.	45
Figura 19. Correlación lineal de Pearson de Pb entre el suelo de 0 a 20 y las hojas de M.esculenta.	47
Figura 20. Correlación lineal de Pearson de Zn entre el suelo de 0 a 20 y las hojas de M.esculenta.	48
Figura 21. Correlación lineal de Pearson de Cu entre el suelo de 0 a 20 y las hojas de M.esculenta.	48
Figura 22. Correlación lineal de Pearson de Pb entre el suelo de 20 a 40 y las hojas de M.esculenta.	49
Figura 23. Correlación lineal de Pearson de Mn entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y las hojas de M.esculenta.	50
Figura 24. Correlación lineal de Pearson de Zn 20-40cm de profundidad y las hojas de M.esculenta.	50
Figura 25. Correlación lineal de Pearson de Cu entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y las hojas de M.esculenta.	51
Figura 26. Correlación lineal de Pearson de Cu entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de M.esculenta.	53
Figura 27. Correlación lineal de Pearson de Mn entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de M.esculenta.	54
Figura 28. Correlación lineal de Pearson de Fe entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de M.esculenta.	54
Figura 29. Correlación lineal de Pearson de Cd entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de M.esculenta.	55
Figura 30. Correlación lineal de Pearson de Mn entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de M.esculenta.	56
Figura 31. Correlación lineal de Pearson de Zn entre el suelo de 20 a 40 y la raíz de M.esculenta.	57
Figura 32. Correlación lineal de Pearson del Pb entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de M.esculenta.	57

RESUMEN

La investigación estuvo dirigida a relacionar la concentración de metales en el suelo con el contenido en cultivos de *Manihot esculenta* (yuca) en las zonas de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto. El estudio fue de tipo correlacional a nivel descriptivo transversal, con un diseño experimental durante los meses de mayo a julio del 2021, la técnica fue la observación y el instrumento el protocolo para la concentración del analito por absorción atómica, en el suelo de cultivo, en raíz y las hojas de la planta *Manihot esculenta* (yuca) y se consideró el contenido en mg/kg (ppm) de los metales: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn, Cd y Pb. El estudio determinó que, la concentración de metales en el suelo a la profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm, estuvieron por encima de los parámetros normales establecidos por el ECA, respecto a la primera profundidad el más alto fue el Manganeseo entre 195-201 ppm y el menor fue el Cadmio entre 0,07-0,08 ppm, igualmente para la segunda profundidad también el Manganeseo presentó el mayor parámetro entre 210-213 ppm y el menor fue Cadmio entre 0,08 – 0,09 ppm. Asimismo, la concentración de los metales en las hojas y la raíz del *Manihot esculenta* (yuca) cultivada en la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, estuvieron por encima de los valores permitidos, en las hojas el Manganeseo presento los valores entre 185-187,75 ppm y el Cadmio varió entre 0,02-0,03 ppm; siendo el único metal que estuvo ligeramente dentro de su rango normal ($\leq 0,02$ ppm), en la raíz el Hierro varió entre 83-83,85 ppm y el Cadmio entre 0,025-0,03 ppm; siendo el único metal que sobrepasó ligeramente el rango normal de $\leq 0,02$ ppm; siendo más altos las concentraciones en la hoja que en la raíz. Lo que indica entre mayor la concentración de metales en el suelo mayor será la concentración en las hojas y la raíz de la *Manihot esculenta* (Yuca). Para ello se busca proponer alternativas para evitar la intoxicación de metales en los alimentos para el consumo humano a través de la propuesta de un programa para la detección presuntiva de metales contenidos en la yuca en la zona de Puerto Almendra.

Palabras claves: Concentración de metales en el suelo, *Manihot esculenta* (yuca) y zona de puerto Almendra Nina Rumi.

ABSTRACT

The research was aimed at relating the concentration of metals in the soil with the content of *Manihot esculenta* (yuca) crops in the areas of Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto. The study was of a correlational type at a cross-sectional descriptive level, with an experimental design during the months of May to July 2021, the technique was observation and the instrument the protocol for the concentration of the analyte by atomic absorption, in the cultivation soil, in root and leaves of the *Manihot esculenta* plant (yuca) and the content in mg / kg (ppm) of metals was considered: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn, Cd and Pb. The study determined that the concentration of metals in the soil at the depths of 0-20 cm and 20-40 cm, were above the normal parameters established by the ECA, with respect to the first depth, the highest was Manganese between 195-201 ppm and the lowest was Cadmium between 0,07-0,08 ppm, also for the second depth Manganese also presented the highest parameter between 210-213 ppm and the lowest was Cadmium between 0,08 – 0,09 ppm. Likewise, the concentration of metals in the leaves and the root of the *Manihot esculenta* (yuca) cultivated in the area of Puerto Almendra Nina Rumi, were above the allowed values, in the leaves the Manganese presented values between 185-187,75 ppm and Cadmium ranged between 0,02-0,03 ppm; being the only metal that was slightly within its normal range ($\leq 0,02$ ppm), in the root Iron varied between 83-83,85 ppm and Cadmium between 0,025-0,03 ppm; being the only metal that slightly exceeded the normal range of $\leq 0,02$ ppm; the concentrations being higher in the leaf than in the root. What indicates the higher the concentration of metals in the soil, the greater the concentration in the leaves and the root of *Manihot esculenta* (Yuca). To this end, it seeks to propose alternatives to avoid metal poisoning in food for human consumption through the proposal of a program for the presumptive detection of metals contained in cassava in the Puerto Almendra area.

Key words: Concentration of metals in the soil, *Manihot esculenta* (yuca) and port area Almendra Nina Rumi.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo relacionar a concentração de metais no solo com o teor de culturas de *Manihot esculenta* (mandioca) nas áreas de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto. O estudo foi do tipo correlacional a nível descritivo transversal, com delineamento experimental durante os meses de maio a julho de 2021, a técnica foi a observação e o instrumento o protocolo para a concentração do analito por absorção atômica, no cultivo. solo, na raiz e nas folhas da planta *Manihot esculenta* (iúca) e o teor em mg / kg (ppm) dos metais foi considerado: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn, Cd e Pb. O estudo determinou que as concentrações de metais no solo nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, estavam acima dos parâmetros normais estabelecidos pelo ECA, com relação à primeira profundidade, a maior foi o Manganês entre 195-201 ppm e o menor foi o cádmio entre 0,07-0,08 ppm, também para a segunda profundidade o manganês também apresentou o maior parâmetro entre 210-213 ppm e o menor foi o cádmio entre 0,08 - 0,09 ppm. Da mesma forma, a concentração de metais nas folhas e na raiz da *Manihot esculenta* (iúca) cultivada na área de Puerto Almendra Nina Rumi, ficaram acima dos valores permitidos, nas folhas o Manganês apresentou valores entre 185-187,75 ppm e o cádmio variaram de 0,02-0,03 ppm; sendo o único metal que estava ligeiramente dentro da faixa normal ($\leq 0,02$ ppm), na raiz o Ferro variou entre 83-83,85 ppm e o cádmio entre 0,025-0,03 ppm; sendo o único metal que excedeu ligeiramente a faixa normal de $\leq 0,02$ ppm; as concentrações são maiores na folha do que na raiz. O que indica que quanto maior a concentração de metais no solo, maior a concentração nas folhas e na raiz da *Manihot esculenta* (Yucca). Para tanto, busca propor alternativas para evitar a intoxicação por metais em alimentos para consumo humano por meio da proposta de um programa de detecção presuntiva de metais contidos na mandioca na área de Puerto Almendra.

Palavras-chave: Concentração de metais no solo, *Manihot esculenta* (iúca) e área portuária Almendra Nina Rumi.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas son dinámicos y las poblaciones que los componen se autorregulan naturalmente, a fin de mantener la salud del mismo. Pero en un ecosistema agronómico una población de individuos se ve favorecida en su desarrollo en desmedro de otras poblaciones, porque hay que asegurar la producción. Sin embargo, la labor agrícola debe ser sostenible, permitiendo la renovación de los suelos y preservándolos de contaminación por el uso antropogénico de sustancias químicas. Por otro lado, la tecnología actual representa un riesgo de contaminación del suelo por metales pesados, siendo las plantas las que los introducen a las cadenas tróficas¹.

La sensibilidad a los metales pesados varía según la especie vegetal, siendo las más tolerantes las plantas vasculares, el proceso de absorción se ve favorecido por el pH ácido y la textura del suelo². Se ha determinado el contenido de metales en especies arbóreas y lianas de la zona en estudio^{3, 4, 5}, pero se desconoce cuál es la capacidad de absorberse en una especie arbustiva, como la yuca es una especie agrícola, por su demanda para la alimentación de la población local.

Las plantas hiperacumuladoras (captan cantidades superiores a 100 veces lo normal) se caracterizan por presentar poca biomasa y el metal afecta de manera especial a un órgano de la planta. Las plantas inicialmente detoxifican por rizodegradación y también realizar fitorremediación de los suelos por fitoestabilización, fitoextracción, o por fitovolatilización; por lo que son muy usadas en bioremediación⁶. Por otro lado, actualmente no se realiza un control de fitocontaminantes de los alimentos de origen agrícola como *Manihot esculenta* (yuca)⁷; pero se sabe que en esta especie se ha encontrado concentraciones elevadas de metales^{8, 9, 10}.

La sostenibilidad de los suelos de cultivo tiene una base ecoagronomía, que considera se debe tener en cuenta, entre otros aspectos, el hecho de producir el mínimo daño a los suelos y preservar la fertilidad de la tierra; esto

dado que la práctica agrícola tiene un fin nutricional y un peso económico-social^{1, 7, 11}.

Así mismo el desarrollo de una especie vegetal puede modificar el suelo donde cohabitan diferentes especies de flora, las interacciones mutualistas benéficas a nivel de las muchas y diferentes comunidades, impactan y afectan la estabilidad, productividad y dinámica de un ecosistema^{1, 12}.

La interacción de *Manihot esculenta* (yuca) con los suelos ácidos de la selva baja de la Amazonía, donde se suele cultivar por ser sus raíces un alimento emblemático en la culinaria Loretana, es menester conocer los procesos de depuración que esta especie de flora, puede tal vez hacer en favor de las poblaciones de una comunidad agrícola y en su condición de planta alimenticia lo que puede representar para el hombre, el hecho que la yuca crezca en los suelos amazónicos cuyas características de pH, textura arcillosa y contenido de sales pueden representar un peligro para la salud del hombre que la consume ¹³. Así como se ha reportado valores altos de metales como plomo en *Manihot esculenta* (yuca) ⁸, que puede aparecer en los alimentos, que se pueden convertir en una fuente de aporte y contaminación de elementos químicos sin valor nutricional; como mercurio, arsénico, plomo entre otros ¹⁴.

Con esta investigación se pretendió conocer como una especie vegetal arbustiva, de alto consumo en la región Loreto y como esta, se comporta en suelos ácidos donde ya se ha reportado metales por encima de los VMP en otras especies; es de gran relevancia, a fin de formular nuevos problemas de investigación que redunden en la calidad de vida y la salud de la población Loretana. La detoxificación de la matriz suelo es muy lenta, y bien puede la especie *Manihot esculenta* (yuca), estar contribuyendo a este proceso de recuperación de suelos.

Para el caso de la yuca, es de interés saber por las características detoxificadora de la raíz, por ser esta la parte de la planta comestible⁷; y dentro de la culinaria regional de ciudades de la selva peruana es muy requerida por las características de crecimiento rápido y que se adapta bien

su cultivo a suelos amazónicos. Por lo que, el propósito del estudio fue relacionar la concentración de metales entre el suelo y su contenido en cultivos de *Manihot esculenta* (yuca) en las zonas de Puerto Almendra y Nina Rumi, Loreto.

En la presente investigación no se tuvo en cuenta su estado de oxidación ni la especie química, solo se determinó la concentración total de hierro, cobre, cromo, manganeso, zinc, cadmio total y plomo en los suelos de cultivo de *M. esculenta* (yuca), en la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el año 2021, la Autoridad Nacional del Agua realizó el informe técnico sobre el monitoreo de calidad de agua superficial de los cuerpos naturales de agua ubicados en las instalaciones de la Agropecuaria La Chacra S.R.L., cuenca del río Nanay, Iquitos – Perú¹⁵, registraron parámetros que transgreden los ECA para Agua de categoría 4: Conservación del ambiente acuático, Sub categoría E1: Lagos y lagunas y Sub categoría 2 Ríos de la selva, donde se encontraron concentración de metales mayores a los establecidos en el ECA- Agua, el Mercurio (0,000 65 mg/L), Plomo (0,0094 mg/L) y Zin (0,151 mg/L). La presencia de mercurio se debe a la retención de los metales en el material arcilloso y la materia húmica presente en los sedimentos; la presencia del plomo están asociadas a la materia orgánica y las partículas minerales existentes en las aguas, tales como óxidos de hierro y manganeso en forma suspendida en el agua, lo que indica la relación con los metales pesados¹⁶; el plomo llega a los cuerpos de agua superficial por medio de las escorrentías de los cuerpos de agua a través del material particulado lo que se relaciona positivamente con el cadmio y el zinc. El zinc es un metal que puede combinarse con otras formas químicas para originar sales, siendo el sulfito el más común en la naturaleza. La fuerte afinidad de zinc con las partículas acuáticas, en especial con los óxidos de manganeso y hierro el cual junto a la materia orgánica se deposita en el lecho de los cuerpos de agua superficial¹⁷.

En el año 2017, se realizó el trabajo de investigación, en forma cuantitativa la determinación de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el mercado del distrito de San Martín de pangoa, de la ciudad de Satipo, Dpto de Junin, de enero - marzo del 2017". En el estudio de tipo descriptivo hubo como muestras 10 tipos diferentes de yuca de las cuales se extrajo 1 kilogramo de

cada tipo, la determinación de los analitos fue por espectrometría de absorción atómica en horno de grafito. Los niveles de plomo encontrados fueron en promedio de 0,13 ppm, con un rango de 0,01 a 0,24 ppm y los niveles de cadmio fueron en promedio de 0,05 ppm, con un rango de 0,01 a 0,09 ppm. Los resultados de la presente investigación nos indican que en diez tipos de raíz de yuca (*Manihot esculenta*) el 90% superan el límite permisible del Codex Alimentarius para el plomo, a diferencia del cadmio que el 100% de las muestras no supera el límite permisible del Codex Alimentarius. De manera que el trabajo de investigación concluyo, que la presencia de plomo en yuca (*Manihot esculenta*) pueden repercutir en la salud del consumidor⁸.

En el año 2016, se realizó un estudio de tipo experimental para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con Pb (II) mediante el aprovechamiento de cáscaras de yuca y ñame, consideró un tamaño de partícula en el rango de 0,5 a 1mm y un pH experimental de 6 para la adsorción y la concentración del metal remanente en la solución experimental fue medida por absorción atómica. Para la cascara de yuca y ñame se obtuvo una capacidad de adsorción de 52,34 y 98,36 mg/g respectivamente. Según el modelo de Elovich y la isoterma de Langmuir y Freundlich se midió como está evolucionando la concentración tras los procesos de adsorción por los bioadsorventes en experimentación. Se considera que el proceso de adsorción en monocapa se da preponderantemente por fuerzas físicas. Finalmente se concluye que el material biológico elegido cumple con efectuar la bioremediación y que puede ser usado para el tratamiento de aguas residuales a fin de adsorber metales pesados como el plomo divalente⁹.

En el año 2014, varios investigadores realizaron estudios sobre la especialización de concentración de metales pesados cromo, zinc y plomo en el complejo industrial Fabrilfame y propuesta de remediación de suelos, realizaron un estudio de tipo experimental en 4 a 10 kg de

tierra se sembraron tubérculos (papa, malanga, yuca, rábano, camote y papa china) y la contaminación intencional se hizo en la décima semana, se añadió 100 mL de una solución contaminante a concentraciones de 0,5; 2,5; 10 y 20 mg/L cada semana a los cultivos. Luego previa digestión con HCl al 10% de las muestras de tierra (2 g) y de los tubérculos, midieron los metales por absorción atómica con un sistema de detección de flama, y utilizando un modelo de predicción de concentraciones de cromo, plomo y zinc, también identificaron los puntos de mayor contaminación del complejo industrial Fabrifarme. Los investigadores concluyeron que la papa, el rábano y la papa china podrían ser usados en procesos de fitorremediación¹⁰.

En el año 2013, sobre intoxicación por metales pesados en la salud, también se encontró una revisión bibliográfica donde los elementos químicos contaminantes más frecuentes son: el aluminio, arsénico, mercurio y plomo y que los contaminantes metálicos llegan no solo a través del aire y el agua sino también con los alimentos, juguetes¹¹.

En el año 2012, se realizaron estudios de contaminación por metales pesados realizados en la Cuenca del Río Moche 1980 – 2010, La Libertad – Perú determinó los cambios en la concentración de metales pesados presentes en aguas, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y baja del río Moche, realizaron muestreos de agua en ocho estaciones del río Moche y en cuatro zonas marginales tanto de suelos como de cultivos. Encontraron las concentraciones más altas de metales pesados (en mg/L) en agua de la Cuenca Alta (año 1980): hierro (557,500), plomo (100,375), cadmio (4,550), cobre (6,900), zinc (262,900) y arsénico (9,000); en muestras de suelos las concentraciones más altas (mg/kg) se dieron para la banda derecha de la Cuenca Baja (año 1980): hierro (83,400 mg/kg); plomo (0,820 mg/kg); cadmio (0,012 mg/kg); cobre (1,240); zinc (0,380) y arsénico (0,016); la presencia de metales en los cultivos, resalta el hierro

(0,6525) en *Manihot esculentus* (yuca), por lo que se concluye que esta especie vegetal podría tener un uso como fitorrediator¹².

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. *Manihot esculenta* (yuca)

La yuca fue y será uno de los principales cultivos agrícolas de las comunidades amazónicas; además de ser la base alimentaria, también es utilizado como elemento ritual, de intercambio cultural y comercial¹⁸.

Las comunidades indígenas de la Amazonia, en los años no solo conocieron nuevas variedades de yucas sino también lograron domesticar la especie, actualmente en el mundo hay mas de 5 000 variedades de este tubérculo (Best & Hargrove 1993, citado en Wilson & Dufour 2002), cada una de ellas con sus particularidades en su crecimiento, raíz, contenido de carbohidratos y compuestos cianogénicos. Siendo esta última característica la que permite diferenciar los dos grandes grupos de yucas: las amargas, bravas o amarillas, y las dulces o blancas¹⁸.

A. Clasificación taxonómica Cronquist de la yuca (1988)¹³.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase:	Magnoliopsida (Dicotyledonea)
Orden:	Malpighiales
Familia:	Euphorbiaceae
Género:	Manihot
Especie:	Manihot esculenta, Crantz

Características generales de la *M.esculenta* (Yuca)

- Las formas de esta planta son:

Abierta; esta presenta ramificaciones desde cerca de la base del tallo.

Cilíndrica; forma de pocas ramificaciones, por lo general tiene uno o dos tallos largos.

Compacta; son aquellas que tienen ramas que no se expanden mucho hacia los lados.

Sombrilla; un tallo principal que se ramifica abriéndose ampliamente¹⁸.

- Las formas de lóbulos de la planta:

El lóbulo de la planta; son las divisiones o «dedos» de las hojas:

Elíptico; cuando más ancha en el medio, con adelgazamiento suave hacia los extremos.

Lanceolado; son más ancho en la base, estrechándose lentamente hacia la punta.

Oblongo; es más ancho en el medio y va cerrándose hacia los extremos, es casi rectangular.

Oblongo lanceolado; cuando es más ancho hacia la punta y va afinándose hacia la punta.

Ovoide; tiene forma de huevo, más ancha hacia la base y zona media.

Recto; aquella que tiene forma lineal y poco ancho¹⁸.

- Agallas de la planta:

Es una característica que se presenta en las hojas y tiene la forma de tumor, a causa de la picadura de un insecto, bacteria u hongo¹⁸.

- Cáscara de la planta:

Es la parte gruesa de la raíz, localizada debajo de la cáscara externa y que recubre el cuerpo comestible de la yuca¹⁸.

- Nervadura de la planta:
Es la vena o nervio de la hoja¹⁸.

1.2.2. Ecosistemas agronómicos

Los agroecosistemas difieren de los ecosistemas naturales, pero en ambos se dan procesos, mantienen una estructura; sin embargo, se dan alteraciones en el flujo de energía por la intervención del hombre al monopolizar la población y reduce las poblaciones y hasta es necesario el control de plagas para asegurar la productividad. La diversidad de especies y genética es baja, así como la permanencia de los individuos que suele ser corta¹⁴.

El recojo de la cosecha conlleva la salida de energía del sistema, y la introducción de nutrientes, como son los fertilizantes deben ser añadidos para evitar la erosión, estas características de los agrosistemas le dan un comportamiento de sistema abierto; a diferencia de un sistema natural que es cerrado¹⁹.

La fertilización favorece la lixiviación, de manera que se rompe con el equilibrio. La estabilidad de los agroecosistemas se ve amenazada por la baja diversidad pasando esta sostenibilidad a ser dependiente del hombre que lo administra y lo controla, siendo las interacciones tróficas simples. De manera que en un agroecosistema para mantener el equilibrio se debe manejar la resistencia a perturbaciones, estabilidad, productividad y balance²⁰.

1.2.3. Elementos metálicos en los seres vivos

Son 59 metales pesados considerados tóxicos para la vida, considerados como tales aquellos a elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g/cm³ cuando están en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los

metales alcalinos y alcalino-térreos)¹⁸. Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01% ²¹.

Los oligoelementos no son los mismos en todos los seres vivos, estos elementos son necesarios en los tejidos humanos y animales en cantidades de mg/kg o mg/g de peso, o menos; pero se consideran tóxicos una vez pasado su umbral. Los oligoelementos son requeridos en concentraciones muy pequeñas; pero su ausencia puede afectar la actividad de determinadas enzimas que los requieren como cofactores o alterándose los flujos que mantienen la homeostasis²².

Los elementos sin función biológica conocida y considerados altamente tóxicos son: Ba, Cd, Hg, Pb, Sb, Bi. Estos elementos pueden perturbar e irrumpir los procesos metabólicos alterando la fisiología de los diferentes órganos y sistemas^{23, 24}.

1.2.4. Análisis de elementos químicos

El contenido de metales entre otros contaminantes químicos es de exigencia en productos de procedencia agrícola. Su análisis pasa por pérdida de la humedad residual del material biológico a analizar, luego deben estar libres de materia orgánica por incineración seca a 550 °C, que permite obtener la ceniza o residuo inorgánico. La digestión húmeda con un ácido diluido permite la disolución de los analitos metálicos que quedan listos para su medición. La solución se pulveriza en la llama de un aparato de absorción atómica (AA) y se mide la absorción o emisión del metal objeto de análisis a una longitud de onda específica. La concentración de la muestra se conoce relacionando los valores de absorbancia obtenidos, con los valores de absorbancia provenientes de las preparaciones de referencia de concentración conocida. La relación entre absorbancia y concentración es lineal y sigue la Ley de Lambert y Beer²⁵.

1.2.5. El suelo

Es el material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad²⁶.

A. Suelo agrícola

Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas²⁶.

B. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo²⁶

Parámetros	Unidad de medida	Usos de suelo
Inorgánicos		Suelo agrícola
Cadmio	mg/kg	1,4
Cromo Total	mg/kg	[**]
Cromo IV	mg/kg	0,4
Plomo	mg/kg	70

Fuente: Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM. ECA para suelo.

[**] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola²⁶.

En el Artículo 3 sobre las categorías de los estándares de calidad ambiental para Agua, se considera para la aplicación de los ECA para agua las siguientes precisiones sobre las categorías²⁷:

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, los cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas²⁷:

Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de cultivos alimenticios que se consumen crudos como las hortalizas y plantas de tallo bajo; cultivo de árboles con método de riego de aspersión, donde el fruto o partes que son comestibles y a la vez tienen contacto con el agua de riego. Así como también toda área verde y diferente tipo de planta o cualquier clase de cultivo²⁷.

Agua para riego no restringido

Compréndase en esta categoría a las aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos como las habas; cultivos de tallo alto como los árboles frutales que luego serán procesados, envasados y/o industrializados. Así mismo los cultivos industriales no comestibles y cultivos forestales²⁷.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Compréndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que son parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas²⁷.

Sub categoría E1: Lagunas y lagos

Compréndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continúa incluyendo humedad²⁷.

Sub categoría E2: Ríos

Concíbase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección²⁷.

Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas²⁷.

Riegos de vegetales según el ECA 2017 para agua²⁷

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido
Inorgánicos			
Cadmio	mg/L		0,01
Cobre	mg/L		0,2
Cromo Total	mg/L		0,1
Hierro	mg/L		5
Manganeso	mg/L		0,2
Plomo	mg/L		0,05
Zinc	mg/L		2

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. ECA para agua.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, solo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riesgo no restringido.

Conservación del ambiente acuático según el ECA 2017 para agua²⁷

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos Selva
Inorgánicos			
Cadmio Disuelto	mg/L	0,000 25	
Cobre	mg/L	0,1	
Cromo IV	mg/L	0,011	
Plomo	mg/L	0,0025	
Zinc	mg/L	0,12	

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. ECA para agua.

1.3. Definición de Términos básicos

Planta hiperacumuladora, son plantas que extraen del suelo grandes cantidades de ciertos metales (superior a 100 veces lo que normalmente acumula cualquiera especie) sin que la planta vea impedido su desarrollo, porque se han adaptado a las condiciones del suelo⁶.

Fitorremediación, es una técnica agronómica limpia y económica usada para eliminar, retener, o disminuir la toxicidad de los contaminantes del suelo por ciertas plantas. Se realiza *'in situ'* y para su implementación se debe analizar el tipo y la cantidad de contaminante que se quiere remover, el entorno o las condiciones que presentan el lugar, y el tipo de planta a utilizar⁶.

Bioabsorción, adsorción de los iones en la superficie de la célula. El fenómeno puede ocurrir por intercambio iónico, precipitación, complejación o atracción electrostática⁹.

CAPÍTULO II: VARIABLE E HIPÓTESIS

2.1. Variables y su operacionalización

2.1.1. Variables

Variable independiente

Metales en el suelo donde se cultiva *Manihot esculenta* (yuca).

Variable dependiente

Concentración de metales en la especie vegetal *Manihot esculenta* (yuca).

2.1.2. Operacionalización de las variables

Tabla de operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índices
Variable independiente Metales en el suelo donde se cultiva <i>Manihot esculenta</i> (yuca).	Metales presentes en suelos donde se cultiva <i>Manihot esculenta</i> (yuca)	Concentración de metales presentes en calicatas de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm	Fe no > 5,0 Cu no > 5,0 Cr no > 5,0 Mn no > 5,0 Zn no > 5,0 Cd no > 0,02 Pb no > 0,2	Reporte analítico de: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn, Cd y Pb (ppm)
Variable dependiente Concentración de metales en la especie vegetal <i>Manihot esculenta</i> (yuca).	Metales absorbidos por la especie vegetal <i>Manihot esculenta</i> (yuca).	Metales presentes en la raíz y las hojas de <i>Manihot esculenta</i> (yuca).	Fe no > 5,0 Cu no > 5,0 Cr no > 5,0 Mn no > 5,0 Zn no > 5,0 Cd no > 0,02 Pb no > 0,2	Reporte analítico: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn, Cd, y Pb (ppm)

2.2. Formulación de la hipótesis

La concentración de metales en *M. esculenta* (yuca) están en relación a su contenido en el suelo donde se cultiva, en las zonas de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

La investigación propuesta es de tipo correlacional, porque busca relacionar las concentraciones de los metales presentes en el suelo con el contenido de los mismos, en diferentes órganos de la especie *M. esculenta* (yuca). El diseño es experimental, porque se evalúa los analitos en diferentes suelos y cultivo de *M. esculenta* (yuca) por triplicado.

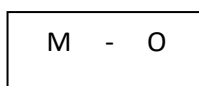
De acuerdo al alcance la investigación fue de tipo descriptivo porque se describe la situación en que se encuentra la variable en estudio.

3.1.2. Diseño de la Investigación

El diseño general de estudio es el experimental, porque se evaluó los analitos en diferentes suelos y cultivo de *Manihot esculenta* (yuca) por triplicado.

Y el diseño específico es el descriptivo transversal porque se registraron en el mismo contexto y en un mismo momento por triplicado para luego analizarlos,

El diseño es:



Dónde:

M: Muestra en quienes se realiza el estudio

O: Observación a la variable.

Los pasos que se siguieron en el estudio fueron:

1. Realizar la observación a la variable.
2. Procesar o sistematizar los datos o información.

3. Análisis de datos, organizándolos en cuadros y representarlos en gráficos.
4. Análisis e interpretación de la información.

3.2. Diseño muestral

3.2.1. Población

La población está compuesta por los individuos de la especie vegetal *M. esculenta* (yuca) que crecen en el área de influencia de estudio.

3.2.2. Muestra

La muestra está representada por 2 kilos de tierra procedente de 0 – 20 cm y de 20 - 40 cm del suelo, 300 g de tubérculo (raíz) y 350 g de hojas frescas de *M. esculenta* (yuca), de las inmediaciones de poblado de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto.

Selección de la muestra

El muestreo fue al azar, se ingresó a tres terrenos cultivados por los moradores, tomando un total de tres muestras georreferenciada.

Criterios de Selección: en el estudio se incluyeron plantas adultas en buen estado de conservación. Así mismo se excluyó a plantas atacadas por hongos o estén marchitas o secas o que presenten necrosis en las hojas.

3.3. Técnicas e instrumentos

Técnica de recolección de datos

La técnica de recolección de datos para las variables Metales en el suelo donde se cultiva *M. esculenta* (yuca) y metales en la especie vegetal *M. esculenta* (yuca) fue la observación.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento que se utilizó en la recolección de datos fue el protocolo para la concentración del analito, en el suelo de cultivo, en las hojas y raíz de la planta *M. esculenta* (yuca) y se consideró el contenido en mg/kg (ppm) de los metales: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn, Cd y Pb, el que fue sometido a prueba de valides y confiabilidad para su aplicación.

3.4. Procedimientos de recolección de datos

- Se determinó los lugares donde se siembra *M.esculenta* (yuca) dentro de la zona de estudio, para ello se visitó el poblado de Nina Rumi.
- La especie botánica recolectada fue previamente identificada en el *Herbarium Amazonense* de la UNAP.
- Del área delimitada se realizó hasta 03 puntos los cuales proceden a realizar las debidas calicatas, con una profundidad de 0 - 20 cm y 20-40 cm del suelo, para obtener las muestras necesarias para dicha investigación durante los meses de mayo a julio del 2021.
- De los 03 puntos de muestreo, se recolectó las muestras según los criterios de inclusión y exclusión.
- Se rotuló debidamente indicando lugar y fecha para el análisis de la concentración de metales que se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina
- Se procesó 0,5 g de muestra tanto de suelo como de muestras vegetales pulverizadas (raíz y hojas) por triplicado, se eliminó la humedad residual en estufa de 110°C durante 3 horas, luego se procedió a mineralizar las muestras en mufla a 550°C x 24 horas, para finalmente realizar la digestión acida en caliente de las cenizas con 10 mL de HCl 6N y 2 lavados con 10 mL de HCl 3N.
- El instrumento que se utilizó fue el protocolo donde se va analizar la concentración del analito y se consideró el contenido en mg/kg (ppm) de los metales: Fe, Cu, Cr, Mn, Zn, Cd y Pb.

- Los analitos fueron cuantificados sin tener en cuenta el estado de oxidación del catión sino en forma total.
- La concentración del analito fue determinada por absorción atómica, con gas de arrastre aire/acetileno temperatura de ionización 3000°C y lámparas de cátodo hueco como señal.

3.5. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos

La información fue procesada en el formato Excel y luego analizada en el software de SPSS versión 24 en español, cuyos datos dieron los resultados en tablas y gráficos.

El análisis e interpretación de la información se realizó empleando el análisis descriptivo (Frecuencia, promedio y porcentaje), previa normalización y homogenización de datos se determinó la correlación lineal de las cinco muestras de suelo y cinco de *M. esculenta* (yuca).

3.6 Aspectos éticos

La información recogida para la investigación se hizo estrictamente con la ficha de recolección de muestras a un agrosistema, es decir a un monocultivo *M. esculenta* (yuca), que fue cultivada para cosechar, para ser consumida como alimento. Para el muestreo se consideró unos tres individuos (arboles /arbustos), con propósito científico; de manera que no se atentó contra la producción esperada; ya que solo se recogió muestras de raíz y hojas de cada individuo muestreado, previo consentimiento del dueño de la chacra y de ser necesario un reconocimiento por el bien retirado del cultivo.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Los resultados se organizaron para su presentación de acuerdo a los objetivos planteados, los mismos que fueron procesados en el laboratorio de suelo de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 3 muestras de suelo de cultivo, raíz y hojas de *M. esculenta* (yuca) cultivada en la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto, durante el periodo de mayo a julio 2021.

4.1. Concentración de los metales Fe, Cu, Mn, Zn, Cd, Pb y Cr sin tener en cuenta su estado de oxidación, en los suelos de cultivo de *M. esculenta* (yuca), en la zona de Puerto Almendra y Nina Rumi, Loreto.

4.1.1. Concentración de metales en el suelo de 0 a 20 cm de profundidad en cultivo de *M. esculenta* en Puerto Almendra y Nina Rumi.

La tabla 1, nos muestra la concentración de metales en el suelo a una profundidad de 0 a 20 cm, sin tener en cuenta su estado de oxidación, estuvieron por encima de los rangos normales. Así tenemos que el hierro varió entre 80 a 98 ppm, el cobre varió entre 16 a 19 ppm, el manganeso entre 195 a 201 ppm, el zinc estuvo entre 61 a 65 ppm, el cadmio varió entre 0,07 a 0,08 ppm, el plomo entre 2,6 a 3,05 ppm y el cromo entre 5,5 a 5,6 ppm. Los valores bajos de la desviación estándar y el coeficiente de variación de los valores registrados indican que la concentración de los metales en el suelo entre 0 a 20 cm de profundidad fue relativamente homogénea.

Tabla 1. Estadígrafos empleados para analizar la variación de los datos obtenidos en el suelo entre 0-20 cm de profundidad, 2021

	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cr (ppm)
n =	3	3	3	3	3	3	3
Mínimo	80	16	195	61	0,07	2,60	5,5
Máximo	98	19	201	65	0,08	3,05	5,6
Amplitud Total	9	3	6	4	0,01	0,45	0,1
Mediana	86	18	200	63	0,08	2,7	5,55
Media Aritmética	85	1,66	198,6	63	0,0767	2,78	5,55
Varianza	21	2,33	10,33	4	0	0,055	0,0025
Desviación Estándar	4,58	1,52	3,214	2	0,0058	0,236	0,05
Coeficiente de Variación	5,39%	8,65%	1,62%	3,17%	7,53%	8,49%	0,90%

Fuente: Datos del tesista. 2021.

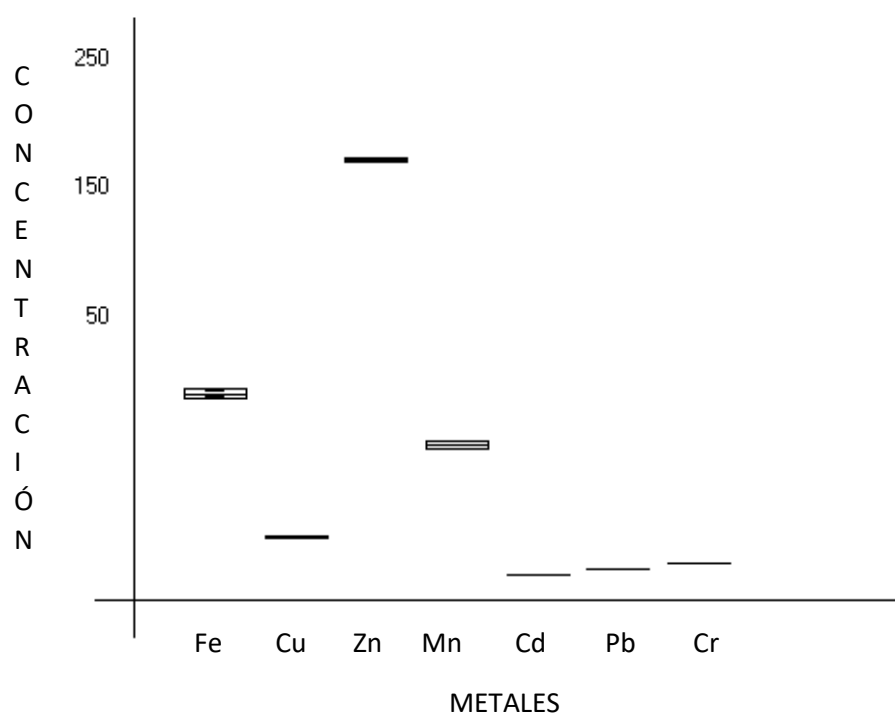


Figura 1. Desviación estándar de la concentración de metales en el suelo 0-20 cm de profundidad.

4.1.2. Concentración de metales en el suelo de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de *M.esculenta* en Puerto Almendra y Nina Rumi

En la tabla 2, se muestra la concentración de metales en el suelo del cultivo de *M. esculenta* entre 20 a 40 cm de profundidad estuvieron por encima de los rangos normales. Así tenemos que el hierro varió entre 96 a 98 ppm, el cobre entre 21 a 23 ppm, el manganeso entre 210 a 213 ppm, el zinc entre 73 a 74 ppm, el cadmio entre 0,08 a 0,09, el plomo entre 3,7 a 3,75 ppm y el cromo entre 5,0 a 6,04. Los valores bajos de la desviación estándar y coeficiente de variación de los valores registrados indican que la concentración de los metales en el suelo entre 20 a 40 cm de profundidad fue relativamente homogénea.

Tabla 2. Estadígrafos empleados para analizar la variación de los datos obtenidos del suelo entre 20 a 40 cm de profundidad, 2021.

	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cr (ppm)
n =	3	3	3	3	3	3	3
Mínimo	96	21	210	73	0,08	3,70	5
Máximo	98	23	213	74	0,09	3,75	6,04
Amplitud Total	2	2	3	1	0,01	0,05	1,04
Media Aritmética	97	22	211,33	73,33	0,086	3,72	5,51
Varianza	1	1	2,33	0,33	0	0,0006	0,27
Desviación Estándar	1	1	1,52	0,57	0,0058	0,02	0,52
Coeficiente de Variación	1,03%	4,55%	0,72%	0,79%	6,66%	0,68%	9,43%

Fuente: Datos del tesista. 2021

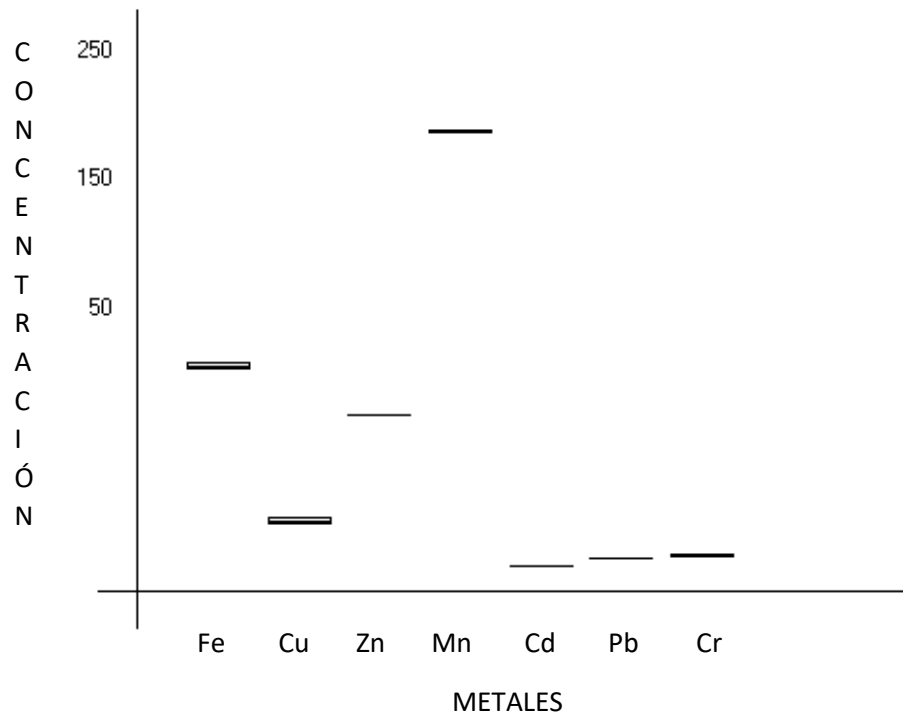


Figura 2. Desviación estándar de la concentración de metales en el suelo de 20 a 40 cm de profundidad.

4.1.3. Pruebas de *t* en la concentración de metales en el suelo de cultivo de *M. esculenta* en Puerto Almendra y Nina Rumi

En las tablas de la 3 a la 9, se muestran las pruebas de *t* ejecutadas para la concentración de metales en el suelo del cultivo de *M. esculenta*, que indica que hay diferencias significativas entre la concentración del hierro, cobre, manganeso, zinc, plomo y cromo a un nivel de profundidad de 0 a 20 cm y 20 a 40 cm pues las concentraciones de estos metales en estas profundidades a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, con el hierro ($t= 4,4313$), cobre ($t= 4,111$), manganeso ($t= 6,1644$), zinc ($t= 8,5979$), plomo ($t= 6,8516$) y cromo ($t= -0,1215$) que obtuvieron valores relativamente altos y teniendo en cuenta que *p* (bilateral) fue altamente significativo con probabilidades mayor a 0,0001, se rechaza la *H₀* y se acepta la *H_a*, de que hay diferencias en la concentración de estos metales a las profundidades indicadas, siendo más altos las concentraciones en la profundidad entre 0 a 20 cm; mientras que con respecto al cadmio, estas diferencias no son significativas.

Tabla 3. Prueba de *t* (diferencias de medias) del hierro del suelo a 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de *M. esculenta*. 2021.

	Fe (0 a 20cm)	Fe (de 20 a 40cm)
Tamaño =	3	3
Media =	97	85
Varianza =	1	21
	Desigual	Igual
Varianza =	7,3333	11
<i>t</i> =	4,4313	4,4313
Grados de libertad =	2,19	4
<i>p</i> (unilateral) =	0,0237	0,0057
<i>p</i> (bilateral) =	0,0473	0,0114
Diferencia entre las medias =	12	---

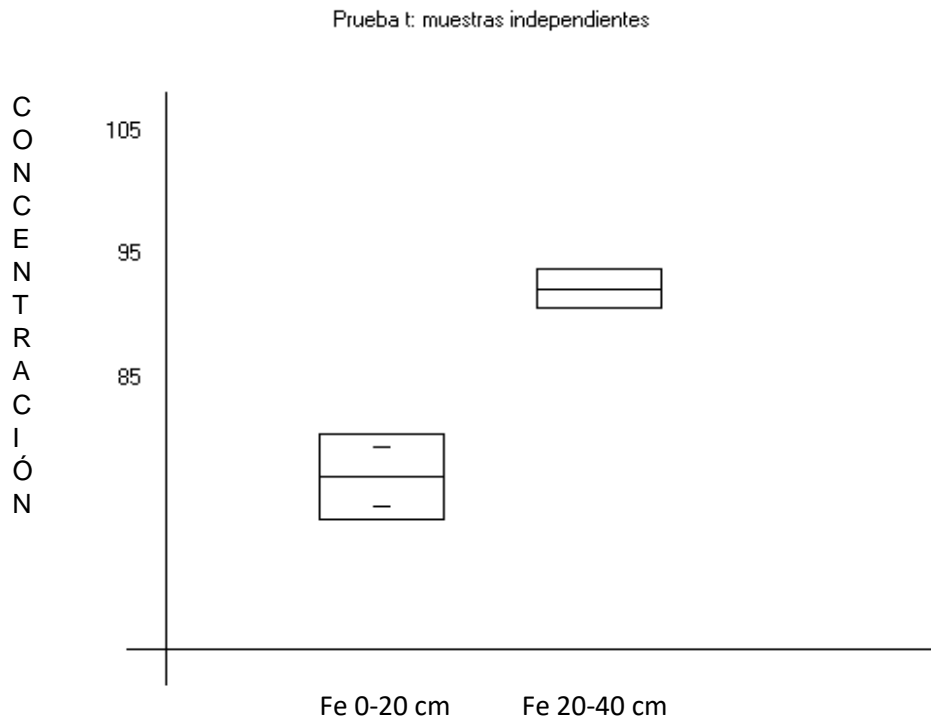


Figura 3. Prueba de t para la concentración de Fe en 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.

Tabla 4. Prueba de t (diferencias de medias) del Cobre del suelo de 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en zona de cultivo de *M. esculenta*. 2021.

	Cu 0 - 20	Cu 20 - 40
Tamaño =	3	3
Media =	22	17,6667
Varianza =	1	2,3333
	Desigual	Igual
Varianza =	1,1111	1,6667
$t =$	4,111	4,111
Grados de libertad =	3,45	4,0
p (unilateral) =	0,013	0,0073
p (bilateral) =	0,026	0,0147
Diferencia entre las medias =	4,3333	---

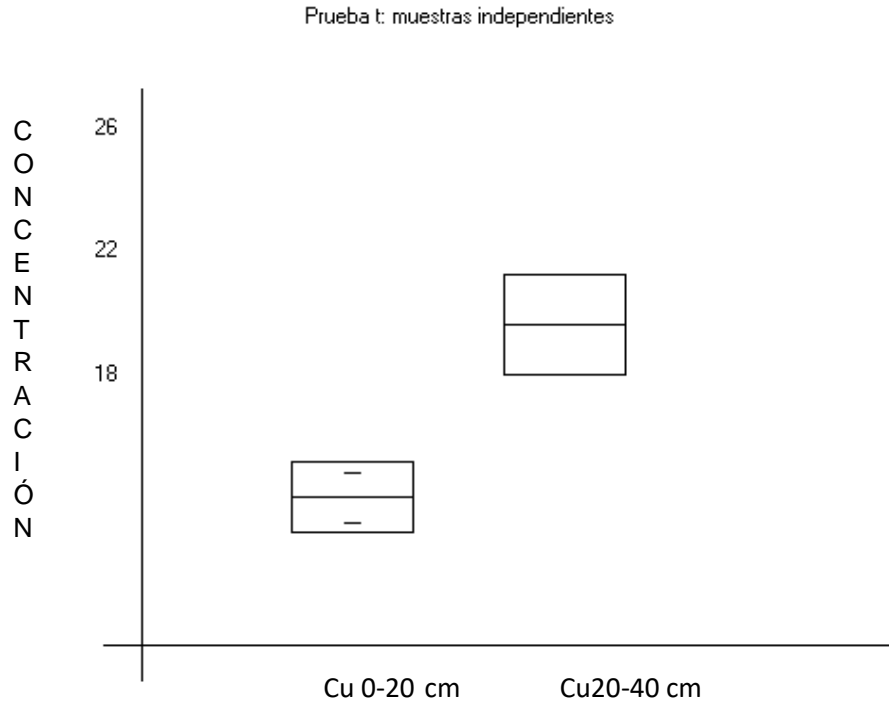


Figura 4. Prueba de *t* para la concentración de Cu de 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.

Tabla 5. Prueba de *t* (diferencias de medias) del manganeso del suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de *M. esculenta*. 2021.

	Mn 0 - 20	Mn 20 – 40
Tamaño =	3	3
Media =	211,3333	198,6667
Varianza =	2,3333	10,3333
	Desigual	Igual
Varianza =	4,2222	6,3333
t =	6,1644	6,1644
Grados de libertad =	2,86	4,0
p (unilateral) =	0,0127	0,0018
p (bilateral) =	0,0253	0,0035
Diferencia entre las medias =	12,6667	---

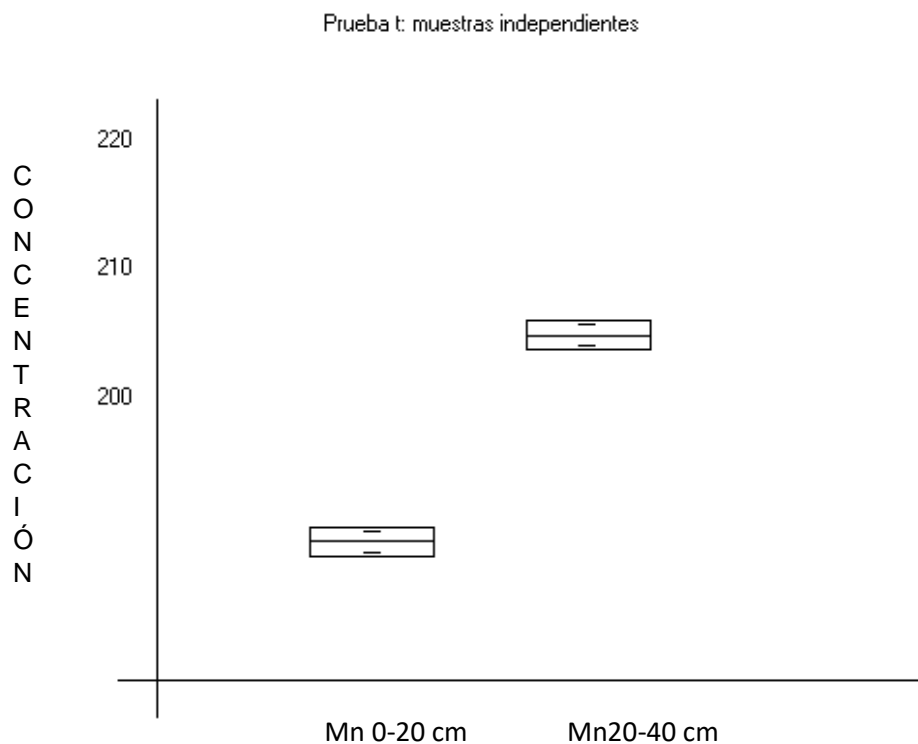


Figura 5. Prueba de t para la concentración de Mn en 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.

Tabla 6. Prueba de t (diferencias de medias) del Zinc del suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de *M. esculenta*. 2021.

Zinc	Zn 0 - 20	Zn 20 - 40
Tamaño =	3	3
Media =	73,3333	63
Varianza =	0,3333	4
	Desigual	Igual
Varianza =	1,4444	2,1667
$t =$	8,5979	8,5979
Grados de libertad =	2,33	4,0
p (unilateral) =	0,0066	0,0005
p (bilateral) =	0,0133	0,001
Diferencia entre las medias =	10,3333	---

Prueba t: muestras independientes

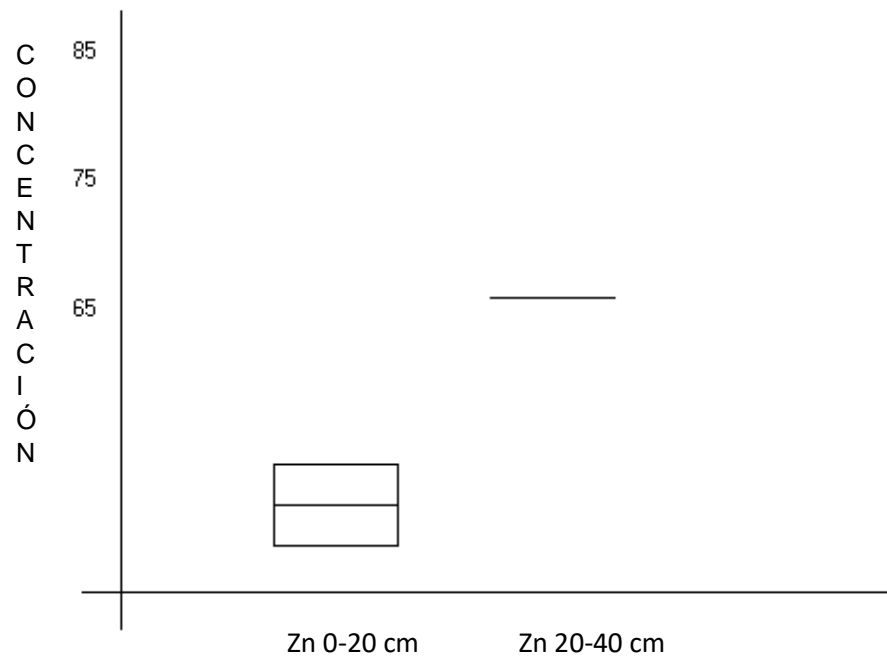


Figura 6. Prueba de t para la concentración de Zn de 0 a 20 y 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.

Tabla 7. Prueba de t (diferencias de medias) del Plomo del suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de *M. esculenta*. 2021.

	Pb 0 - 20	Pb 20 - 40
Tamaño =	3	3
Media =	3,7233	2,7833
Varianza =	0,0006	0,0558
	Desigual	Igual
Varianza =	0,0188	0,0282
$t =$	6,8516	6,8516
Grados de libertad =	2,05	4,0
p (unilateral) =	0,0103	0,0012
p (bilateral) =	0,0206	0,0024
Diferencia entre las medias =	0,94	---

Prueba t: muestras independientes

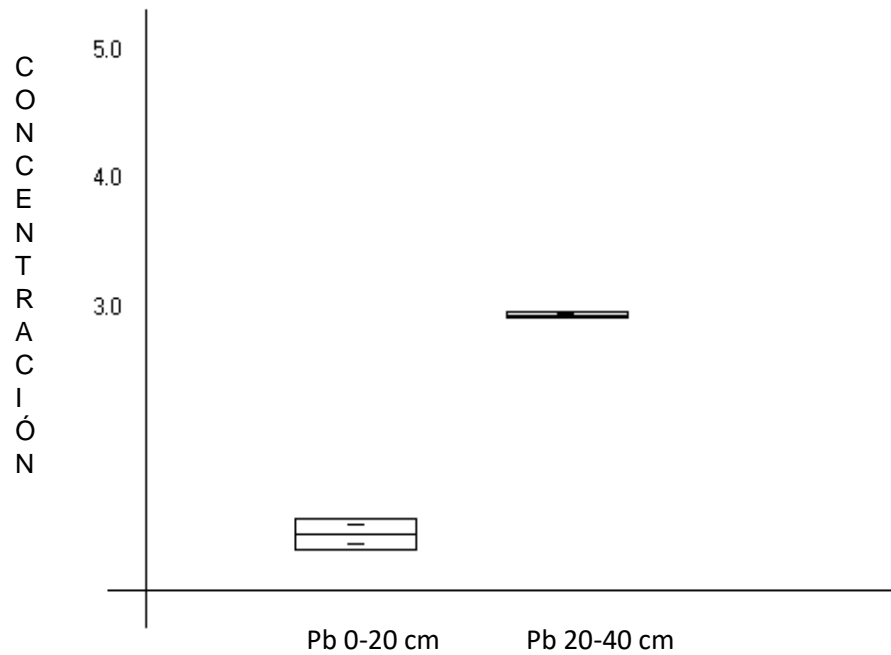


Figura 7. Prueba de t para la concentración de Pb en una profundidad de 0 a 20 y de 20 a 40 cm del suelo.

Tabla 8. Prueba de t (diferencias de medias) del cadmio en muestras de suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en zona de cultivo de M. esculenta, 2021.

	Cd (de 0 a 20)	Cd (de 20 a 40)
Tamaño =	3	3
Media =	0,0867	0,0767
Varianza =	0	0
	Desigual	Igual
Varianza =	0	0
$t =$	2,1213	2,1213
Grados de libertad =	4	4
p (unilateral) =	0,0506	0,0506
p (bilateral) =	0,1011	0,1011
Diferencia entre las medias =	0,01	---

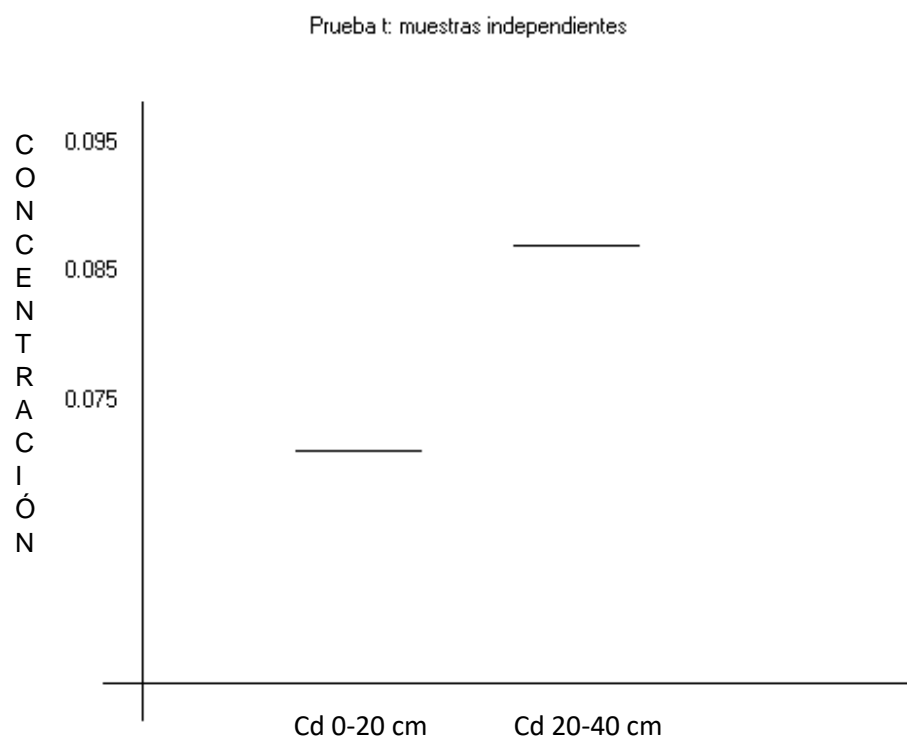


Figura 8. Prueba de t para la concentración de Cd en 0-20 y 20-40 cm de profundidad en el suelo.

Tabla 9. Prueba de t (diferencias de medias) del cromo del suelo de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en cultivo de *M. esculenta*, 2021.

	Cr 0 - 20	Cr 20 - 40
Tamaño =	3	3
Media =	5,5133	5,55
Varianza =	0,2705	0,0025
	Desigual	Igual
Varianza =	0,091	0,1365
$t =$	-0,1215	-0,1215
Grados de libertad =	2,04	4,0
p (unilateral) =	0,4572	0,4546
p (bilateral) =	0,9144	0,9091
Diferencia entre las medias =	-0,0367	---

Prueba t: muestras independientes

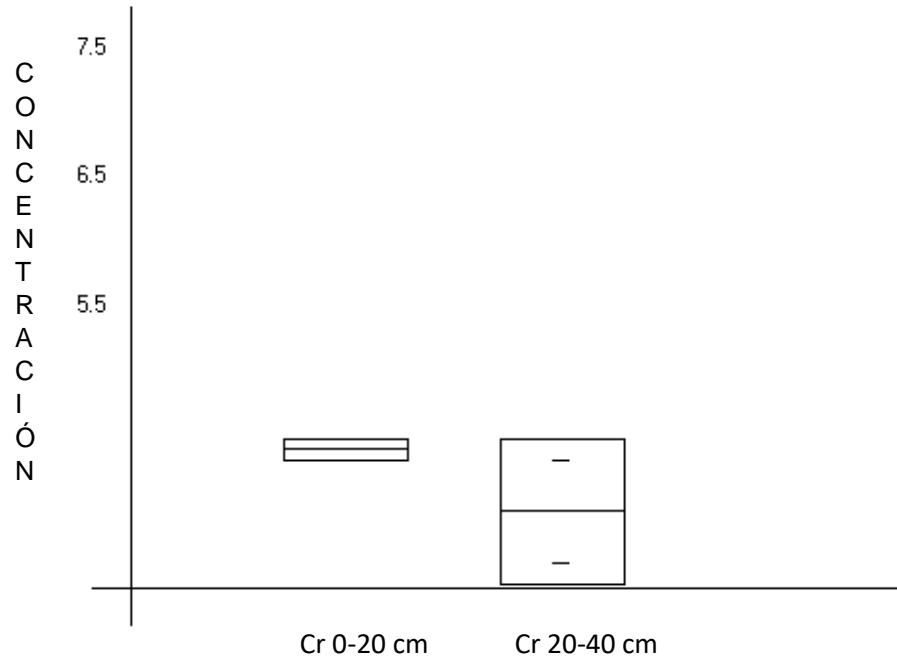


Figura 9. Prueba de t para la concentración de Cr de 0 a 20 y de 20 a 40 cm de profundidad en el suelo.

4.2. Concentración de los metales: Fe, Cu, Mn, Zn, Cd, Pb y Cr sin tener en cuenta su estado de oxidación, en la raíz y hojas de *M. esculenta* (yuca) cultivada en la zona de Puerto Almendra Nina Rumi

4.2.1. Concentración de metales en las hojas de *M. esculenta*

En la tabla 10, se muestra la concentración de los metales, sin tener en cuenta su estado de oxidación, como hierro, cobre, manganeso, zinc, cadmio, plomo y cromo en las hojas de *M.esculenta* (yuca) cultivada en la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, todas las concentraciones estuvieron por encima de los valores permitidos. El hierro tuvo valores entre 82 a 83 ppm, el cobre varió entre 14 a 14,58 ppm, el manganeso de 185 a 187,75 ppm, el zinc con valores de 44 a 45 ppm, el cadmio varió entre 0,02 a 0,03 ppm (el cadmio fue el único metal que estuvo ligeramente dentro de su rango normal $\leq 0,02$ ppm), el plomo con 2,4 a 2,85 ppm y el Cromo varió entre 5 a 5,1 ppm. Así mismo, los valores bajos de la desviación estándar indica que la concentración de los metales en las hojas de *Manihot esculenta* es relativamente homogéneo.

Tabla 10. Estadígrafos empleados para analizar los metales en la hoja de *M. esculenta* cultivadas en Puerto Almendra y Nina Rumi, 2021.

	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cr (ppm)
n =	3	3	3	3	3	3	3
Mínimo	82	14	185	44	0,02	2,4	5
Máximo	83	14,58	187,75	45	0,03	2,85	5,1
Amplitud Total	1	0,58	2,75	1	0,01	0,45	0,1
Media Aritmética	82,35	14,29	186,58	44,66	0,026	2,6	5,05
Varianza	0,317	0,084	2,020	0,333	0,0	0,052	0,0025
Desviación Estándar	0,563	0,290	1,421	0,577	0,005	0,229	0,05
Coeficiente de Variación	0,0068	0,0203	0,0076	0,0129	0,2165	0,0881	0,0099

Estadística Descriptiva

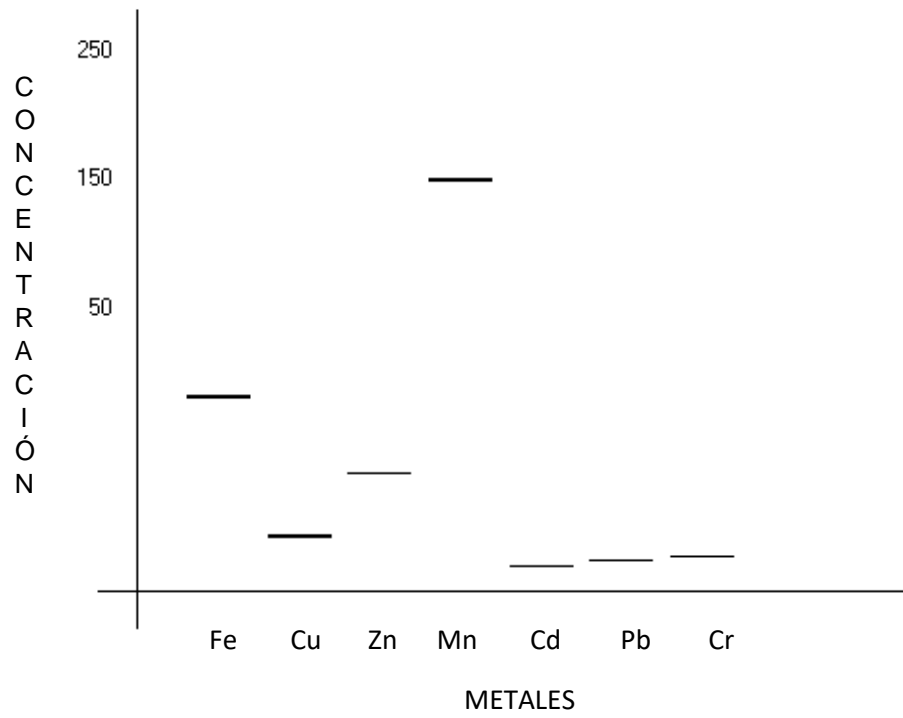


Figura 10. Desviación estándar de la concentración de metales en la hoja de yuca

4.2.2. Concentración de metales en la raíz de *M. esculenta*

En la tabla 11 se muestra los valores obtenidos de la concentración de metales en la raíz de *M. esculenta* cultivadas en suelos de Puerto Almendra y Nina Rumi sobrepasó los límites permitidos. El hierro varió entre 83 a 83,85 ppm, el cobre entre 5,2 a 5,38 ppm, el manganeso estuvo entre 22 a 23 ppm, zinc varió entre 37 a 38,33 ppm, el cadmio entre 0,025 a 0,03 ppm (el cadmio fue el único metal que sobrepasó ligeramente el rango normal de $\leq 0,02$ ppm), el plomo estuvo entre 0,7 a 0,76 ppm y el Cromo entre 4 a 4,1 ppm. Por otra parte, la desviación estándar baja indica que los valores de la concentración de los metales en la raíz de *M. esculenta* fue relativamente homogénea.

Tabla 11. Estadígrafos empleados para analizar los metales en la raíz de *M. esculenta* cultivadas en Puerto Almendra y Nina Rumi. 2021.

	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Cr (ppm)
n=	3	3	3	3	3	3	3
Mínimo	83	5,2	22	37	0,025	0,7	4
Máximo	83,85	5,38	23	38,33	0,03	0,76	4,1
Amplitud Total	0,85	0,18	1	1,33	0,005	0,06	0,1
Media Aritmética	83,45	5,293	22,667	37,77	0,026	0,736	4,05
Varianza	0,182	0,008	0,333	0,479	0	0,001	0,002
Desviación Estándar	0,427	0,090	0,577	0,692	0,002	0,032	0,05
Error Estándar	0,246	0,052	0,333	0,399	0,001	0,018	0,028
Coefficiente de Variación	0,0051	0,017	0,0255	0,0183	0,1083	0,0436	0,0123

Estadística Descriptiva

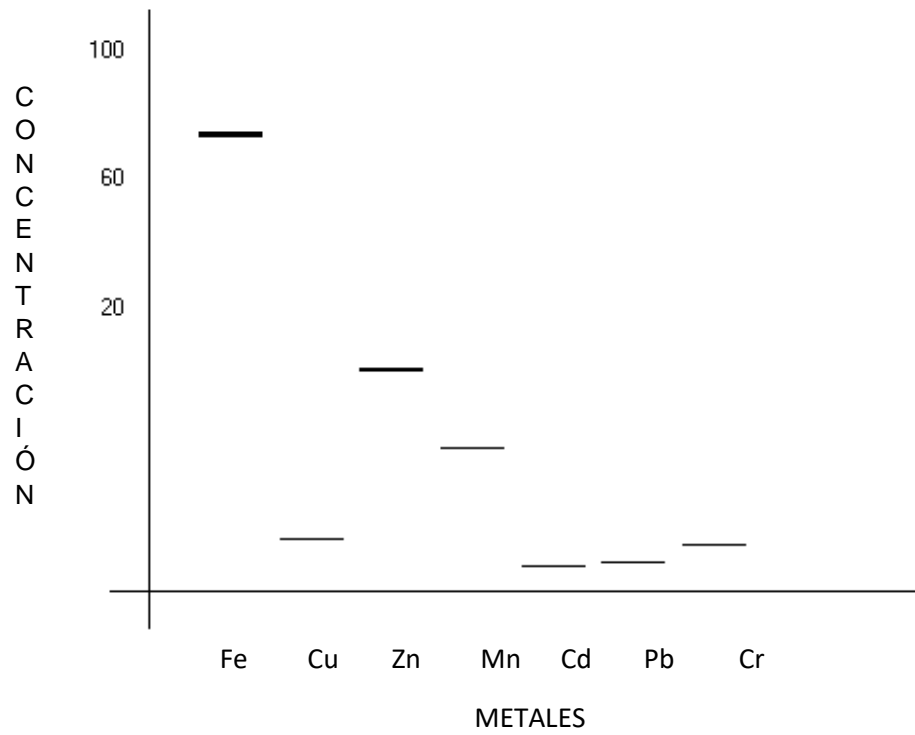


Figura 11. Desviación estándar de la concentración de metales en la raíz de *M. esculenta*.

4.2.3. Pruebas de t en la concentración de metales en las hojas y raíz de *M. esculenta* en Puerto Almendra y Nina Rumi

En las tablas de la 12 a la 18, se muestran las pruebas de t ejecutadas para la concentración de metales en las hojas y raíz de *M. esculenta* cultivadas en los suelos de Puerto Almendra y Nina Rumi, indica que hay diferencias significativas entre la concentración del hierro, zinc, cadmio y plomo en las hojas y raíz de *M. esculenta* a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, con el hierro ($t = -2,6944$), zinc ($t = 13,2613$), cadmio ($t = 0$) y plomo ($t = 13,9489$) que obtuvieron valores relativamente altos y teniendo en cuenta que p (bilateral) fue altamente significativo con probabilidades mayor a $0,0001$, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , de que hay diferencias en la concentración de estos metales en las hojas y raíz de *M. esculenta*, siendo más altos las concentraciones en las hojas que en la raíz; mientras que con respecto al cobre, manganeso y cromo estas diferencias no son significativas.

Tabla 12. Prueba de t (diferencias de medias) de hierro en las hojas y raíz de *M. esculenta*. 2021.

	Fe hoja	Fe raíz
Tamaño =	3	3
Media =	82,35	83,45
Varianza =	0,3175	0,1825
	Desigual	Igual
Varianza =	0,1667	0,25
$t =$	-2,6944	-2,6944
Grados de libertad =	3,73	4,0
p (unilateral) =	0,037	0,0272
p (bilateral) =	0,0741	0,0544
Diferencia entre las medias =	-1,1	---

Prueba t: muestras independientes

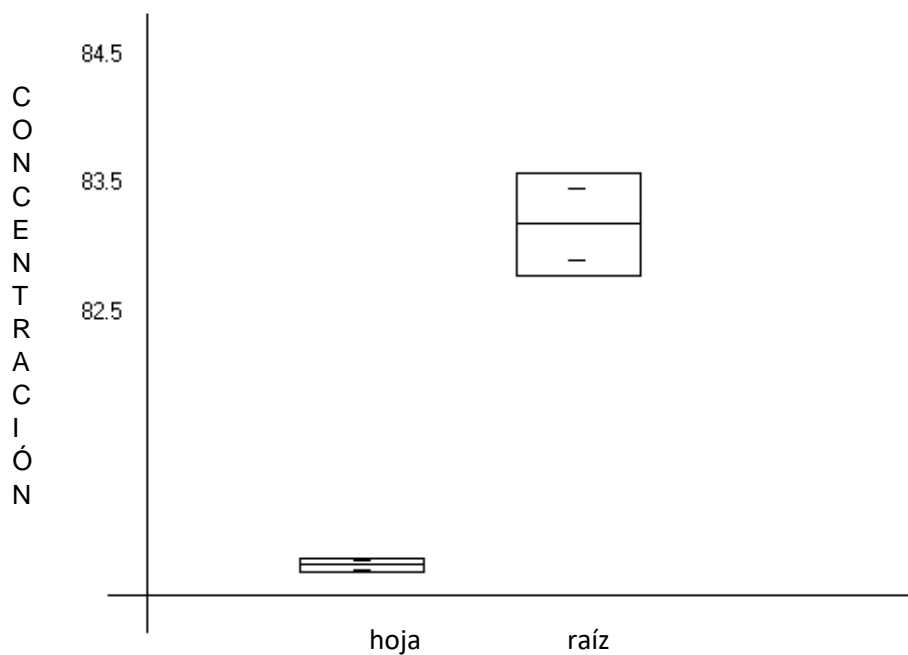


Figura 12. Prueba de t para la concentración de Fe en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021

Tabla 13. Prueba de t (diferencias de medias) del cobre en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021.

	Cu hoja	Cu raíz
Tamaño =	3	3
Media =	14,2933	5,2933
Varianza =	0,0841	0,0081
	Desigual	Igual
Varianza =	0,0308	0,0461
$t =$	51,3193	51,3193
Grados de libertad =	2,38	4
p (unilateral) =	0	0
p (bilateral) =	0	0
Diferencia entre las medias =	9	---

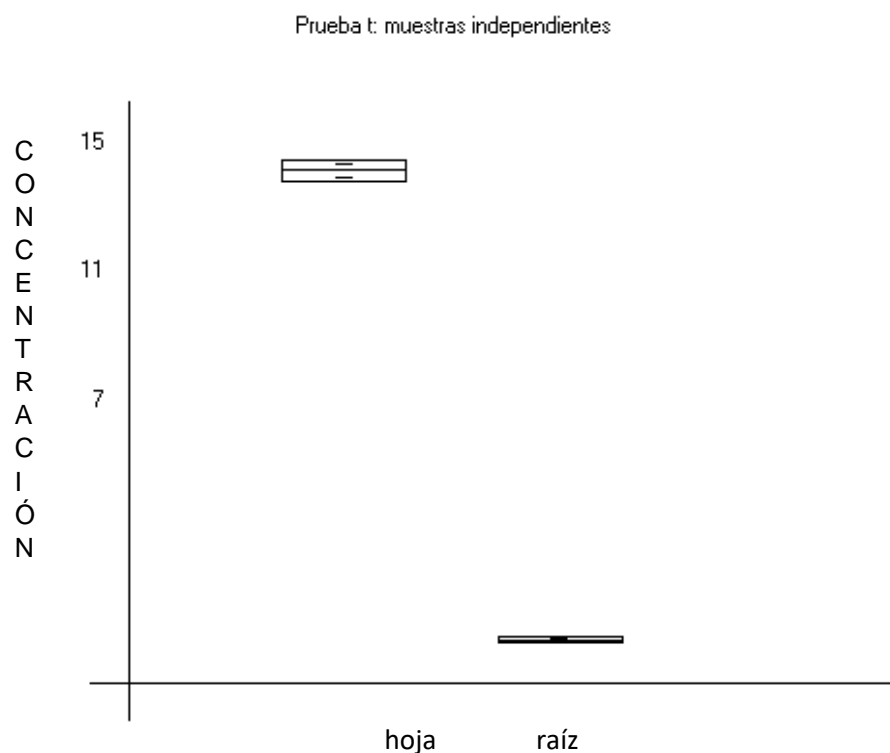


Figura 13. Prueba de t para la concentración de Cu en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021.

Tabla 14. Prueba de t (diferencias de medias) del manganeso en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021.

	Mn hoja	Mn raíz
Tamaño =	3	3
Media =	186,5833	22,6667
Varianza =	2,0208	0,3333
	Desigual	Igual
Varianza =	0,7847	1,1771
t =	185,0398	185,0398
Grados de libertad =	2,64	4
p (unilateral) =	0	0
p (bilateral) =	0	0
Diferencia entre las medias =	163,9167	---

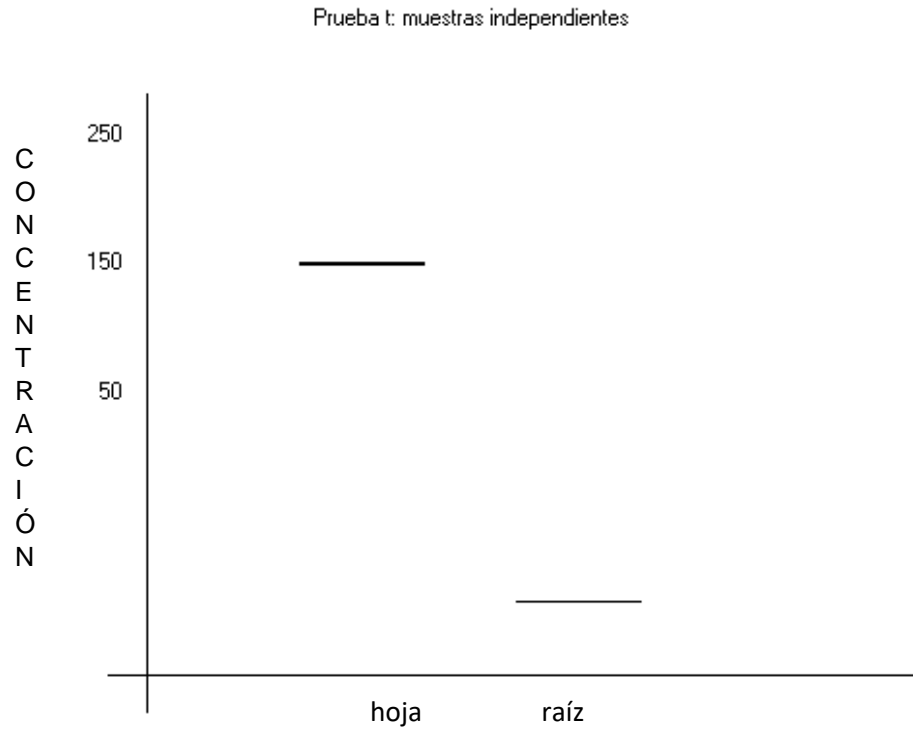


Figura 14. Prueba de t para la concentración de Mn en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021.

Tabla 15. Prueba de t (diferencias de medias) del zinc en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021.

	Zn hoja	Zn raíz
Tamaño =	3	3
Media =	44,6667	37,775
Varianza =	0,3333	0,4769
	Desigual	Igual
Varianza =	0,2701	0,4051
$t =$	13,2613	13,2613
Grados de libertad =	3,88	4,0
p (unilateral) =	0,0005	0,0001
p (bilateral) =	0,0009	0,0002
Diferencia entre las medias =	6,8917	---

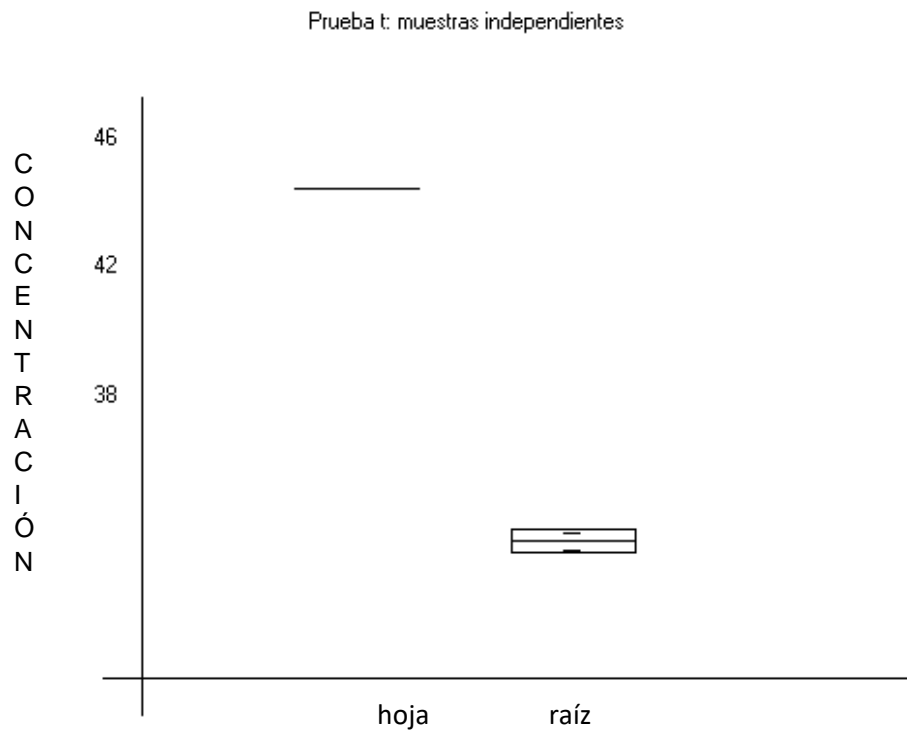


Figura 15. Prueba de t para la concentración de Zn en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021.

Tabla 16. Prueba de t (diferencias de medias) del cadmio en la hoja y raíz de *M. esculenta*. 2021.

	Cd hoja	Cd raíz
Tamaño =	3	3
Media =	0,0267	0,0267
Varianza =	0	0
	Desigual	Igual
Varianza =	0	0
$t =$	0	0
Grados de libertad =	2,94	4
p (unilateral) =	0,5	0,5
p (bilateral) =	1	1
Diferencia entre las medias =	0	---

Prueba t: muestras independientes

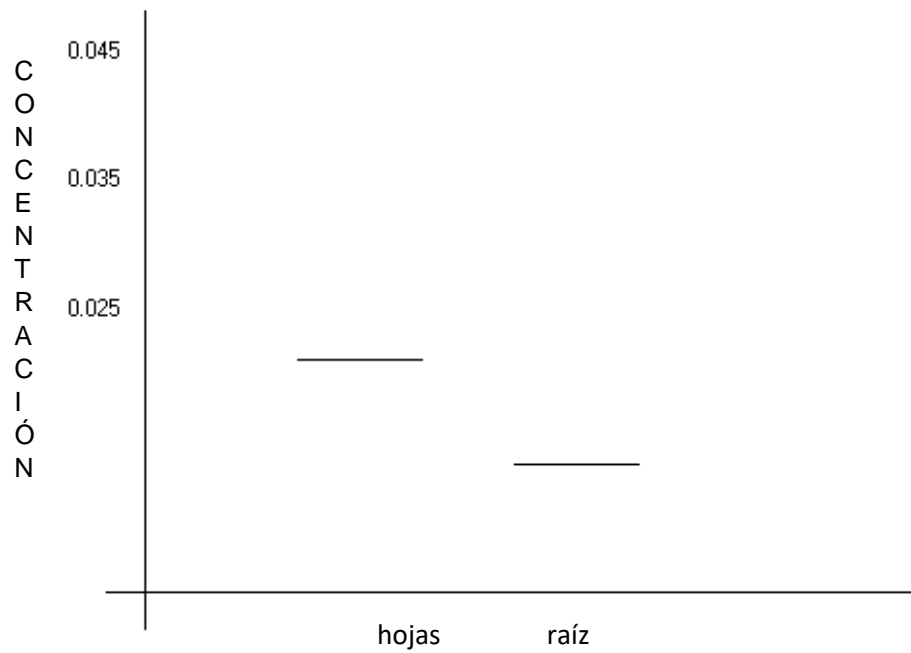


Figura 16. Prueba de *t* para la concentración de Cd en hoja y raíz de *M. esculenta*, 2021.

Tabla 17. Prueba de *t* (diferencias de medias) del plomo en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021.

	Pb hoja	Pb raíz
Tamaño =	3	3
Media =	2,6	0,7367
Varianza =	0,0525	0,001
	Desigual	Igual
Varianza =	0,0178	0,0268
<i>t</i> =	13,9489	13,9489
Grados de libertad =	2,08	4,0
<i>p</i> (unilateral) =	0,0026	0,0001
<i>p</i> (bilateral) =	0,0051	0,0002
Diferencia entre las medias =	1,8633	---

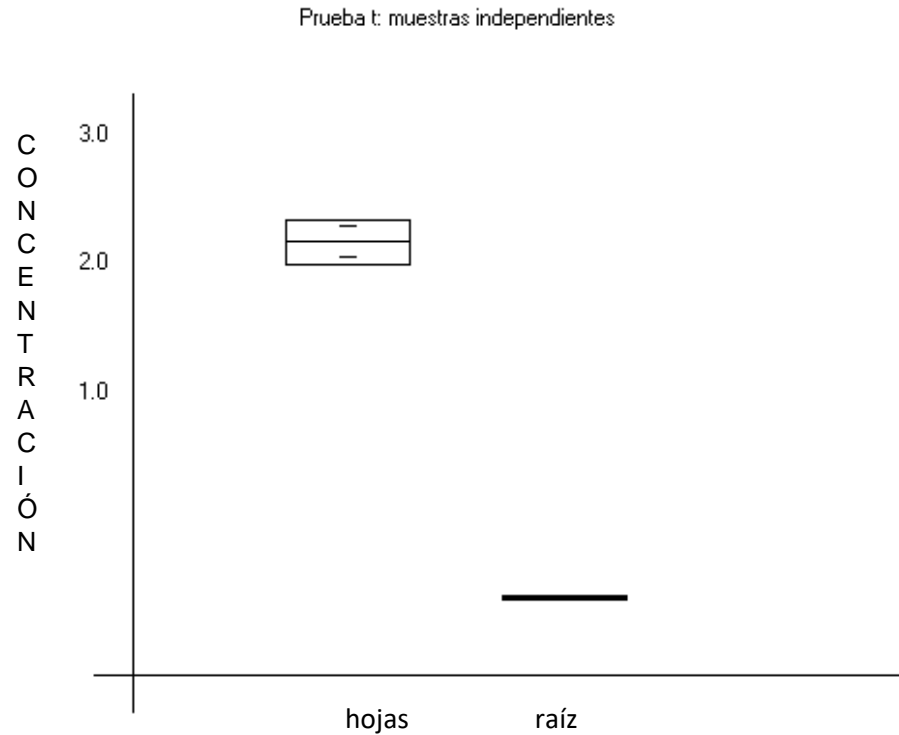


Figura 17. Prueba de t para la concentración de Pb en las hojas y raíz de M.esculenta.

Tabla 18. Prueba de t (diferencias de medias) del cromo en las hojas y raíz de M. esculenta, 2021.

	Cr hoja	Cr raíz
Tamaño =	3	3
Media =	5,05	4,05
Varianza =	0,0025	0,0025
	Desigual	Igual
Varianza =	0,0017	0,0025
$t =$	24,4949	24,4949
Grados de libertad =	4	4
p (unilateral) =	0	0
p (bilateral) =	0	0
Diferencia entre las medias =	1	---

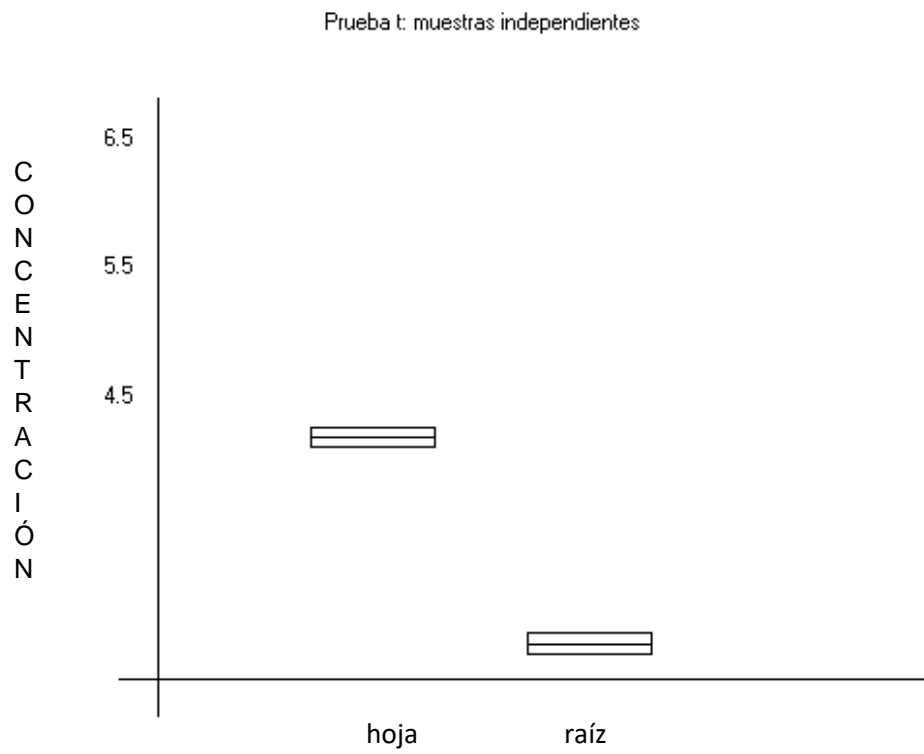


Figura 18. Prueba de t para la concentración de Cr en las hojas y raíz de *M. esculenta*, 2021.

4.3. Prueba de hipótesis de la relación entre los metales presentes en el suelo y su presencia en las hojas y la raíz de *M. esculenta* en Puerto Almendra y Nina Rumi

4.3.1. Relación entre los metales presentes en el suelo y su presencia en las hojas de *M. esculenta* en Puerto Almendra y Nina Rumi

En la tabla 19, se muestra el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre los metales presentes en el suelo entre 0 a 20 cm de profundidad y su presencia en las hojas de *M. esculenta*, indica una fuerte correlación positiva entre la profundidad y hojas con relación a los metales analizados, teniendo el plomo la correlación más alta con 0,9931, seguido del zinc con 0,8704, cobre con 0,7607 y los demás metales con menor correlación, rechazando la H_0 : no existe asociación entre la profundidad y hojas con respecto a los metales hierro, cobre, manganeso, zinc, cadmio, plomo y cromo por lo que se acepta la H_a : existe una correlación entre las dos variables, entre mayor la concentración en el suelo mayor será la concentración en las hojas (nivel de decisión = 0,05) y el Cadmio con una correlación de 0 (a un nivel de significancia de 95%), lo cual indica que ese metal no está presente en las hojas de *M. esculenta*.

En la tabla 20, se muestra el coeficiente de correlación de Pearson entre los metales presentes en el suelo a una profundidad de 20 a 40 cm y su asociación con respecto a las hojas, se observa una fuerte correlación positiva para plomo (0,9975), manganeso (0,6996), zinc (0,5774), cobre (0,4062), una baja correlación positiva para el cromo (0,0861) y para el cadmio una correlación de 0 (no hay correlación), mientras que para el hierro tuvo una correlación de -0,6885 indicando que es una prueba estadísticamente no significativa. De este modo, se rechaza la H_0 : no existe asociación entre la profundidad y hojas con respecto a los metales plomo, manganeso, zinc, cobre y cadmio y se acepta la H_a : existe una correlación

entre las 2 variables, entre mayor la concentración en el suelo mayor será la concentración en las hojas (nivel de decisión = 0,05).

Tabla 19. Coeficiente de correlación de Pearson entre el metal del suelo entre 0 a 20 cm y su presencia en las hojas de *M. esculenta*.

	Fe/hoja	Cu/hoja	Zn/hoja	Mn/hoja	Cd/hoja	Pb/hoja	Cr /hoja
N (pares) =	3	3	3	3	3	3	3
r (Pearson) =	0,1898	0,7607	0,8704	0,5726	0	0,9931	0,6418
IC 95% =	-0,94 a 0,97	-0,75 a 0,99	-0,55 a 1,0	-0,86 a 0,99	-0,96 a 0,96	0,70 a 1,0	-0,83 a 0,6418
R2 =	0,036	0,5787	0,7576	0,3279	0	0,9863	0,99
t =	0,2734	1,6573	2,5	0,9878	---	12	0,4119
GL =	2	2	2	2	2	2	1,1836
(p) =	0,8102	0,2392	0,1296	0,4273	0	0,0069	2

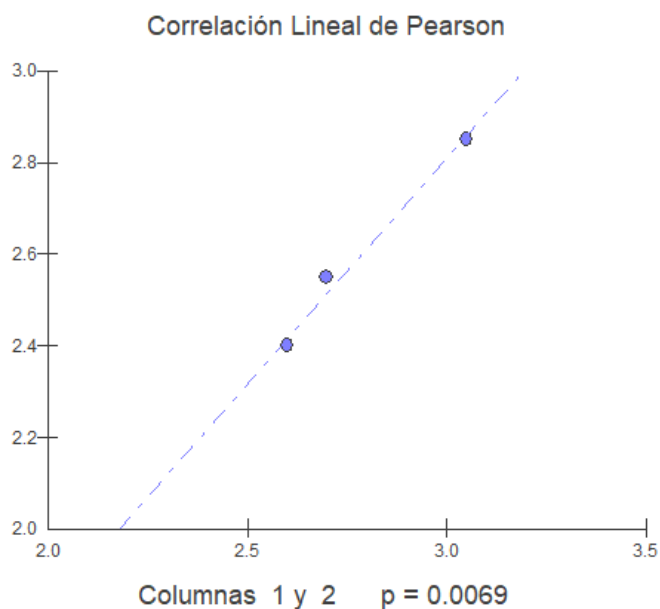


Figura 19. Correlación lineal de Pearson de Pb entre el suelo de 0 a 20 y las hojas de *M. esculenta*.

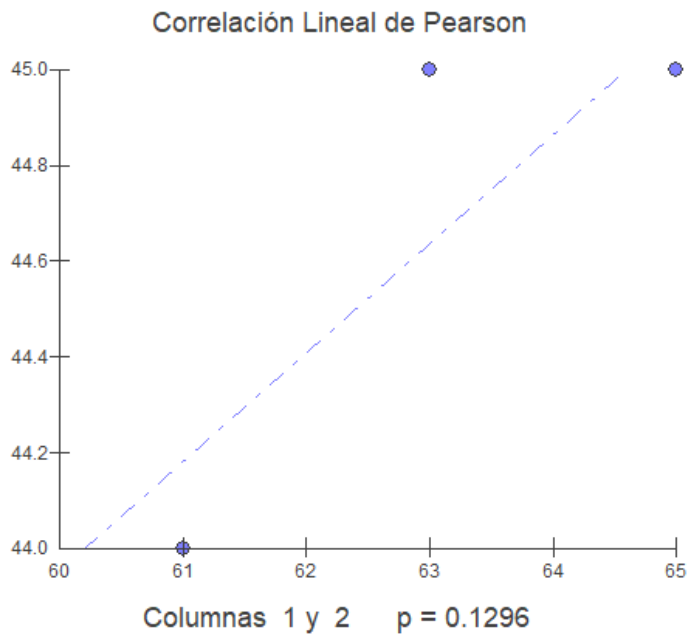


Figura 20. Correlación lineal de Pearson de Zn entre el suelo de 0 a 20 y las hojas de M. esculenta.

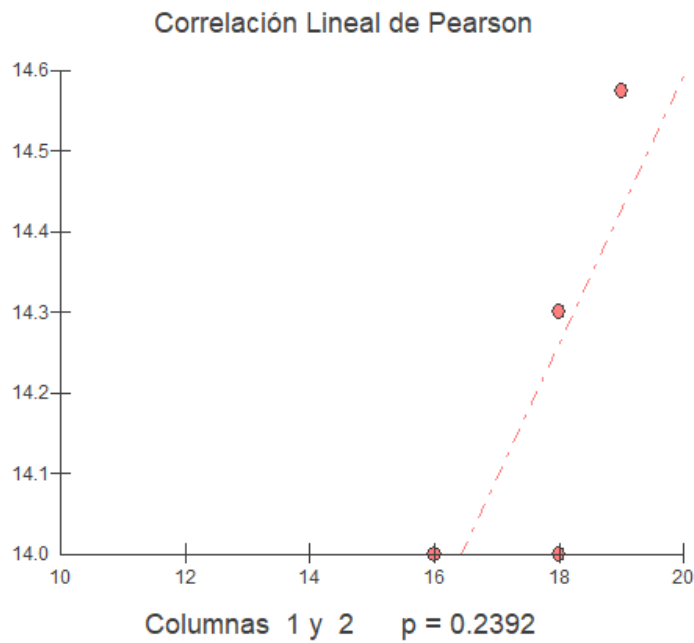


Figura 21. Correlación lineal de Pearson de Cu entre el suelo de 0 a 20 y las hojas de M. esculenta.

Tabla 20. Coeficiente de correlación de Pearson entre el contenido de metales en el suelo de 20 a 40 cm y su presencia en las hojas de *M. esculenta*.

	Fe	Cu	Zn	Mn	Cd	Pb	Cr
N (pares) =	3	3	3	3	3	3	3
r (Pearson) =	-0,6885	0,4062	0,5774	0,6996	0	0,9975	0,0861
	-0,99 a	-0,91 a	-0,86 a	-0,80 a	-0,96 a	0,88 a	-0,95 a
IC 95% =	0,81	0,98	0,99	0,99	0,96	1,00	0,97
R2 =	0,4741	0,165	0,3333	0,4894	0	0,995	0,0074
t =	-1,3427	0,6286	1	1,3845	---	20	0,1222
GL =	2	2	2	2	2	2	2
(p) =	0,3114	0,5938	0,4226	0,9139	0	0	0,9139

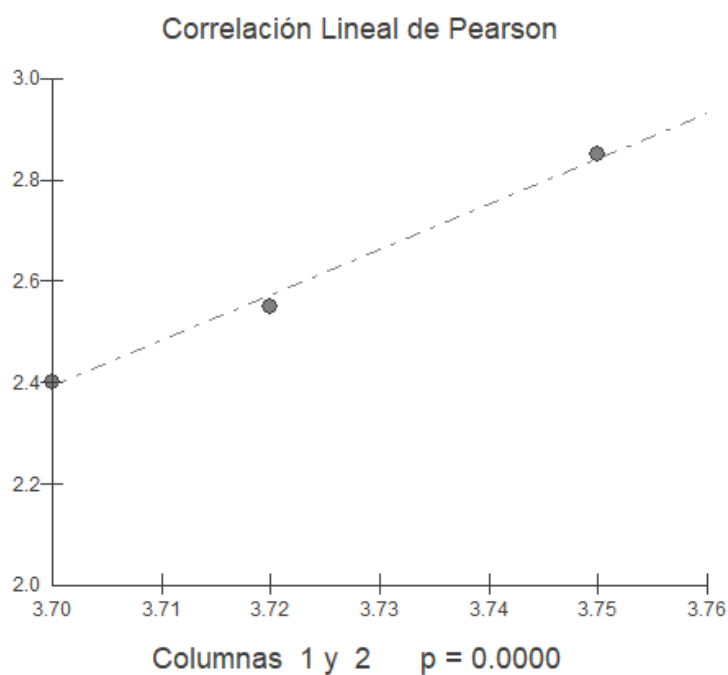


Figura 22. Correlación lineal de Pearson de Pb entre el suelo de 20 a 40 y las hoja de *M.esculenta*, 2021.

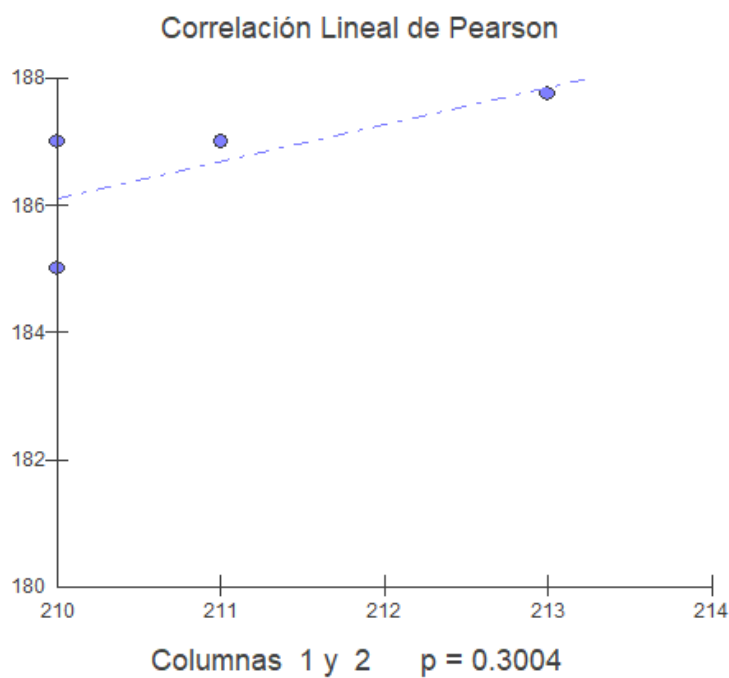


Figura 23. Correlación lineal de Pearson de Mn entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y las hojas de *M.esculenta*,2021.

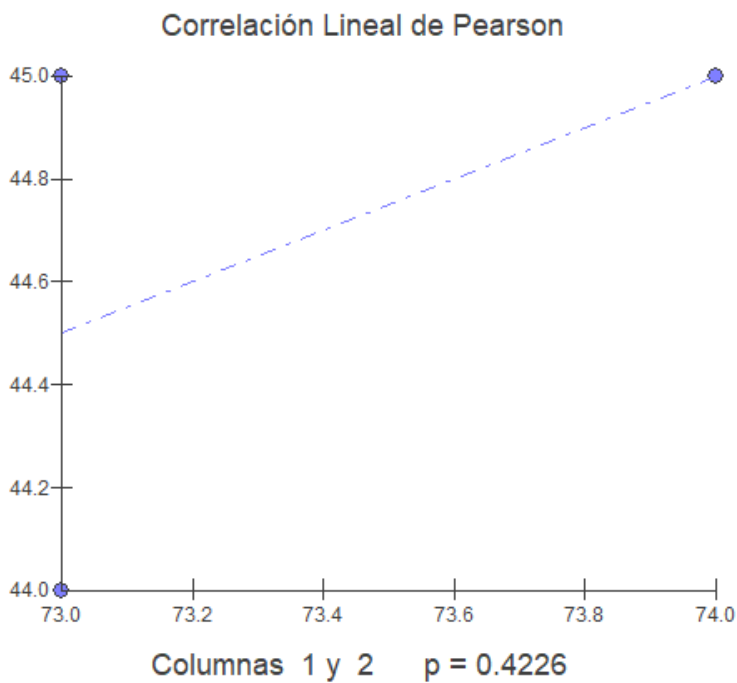


Figura 24. Correlación lineal de Pearson de Zn 20-40 y las hojas de *M.esculenta*,2021.

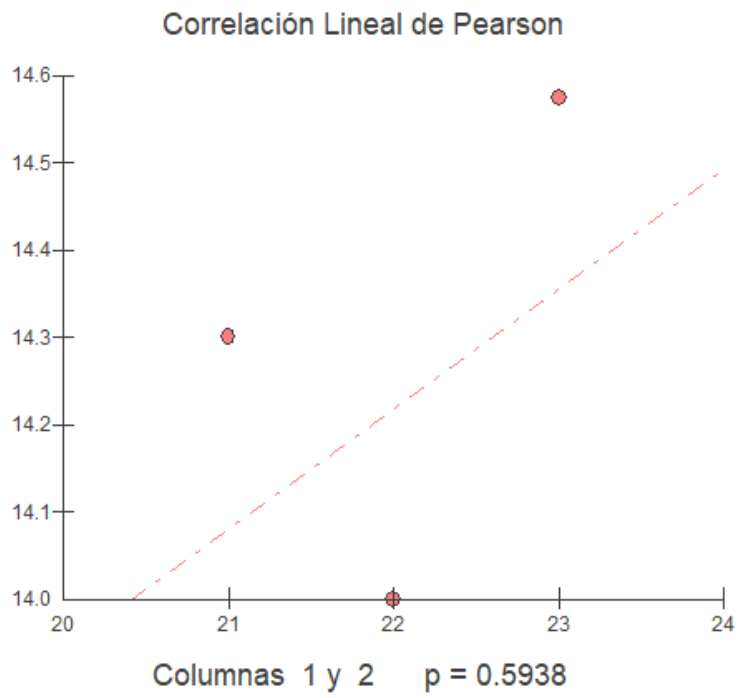


Figura 25 Correacion lineal de Person de Cu de 20-40 y las hojas de M.esculenta ,2021.

4.3.2. Relación entre los metales presentes en el suelo y su presencia en la raíz de *M. esculenta* en Puerto Almendra y Nina Rumi

En la tabla 21, se muestra el coeficiente de correlación de Pearson (r) para los metales presentes a un nivel de profundidad entre 0 a 20 cm y su presencia en la raíz de *M. esculenta* fue altamente significativo estadísticamente para Cobre (0,9915), manganeso (0,9918), hierro (0,837), cadmio (0,577) y plomo (0,3746) cuyos resultados indican que se rechaza la H_0 : no existe asociación entre la profundidad 0 a 20 cm y raíz con respecto a los metales hierro, cobre, zinc, manganeso, cadmio, plomo y cromo, pero se acepta la H_a : existe una correlación entre las 2 variables, entre mayor la concentración en el suelo mayor será la concentración en la raíz (nivel de decisión = 0,05) para cobre, manganeso, hierro, cadmio y plomo y para zinc y cromo la prueba es no significativa estadísticamente.

En la tabla 22, se muestra el coeficiente de correlación de Pearson de metales en el suelo entre 20 a 40 cm de profundidad y su presencia en la raíz de *M. esculenta*, indica una fuerte correlación positiva para manganeso (0,8165), zinc (0,7247), plomo (0,7035), cobre (0,4264), hierro (0,3442) y cadmio (0,2462) una correlación negativa para cromo (-0,568). Por lo tanto, se rechaza la H_0 : no existe asociación entre la profundidad de la muestra de suelo de 20 a 40 cm y raíz con respecto a los metales hierro, cobre, zinc, manganeso, cadmio, plomo y cromo, pero se acepta la H_a : existe una correlación entre las 2 variables, entre mayor la concentración en el suelo mayor será la concentración en la raíz (nivel de decisión = 0,05) para hierro, cobre, zinc, manganeso, cadmio y plomo y para cromo la prueba es no significativa estadísticamente.

Tabla 21. Coeficiente de correlación de Pearson entre el metal del suelo de 0 a 20 cm y su presencia en la raíz de *M. esculenta*, 2021.

	Fe 0-20 raíz	Cu 0-20 raíz	Zn 0-20 raíz	Mn 0-20 raíz	Cd 0-20 raíz	Pb 0-20 raíz	Cr 0-20 raíz
N (pares) =	3	3	3	3	3	3	3
r (Pearson) =	0,837	0,9915 0,64 a	-0,1304 -0,97 a	0,9918 0,66 a	0,5774 -0,86 a	0,3746 -0,92 a	-0,5933 -0,99 a
IC 95% =	-0,63 a 1,00	1,00	0,95	1,00	0,99	0,98	0,86
R2 =	0,7006	0,983	0,017	0,9837	0,3333	0,1403	0,3521
t =	2,1635	10,75	-0,186	11	1	0,5713	-1,0424
GL =	2	2	2	2	2	2	2
(p) =	0,1629	0,0085	0,8696	0,0082	0,4226	0,6254	0,4066

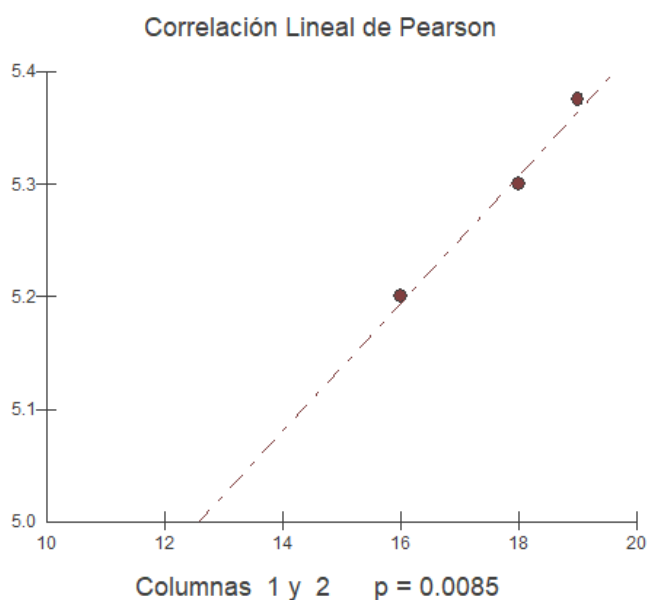


Figura 25. Correlación lineal de Pearson de Cu entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de *M. esculenta*, 2021.

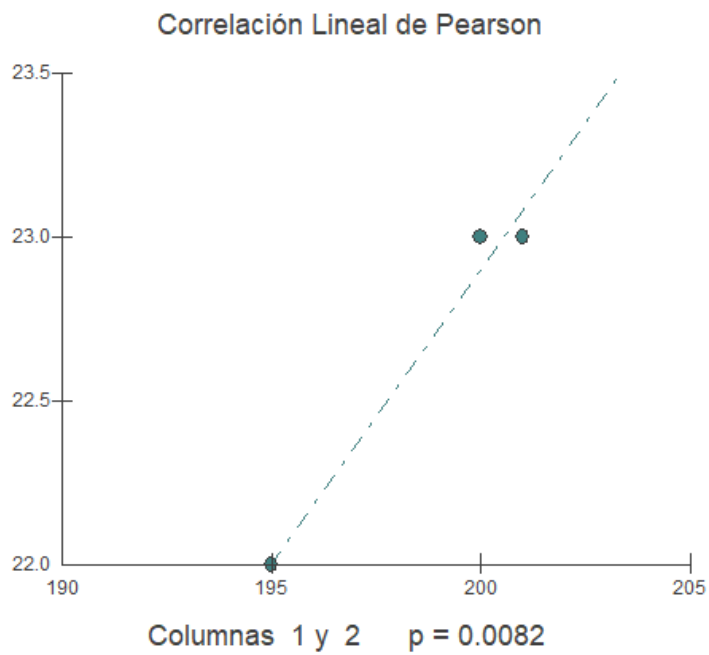


Figura 26. Correlación lineal de Pearson de Mn entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de *M.esculenta*,2021.

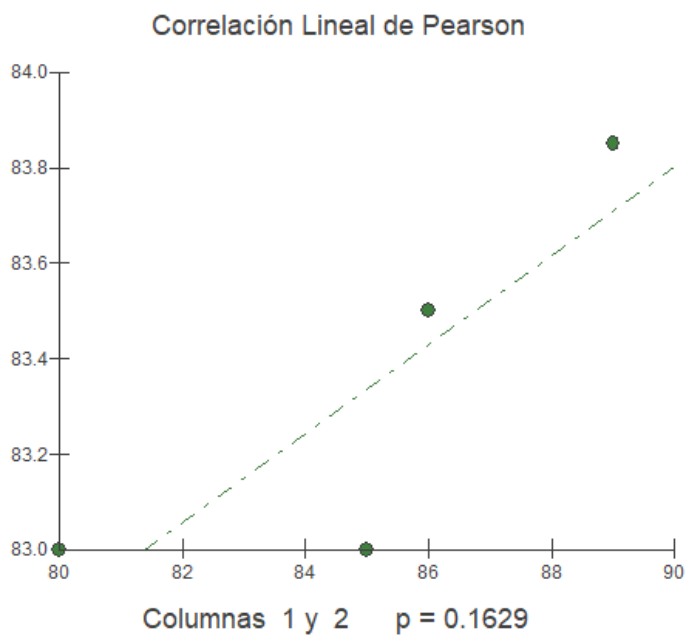


Figura 27. Correlación lineal de Pearson de Fe entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de *M.esculenta*,2021.

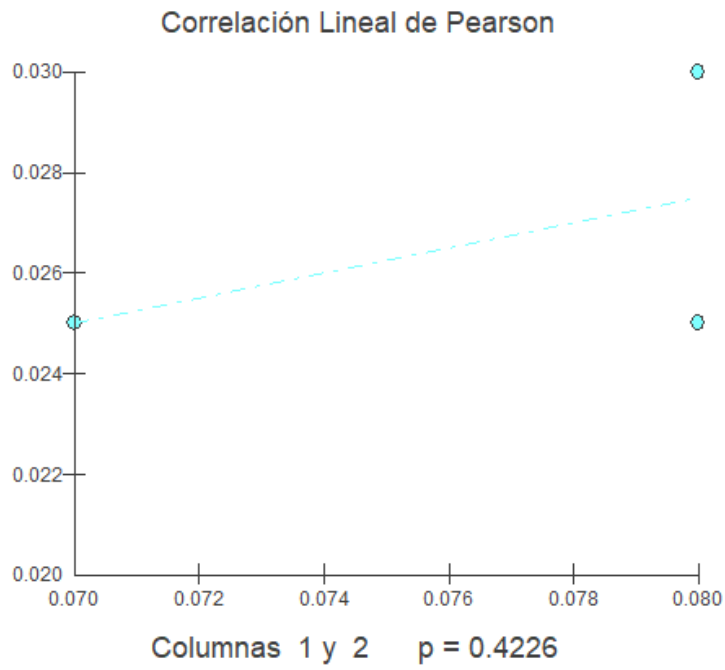


Figura 28. Correlación lineal de Pearson de Cd entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de *M.esculenta*,2021.

Tabla 22. Coeficiente de correlación de Pearson entre el metal del suelo entre 20 a 40 cm y su presencia en la raíz de *M. esculenta*, 2021.

	Fe 20-40 raíz	Cu 20-40 raíz	Zn 20-40 raíz	Mn 20-40 raíz	Cd20-40 raíz	Pb 20-40 raíz	Cr 20-40 raíz
N (pares) =	3	3	3	3	3	3	3
r (Pearson) =	0,3442 -0,92 a	0,4264 -0,91 a	0,7247 -0,78 a	0,8165 -0,67 a	0,2462 -0,94 a	0,7035 -0,80 a	-0,0568 -0,97 a
IC 95% =	0,98	0,98	0,99	1,00	0,98	0,99	0,96
R2 =	0,1185	0,1818	0,5252	0,6667	0,0606	0,4949	0,0032
t =	0,5185	0,6667	1,4875	2	0,3592	1,4	-0,0804
GL =	2	2	2	2	2	2	2
(p) =	0,6557	0,5736	0,2752	0,1834	0,7538	0,2964	0,9432

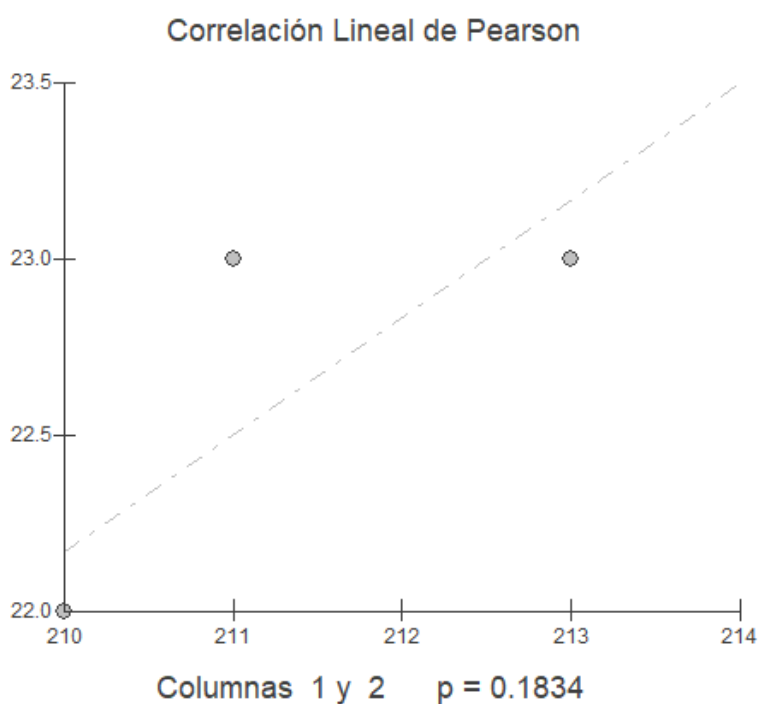


Figura 29. Correlación lineal de Pearson de Mn entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de *M. esculenta*, 2021

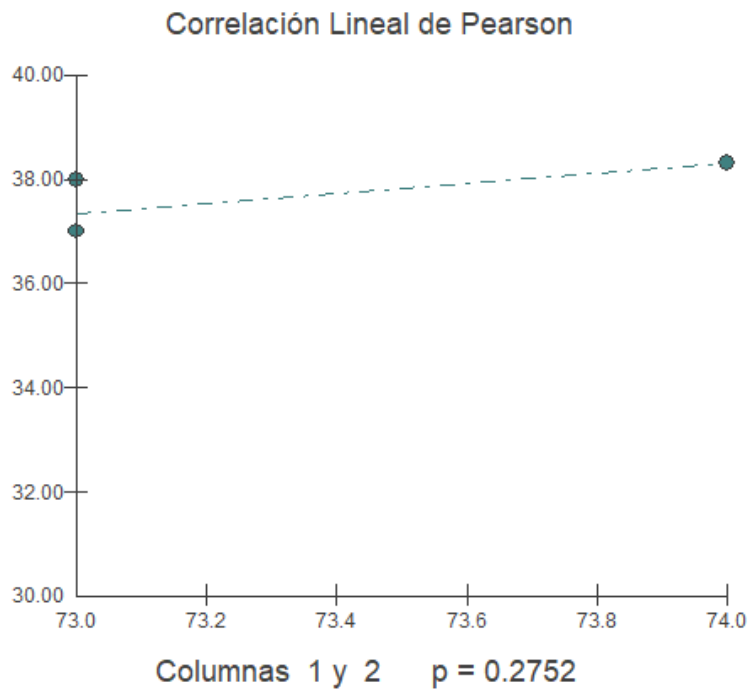


Figura 30. Correlación lineal de Pearson de Zn entre el suelo de 20 a 40 y la raíz de *M. esculenta*, 2021.

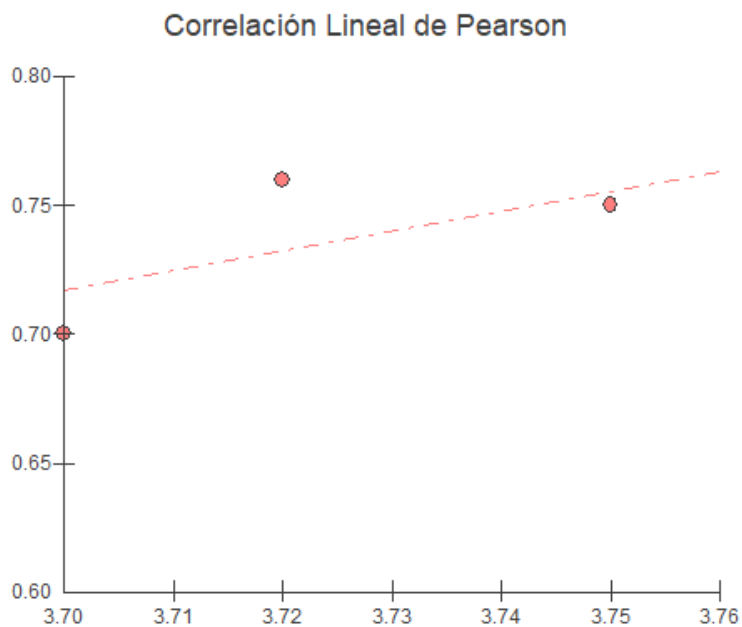


Figura 31. Correlación lineal de Pearson del Pb entre el suelo de 20 a 40 cm de profundidad y la raíz de *M. esculenta*, 2021.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos respecto al objetivo general de relacionar la concentración de metales en el suelo con el contenido en cultivos de *M. esculenta* (yuca) en las zonas de Puerto Almendra y Nina Rumi, Loreto.

Al analizar la concentración del analito por absorción atómica de metales en el suelo a una profundidad de 0 a 20 cm, sin tener en cuenta su estado de oxidación, estuvieron por encima de los rangos normales según los establecidos por el ECA. Obteniendo el parámetro más elevado para el manganeso entre 195 a 201 ppm, seguidos por el hierro que varió entre 80 a 98 ppm, el zinc estuvo entre 61 a 65 ppm, el cobre varió entre 16 a 19 ppm, el cromo entre 5,5 a 5,6 ppm, el plomo entre 2,6 a 3,05 ppm y el menor parámetro fue el cadmio entre 0,07 a 0,08 ppm. Así mismo, la concentración de metales en el suelo del cultivo de *M. esculenta* entre 20 a 40 cm de profundidad estuvieron por encima de los rangos normales.

Así tenemos que el manganeso fue con mayor parámetro entre 210 a 213 ppm, el hierro varió entre 96 a 98 ppm, el zinc entre 73 a 74 ppm, el cobre entre 21 a 23 ppm el cromo entre 5 a 6,04 ppm el plomo entre 3,7 a 3,75 ppm y el menor valor fue cadmio entre 0,08 a 0,09 ppm. Hallazgos que confirman ¹⁰ sobre la concentración que los metales pesados que fueron añadidos a la tierra (100 mL de una solución contaminante a concentraciones de 0,5; 2,5; 10 y 20 mg/L cada semana a los cultivo) con cromo, zinc y plomo; concluyeron que de los tubérculos sembrados (papa, malanga, yuca, rábano, camote y papa china) solo la papa, el rábano y la papa china podrían ser usados en procesos de fitorremediación; de lo que se desprende que los tubérculos (malanga, yuca y comote) no permiten el proceso indicado. Lo que confirma que los metales pesados en el tubérculo *M. esculenta* (yuca) absorbera en sus contenidos los contaminantes que posteriormente afectaran a la salud de las personas.

Al estudiar los resultados de la concentración de los metales, sin tener en cuenta su estado de oxidación en las hojas de *M. esculenta* (yuca) cultivada en la zona de Puerto Almendra y Nina Rumi, estuvieron por encima de los parámetros permitidos. El manganeso tuvo valores de 185 a 187,75 ppm, el hierro estuvo entre 82-83 ppm, zinc con valores de 44 a 45 ppm, el cobre varió entre 14 a 14,58 ppm, el cromo varió entre 5 a 5,1 ppm, el plomo con 2,4 a 2,85 ppm y el cadmio varió entre 0,02 a 0,03 ppm; siendo el único metal que estuvo ligeramente dentro de su rango normal $\leq 0,02$ ppm. Los datos son corroborados ¹² por las concentraciones más altas de metales pesados (en mg/L) en los cultivos, resalta el hierro (0,6525) en *M. esculentus* (yuca), por lo que se concluye que esta especie vegetal podría tener un uso como fitorremediador.

Así también los resultados⁹ de acuerdo con el tratamiento de aguas residuales contaminadas con Pb (II) donde se aprovechó cáscaras de yuca y ñame y con el método por absorción atómica se obtuvo una capacidad de adsorción de 52,34 y 98,36 mg/L respectivamente. Esto permite afirmar que mayor la concentración de los metales en el suelo mayor será la concentración en las partes, como en los contenidos *M. esculenta* (yuca).

Al examinar los resultados obtenidos sobre la concentración de metales en la raíz de *M. esculenta* cultivadas en suelos de Puerto Almendra y Nina Rumi superó los límites permitidos. La concentración de metales en la raíz de *M. esculenta* cultivadas en suelos de Puerto Almendra y Nina Rumi sobrepasó los límites permitidos. El hierro varió entre 83 a 83,85 ppm, zinc varió entre 37 a 38,33 ppm, el manganeso estuvo entre 22 a 23 ppm, el cobre entre 5,2 a 5,38 ppm, el cromo entre 4 a 4,1 ppm el plomo estuvo entre 0,7-0,76 ppm el cadmio entre 0,025 a 0,03 ppm; siendo el único metal que sobrepasó ligeramente el rango normal de $\leq 0,02$ ppm. Los resultados coinciden ⁸ con los hallagos de metales en la raíz de diez tipos del tubérculo *M. esculenta* (yuca) como lo indican los niveles de plomo encontrados con un rango de 0,01 a 0,24 ppm y los niveles de cadmio fueron con un rango de 0,01 a 0,09 ppm, superando el límite permisible del Codex Alimentarius para el plomo, a

diferencia del cadmio no pasa los parámetros del límite permisible del Codex Alimentarius.

Así también ¹⁵ ocurre en los cuerpos naturales de agua donde se registraron parámetros que infringen los ECA para agua de categoría 4, donde la concentración de metales son mayores a los establecidos, el mercurio (0,000 65 mg/L), plomo (0,0094 mg/L) y zinc (0,151 mg/L). La presencia de mercurio se debe a la retención de los metales en el material arcilloso y la materia húmica presente en los sedimentos, el plomo llega a los cuerpos de agua superficial por medio de las escorrentías de los cuerpos de agua a través del material particulado lo que se relaciona positivamente con el cadmio y el zinc. El zinc es un metal que puede combinarse con otras formas químicas para originar sales. Por lo tanto si el suelo y el agua están contaminados con metales pesados de hecho los alimentos energéticos de consumo de la población puede verse afectada y en consecuencia puede dar lugar a la sobre intoxicación por metales en los pobladores de la zona.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Este trabajo de investigación propone ser parte del equipo multidisciplinario de profesionales en salud y afines , que permita la detección presuntiva de metales en el organismo de los pobladores a través del consumo de *M.esculenta* (Yuca), cultivadas en la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, 2021.

La DIRESA realiza el control médico y análisis de laboratorio en el establecimiento de salud de la zona para determinar a tiempo la presencia de metales en el organismo de los pobladores de Nina Rumi en cada periodo de año; Estas acciones permitirá detectar los problemas de manera oportuna, siendo una alternativa rápida y de bajo costo para detectar la ausencia de un principio activo; la que desarrollará a través de la planificación de talleres con contenidos sobre la identificación de metales y las sustancias que producen contaminación en el suelo y *M. esculenta* (yuca), en Nina Rumi y por consecuencia las enfermedades transmitidas por metales.

El desarrollo del taller de capacitación para la detección presuntiva de metales contenidos en *M. esculenta* (Yuca), tendrá una duración de 90 minutos después de la evaluación de los resultados para la toma de acciones como el tratamiento médico, medidas de control y evitar la transmisión de enfermedades por consumo de *M. esculenta* (yuca) en Nina Rumi.

La metodología que se empleará en el desarrollo será: la evaluación mediante fichas epidemiológicas de factores de riesgo por exposición e intoxicación por metales, capacitación y medidas implementadas de promoción y prevención por contaminación de metales a los pobladores de zona de Nina Rumi con una duración de tres meses y luego evaluación constante durante un año.

Cabe indicar que uno de los problemas sanitarios más críticos a nivel mundial es el contenido de metales pesados, cuyo contenido son mayores a los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius produciendo intoxicación, por consumo de los alimentos con alto contenido en carbohidratos como los tubérculos la papa, camote y otros como *M. esculenta* (Yuca),

La propuesta de investigación para la detección presuntiva de metales contenidos en *M. esculenta* (Yuca), cultivadas en la zona de Puerto Almendra se presenta detalladamente en el Anexo 3.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

- La concentración de metales en el suelo a una profundidad de 0 a 20 cm, sin tener en cuenta su estado de oxidación, estuvieron por encima de los rangos normales según los establecidos por el ECA, siendo el parámetro más elevado para el Manganeso entre 195-201 ppm, seguidos por el hierro que varió entre 80-98 ppm, el zinc estuvo entre 61 a 65 ppm, el cobre varió entre 16 a 19 ppm, el cromo entre 5,5 a 5,6 ppm, el plomo entre 2,6 a,05 ppm y el menor parámetro fue el cadmio entre 0,07-0,08 ppm.
- La concentración de metales en el suelo del cultivo de *M. esculenta* entre 20 a 40 cm de profundidad estuvieron por encima de los rangos normales según los establecidos por el ECA. Así tenemos que el manganeso fue con mayor parámetro entre 210 a 213 ppm, el hierro varió entre 96 a 98 ppm, el zinc entre 73 a 74 ppm, el cobre entre 21 a 23 ppm el cromo entre 5 a 6,04 ppm el plomo entre 3,7 a 3,75 ppm y el menor valor fue cadmio entre 0,08 a 0,09 ppm.
- La concentración de los metales en las hojas de *M. esculenta* (yuca) cultivada en la zona de Puerto Almendra y Nina Rumi, estuvieron por encima de los valores permitidos. El manganeso tuvo valores de 185 a 187,75 ppm, el hierro estuvo entre 82-83 ppm, zinc con valores de 44 a 45 ppm, el cobre varió entre 14 a 14,58 ppm, el cromo varió entre 5 a 5,1 ppm, el plomo con 2,4 a 2,85 ppm y el cadmio varió entre 0,02 a 0,03 ppm; siendo el único metal que estuvo ligeramente dentro de su rango normal ($\leq 0,02$ ppm).
- La concentración de metales en la raíz de *M. esculenta* cultivadas en suelos de Puerto Almendra y Nina Rumi sobrepasó los límites permitidos. El hierro varió entre 83-83,85 ppm, zinc varió entre 37 a 38,33 ppm, el manganeso estuvo entre 22 a 23 ppm, el cromo entre 4 a 4,1 ppm, el cobre entre 5,2 a 5,38 ppm, el plomo estuvo entre 0,7 a 0,76 ppm el

cadmio entre 0,025 a 0,03 ppm; siendo el único metal que sobrepasó ligeramente el rango normal de $\leq 0,02$ ppm.

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

- La población debe ser consciente que el suelo de Puerto Almendra y Nina Rumi en su condición de receptor no debe tener riesgo alguno y en ella radica la importancia de la conservación del medio que proteja y no arroje sustancias contaminantes con metales bajo la responsabilidad del órgano de control del Gobierno Regional de Loreto y del Ministerio del Medio Ambiente.
- Implementar un programa de evaluaciones y vigilancia epidemiológica por intoxicación de metales en los pobladores de Nina Rumi y zonas aledañas con mecanismos de prevención y promoción establecidos en las ECA bajo la responsabilidad de las autoridades de la salud de la Zona que adoptan medidas que evitan enfermedades neurológicas, digestivas y dérmicas.
- El equipo multidisciplinario de salud y otros profesionales podrán realizar acciones de remediación de las zonas de cultivo del *M. esculenta* (yuca) y otros tubérculos, mediante la biorremediación.
- Realizar los análisis de metales en *M. esculenta* (yuca) comestible según su variedad y determinar la importancia de los resultados analíticos, en los diferentes medios de cultivos realizados en los suelos de Puerto Almendras Nina Rumi, considerando las formas comestibles de dicho tubérculo en la población mencionada.
- Proponer que se realicen estudios de mapeo de metales en *M. esculenta* (yuca), en diferentes suelos y profundidad, comparando con los resultados de otros alimentos como cacao a nivel local, nacional e internacional.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gliessman, S. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Turrialba, Costa Rica EUA: LITOCAT, 2002.
2. Prieto Méndez, J., González Ramírez, C., & Román Gutiérrez, A. y. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2009; 10: 29-44.
3. Medina, C., & Taminche, S. Evaluación de metales en la corteza de *Campsiandra angustifolia* Spruce ex Benth "Huacapurana" de uso etnoterapéutico en la región Loreto. Tesis, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Loreto-Perú; 2015.
4. Apaella, R., & Pezo, A. Evaluación de metales en corteza de *Maytenus macrocarpa* (chuchuhuasi) de uso etnomedicinal en la región Loreto. Tesis, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú; 2015.
5. García, T., & Uribe, R. Evaluación de metales de la especie *Tynanthus panurensis* (clavo huasca), de uso etnoterapéutico en la región Loreto. Tesis, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú; 2015.
6. Delgadillo-López A., González-Ramírez, C., Prieto-García F., & Villagómez-Ibarra J. A.-S. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2011; 14: 597-612.
7. Perú.info. Super raices, super yuca. Nov. 2016. Recuperado el 23 de 12 de 2018, de superfoods: peru.info/es-pe/superfoods/detalle/super-yuca.
8. De La O Valenzuela, Z., & Quispe, J. Determinación cuantitativa de plomo y cadmio en diez tipos de yuca (*Manihot esculenta*) comercializadas en el mercado del distrito de San Martín de Pangoa, de la ciudad de Satipo, Dpto de Junin. Tesis, Universidad Wiener. Lima: Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica. 2017.
9. Tejada C., Montiel Z., & Acevedo D. Aprovechamiento de cáscaras de yuca y ñame para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con Pb(II). *Información Tecnológica*. 2016; 27 (1), 9-19.
10. Guevara, P., & Montes, L.. Espacialización de concentración de metales pesados cromo, zinc y plomo en el complejo industrial Fabrilfame y propuesta de remediación de suelos. 10 de abril de 2014. Obtenido de repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8202

11. Agraz, F., Guízar, B., A., L., Luis-Castillo, M., & Velásquez, A. V. (04 de marzo de 2013). Intoxicación por metales pesados en la salud. Recuperado el 23 de 12 de 2018.
12. Huaranga Moreno F., Méndez E., Quilcat, V., & Huaranga Arévalo F. Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. *Scientia Agropecuaria*. 2012; 3, 235-247.
13. Traxco. (12 de 11 de 2014). Agricultura en zonas de crecidas. Recuperado el 23 de 12 de 2018, de Noticias agrícolas: www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/agricultura-en-zonas-de-crecidas
14. Cerón, I., & Aristizábal, F. Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*; 2012; 14 (1).
15. Informe Técnico N° 029-2021-ANA-AAA.A-ALA.IQ/EJDG. Monitoreo de calidad de agua superficial de los cuerpos naturales de agua ubicados en las instalaciones de la Agropecuaria La Chacra, cuenca Nanay. Iquitos, Perú; 2021.
16. Jain C.K. & Ram D. Adsorption of metal ions on bed sediments. *Hidrological Sciences-Journal des Sciences Hydrologiques*; 1997; 42(5): 713-723.
17. Campbell P.G.C. & Tessier A. Ecotoxicology of metals in aquatic environments Geochemical aspects In *Ecotoxicology A hierarchical treatment*. M.C.Newman and C.H. Jagos, eds. Lewis Publishers, Boca Raton. Florida; USA; 1996.
18. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Diversidad de yucas (*Manihot esculenta Crantz*) entre los Ticuna: Riqueza cultural y genética de un producto tradicional. Leticia, Amazonas; 2005. 3 y 14
19. Flores, J. *Distribución espacial y ubicación fisiográfica de cuatro especies vegetales de uso medicinal en el área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta Loreto-Perú*. Tesis, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú; 2014.
20. Ayala F. Taxonomía Vegetal (Gymnospermae y Angiospermae de la Amazonia Peruana). Imp. Centro de Estudios Teológicos de la Amazonia (CETA) Iquitos-Perú. Primera Edición Vol. 2 pág. 71 y 73. [Visitada 09.11.2018]. Disponible en: www.books.google.com/.../Taxonomia_vegetal.
21. Madueño, F. *Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (Lactuca sativa) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana*. Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú; 2017.

22. Contreras, R. (22 de Abril de 2016). Bioquímica: Que son los oligoelementos. Recuperado el 23 de 12 de 2018, de Biología. La guía 2000. com: <https://biologia.laguia2000.com/bioquimica/que-son-los-oligoelementos>.
23. Barragán, H. Desarrollo, salud humana y amenazas ambientales. la crisis de la sustentabilidad. (P. A., & m. y. Bourgeois, Edits.) Buenos Aires, La Plata, Argentina: Universidad de La Plata. (2010).
24. Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P., & Muñoz-García, F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. (2016); 14 (2), 145-153.
25. Skoog D. Análisis Instrumental. México. Ed. Interamericana. p.16-19; 2000.
26. Ministerio Ambiente. Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Lima, Perú; 2017.
27. Ministerio Ambiente. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental(ECA), para Agua. Lima, Perú; 2017.

ANEXOS



UNAP

Escuela de Postgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA AMAZÓNICA

“Concentración de metales en el suelo y su relación con el contenido en *Manihot esculenta* (yuca) cultivada de la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto”

ANEXO N ° 01

Ficha de recolección de Metales en suelos de cultivo, en la raíz y hojas de *Manihot esculenta* (yuca), en la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto.

CÓDIGO: _____

I. PRESENTACIÓN

La presente ficha de recolección de muestra de analito tiene como propósito obtener información sobre: **“Concentración de metales en el suelo y su relación con el contenido en *Manihot esculenta* (yuca) cultivada de la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, Loreto”** el estudio servirá para elaborar la tesis conducente a la obtención del Grado Académico de Doctor en Ciencias con Mención en Ecología Amazónica.

El tal sentido el instrumento viene a ser el protocolo para analizar las muestras, así mismo se va analizar la concentración del analito y será determinada por absorción atómica, con gas de arrastre aire/acetileno temperatura de ionización 3000°C y lámparas de cátodo hueco como señal. Se va a considerar el contenido en mg/Kg (ppm) de los metales: Fe , Cu, Cr, Mn, Zn, Cd y Pb .

II. DATOS GENERALES

1. Lugar de toma de muestra de analito :
2. Fecha de la toma de muestra :

III. CONTENIDO:

N°	Metales	Valores Normales mg/kg (ppm)	Suelo de cultivo	Tallo	Raíz
1	Fe	No > 5			
2	Cu	No > 5			
2	Cr	No > 5			
4	Mn	No > 5			
5	Zn	No > 5			
6	Cd	No > 0,02			
7	Pb	No > 0,2			

ANEXO N ° 02



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 25-2019-AMAZ-UNAP

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

HACE CONSTAR:

Que, la muestra botánica presentada por **CARLOS ENRIQUE CALLOAPAZA VALLADARES**, egresado del programa de **Doctorado en Ciencias** con mención en **Ecología Amazónica** de la **Escuela de Post Grado "José Torres Vásquez"** de la **Universidad Nacional de la Amazonía Peruana** pertenece al proyecto de tesis de post grado titulado **"Concentración de metales en el suelo y su relación con el contenido en *Manihot esculenta* (yuca) cultivada de la zona de Puerto Almendras Nina Rumi, Loreto"** ha sido **DETERMINADA** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMAZ** del **CIRNA-UNAP** como se indica a continuación:

N°	FAMILIA	ESPECIE
01	EUPHORBIACEAE	<i>Manihot esculenta</i> Crantz

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

Atentamente,



Richard J. Huaranca Acostupa
Coordinador Herbarium Amazonense

ANEXO 03

PLAN DE EJECUCIÓN DEL TALLER DE CAPACITACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Distrito : San Juan Bautista
1.2 Responsable : DIRESA
1.3 Lugar : Puerto Almendra Nina Rumi
1.4 Duración : 90 minutos
1.5 Fecha : Cada 6 meses

II. FINALIDAD

Detección presuntiva de metales en el organismo de los pobladores a través de la ingesta de la *M.esculenta* (Yuca), cultivadas en la zona de Puerto Almendra Nina Rumi, mediante evaluación clínica del médico y análisis de laboratorio para identificar tipo y concentración de metales en la sangre de población de dicha comunidad.

III. PROPÓSITOS:

Orientar a los pobladores de zona Puerto Almendra Nina Rumi sobre los diferentes tipos de metales que producen contaminación en los diferentes suelos de cultivo y tubérculos así como Identificar las enfermedades ocasionados por intoxicación de metales para la toma de medidas de control y evitar enfermedades.

IV. TEMAS A TRATAR:

- Diferentes tipos de metales que producen contaminación en los diferentes suelos de cultivo y tubérculos.
- Sustancias contaminantes en los diferentes medios de cultivos de alimentos de consumo humano.
- Enfermedades ocasionados por intoxicación de metales según morbilidad y mortalidad, transmitidas por el consumo de tubérculos como *manitoh esculenta* (Yuca).
- Medidas de control para la detección presuntiva de metales que ocasionan las enfermedades por intoxicación de metales.
- Acciones para hacer buen uso del consumo de *M.esculenta* (Yuca) sin metales y evitar enfermedades neurológicas, gastrointestinales, dermatológicas, alteraciones del sistema nervioso central y otros.

V. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

Momentos	Estrategias	Recursos y/o materiales	Tiempo
Inicio	Bienvenida a los participantes Firma de asistencia. Presentación de la finalidad, propósitos y temática del Taller.	Asistencia Material impreso	15 minutos
Motivación	Observan el PPT con los resultados obtenidos de la investigación con los metales que producen	Laptop Proyector	

Momentos	Estrategias	Recursos y/o materiales	Tiempo
Recuperación de saberes	<p>contaminación en el suelo y <i>M. esculenta</i> (yuca) en Nina Rumi.</p> <p>Leen las interrogantes planteadas:</p> <p>¿Estos datos que originan en pensamiento?</p> <p>¿Tenías idea que podrías estar consumiendo metales pesados a través de la yuca?</p> <p>¿Por qué crees que los metales pesados llegan al suelo, la raíz y las hojas de la yuca?</p> <p>Los participantes comparten ideas a partir de las interrogantes planteadas.</p> <p>Dialogan sobre la importancia de conocer el cuidado de los suelos de los alrededores de su comunidad.</p>	multimedia	
Desarrollo Situación para la reflexión	<p>Formación de equipos de trabajo de cinco integrantes con la dinámica de formación de grupos por los nombres de los metales pesados: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), cadmio (Cd) y Plomo (Pb).</p> <p>Reciben información impresa sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sustancias contaminantes en los diferentes medios de cultivos de alimentos de consumo humano. - Enfermedades ocasionados por intoxicación de metales según morbilidad y mortalidad, transmitidas por el consumo de tubérculos como <i>M.esculenta</i> (Yuca). <p>Responden las interrogantes a partir de la información recibida.</p> <p>Observan la proyección de los tipos de sustancias que contaminan el suelo.</p> <p>A partir de la información responden las siguientes interrogantes:</p> <p>¿Cuáles son las principales síntomas que sientes los integrantes de su familia?</p> <p>¿Tu malestar estará relacionado al alimento que consumen?</p> <p>¿Acudes normalmente a la posta de la zona cuando presentas estas dolencias?</p> <p>Socializan las respuestas con el pleno del aula.</p> <p>Analizan y comentan en el interior de los equipos de trabajo las</p>	<p>Fichas</p> <p>Laptop Proyector multimedia</p> <p>Recorte de papeles.</p>	60 minutos

Momentos	Estrategias	Recursos y/o materiales	Tiempo
	<p>situaciones planteadas para la reflexión.</p> <p>Comparten sus respuestas por la técnica del museo.</p> <p>Leen en voz alta cada una de las respuestas y expliquen brevemente sus razones.</p> <p>Consolidan sus respuestas con el apoyo del tesista.</p> <p>Participan de manera voluntaria para exponer su acuerdo o desacuerdo con las respuestas socializadas, y que explique brevemente sus razones.</p>		
Cierre	<p>Los participantes escuchan las medidas de control para la detección presuntiva de enfermedades por intoxicación de metales.</p> <p>Presentan sus productos.</p> <p>Concluido el tema desarrollado.</p> <p>El profesional plasma algunas indicaciones importantes y relevantes para ser parte de la vigilancia de los suelos de Nina Rumi y alrededores.</p> <p>Hacen el compromiso de:</p> <p>Concientizar a los integrantes de su familia en el caso de ser afectados para que se protejan y no arroje sustancias contaminantes como metales en las quebradas de los ríos y afines y conservar el medio ambiente.</p> <p>El profesional de la salud encargado realiza una síntesis del tema desarrollado.</p>	Papeles recortados	15 minutos
Evaluación	<p>Los participantes reflexionan de la importancia de conocer del alimento energético que es un tubérculo propio de nuestra zona.</p>		
Metacognición	<p>¿Cómo puedo ser parte de la detección presuntiva de metales contenidos en <i>M. esculenta</i></p> <p>¿Qué aprendí hoy?</p> <p>¿Cómo lo hicimos?</p> <p>¿Qué dificultades tuve?</p> <p>¿Qué hice para superarla?</p>		

Desarrollo del Taller de capacitación

1. Metales que producen contaminación en el suelo y *M.esculenta* (yuca) en Nina Rumi.
En el taller se dará a conocer los resultados que se obtuvieron al realizar análisis por concentración de analitos del suelo y el tubérculo *M. esculenta* (Yuca) donde se identificó que metales contiene utilizando método de absorción atómica y si la concentración esta dentro de los parámetros permisibles. Este tipo de analisis se sugiere realizarlo 1 vez al año.
2. Sustancias contaminantes y toxicas segun resultados de los analisis de suelo y *M.esculenta* (Yuca) de la zona de Nina Rumi.
Identificar la sustancias contaminantes a través de equipos multidisciplinarios se debe realizarse 1 vez al año.
3. Enfermedades transmitidas por intoxicación de metales por consumo de manitoh esculenta:
Dar a conocer que enfermedades pueden tener efecto por intoxicación de metales pesados.
Plomo (Pb). Produce Hipertension arterial, enfermedades cardiovasculares, enfermedades en el cerebro que afecta el desarrollo y capacidad mental.
Arsenico (As). Produce Ataxia, Queratosis en la piel, lesiones vasculares en sistema nervioso central e higado
Cadmio (Cd). Produce Anemia, disfuncion renal, transtornos respiratorios y nerviosos.
Cobre (Cu). Produce necrosis hepatica, anemia,diarrea, alteraciones en el crecimiento y desarrollo, infertilidad temporal, insuficiencia cardiaca.
Cromo (Cr). Dermatitis, ulceras, daño renal y hepatico y cancer al pulmon
Manganeso(Mn). Produce efectos neurologicos, cefalea, insomnio, dermatitis en la piel, anemia.
Zinc (Zn). Produce perdida de apetito, erupciones cutaneas, ulcera en estomago, vomitos, nauseas, anemia, afecciones bronquiales y asma
4. Medidas de control.para la deteccion presuntiva de enfermedades por intoxicacion de metales.
 - Realizar evaluaciones cada 6 meses mediante ficha de vigilancia epidemiológica por intoxicación de metales a los pobladores de Nina Rumi y zonas aledañas.
 - Capacitación mediante charlas directas a la población de Nina Rumi y zonas aledañas sobre las diversas enfermedades que produce el consumo de manitot esculenta (Yuca) y otros tuberculos que siembran en dicha zona.
 - Esta capacitación serán cada 6 meses y se realizará en el puesto de salud I-2- Zungarococha del Minsa.

5. Acciones para conservar y hacer buen uso del consumo de *M. esculenta* (Yuca) sin sustancias tóxicas.
- Concientizar a la población afectada para que proteja y no arroje sustancias contaminantes como metales en las quebradas de los rios y afines y conservar el medio ambiente.
 - Conformación de un equipo multidisciplinario de salud para evaluación cada 6 meses sobre posibles casos de intoxicación del suelo y *manihot esculenta* en la zona de Nina Rumi y zonas aledañas.
 - Realizar campañas de salud sobre prevención y promoción y dosaje de metales a población afectada por ingesta de agua contaminada no potabilizada y *M.esculenta* (Yuca) y otros tubérculos.