



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTA DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA



CARRERA INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Evaluación del riesgo potencial por el consumo de yuca (*Manihot Esculenta* Crantz)
a causa de la bioacumulación de metales pesados provenientes del suelo y agua en la
parroquia Dayuma

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyectos de Investigación, previo la obtención del
Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a
través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Verónica Valeria Vera Chica

Tutor: PhD. Liliana Alexandra Cerda Mejía

Ambato-Ecuador

Marzo – 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía

CERTIFICA

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, el mismo que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 13 de enero del 2022

.....
Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía
C.I. 180414808-6
TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Verónica Valeria Vera Chica, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



.....
Verónica Valeria Vera Chica

210052438-4

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

.....

Dr. Homero José Vargas López

C.I. 1801978048

Presidente del Tribunal

.....

Esteban Mauricio Fuentes Pérez PhD.

C.I. 1803321502

.....

Santiago Cadena Carrera PhD.

C.I. 1715602593

Ambato, 17 de febrero del 2022

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor



.....
Verónica Valeria Vera Chica

C.I. 2100524384

AUTORA

DEDICATORIA

La ciencia sin religión es defectuosa, la religión sin ciencia es ciega.

(Albert Einstein)

Mi tesis va dedicada con todo mi corazón a mis amados padres Miguel y Anita por su sacrificio y esfuerzo en todos estos años, quienes a pesar de los momentos difíciles me inspiraron a cumplir un sueño más, demostrándome que en la vida lo más importante es la unión familiar.

A mis adorados hermanos quienes son mi fortaleza e inspiración para superarme, ellos con sus bromas y cariño me enseñaron que todo lo que me proponga en la vida lo puedo alcanzar.

A mi hermoso sobrino Sebas quien es mi alegría mi fuente de inspiración y mi más grande amor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por ser el pilar fundamental, mi guía y apoyarme incondicionalmente en el transcurso de mi vida, quienes me enseñaron a siempre cumplir mis metas.

Agradezco a mis hermanos Vagner, Vinicio y Víctor quienes a pesar de la distancia siempre me brindaron su apoyo y cariño.

A mis queridos amigos quienes fueron fundamentales en mi vida Universitaria ya que con ellos compartí gratos momentos dentro y fuera de las aulas y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo el cariño.

Especialmente agradezco a Moni quien ha sido mi amiga incondicional a quien estimo y admiro por su capacidad para ayudar y querer de forma desinteresada.

Agradezco a mi querida tutora Dra. Lilibiana Cerda por su paciencia y dedicación durante mi etapa de titulación además por compartir sus conocimientos a lo largo de mi carrera, quien ha sido una inspiración.

Finalmente agradezco de todo corazón a mi querida Universidad y a todos los docentes que fueron parte de mi formación académica, por darme la oportunidad de concluir esta hermosa etapa de mi vida.

TABLA DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Tubérculos.....	1
1.1.1.1 Yuca.....	2
1.1.1.2 Variedades de yuca.....	3
1.1.1.2.1 <i>Manihot esculenta</i> Crantz.....	4
1.1.1.3 Propiedades nutricionales de la yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) 5	
1.1.1.3.1 Hojas de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	5
1.1.1.3.2 Raíces de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	6
1.1.1.4 Componentes anti nutricionales en la yuca	7
1.1.1.4.1 Efectos toxicológicos	8
1.1.1.5 Capacidad de absorción de la yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)... 9	
1.1.2 Industrias petroleras en Ecuador	9
1.1.2.1 Industrias petroleras en Orellana.....	10
1.1.2.1.1 Industrias petroleras en Dayuma	11
1.1.3 Metales pesados	13
1.1.3.1 Metales pesados en alimentos	14
1.1.3.1.1 Metales pesados en la yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	14
1.1.3.1.1.1 Cadmio	15
1.1.3.1.1.1.1 Fuentes de exposición	16
1.1.3.1.1.1.2 Efectos toxicológicos	16

1.1.3.1.1.1.3	Marco legal.....	17
1.1.3.1.1.1.4	Tratamiento	17
1.1.3.1.1.2	Plomo.....	18
1.1.3.1.1.2.1	Fuentes de exposición	18
1.1.3.1.1.2.2	Efectos toxicológicos	19
1.1.3.1.1.2.3	Marco Legal	19
1.1.3.1.1.2.4	Tratamiento	20
1.1.3.1.1.3	Arsénico.....	21
1.1.3.1.1.3.1	Fuentes de exposición	21
1.1.3.1.1.3.2	Efectos toxicológicos	22
1.1.3.1.1.3.3	Marco legal.....	23
1.1.3.1.1.3.4	Tratamiento	23
1.2	Objetivos	24
1.2.1	Objetivo general	24
1.2.2	Objetivos específicos	24
CAPÍTULO II		25
MARCO METODOLÓGICO		25
2.1	Materiales y métodos	25
2.1.1	Materiales	25
2.1.2	Métodos.....	25
2.1.2.1	Área de estudio.....	25
2.1.2.2	Análisis de muestra	26
2.1.2.2.1	Método de muestreo	26
2.1.2.2.1.1	Agua	26
2.1.2.2.1.2	Suelo.....	27
2.1.2.2.1.3	Yuca.....	27
2.1.2.3	Métodos de detección de metales pesados	28
2.1.2.3.1	Espectofometría de absorción atómica.....	29
2.1.2.3.1.1	Suelo.....	29
2.1.2.3.1.2	Agua	30
2.1.2.3.1.3	Yuca.....	30
2.1.2.4	Determinación de población y muestra	31
2.1.2.4.1	Población	31
2.1.2.4.2	Muestra.....	35

2.1.2.5	Método de recolección de información	36
2.1.2.5.1	Encuestas	36
2.1.2.5.1.1	Validación de encuestas	36
2.1.2.5.2	Revisión bibliográfica	37
2.1.2.6	Procesamiento de información	37
CAPÍTULO III		38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		38
3.1	Análisis y discusión de resultados.....	38
3.1.1	Resultados de metales pesados.....	38
3.1.1.1	Suelo	38
3.1.1.2	Agua	39
3.1.1.3	Yuca.....	40
3.1.2	Análisis de resultados de las encuestas	42
3.1.2.1	Encuestas en Google Forms	42
3.1.2.2	Encuestas cara a cara	51
CAPÍTULO IV		59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		59
4.1	Conclusiones	59
4.2	Recomendaciones.....	60
BIBLIOGRAFÍAS		61
ANEXOS		69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de yuca.....	3
Tabla 2. Variedades de yuca <i>Manihot esculenta</i> Crantz en Ecuador	5
Tabla 3. Aporte nutricional por 100 g de yuca cruda (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	7
Tabla 4. Guía de los bloques petroleros en la parroquia Dayuma.....	12
Tabla 5. Leyenda de infraestructura petrolera de la parroquia Dayuma	12
Tabla 6. Población de la parroquia Dayuma por edad y sexo, censo 2010.....	32
Tabla 7. Población de la parroquia Dayuma por comunidades.....	33
Tabla 8. Resultados de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en suelo	39
Tabla 9. Resultados de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en agua.	40
Tabla 10. Resultados de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en yuca	41
Tabla 11. Entrevistas cara a cara con los pobladores de la comunidad	52
Tabla 12. Peso y medidas de cabeza y abdomen en función de la edad en niños de la comunidad Nueva Frontera-parroquia Dayuma.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de linamarina (a) y lotaustralina (b)	8
Figura 2. Mapa de bloques petroleros en Ecuador.....	10
Figura 3. Mapa de los bloques petroleros del cantón Puerto Francisco de Orellana..	11
Figura 4. Mapa de los bloques petroleros de la parroquia Dayuma.....	13
Figura 5. Localización de la parroquia Dayuma.	26
Figura 6. Toma de muestra de agua	27
Figura 7. Toma de muestra de suelos en los sembríos de yuca	27
Figura 8. Toma de muestra de yuca	28
Figura 9. Lugar de realización de encuestas	42
Figura 10. Pregunta 1. ¿Sabe usted qué es un metal pesado?	42
Figura 11. Pregunta 2. ¿Sabe usted cuáles son las fuentes donde se pueden encontrar metales pesados?	43
Figura 12. Pregunta 3. ¿Cree usted que los metales pesados puedan afectar la salud?	43
Figura 13. Pregunta 4 ¿Cree usted que es posible encontrar metales pesados en el suelo y agua de su localidad?	44
Figura 14. Pregunta 5. ¿Cree usted que es posible encontrar metales pesados en los alimentos?.....	44
Figura 15. Pregunta 6. ¿Cree usted que el agua de la parroquia Dayuma destinada para el consumo es segura?	45
Figura 16. Pregunta 7. ¿Cree usted que la yuca cultivada en su localidad es segura para el consumo?	46
Figura 17. Pregunta 8. ¿Cree usted que la presencia de pozos petroleros en su localidad pueda contaminar el agua, suelo y alimentos?	47
Figura 18. Pregunta 9. ¿Cree usted que la actividad petrolera es un riesgo para la salud de los habitantes de la parroquia Dayuma?	47
Figura 19. Pregunta 10. La yuca es un tubérculo que se cultiva ampliamente en la región Amazónica, ¿cree usted que es posible encontrar metales pesados en la yuca cultivada en la parroquia Dayuma?.....	48
Figura 20. Pregunta 11. ¿Cree usted que la yuca pueda absorber los metales pesados presentes en el agua y suelo?.....	49

Figura 21. Pregunta 12. ¿En su familia consumen yuca?	49
Figura 22. Pregunta 13. ¿Sabe usted de dónde proviene la yuca que usted consume?	50
Figura 23. Pregunta 14. ¿Con qué frecuencia usted consume yuca?	50
Figura 24. Pregunta 15. ¿Quisiera saber más sobre los metales pesados y la relación con los cultivos de Yuca de la parroquia Dayuma?	51
Figura 25. Comparación de peso y perímetro craneal en niñas de la comunidad Nueva Frontera en función de la edad (0 a 5 años) mediante normativa de curvas de percentiles FAO 2019.....	56
Figura 26. Comparación de peso y perímetro craneal en niños de la comunidad Nueva Frontera en función de la edad (0 a 5 años) mediante normativa de curvas de percentiles FAO 2019.....	57
Figura 27. Comparación de peso y perímetro craneal en niñas de la comunidad Nueva Frontera en función de la edad (6 a 10 años) mediante normativa de curvas de percentiles FAO 2019	58
Figura 28. Comparación de peso y perímetro craneal en niños de la comunidad Nueva Frontera en función de la edad (6 a 10 años) mediante normativa de curvas de percentiles FAO 2019	58

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tamaño de la muestra.....	35
Ecuación 2. Alfa de Cronbach	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencia de resultados de laboratorio de la muestra de suelo	69
Anexo 2. Evidencia de resultados de laboratorio de la muestra de agua.....	70
Anexo 3. Evidencia de resultados de laboratorio de la muestra de agua.....	71
Anexo 4. Sembríos de yuca en la comunidad Yawapare.....	72
Anexo 5. Comunidad de la población encuestada	72
Anexo 6. Toma de peso de niña de la comunidad Nueva Frontera	72
Anexo 7. Población de la comunidad Nueva Frontera	73
Anexo 8. Toma de medida de diámetro de cabeza en niño de 10 años	73
Anexo 9. Pobladora con problemas de piel	73
Anexo 10. Instrumento de validación de encuesta	74

RESUMEN

El presente proyecto se realizó con la finalidad de evaluar los riesgos asociados al consumo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) contaminada por metales pesados presentes en el suelo y agua en la Parroquia Dayuma.

En esta investigación se realizaron análisis de espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar la concentración de metales pesados en donde se obtuvieron valores 0.500 mg por cada Kg en arsénico, 1.17 mg por cada Kg cadmio y 25,00 mg por cada Kg plomo tanto en suelo como en yuca reflejando así una gran capacidad de absorción en este tubérculo. Estas concentraciones superaron los límites establecidos por la FAO siendo los máximos permisibles para raíces y tubérculos concentraciones de 0.02 mg por cada Kg en arsénico y 0.1 mg por cada Kg tanto en cadmio como en plomo; reflejando así un riesgo potencial, ya que estos tóxicos causan graves problemas en la salud del consumidor, lo cual se evidenció con encuestas cara a cara realizadas a la población Quechua de la comunidad Nueva Frontera quienes afirmaron que las actividades petroleras son un problema de salud pública.

Mediante análisis bibliográfico y de laboratorio se evidenció la grave situación en la que se encuentra esta población para lo cual se sugiere un adecuado plan de remediación de suelos en el que se elimine de forma correcta la yuca usada para este tratamiento ya que no es consumible.

Palabras claves: Seguridad alimentaria, contaminación de suelos, metales pesados, toxicología alimentaria, tubérculos, yuca

ABSTRACT

This project was carried out with the purpose of evaluating the risks associated with the consumption of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) contaminated by heavy metals present in the soil and water in Dayuma Parish.

In this research, atomic absorption spectrophotometry analysis was performed to quantify the concentration of heavy metals where values 0.500 mg per Kg in arsenic, 1.17 mg per Kg cadmium and 25.00 mg per Kg lead were obtained in both soil and cassava, thus reflecting a great absorption capacity in this tuber. These concentrations exceeded the limits established by the FAO with maximum allowable concentrations for roots and tubers of 0.02 mg per Kg in arsenic and 0.1 mg per Kg in both cadmium and lead; thus reflecting a potential risk, since these toxics cause serious problems in the health of the consumer, which was evidenced by face-to-face surveys conducted on the Quechua population of the Nueva Frontera community who affirmed that oil activities are a public health problem.

Through bibliographic and laboratory analysis, the serious situation in which this population is found was evidenced, for which an adequate soil remediation plan is suggested in which the cassava used for this treatment is correctly eliminated since it is not consumable.

Keywords: Food security, soil contamination, food toxicology heavy metals, tubers, yucca.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

La yuca es un tubérculo originario de Sudamérica, se cataloga como un cultivo de subsistencia puesto que se produce en tierras pobres con escasa biodisponibilidad de agua, presenta amplia resistencia a sequías, insectos, enfermedades, requiere escasa mano de obra y se adapta con facilidad a diferentes climas y suelos, se cultiva en Ecuador en la costa occidental, la Amazonía y en valles interandinos (**Pérez & Rodríguez, 2018**).

La yuca es ampliamente cultivada en la Amazonía Ecuatoriana por las comunidades indígenas, ya que es un alimento saciante, rico en carbohidratos, contiene minerales y vitaminas (A, B2, B3, B6, B9, C y K) (**Rojas, 2012**).

Las raíces de yuca contienen dos glucósidos que son la linamarina y la lotaustralina, estos son componentes anti nutricionales los cuales se convierten en ácido cianhídrico cuando entran en contacto con la linamarasa, el alto consumo de yuca con un proceso térmico deficiente puede ocasionar diversos desórdenes patológicos (**Ospina, 2018**); además de estos anti nutrientes propios de la planta, la yuca está expuesta a la contaminación por metales pesados provenientes de las actividades antropogénicas que contaminan el suelo y agua (**Llori & Edison, 2017**).

1.1.1 Tubérculos

Ortega (1998), denomina tubérculos a aquellas plantas que tienen la capacidad de almacenamiento con raíces, tubérculos, bulbos, tallos y rizomas, las cuales crecen debajo de la superficie del suelo, que en su composición contienen almidón. Los

tubérculos están conformados de hojas, tallos, espinas, frutos y flores que se encargan del proceso de fotosíntesis, estructura, reproducción y defensa de la planta; por otro lado los bulbos, raíces, rizomas y tubérculos tiene la función de sostener y absorber los nutrientes del suelo, siendo su principal función la de almacenamiento de hidratos de carbono (**Leyva, 2020**).

Parada (2021), manifiesta que existen dos tipos de tubérculos los de tallo y raíz, siendo los primeros aquellos tallos modificados que crecen horizontalmente bajo el suelo cerca de la superficie llegando a abarcar grandes áreas; por lo contrario, los segundos son raíces modificadas que se engrosan y crecen verticalmente, son estructuras compactas que no suelen formar nuevas plantas. La yuca o mandioca pertenece al tipo de raíces comestibles las cuales constituyen una fuente importante de carbohidratos (**FAO, 1999**).

1.1.1.1 Yuca

Pérez & Rodríguez (2018), mencionan que la yuca se caracteriza por ser un alimento nutritivo que aporta alrededor 32.8% de carbohidratos; es una planta perenne, cultivo de fotoperiodo, leñosa de tamaño variable perteneciente a la familia de las Euforbiáceas al género *Manihot* y a la especie *esculenta* (**Muñoz, Hinostroza, & Mendoza, 2017**). La yuca a pesar de ser un cultivo que se adapta con facilidad a la variabilidad de suelos, climas y alturas tiene requerimientos edafoclimáticos óptimos para su correcto desarrollo (Tabla 1) (**Pérez & Rodríguez, 2018**).

Ávalo (2011), afirma que la yuca ha sido uno de los cultivos principales para las comunidades indígenas Amazónicas del Ecuador, ya que además de usarla como fuente de alimentación es parte de sus rituales, intercambio cultural y comercial, dichas comunidades han logrado la domesticación de esta planta para la obtención de nuevas especies resaltando en cada una de ellas características particulares como el rendimiento, tamaño, color, contenido de azúcares, carbohidratos, harinas y compuestos cianogénicos, este último compuesto es el que permite la clasificación

entre yucas amargas y dulces, teniendo estas últimas baja cantidad de glucósidos cianogénicos consideradas yucas blandas de consumo directo (Muñoz et al., 2017).

Tabla 1. *Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de yuca*

Agroecológicos	
Clima	Trópico y sub trópico cálido
Temperatura	25-29 °C, no apta a menos de 17°C
Horas luz	10-12 (Fotoperíodo)
Humedad relativa	80 – 90 %
Pluviosidad	800 – 2500 mm anuales
Altitud	Hasta 1000 msnm
Vientos	Menores de 30 km/h
Formación ecológica	Bosque húmedo tropical y bosque seco tropical.
Suelos	Francos
pH	6-7

Fuente: Tomado de (Pérez & Rodríguez, 2018)

1.1.1.2 Variedades de yuca

La yuca pertenece a la familia Euforbiaceae, constituidas por alrededor de 7200 especies, subfamilia Crotonoideae y a la tribu Manihotae, el género *Manihot* tiene alrededor de 100 especies productoras de ácido cianhídrico y látex, pero únicamente *Manihot esculenta* es la que tiene importancia comercial. La variabilidad de la yuca está dada por la cantidad de ácido cianhídrico presente clasificándolas por el color, estructura de sus raíces y su capacidad de absorción de nutrientes (Brenes, 2017).

La yuca *Manihot esculenta* Crantz es un cultivo con excelente adaptación y se caracteriza por su elevado contenido de carbohidratos y la tolerancia a climas extremos, es cultivada en la Región Amazónica, ya que el consumo y venta es parte de la tradición de las comunidades propias de las zona (**Hinostroza, Mendoza, Navarrete, & Munoz, 2014**).

1.1.1.2.1 *Manihot esculenta* Crantz

En Ecuador la yuca *Manihot esculenta* Crantz tiene gran importancia comercial siendo fundamental para la seguridad alimentaria, se emplea ampliamente en la alimentación de animales, industrias textiles, balanceados, consumo humano, etc. Se caracteriza principalmente por desarrollar vasos laticíferos secretores de látex que producen una secreción lechosa, el nombre fue acuñado por Crantz en 1766 y posteriormente Pohl en 1827 y Paz en 1910 clasificaron esta especie en dos tipos de yuca, que son la amarga y dulce que se diferencian entre ellas por la cantidad de glucósidos cianogénicos presentes; cabe mencionar que esta especie se subclasifica además por su coloración las cuales son sembradas de acuerdo al clima y necesidad (Tabla 2) (**Aristizábal & Sánchez, 2007**).

Tabla 2. *Variedades de yuca Manihot esculenta Crantz en Ecuador*

Color	Tipos	Características
Negras	La Escancela	Tallos y peridermis de color oscuro, pulpa blanca y esclerénquima morado o blanco cremoso.
	Pata de paloma	
	Patucha	
	De exportación	
	Morada	Variedades liberadas por (INIAP Portoviejo - 650 e INIAP Portoviejo – 651) Presentan mayor rendimiento.
	Valencia	
Blancas	La Taureña	Tallos y epidermis de colores claros y pulpa blanca, usadas para el consumo en fresco.
	Espada	
	Blanca	
Amarillas	Yema de huevo	Tallos claros u oscuros, pulpa color amarillo, crema o blanco cremoso.
	Crema	
	Amarilla	

Fuente: Tomado de (Hinostraza et al., 2014)

1.1.1.3 Propiedades nutricionales de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

La yuca tiene amplias propiedades nutricionales, ya que tanto las raíces como las hojas son aptas para el consumo, las raíces aportan fuentes importantes de carbohidratos aunque deficiente en aminoácidos esenciales y en el caso de las hojas aportan proteínas, vitaminas y minerales (Morillo, 2009).

1.1.1.3.1 Hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Rojas (2012), argumenta que las hojas de yuca son una parte fundamental de la planta, ya que es donde se realizan los procesos vitales, determinan la edad de la planta

mediante la observación de la coloración y el tamaño. **Borja & Yumisaca (2018)** afirman que las hojas de yuca tienen altos niveles proteicos entre 18 % y 22%.

1.1.1.3.2 Raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Según **Linares et al., (2005)**, la yuca es un tubérculo en el cual la cocción es indispensable, puesto que la raíz cruda contiene glucósidos cianogénicos tóxicos que son eliminados con un tratamiento térmico eficaz. La raíz cuenta con un 60% de contenido de agua presente en peso fresco, 34.9% de carbohidratos complejos, brindando a esta raíz las características de ser una gran fuente de energía, además es un alimento libre de gluten, aunque únicamente tiene el 1.2% de proteína (**Ospina, 2018**).

La raíz de yuca puede tomar formas y tamaños variables, pueden ser cilíndricas, fusiformes o cónicas, además tienen coloración variable que va desde blanco hasta marrón oscuro, estas características dependerán de la variedad, así como también de las condiciones ambientales de crecimiento de la planta (**Leyva, 2020**).

Según **Hase (2018)**, la yuca es rica en vitamina C y tiene cantidades moderadas de vitaminas del grupo B como tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), folatos y ácido pantoténico, además posee en su estructura: hierro, fósforo y calcio, cabe mencionar que la característica principal de la raíz de yuca es su capacidad para almacenar almidones, presentando altas cualidades nutricionales (Tabla 3).

Tabla 3. Aporte nutricional por 100 g de yuca cruda (*Manihot esculenta* Crantz)

Nutriente	Cantidad
Energía	153kcal
Humedad	60.17 g
Hidratos de carbono	36.3 g
Proteínas	1.4 g
Fibra	1.8 g
Calcio	16 mg
Potasio	271 mg
Sodio	14 mg
Hierro	0.27 mg
Tiamina	0.087 mg
Rivoflavina	0.048 mg
Niacina	0.85 mg
Vitamina C	20,6 mg

Fuente: Tomado de (Hase, 2018)

1.1.1.4 Componentes anti nutricionales en la yuca

La yuca además de la coloración se clasifica en dulces (menor toxicidad) y amargas (mayor toxicidad) según el contenido de cianuro que contengan en su estructura, el cianuro está constituido por dos glucósidos cianogénicos que son la linamarina que es el cianuro ligado el cual contiene aproximadamente entre el 85 y 90% del cianuro total de los tejidos y la lotaustralina o cianuro libre que está presente en un 10 a 15% (Aristizábal & Sánchez, 2007).

La linamarina ($C_{10}H_{17}NO_6$) y lotaustralina ($C_{11}H_{19}NO_6$) (Figura 1) son glúcidos cianogénicos, que son hidrolizados a glucosa y cianohidrina por acción de la enzima linamarasa convirtiéndolo en el compuesto tóxico que es el cianuro de hidrogeno, el cual se absorbe rápidamente en el sistema y pasa al torrente sanguíneo, los glucósidos en acción con la temperatura liberan parte del ácido cianhídrico inhibiendo la actividad enzimática (Valle & Lucas, 2000) es por esta razón que para eliminar este compuesto la yuca requiere procesos térmicos eficientes los cuales conllevan a perder sus propiedades nutricionales, pero garantizan la desintoxicación del tubérculo (Rivadeneira, Rodríguez, & Mtez, 2017).

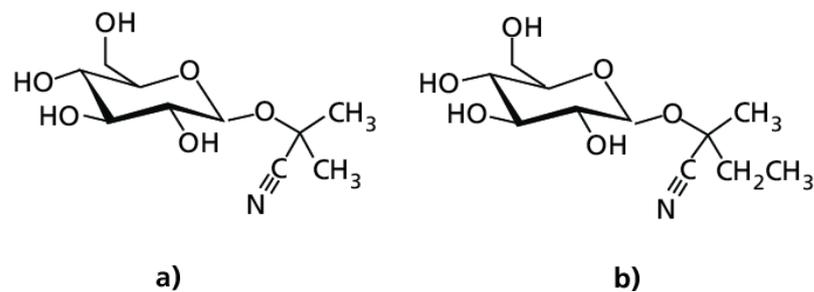


Figura 1. Estructura química de linamarina (a) y lotaustralina (b)

Fuente: Tomado de Rivadeneira et al., (2017).

1.1.1.4.1 Efectos toxicológicos

La linamarina y lotaustralina presentes en la yuca pueden generar toxicidad aguda o crónica, la absorción gastrointestinal de la sales de cianuro dependerán de la dosis y tiempo de exposición (Quiroga & Olmos, 2009).

La **Comisión del codex alimentarius (2013)** considera que la DL50 (Dosis letal para el 50% de la población) es de 10mg HCN/Kg de peso vivo, mientras que el DRA (dosis de referencia aguda) es 0.09 mg/Kg de peso corporal y una IDTMP (ingesta diaria tolerable máxima provisional) de 0.02 mg/kg de peso corporal, como cianuro; además define a la yuca dulce a aquella que tenga un contenido de ácido cianhídrico inferior a 50 mg/kg y a las amargas aquellas que superen los 50mg/Kg de peso fresco.

1.1.1.5 Capacidad de absorción de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

De La O & Quispe (2017), mencionan que la yuca presenta un sistema de nudos fibrosos, los cuales han desarrollado mecanismos específicos que facilitan absorción y acumulación de grandes cantidades de nutrientes provenientes del suelo como el nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y fósforo (P). Sin embargo muchos compuestos como metales y metaloides tóxicos presentes en el suelo de sembrío y aguas alledañas a los cultivos son absorbidos y acumulados de forma no intencional, ya que presentan comportamientos electroquímicos semejantes a los elementos nutritivos requeridos por la planta, cabe mencionar que durante los primeros meses de vida de la planta la tasa de absorción y acumulación es lenta, pero incrementa a partir del segundo mes y se mantiene constante en los últimos meses del cultivo (**Brenes, 2017**).

1.1.2 Industrias petroleras en Ecuador

El petróleo es la columna vertebral de la economía ecuatoriana pues de este depende el crecimiento económico del país; se explota en la Amazonia Ecuatoriana y en la Península de Santa Elena, el 20% es explotado por compañías extranjeras, mientras que el otro 80% está a cargo de la empresa estatal Petroamazonas (**Pástor, 2020**).

Ecuador desde los descubrimientos de yacimiento de petróleo (Figura 2) en el país basa su economía a la actividad extractiva de este recurso no renovable, este desarrollo provoca grandes impactos ambientales, sanitarios y sociales en todo el país; causando graves destrucciones no compensadas lo que ha conllevado a la pérdida de la productividad de la tierra y morbilidad elevada de la fauna propia de esta zona, además de la vulnerabilidad sanitaria puesto que gran parte de la población está expuesta a contaminantes residuales a causa de esta actividad (**Becerra, Paichard, Sturma, & Maurice, 2013**).

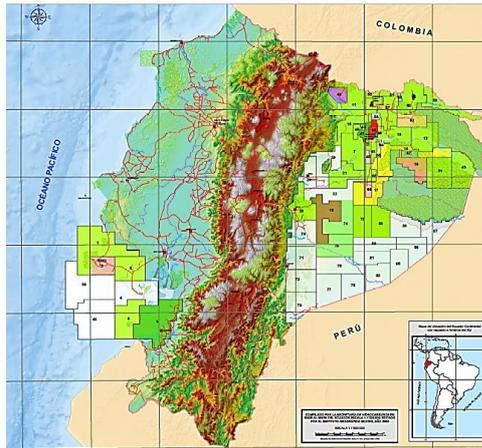


Figura 2. Mapa de bloques petroleros en Ecuador

Fuente: Tomado de Galindo (2015).

1.1.2.1 Industrias petroleras en Orellana

Krainer & Mora (2011) afirman que el acontecimiento más importante para provincia de Orellana que marcó la afectación indiscriminada de los bosques fue durante los años de 1970 y 1980 que se descubrieron los primeros yacimientos de petróleo de la región Amazónica.

En el cantón Puerto Francisco de Orellana existen alrededor de 21 bloques petroleros (Figura 3) que cubre una extensión total de 645.179,28 hectáreas lo que representa el 91,55% de la superficie del cantón, dentro del cantón se encuentran 47 campos petroleros repartido en los distintos bloques y alrededor de 233 pozo operativos (**GADMFO, 2018**).

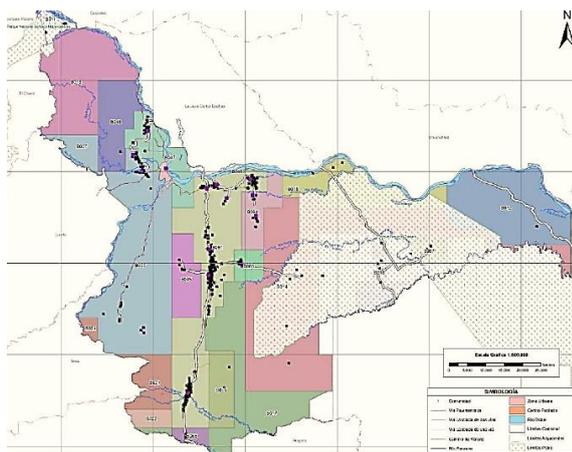


Figura 3. Mapa de los bloques petroleros del cantón Puerto Francisco de Orellana

Fuente: Tomado de GADMFO (2018).

1.1.2.1.1 Industrias petroleras en Dayuma

Krainer & Mora (2011), manifiestan que Dayuma es la principal parroquia afectada por la actividad petrolera, ya que ocupa el 15,39 % de la actividad económica de la zona, desde el año 1976, 156 pozos petroleros se perforaron de los cuales el 78,20% son explotados actualmente (Tabla 4, Tabla 5), cabe mencionar que toda la cadena productiva genera residuos contaminantes, la actividad petrolera afecta a los ecosistemas y la calidad de vida de los habitantes de la zona por la presencia de infraestructuras tales como las refinerías, generadores eléctricos, mecheros y los pozos (**GADMFO, 2018**).

Existen otras formas de contaminación directa que son los derrames de petróleo lo que conlleva a la erosión de los suelos, contaminación de los ríos y muerte de especies propias de la zona, además las aguas salinas de formación durante la extracción de petróleo deteriorando la calidad del agua por la presencia de metales pesados, en la parroquia Dayuma existen múltiples factores de riesgo que pone en peligro a la población puesto que la contaminación de los suelos, aire y aguas es cada vez mayor (**GADPD, 2019**), es por esta razón que gran parte de la población sufren enfermedades ocasionadas por el agua, aire y alimentos cultivados en la zona, ya que tanto ellos como los alimentos están expuestos a la contaminación por trazas de residuos tóxicos generados de las actividades antropogénicas (**Becerra et al., 2013**).

Tabla 4. Guía de los bloques petroleros en la parroquia Dayuma

Bloque	Representación	Nombre	Operadora
B007		Coca-Payamino	Petroamazonas EP
B014		Nantu	Petroriental
B015		Indillana	Petroamazonas EP
B017		Hormiguero	Petroriental
B021		Yuralpa	Petroamazonas EP
B045		Puma	Consortio Pegaso
B061		Auca	Petroamazonas EP
B065		Pindo	Consortio Petrosud-Petroriva

Fuente: Adaptado de (GADPD, 2019)

Nota. Bloques petroleros activos en la parroquia Dayuma, cada bloque cuenta con su propio campamento y pozos de emisión de gas.

Tabla 5. Leyenda de infraestructura petrolera de la parroquia Dayuma

Imagen	Significado
	Pozo petrolero
	Ductos petroleros
	Estaciones petroleras

Fuente: Adaptado de (GADPD, 2019)

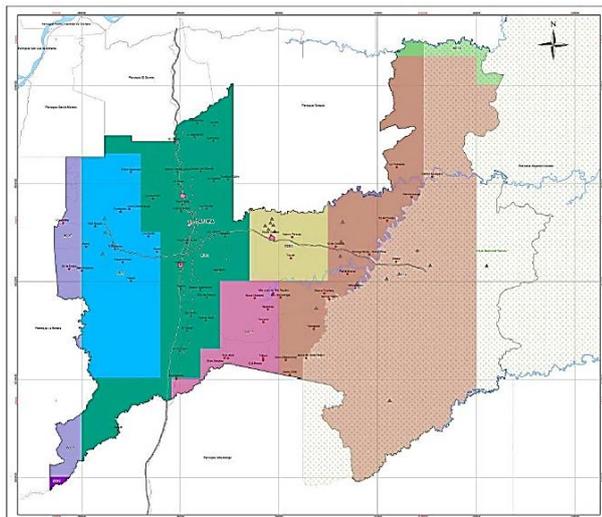


Figura 4. Mapa de los bloques petroleros de la parroquia Dayuma

Fuente: Tomado de GADPD (2019)

1.1.3 Metales pesados

Se considera metales pesados a aquellos elementos de la tabla periódica con número atómico mayor a 20 y densidad por encima de 5 g/cm^3 (Cañizares, 2000), son sustancias ambientales sumamente tóxicas caracterizadas por la bioacumulación, persistencia y biotransformación provocando que permanezcan en el aire, suelo, agua, alimentos, etc. por largos periodos causando graves problemas a la salud, naturaleza y sociedad (Felicita, 2018).

Las fuentes de contaminación en alimentos por metales pesados pueden ser agua, ríos, suelo, aire, etc., que son emitidos por múltiples procesos industriales como la minería, pintura, plomería, incineración de residuos peligrosos, extracción petrolera, etc. (Rodríguez, 2017); algunos de los metales pesados que se generan a partir de estos procesos industriales son el mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), plata (Ag), zinc (Zn), arsénico (As), aluminio (Al), antimonio (Sb), entre otros; se consideran sumamente perjudiciales, ya que en mínimas concentraciones pueden causar graves afecciones a la salud (Londoño Franco, Londoño Muñoz, & Muñoz Garcia, 2016).

Acosta (2007), menciona que el pH es un factor importante a tener en cuenta cuando se estudia la absorción de metales pesados, este parámetro influye significativamente en los procesos de sorción, desorción, disolución y formación de complejos en suelo, agua, aire y alimentos; esto se debe a que la mayoría de los metales pesados se presentan con mayor disponibilidad a pH ácidos.

1.1.3.1 Metales pesados en alimentos

Romero (2020), afirma que los metales pesados pueden ingresar a la cadena alimenticia a través de las plantas, las cuales absorben y acumulan los compuestos provenientes del suelo y agua contaminados, estos elementos tóxicos no pueden ser destruidos, sino que sufren una biotransformación a través de procesos biogeoquímicos lo que permite su permanencia en la naturaleza.

Los metales pesados representan un riesgo para la salud resultando sumamente nocivos puesto que no pueden ser degradados por el organismo y tienden a almacenarse, ya que no cumplen ninguna función biológica, la toxicidad de los metales pesados dependerá de la concentración, movilidad, tiempo de exposición, disponibilidad biológica y su forma química (**Rodríguez, 2017**).

1.1.3.1.1 Metales pesados en la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

La yuca es uno de los alimentos básico más importantes por su alta fuente energética pero este tubérculo puede estar contaminado por metales pesados provenientes del agua, suelo y aire, ya que al igual que muchas plantas ha desarrollado mecanismos altamente específicos para absorber y acumular sustancias necesarias para el normal funcionamiento de la planta, pero algunos metales y metaloides no esenciales presentan comportamientos electroquímicos similares a las sustancias nutritivas lo que ocasiona que ingresen de a la planta por error (**Valle & Lucas, 2000**).

La yuca puede absorber una gran cantidad de metales pesados como el cadmio que es un elemento natural que se puede encontrar cerca de industrias (**Londoño Franco et al., 2016**).

El arsénico que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y se puede combinar con el oxígeno, cloro y azufre formando compuestos inorgánicos sumamente tóxicos para la salud (**Quero, Zorrila, Fernández, & Rodríguez, 2017**).

El plomo el cual está de forma natural en la corteza terrestre, plata que es un producto secundario que se forma de la recuperación de minerales de cobre, plomo, zinc y oro (**Llori & Edison, 2017**), antimonio, selenio, molibdeno, talio, cobre, manganeso, vanadio, estaño, níquel, cobalto, berilio, estroncio, cromo, titanio, boro y litio los cuales son generados por actividades antropogénicas y se pueden encontrar ampliamente distribuidos en agua, suelo y alimentos pudiendo llegar hasta los seres vivos provocando toxicidad agua o grave ya sea por la ingesta o inhalación dependiendo de la dosis ingerida así como la cantidad excretada (**Valle & Lucas, 2000**).

1.1.3.1.1.1 Cadmio

Romero (2020), sostiene que el cadmio es un elemento tóxico y biopersistente no esencial con número atómico 48, peso atómico de 112.40 u, es un metal dúctil divalente de color blanco azulado poco abundante en la corteza terrestre, de origen volcánico que se produce naturalmente en las rocas en formas de sulfuro, carbonato y óxido de cadmio.

La movilidad del cadmio se ve influenciada por el pH, en suelos ácidos la materia orgánica controla ampliamente la solubilidad de este metal pesado, es por ello que la fijación del cadmio es mayor en suelos con altos contenidos de materia orgánica, ya que favorece el intercambio catiónico, mientras que en suelos alcalinos el cadmio no

se moviliza con facilidad puesto que este precipita en forma de fosfatos insolubles y carbonatos (**Sanchez, 2016**).

1.1.3.1.1.1 Fuentes de exposición

El cadmio se encuentra en el ambiente como un metal pesado a causa de las actividades antropogénicas e ingresa al organismo por inhalación y por ingestión, siendo la absorción intestinal del 1 al 5% de la cantidad total ingerida, pero esta dependerá de factores como la ingesta y presencia de vitamina D y otras sustancias como el ácido fólico (**ATSDR, 2020b**).

El cadmio tiene efectos toxicológicos adversos para el hombre y el ambiente, ya que tiene capacidad para moverse grandes distancias a través del agua y viento, con lo que podría ingresar a la cadena alimentaria puesto que las principales fuentes de exposición al cadmio son los alimentos, agua y cigarrillo, los órganos diana son el riñón y pulmón (**Acosta, 2007**), se acumula en el organismo y a dosis venenosas puede ocasionar enfermedades pulmonares, osteoporosis, disfunción renal con proteinuria (presencia de proteína en la orina) (**Collantes, 2014**) y enfisema (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) (**Menéndez, 2006**) y múltiples patologías asociadas a la ingesta de cadmio, la ingesta máxima diaria para humanos se estima en 0.15 µg/L cuando es por inhalación y en ingesta por agua un máximo de 1 µg/L (**Rodríguez, 2017**).

La concentración normal del cadmio en suelos oscila entre 0.07 a 1.1 mg/Kg, en áreas contaminadas puede llegar de 1 a 69 mg/Kg (**Sanchez, 2016**).

1.1.3.1.1.2 Efectos toxicológicos

Gonzalez (2015), afirma que el cadmio tiene múltiples efectos toxicológicos por la semejanza química con el zinc que es un nutriente esencial para los animales, plantas y seres humanos. La ingesta de alimentos con altos contenidos de cadmio puede ocasionar graves irritaciones en el estómago acompañada de vómitos, diarreas y pudiendo causar la muerte, debido a que en algunas ocasiones el riñón es el órgano

más afectado, ya que la acumulación de cadmio por varias décadas ocasiona disfunción renal (**Sanchez, 2016**).

En el pulmón el cadmio es un inhibidor de proteasa sérico (alfa 1 antitripsina) que se encarga de generar la rigidez en el pulmón y la enfisema pulmonar, además inhibe la hidroxilación de la vitamina D, la presencia de cadmio altera el metabolismo del calcio y la resorción ósea lo cual conlleva una hipocalcemia, osteoporosis u osteomalacia, además actúa como un disruptor endócrino y como una metalohormona (**Lozano, 2014**), la IARC (Agencia internacional para la investigación del cáncer) clasificó al cadmio en grupo I señalándolo como carcinógeno en seres humanos (**Acosta, 2007**).

1.1.3.1.1.3 Marco legal

El **CODEX (2019)**, establece como la dosis máxima de exposición por cadmio de 0.1 mg/Kg en raíces y tubérculos, cabe mencionar que el aumento del contenido de cadmio en el suelo incrementan la absorción en las plantas y con ello la exposición humana.

FAO (2011), define como límites máximos permisibles de cadmio para aguas de consumo humano y uso doméstico en 0.01 mg/L, en cuanto a la ingesta diaria máxima para adultos de 10 a 50 µg/L; la dosis crítica de cadmio es de 200 mg y la crónica es de 500 mg (**Lozano, 2014**).

La FAO/OMS (2008), estableció una ingesta máxima tolerable mensual de cadmio la cantidad de 25 µg/Kg de peso.

1.1.3.1.1.4 Tratamiento

Para el tratamiento por intoxicación con cadmio se requiere un agente quelante con ácido etilén-diamino-tetraacético-cálcico-disódico (EDTA Ca Na₂), se administra la dosis de 20 a 30 mg/Kg/dosis por infusión endovenosa (**Lozano, 2014**).

1.1.3.1.1.2 Plomo

Romero (2020), describe al plomo como un metal pesado con número atómico 82, masa atómica de 282 u, elemento divalente con gran capacidad para acumularse, tóxico gris, blando y maleable que no se degrada, está presente en la corteza terrestre de forma natural aunque las principales fuentes son a casusa de las actividades antropogénicas, suele combinarse con otras sustancias químicas, es por ello que se lo puede encontrar en todas las partes del medio ambiente en forma de haluros, óxidos, sulfuros, sulfatos y carbonatos de plomo (**ATSDR, 2020b**).

1.1.3.1.1.2.1 Fuentes de exposición

El plomo y sus derivados se pueden encontrar ampliamente distribuidos en la naturaleza, las principales fuentes de exposición del plomo son procesos industriales, baterías para autos, aditivo en la gasolina, barnices, soldadura de latas, en la industria de cerámica, producción de tuberías, revestimiento de cables, cosméticos, polvos, alimentos contaminados con polvo, hortalizas en suelos contaminados como en suelos y fundiciones, pigmentos, recubrimientos en el agua por los sistemas de tuberías, etc. (**Azcona, Ramírez, & Flores, 2015**).

El plomo puede ser encontrado en fuentes exógenas como en tierras de cultivo, polvo, océanos, ríos, lagos y aire (**Salas et al., 2019**), cabe mencionar que el agua del mar contiene entre 0.003 y 0.20 mg/L de plomo lo que conlleva a una contaminación de las especies marinas y una bioacumulación en los órganos blandos (**Rubio, 2004**).

Los posibles ingresos del plomo al ser humano son por inhalación de partículas de plomo, que se generan en la combustión en procesos industriales a través del sistema respiratorio (**Azcona et al., 2015**), por ingestión o absorción del tracto gastrointestinal a través de vehículos de contaminación como alimentos o agua contaminada y además el ingreso puede ser dérmico, cuando es plomo inorgánico la absorción es mínima pero el plomo orgánico tiene una absorción muy activa por esta vía (**ATSDR, 2020a**).

1.1.3.1.1.2.2 Efectos toxicológicos

Según **Rubio (2004)**, la concentración de plomo que no causa efectos tóxicos en la salud es de 0.35 mg/L, pero en concentraciones superiores a esa puede ocasionar graves efectos en la salud, los órganos diana del plomo son el sistema nervioso central, sistema nervioso periférico, hígado, riñón, medula ósea, cabe mencionar que el plomo afecta al sistema reproductor tanto masculino como femenino y puede atravesar la barrera placentaria afectando al feto, causando múltiples desórdenes como problemas de audición, disminución del coeficiente intelectual y retrasos en el desarrollo (**Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016**).

Marteles et al., (2007), mencionan la toxicocinética del plomo en donde afirman que la toxicidad y absorción de este metal pesado dependerá de la vía de ingreso, la forma química, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional, edad, hábitos alimenticios, es mayor si existe déficit de hierro; cabe mencionar que la edad es un factor importante en la bioadsorción del plomo ya que en niños es del 30 al 50% mientras que en adultos es tan sólo del 10% (**Salas et al., 2019**).

(**Azcona et al., 2015**) afirman que luego de ser absorbido el plomo este circula en el cuerpo unido a los eritrocitos y se distribuye a los órganos blandos, luego de 1 a 2 meses este se difundirá en los huesos en donde no es tóxico pero persiste durante 20 a 30 años de donde puede movilizarse con facilidad en situaciones de embarazo, hipertiroidismo y edad avanzada y finalmente se excretará luego de alrededor de 40 días a través de la orina en un 90 % y el restante por medio de la bilis, piel, cabello, sudor, uñas leche materna; la vida media del plomo en el tejido cerebral es de 2 años aproximadamente (**Rubio, 2004**).

1.1.3.1.1.2.3 Marco Legal

El **CODEX (2019)**, establece como 0.1 mg/Kg la cantidad máxima de plomo en raíces y tubérculos. La **FAO (2011)**, establece como límite máximo permisible la concentración de 0.05 mg/Kg de plomo para aguas de consumo humano y doméstico, mientras que para la preservación de la flora y fauna en aguas marinas y de estuario la

concentración máxima de 0.01 mg/Kg; para aguas subterráneas 45µg/L, para aguas de uso pecuario 0.05 mg/L, el límite de descarga al sistema de alcantarillados es de 0.5 mg/L y límite de descarga a un cuerpo de agua dulce 0.2 mg/Kg.

Rubio (2004), plantea que el límite de exposición máxima de plomo en el campo laboral de 0.15 mg Pb/m³, en cuanto a la OMS establece la concentración de 25 µg/Kg de consumo tolerable semanal de plomo. El límite de concentración de plomo sin efectos biológicos ha sido fijado en 0.35 mg/L.

1.1.3.1.1.2.4 Tratamiento

Según **Azcona et al., (2015)**, el diagnóstico para una intoxicación con plomo suele ser muy compleja ya que los síntomas son inespecíficos como defectos cardiacos, fisura esofágica, atresia anal, anormalidades en las extremidades del recién nacido y anomalías renales; el tratamiento es en base de quelantes los cuales se usa en cualquier intoxicación plúmbica:

- Edetato-Disódico-Cálcico (EDTA Ca) en dosis de 30 a 50 mg/Kg/día, diluido en dextrosa al 5% durante 5 días por goteo endovenoso en 6 a 8 horas (**Marteles et al., 2007**).
- En caso de intoxicaciones medias se aplica una dosis única de Dimercaprol (BAL) mientras que para intoxicaciones severa se usa combinado con Edetato-Disódico-Cálcico (EDTA Ca) se aplica 4mg/Kg durante 4 horas (**Salas et al., 2019**).
- Otro tratamiento quelante es con Ácido dimercaptosuccínico (DMSA) por vía oral en dosis de 10 mg/Kg por 8 horas durante 5 días y luego durante 14 días se debe suministrar cada 12 horas, este tratamiento tiene pocos efectos secundarios y no redistribuye el plomo al cerebro (**Azcona et al., 2015**).

1.1.3.1.1.3 Arsénico

De Matuoka (2021), describe al arsénico como un metal pesado con número atómico 33 y masa atómica 74.92 u, se encuentra ubicado en la tabla periódica entre el fósforo y el antimonio perteneciente al grupo de los metaloides presentando propiedades intermedias entre metales y no metales lo cual lo hace tan versátil en la formación de compuestos por lo que puede formar aleaciones con los metales y enlaces covalentes con los no metales (**Ferrer, 2003**).

Es un elemento de origen natural por lo que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza conformando cerca del 0.0005% de la corteza terrestre, este por su versatilidad se puede combinar con el oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos y con el carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos en los animales y plantas, todas estas formas no tienen olor ni sabor (**ATSDR, 2007**).

El arsénico se puede encontrar en cuatro estados de oxidación As^{+5} , As^{+3} , As^0 y As^{-3} , en el agua potable este se halla en su forma inorgánica como arsenato (As^{+5}) y arsenito (As^{+3}), siendo la forma más común en alimentos y organismos vivos la pentavalente (**Romero, 2020**), cabe mencionar que la forma inorgánica es la que presenta mayor toxicidad al igual que sus metabolitos trivalentes, por ello que la agencia de registro de sustancias tóxicas y enfermedades lo clasificó como una de las 20 sustancias más peligrosas en el medio ambiente (**ATSDR, 2007**).

El arsénico se lo ha clasificado en el grupo 4 puesto que causa mayoritariamente contaminación del suelo generando mayor riesgo para la cadena alimentaria (**FAO, 2002**).

1.1.3.1.1.3.1 Fuentes de exposición

Según **Lozano (2014)**, el arsénico puede ingresar al cuerpo mediante la inhalación, de aire contaminado, ingestión de alimentos y agua y por absorción dérmica, las fuentes de exposición son por emisiones volcánicas, meteorización de rocas parentales,

minerales y procesos geológicos (**Romero, 2020**) pero las más habituales son a causa de las actividades antropogénicas como el uso de pesticidas, herbicidas, minería, metalurgia, fundición, refinación de metales, conservantes de madera, uso de combustibles fósiles, etc. (**Medina, Robles, Mendoza, & Torres, 2018**).

Mediante la ingesta de alimentos se puede estar expuesto al arsénico en productos de origen animal como la carne de bovino, lácteos, órganos de peces, alimentos que se cultivan en suelos contaminados y además en aguas subterráneas que consumen en varias zonas del país, cabe mencionar que la toxicidad del arsénico dependerá de la concentración en el alimento y la frecuencia con la que se consuma (**Perez, Volpedo, & Fernandez, 2015**).

1.1.3.1.1.3.2 Efectos toxicológicos

La toxicidad del arsénico dependerá de la naturaleza química, estado de oxidación, solubilidad, edad, estilo de vida, factores nutricionales, genéticos, microbiota intestinal, concentración y tiempo de exposición (**Lozano, 2014**), es carcinogénico, teratogénico en humanos y puede atravesar la barrera placentaria afectando al feto (**De Matuoka, 2021**).

El arsénico se absorbe con gran facilidad por todas las vías aunque presenta mayor absorción por la vía digestiva teniendo una eficacia mayor al 90% y con menor absorción en la piel; una vez que ingresa al sistema este se une a las proteínas plasmáticas para luego distribuirse en los órganos diana que son el hígado, pulmones, vejiga y riñón en donde se aloja tras una exposición aguda, pero cuando la exposición es crónica puede llegar a retenerse altas concentraciones en la piel, uñas y pelo (**Ferrer, 2003**).

El tracto digestivo lo absorbe y distribuye con mucha facilidad cuando ingresa al cuerpo lo hace como un complejo de proteína, el cual se une a grupos sulfhídricos inhibiendo las enzimas encargadas del metabolismo celular (**Valle & Lucas, 2000**).

La ingestión crónica de aguas contaminadas con arsénico provoca múltiples patologías como debilidad muscular, cefaleas, astenia, alteraciones hepáticas, deterioro del sistema nervioso central, leucemias, varios tipos de cáncer asociados a los órganos diana y la enfermedad conocida como hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE) (**Carreras & Mitre, 2018**).

La principal fuente de eliminación es por medio de la orina aunque una parte minoritaria se podría excretar por medio de las heces, sudor, células descamadas, pelo, leche materna y bilis (**Carreras & Mitre, 2018**).

1.1.3.1.1.3.3 Marco legal

Según **Ferrer (2003)**, la dosis letal probable por ingesta de trióxido de arsénico oscila entre 10 y 300 mg/Kg. La **FAO (2011)** fija como límite máximo permisible de arsénico en agua de consumo la concentración de 0.05 mg/L.

El arsénico puede encontrarse combinado con no metales en su forma orgánica en concentraciones de hasta 50 mg/Kg en algunos productos del mar como pescado, crustáceos o inclusive en algas marinas, además se fijó un máximo de 0,20 mg/kg de arsénico en otros productos alimenticios (**CODEX, 2019**).

1.1.3.1.1.3.4 Tratamiento

EL diagnóstico de una intoxicación por arsénico es complicado ya que presenta síntomas inespecíficos (**Ferrer, 2003**) tales como pérdida de peso, debilidad, malestar general, pero cuando presenta síntomas como dermatitis, estomatitis, neuropatía periférica, parálisis y alteraciones en la sangre pueden ser indicativos de intoxicación por arsénico (**De Matuoka, 2021**), para ello se requiere un tratamiento quelante con BAL(Dimercaprol) cada cuatro hora durante 5 días en dosis de 3mg/Kg (**Lozano, 2014**).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el riesgo de intoxicación por el consumo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) contaminada con metales pesados provenientes del suelo y agua en la PARROQUIA DAYUMA.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar mediante espectrofotometría de absorción atómica la presencia de metales pesados en suelo, agua y yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la comunidad rural Yawapare.
- Evaluar la bioacumulación y la cantidad máxima permisible de metales pesados presentes en la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en base a los estándares emitidos por la OMS/FAO.
- Determinar la capacidad de absorción de metales pesados que posee la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sembrada en la comunidad Yawapare.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 Materiales y métodos

2.1.1 Materiales

- Computadora
- Software Google Forms
- Microsoft Excel
- Celular
- Balanza de peso corporal
- Botellas color ámbar para toma de muestra
- Fundas Ziploc
- Guantes
- Cooler
- Cinta métrica
- Envases de toma de muestra

2.1.2 Métodos

2.1.2.1 Área de estudio

El proyecto de investigación se realizó en la parroquia Dayuma ubicada a en la zona sur de la provicia de Orellana (Figura 5) cuenta con una superficie de 123101.39 hectareas, limita al norte con las parroquias el Dorado, Taracoa y Alejandro Labaka, al sur con la parroquia Inés Arango, al oeste con La Belleza y García Moreno; tiene un clima tropical muy húmedo, para la toma de muestras de suelo, agua y yuca se lo realizó en los terrenos pertenecientes a la comuniad Yawapare, para las encuestas cara

a cara se lo hizo en la comunidad La frontera y las encuestas de google forms se las aplicó a la población mestiza de la parroquia (GADPD, 2019).

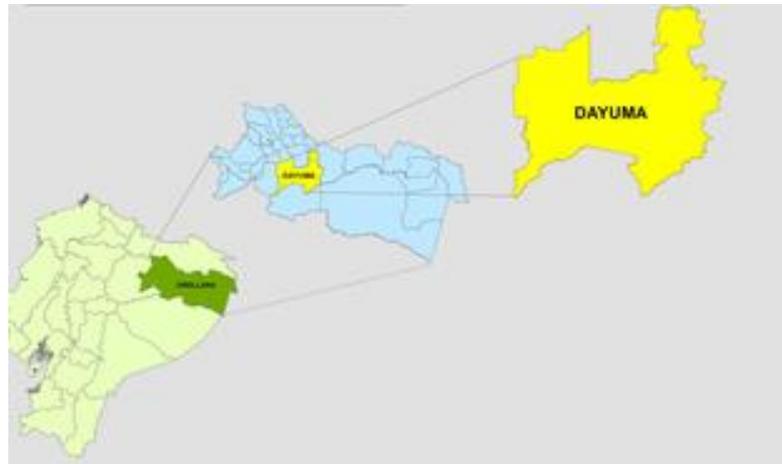


Figura 5. Localización de la parroquia Dayuma

Fuente: Tomado de GADPD (2019).

2.1.2.2 Análisis de muestra

Para el análisis de metales pesados en el suelo, agua y yuca en la comunidad Yawapare perteneciente a la parroquia Dayuma se lo hizo mediante espectrofotometría de absorción atómica ya que tiene alta sensibilidad, las muestras fueron tomadas en la comunidad Yawapare y analizadas en el laboratorio AqLab, el cual proporcionó todo el material de muestreo y la cadena de custodia.

2.1.2.2.1 Método de muestreo

2.1.2.2.1.1 Agua

La toma de muestra de aguas superficiales se realizó de forma aleatoria en los ríos aledaños a los sembríos de yuca en la Comunidad Yawapare (Figura 6) perteneciente a la parroquia Dayuma, se tomaron varias muestras en envases estériles de vidrio color ámbar con tapas herméticas para tener una muestra compuesta de 500 ml, la captación de la muestra se lo hizo en la dirección opuesta al flujo de agua tomando desde la profundidad hacia la superficie (Barreto, 2009).



Figura 6. *Toma de muestra de agua*

2.1.2.2.1.2 Suelo

Las muestras de suelo se recolectaron en fundas estériles con cierre hermético, la cantidad 500 g en las zonas donde se encontraban las plantaciones de yuca, para lo cual se realizó un zigzag en el terreno con la finalidad de tomar una muestra compuesta, la recolección de cada muestra se lo hizo en una zona intermedia del perfil del suelo a 30 cm como se puede observar en la Figura 7 (Quero et al., 2017).



Figura 7. *Toma de muestra de suelos en los sembríos de yuca*

2.1.2.2.1.3 Yuca

La toma de muestras de yuca se lo realizó en la comunidad Yawapare, se tomó varias muestras de distintas plantas en fundas ziploc (Figura 8), se envió a analizar al laboratorio AqLab la cantidad de 500 g de muestra compuesta pelada y picada, para

que se le dé el pretratamiento idóneo para el análisis de espectrofotometría de absorción atómica (Liva et al., 2013).



Figura 8. *Toma de muestra de yuca*

2.1.2.3 Métodos de detección de metales pesados

González et al (2004), mencionan que para la cuantificación de metales pesados se lo puede hacer por varios métodos como espectrofotometría de absorción atómica, técnica extremadamente específica y sensible que se basa en la absorción de la energía radiante de los átomos en estado fundamental, las líneas de absorción atómica en las que opera son de 0.002 a 0.005 es decir son extremadamente estrechas (**Gallegos, Vega, & Noriega, 2012**), por espectrofotometría de emisión atómica, se basa en la emisión de luz de un átomo una vez que se excita con un patrón de longitud de onda característico a medida que regresa a su estado fundamental (**Agilent Technologies, 2016**), el método de fluorescencia de rayos x por reflexión total es otro método usado para la cuantificación de metales pesados que genera un haz bien colimado el cual es emitido por un tubo de rayos-X (**Chávez, 2011**).

2.1.2.3.1 Espectrofotetría de absorción atómica

Según **Chávez (2011)**, el método que se usa con mayor frecuencia en la actualidad por su fiabilidad, es el de espectrofotetría de absorción atómica el cual se puede realizar por cuatro técnicas que son de llama, de horno grafito, de cámara de hidruros o por vapor fro, dependiendo el metal pesado que se requiera analizar; ya que para la cuantificación de metales como el cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y zinc se usa espectrofotetría de absorción atómica por llama y en el caso del arsénico y selenio por sus concentraciones presentes en el medio se requiere cuantificar por horno grafito y en el caso de elementos volátiles como el mercurio se opta por la técnica de cámara de hidruros (**López et al., 2017**).

2.1.2.3.1.1 Suelo

El análisis de cadmio y plomo en suelo se lo realizó mediante espectrofotetría de absorción atómica de llama y para el arsénico se lo hizo mediante espectrofotetría de absorción atómica de horno grafito ya que estos métodos son confiables con alta sensibilidad. Se tomó aproximadamente 500 g muestra para que esta sea representativa. La estimación de metales pesados se lo realizó en el laboratorio AqLab en la Ciudad del Coca ubicado a 67 Km de la comunidad Yawapare. Se realizaron los análisis en este laboratorio ya que no se recomienda almacenar la muestra por más de 6 horas puesto que tiende a degradarse, además dicho laboratorio trabaja con todo tipo de muestras cumpliendo con la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 y se encuentra Acreditado mediante SAE N° OAE L EC 14-009 (**«AqLab laboratorios de análisis y evaluación ambiental», s. f.**).

El método aplicado fue el ITE04/EPA 3050B, SM 3030 B, 3111B, para la determinación de metales pesados en suelo, la muestra fue sometida a secado a temperatura ambiente bajo sombra puesto que no se puede usar procesos térmicos para el secado de la muestra de suelo ya que los minerales podrían volatilizarse y dar falsos negativos, además la muestra luego del secado fue sometida a un proceso de digestión ácida en la cual usaron en el laboratorio agua regia (HNO₃ concentrado y HCl concentrado en proporción 1:3 v/v) además se usó EDTA (ácido

etilendiaminotetraacético) 0,05 M, 0,1M de trietanolamina y 0,01 de cloruro de calcio deshidratado ajustado a un pH neutro para estimar la fracción de cada metal biodisponible presente en la muestra, los metales pesados que se cuantificaron en la muestra de suelo fueron cadmio, plomo y arsénico (**Briceño, Tonato, Silva, & Armado, 2020**).

2.1.2.3.1.2 Agua

En la muestra de agua se analizaron las fracciones de cadmio y plomo por espectrofotometría de absorción atómica de llama y en el arsénico por el método de espectrofotometría de absorción de llama de horno grafito en el laboratorio AqLab en la Ciudad del Coca, se entregaron 500 ml de muestra compuesta al laboratorio en envases color ámbar estériles en un lapso de 4 horas ya que no se deben almacenar por más de 6 horas desde el momento de su recolección hasta su análisis ya que puede degradarse los metales presentes en el agua y arrojar datos erróneos, el agua previo a su análisis, tuvo un proceso de digestión con HNO₃, HClO₄ y HF concentrado el cual se realizó a una temperatura de 70°C hasta que este se secó por completo, el residuo que se obtuvo de este proceso se disolvió en HCl concentrado con CH₃(OH) con el que se aforó con agua ultrapura para luego realizar la determinación de las concentraciones de plomo, arsénico y cadmio presentes en la muestra de agua (**E. González et al., 2004**).

2.1.2.3.1.3 Yuca

Para evidenciar la presencia de cadmio, plomo y arsénico en la yuca se lo hizo por el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama en el caso de los dos primeros y el arsénico por espectrofotometría de absorción atómica de horno grafito en el laboratorio AqLab en la Ciudad del Coca, de esta muestra se tomó una cantidad de 500 gramos de muestra compuesta, se realizó un pretratamiento en el cual se trituró la yuca previamente pelada y cortada con la finalidad de calcinar a 450°C durante 10 horas por lo que luego se hizo la digestión ácida con HCl y HNO₃, se filtró y aforó con HNO₃ 0,14 M, para poder realizar la medición de cada uno de los metales pesados

presentes en la yuca y con ellos evaluar la capacidad de absorción que esta tiene mediante los resultados obtenidos del suelo (**Moposita, 2019**).

2.1.2.4 Determinación de población y muestra

2.1.2.4.1 Población

Según el INEC en el censo realizado en 2010 Dayuma contaba con una población de 6298 personas de las cuales el 57.72% se define como mestiza, el 34,76% como población indígena, 3.81% como afroecuatorianos y blancos con un porcentaje minoritario de 2.78% y según la proyección realizada por el ilustre Gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Dayuma menciona que para el 2021 existen alrededor de 7705 habitantes (**GADPD, 2019**).

Para este proyecto de investigación se tomó como población objetivo a los habitantes de la parroquia Dayuma la cual está conformada por 77 comunidades indígenas (Tabla 7), de las cuales se estudió con entrevistas directas cara a cara a la comunidad Nueva Frontera que cuenta con una población de 272 habitantes pertenecientes a las nacionalidades Quechua un 75% de la población, y mestiza 25% (**GADPD, 2019**), mientras que con la ayuda del Software Google Forms se realizó encuestas online a la población mestiza de la parroquia Dayuma que es de 1762 habitantes mayores de 20 años (Tabla 6) (**Freire, 2013**).

Tabla 6. Población de la parroquia Dayuma por edad y sexo, censo 2010

Edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
0 a 4 años	449	420	869
5 a 9 años	471	432	903
10 a 14 años	384	376	760
15 a 19 años	310	322	632
20 a 24 años	333	238	571
25 a 29 años	285	216	501
30 a 34 años	265	132	397
35 a 39 años	223	144	367
40 a 44 años	222	137	359
45 a 49 años	172	119	291
50 a 54 años	135	60	195
55 a 59 años	93	57	150
60 a 64 años	64	34	98
65 a 69 años	53	38	91
70 a 74 años	31	26	57

Fuente: Adaptado de (GADPD, 2019).

Nota. Para el proyecto de investigación se tomará la población mayor a 20 años.

Tabla 7. Población de la parroquia Dayuma por comunidades

Comunidad	Habitantes	Nacionalidad
Miwa-guno	150	Waorani y quechua
Rodrigo Borja	110	Mestizos (75%) y quechua
12 de Febrero	195	Mestizos (25%), Waorani, shuar y quechua
Yawepare	67	Waorani, mestizos (25%) y quechua
Tsakim	36	Mestizos (25%), shuar y quechua
Nueva Esperanza	120	Mestizos
Vencedores del Oriente	52	Mestizos
San Francisco	72	Mestizos (25%) y shuar
Saar-Entsa	300	Mestizos (25%) y shuar
3 de Mayo	55	Mestizos
Cristal	100	Mestizos
Nueva Joya	60	Mestizos
Flor de Oriente	50	Mestizos (25%), shuar y quechua
Tiputini	200	Mestizos
Los Leones	110	Mestizos (75%) y shuar
El triunfo	140	Mestizos (50%) y shuar
Nuevo Amanecer	155	Mestizos
28 de Octubre	80	Mestizos
El Puma	80	Mestizos
Playas de la Costeñita	120	Mestizos
Interprovincial	120	Mestizos (50%), shuar y quechua
San Miguel	48	Mestizos
Unión Laurence	171	Mestizos

31 de Mayo	150	Mestizos
Nueva Unión	125	Mestizos
La Asunción	60	Mestizos (75%) y quechua
Centro poblado Dayuma	1500	Mestizos (50%), shuar y quechua
San Pedro	350	Mestizos
Nuevo Paraíso	50	Mestizo (25%) y Shuar
Waemo-Ome	45	Waorani
12 de Octubre	100	Mestizos
Nampaweno	60	Mestizos
San Juan de rio Tiputini	50	Mestizo (25%), quechua y Shuar
Trébol	70	Mestizos
9 de octubre	110	Mestizos (75%) y shuar
Libertad	70	Mestizos (50%) y shuar
Rumipamba	200	Mestizos
Pindo Rumiyaçu	80	Mestizos
Esfuerzo Amazónico	50	Mestizos (50%), shuar y quechua
San Gregorio	45	Mestizos
Azuay	45	Mestizos
Tiwiram	50	Mestizos
Brisas del Rio Tiputini	50	Mestizos (75%) y Waorani
Cóndor	40	Mestizos
15 de febrero	60	Mestizos (25%) y quechua
Cultura del Oriente	40	Mestizos
Auca Sur	35	Mestizos (50%), shuar y quechua
La Victoria	50	Mestizos

La Florida	40	Mestizos
San Isidro	35	Mestizos
Justicia Social	45	Mestizos
Mandaripanga	200	Quechuas
Santa Rosa	250	Mestizos (75%) y quechua
Tobeta	110	Waorani
Nueva frontera	272	Mestizos (25%) y quechua
Bay Enomenga	45	Waorani
Los Reyes	200	Mestizos (75%) y quechua
8 de Abril	120	Mestizos
Nantip	70	Shuar
Sasain	60	Shuar
San Antonio	50	Mestizos (75%) y quechua

Fuente: Adaptado de (GADPD, 2019).

Nota. Para el proyecto de investigación se tomará la población mestiza mayor a 20 años.

2.1.2.4.2 Muestra

Para el correcto análisis de datos se realizó un cálculo estadístico utilizando las herramientas de Microsoft Excel, en donde se estudió el tamaño de la población a encuestar con la finalidad de estimar el grado de confianza de los métodos aplicados, además de deducir que cantidad de individuos son necesarios para disminuir el margen de error durante la realización del proyecto, para con ello detectar si existe diferencias significativas entre las muestras evaluadas (García, Reding, & López, 2013), se analizaron mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1. *Tamaño de la muestra*

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población total

$Z\alpha = 1,96$ (95% de nivel de confianza)

p = Probabilidad de éxito

q = Probabilidad de fracaso

Realizando el cálculo correspondiente reemplazando en la ecuación 1, tomando en cuenta como población 1672 habitantes mestizos mayores de 20 años, la muestra encuestada fue de 180.92 habitantes, es decir 181 encuestados con un nivel de confianza del 95% ($Z\alpha = 1,96$), tendiendo como probabilidad de éxito del 95% y de fracaso del 5% en donde además se estimó un margen de error del 3%.

2.1.2.5 Método de recolección de información

2.1.2.5.1 Encuestas

Para la recopilación de información sobre la incidencia de afectaciones sobre la salud a causa de metales pesados presentes en la yuca se realizó con encuestas del tipo administrativas es decir a través de la web usando la plataforma Software Google Forms, la cual fue dirigida a la población mestiza de la parroquia Dayuma en donde se aplicó 15 preguntas, además se realizó entrevistas cara a cara para obtener una interacción directa con los afectados de la comunidad Nueva Frontera con la finalidad de obtener una respuesta inmediata (**López & Fachelli, 2015**).

2.1.2.5.1.1 Validación de encuestas

Se usaron dos metodologías para obtener un amplio rango de datos y poder ser objetivos con las respuestas construyendo así un método científico en la evaluación de los datos logrando tabularlos y poder eliminar un margen de error, cabe mencionar que para evaluar la confiabilidad y la validez de las encuestas se determinó el coeficiente Alfa de Cronbach propuesto por Lee J. Cronbach (1916-2001) (**Molina & Aranda, 2013**), este se calculó mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[\frac{\sum_{i=1}^k \sigma_{Yi}^2}{\sigma_X^2} \right]$$

Donde:

α = Alfa de Cronbrach

K= Número de ítems en la escala

σ_{Yi}^2 = Varianza de ítem i

σ_X^2 = Varianza de las puntuaciones observadas

La encuesta fue evaluada por 10 profesionales afines a la rama para validar las preguntas, en donde ellos calificaron según su criterio a cada pregunta; posteriormente se calculó el alfa de Cronbach de las calificaciones otorgadas por los evaluadores, se obtuvo un alfa de 0.83, el cual se encontró dentro del límite de 0.7 a 0.9 que indica una buena consistencia interna para esta escala (**González & Pazmiño, 2015**) .

2.1.2.5.2 Revisión bibliográfica

El presente proyecto de investigación se sustentó en la búsqueda, análisis y recopilación de información sobre los metales pesados presentes en la yuca y la incidencia de enfermedades a causa del consumo de esta, la información se obtuvo de artículos científicos, revistas científicas, tesis, libros virtuales y sitios web con la finalidad de avalar cada uno de los estudios realizados.

2.1.2.6 Procesamiento de información

El procesamiento de información se lo hizo en el programa Excel, en el cual se tabuló los datos obtenidos de las encuestas cara a cara, encuestas en Google forms y los análisis de laboratorio, en cual mediante la revisión bibliográfica se sustentó los resultados con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Resultados de metales pesados

3.1.1.1 Suelo

Existe una clasificación realizada según la FAO, en el cual el plomo pertenece al grupo 2, que se catalogan como elementos que se adhieren fuertemente al suelo, lo cual se observa en los resultados obtenidos, estos pueden ser absorbidos por las plantas pero no se trasladan con facilidad, mientras que el arsénico y cadmio pertenecen al grupo 4, aquellos elementos con alto grado de contaminación puesto que ingresa fácilmente a la cadena alimentaria por su capacidad de movilización en el ambiente (FAO, 2002).

El método de referencia usado fue EPA 3050B, SM 3111 B para avalar los límites de detección de la muestras (Tabla 8), los niveles máximos permisibles de arsénico en suelo según **Gho et al. (2011)**, son de 12 mg/Kg y según los resultados obtenidos por el laboratorio AqLab de la muestra de suelo proporcionada de la comunidad Yawapare fueron de <0.500 mg/Kg, evidenciando que la muestra están dentro de los parámetros permitidos, mientras que en la cuantificación de cadmio en suelo se obtuvo la concentración de <1.17 mg/Kg el cual está fuera de la concentración máxima permisible descrita por la FAO que es 0.35 mg/Kg, de igual manera en el plomo los resultados fueron de <25,00 mg/Kg indicando que no está dentro de rangos permitidos ya que la concentración máxima es de 20 mg/Kg (FAO, 2002).

La afinidad de los metales pesados dependen del pH del suelo, presentando mayor disponibilidad a pH ácidos, es por esta razón que al tener el suelo un pH 6 hace que

los metales pesados estén disponibles, se absorban, disuelvan y formen compuestos (Romero, 2020).

Tabla 8. Resultados de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en suelo

Metal pesado	Resultado (mg/Kg)	Límite de detección (mg/Kg)	Niveles máximos permisibles (mg/Kg) *
Arsénico	< 0.500	0.01	12
Cadmio	< 1.17	0.05	0.35
Plomo	< 25,00	0.5	20

3.1.1.2 Agua

La FAO (2011), establece como límite máximo permisible la concentración de 0.010 mg/L de arsénico tanto para aguas de consumo humano y doméstico como para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas.

En los resultados se obtuvo <0.010 mg/L valor que se encuentra dentro de los parámetros, es decir no existen una contaminación por arsénico en el río de la comunidad Yawapare, en el cadmio se obtuvo una concentración de <0.05 mg/L y el límite máximo permisible para aguas de consumo humano y aguas dulces es de 0.001 mg/L, es decir esta agua no es apta para el consumo. En el plomo en agua se obtuvo un valor de < 0.20mg/Kg, concentración que está muy por encima del límite máximo permisible, ya que en aguas de consumo humano y doméstico no debe superar los 0.05 mg/Kg y en aguas dulces no debería haber presencia de plomo; Rubio (2004), señala que el límite de exposición máxima de plomo en el campo laboral de 0.15 mg Pb/m³, en cuanto a la OMS establece la concentración de 25 µg/Kg de consumo tolerable semanal de plomo.

Estos valores pueden deberse a que el río de donde se tomó las muestras no cuenta con suficiente especies acuáticas además existe un pozo petrolero a 500 m, el cual podría estar contaminado el agua y provocando la desaparición de las especies acuáticas propias de la zona; se tomó como datos de referencia de la FAO al agua de consumo humano porque en gran parte de las comunidades de la parroquia Dayuma no existe abastecimiento de agua potable y la población en general debe usar el agua de ríos, lluvia, esteros, pozos petroleros, etc. para el consumo.

Tabla 9. Resultados de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en agua.

Metal pesado	Resultado (mg/L)	Límite de detección (mg/Kg)	Niveles máximos permisibles (mg/L)	
			Consumo humano y uso doméstico	Dulces, frías o cálidas
Arsénico	< 0.010	0.01	0.05	0.05
Cadmio	< 0.05	0.05	0.001	0.001
Plomo	< 0.20	0.5	0.05	-

3.1.1.3 Yuca

El **CODEX (2019)**, establece como 0.02 mg/Kg la cantidad máxima de arsénico en raíces y tubérculos, la concentración de arsénico en yuca es elevada, ya que fue de < 0.500 mg/Kg, en el caso del Cadmio, se evidencia concentraciones mayores de lo que exige la norma pues el límite máximo es de 0.1 mg/Kg y la concentración obtenida fue de <1.17 mg/Kg.

En los resultados de laboratorio se evidenció que existe alta contaminación de plomo en la yuca siendo de <25,00 mg/Kg, este excede por encima de lo establecido por la norma, ya que la concentración máxima de plomo en raíces y tubérculos es de 0.1 mg/Kg (**FAO/OMS, 2008**) la ingesta de yuca contaminada por plomo se convierte en

un problema de salud pública puesto que, es considerado un tóxico sistémico cuando es ingerido en los alimentos pasando al sistema gastrointestinal y se puede distribuir a diferentes órganos mediante la sangre (Valle & Lucas, 2000).

La absorción de plomo será mayor en niños y si existen problema alimenticios como el consumo excesivo de grasas y ayunos prolongados, este se puede alojar en los huesos desplazando el calcio y bioacumulándose provocando graves alteraciones en la salud (Marteles et al., 2007).

Además se realizó la medición del pH del suelo que fue de 6, estos metales pesados actúan mejor en medios ácidos, ya que tienen mayor disponibilidad y movilidad (Llori & Edison, 2017), logrando la transferencia del suelo hacia las plantas y por ende ingresar a la cadena alimenticia. Se evidenció que las concentraciones de metales pesados obtenidos de plomo, cadmio y arsénico en suelo son los mismos que en la yuca, es decir la capacidad de absorción de la yuca es alta y esto se debe a que presenta un sistema de nudos fibrosos que tienen mecanismos específicos que facilitan absorción y acumulación de los metales pesados presentes en el suelo (De La O & Quispe, 2017) las plantaciones de yuca de la cual se tomó las muestras están rodeadas por dos pozos petroleros, estas estacas para el cultivo fueron donadas por la empresa Petroamazonas para la remediación de suelos de la comunidad.

Tabla 10. Resultados de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) en yuca

Metal pesado	Resultado (mg/Kg)	Límite de detección (mg/Kg)	Niveles máximos permisibles (mg/Kg) *
Arsénico	< 0.500	0.01	0.02
Cadmio	< 1.17	0.05	0.1
Plomo	< 25,00	0.5	0.1

3.1.2 Análisis de resultados de las encuestas

3.1.2.1 Encuestas en Google Forms

Se tomó como población objetivo a las comunidades de Dayuma con mayor cantidad de población mestiza, en donde se obtuvo que 82 % (148 habitantes) corresponden al centro poblado Dayuma y el 18% (33 habitantes) a la comunidad del Pindo Rumiyaçu (Figura 9), en estas dos zonas existen gran cantidad de campamentos petroleros.

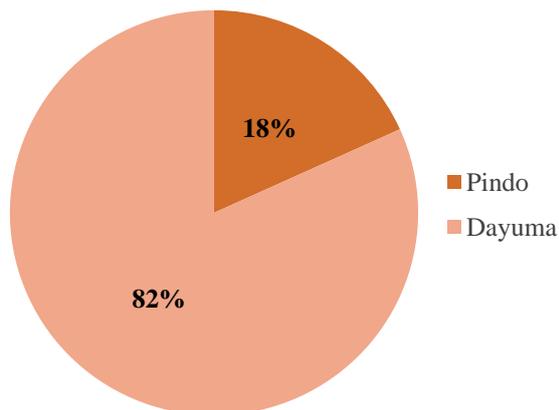


Figura 9. Lugar de realización de encuestas

En la Figura 10 se observa que gran parte de la población encuestada conoce qué es un metal pesado, esto se debe a que Dayuma es una parroquia petrolera y la mayor parte de la población mestiza se dedican a la prestación de servicios a dichas empresas y recibe capacitaciones constantes acerca de la composición, extracción, derrames, etc. del hidrocarburo.

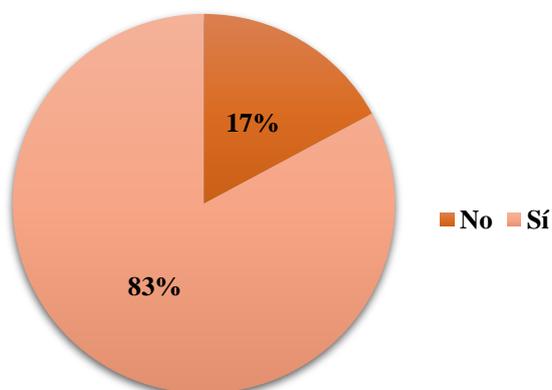


Figura 10. Pregunta 1. ¿Sabe usted qué es un metal pesado?

A pesar de que gran parte de la población encuestada sabe qué es un metal pesado, solo 124 de las personas encuestadas conocen las fuentes de exposición y 57 desconocen sobre el tema en la Figura 11 se observan estas cifras en porcentaje.

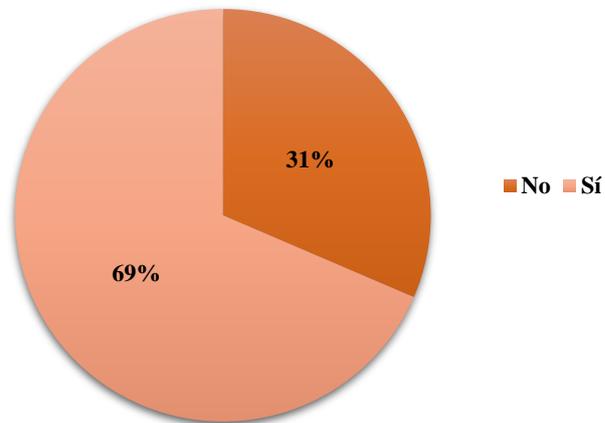


Figura 11. *Pregunta 2. ¿Sabe usted cuáles son las fuentes donde se pueden encontrar metales pesados?*

Cuando se escucha el término metal pesado muchas personas a pesar de desconocer qué es, asumen que este pueda afectar la salud y es así que se puede observar en la Figura 12 donde el 87% de la población aseguran que estos son perjudiciales para la salud cuando son ingeridos por distintos medios.

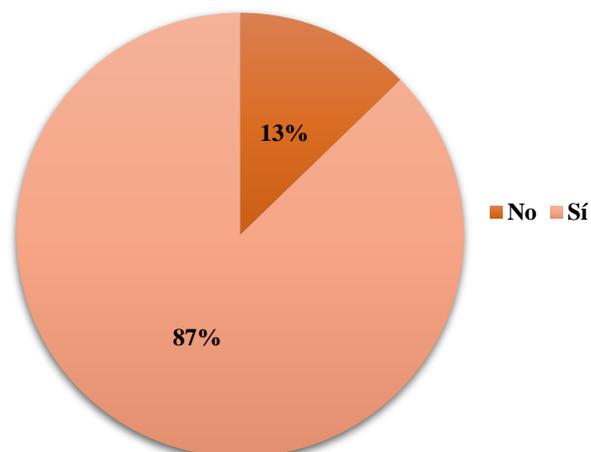


Figura 12. *Pregunta 3. ¿Cree usted que los metales pesados puedan afectar la salud?*

En la figura 13 se observa que la mayor cantidad de encuestados consideran que es posible encontrar metales pesados en el suelo y agua de la parroquia Dayuma, tan solo 3 personas creen que no es posible y 55 personas dicen que es probable encontrar dichos metales.

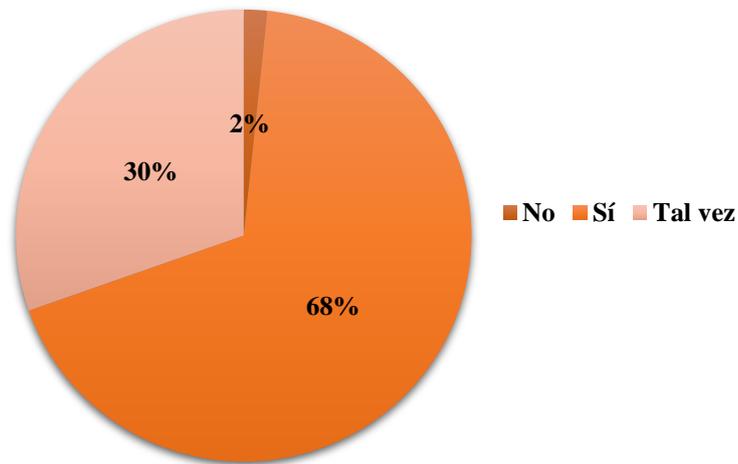


Figura 13. *Pregunta 4 ¿Cree usted que es posible encontrar metales pesados en el suelo y agua de su localidad?*

En la Figura 14 solo una pequeña parte de la población afirman que no es posible encontrar metales pesados, pero la mayor parte de los encuestados están seguros que se pueda encontrar metales pesados en alimentos y 49 personas creen que es probable.

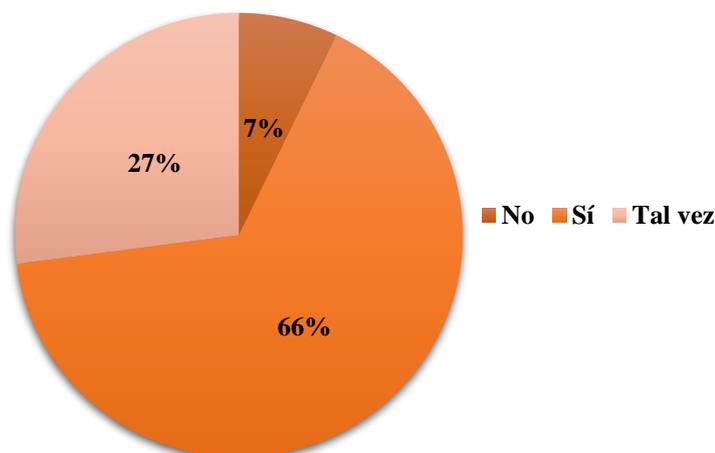


Figura 14. *Pregunta 5. ¿Cree usted que es posible encontrar metales pesados en los alimentos?*

El suministro de agua potable en la parroquia Dayuma es muy inestable, por lo que el agua destinada para el consumo en las 77 comunidades pertenecientes a la parroquia Dayuma proviene de los ríos, lluvia y esteros, esto conlleva a que gran parte de la población tenga problemas de salud ya que estos ríos están sujetos a contaminación porque no existe una distribución adecuada de las tuberías petroleras y estas están construidas sobre los ríos ocasionado graves problemas cuando existen derrames petroleros, por esta razón una pequeña parte de la población cuenta con tanques de reserva de agua para evitar el consumo de agua de ríos, lluvia o esteros, en el grafico se puede observar que el 85% (153 personas) afirman que el agua de consumo no es segura mientras que un 15% considera que el agua de Dayuma es apta para el consumo Figura 15.

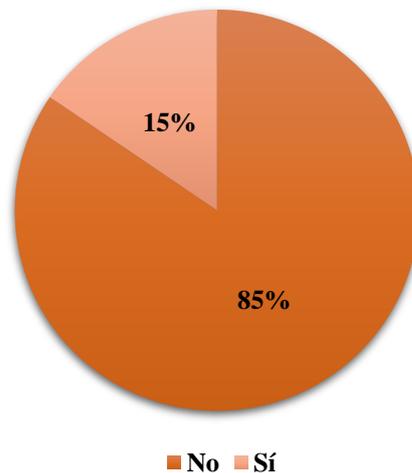


Figura 15. *Pregunta 6. ¿Cree usted que el agua de la parroquia Dayuma destinada para el consumo es segura?*

La yuca es un alimento ampliamente consumido por la población de Dayuma ya que es parte de su cultura, tradición, por los aportes nutricionales que esta presenta y además por la versatilidad que tiene en la gastronomía, es por ello que se preguntó a la población si considera que la yuca cultivada en la localidad es segura puesto que cuentan con múltiples plantaciones en todas las comunidades y se observó que 63 personas consideran que la yuca cultivada en su localidad es segura para el consumo (Figura 16), ya que los consumidores dan su opinión en función a la calidad nutricional

y microbiológica que ésta tiene sin tomar en cuenta que puede estar contaminada con tóxicos presentes en el suelo.

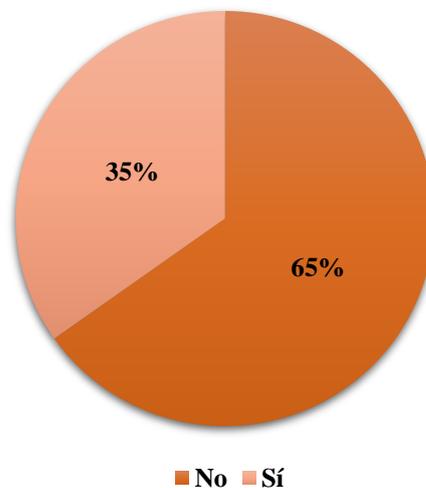


Figura 16. *Pregunta 7. ¿Cree usted que la yuca cultivada en su localidad es segura para el consumo?*

Los pozos petroleros en la parroquia Dayuma están ampliamente distribuidos por toda la zona, es por ello que se preguntó a los pobladores si creen que la presencia de estos representan una amenaza para los consumidores ya que pueden contaminar el suelo, agua y alimentos, en donde se obtuvo que 16 personas creen que la presencia de pozos petroleros no son un riesgo para la salud de los pobladores en la actualidad ya que las empresas petroleras cuentan con proyectos de remediación de suelos y con programas de buenas prácticas de manufactura, pero el resto de los encuestados (Figura 17) están seguros que la presencia de pozos petroleros aledaños a las viviendas de los pobladores en las distintas comunidades presentan un gran riesgo ya que contaminan el suelo, agua y por ende a los alimentos que se cultivan en la zona.

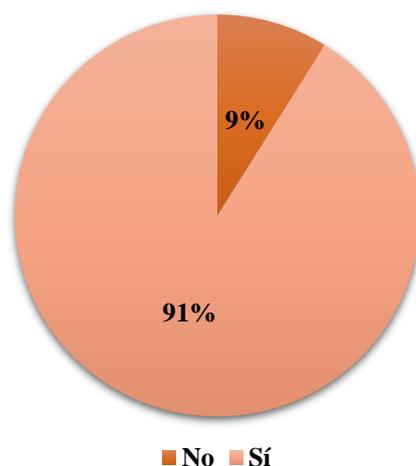


Figura 17. *Pregunta 8. ¿Cree usted que la presencia de pozos petroleros en su localidad pueda contaminar el agua, suelo y alimentos?*

Los pozos petroleros presentes en Dayuma no solo son de extracción de crudo, sino que también de emisión de gas metano, que son mecheros que permanecen encendidos las 24 horas, es por ello que el 93% (168 personas) (Figura 18) consideran que ese es otro de los riesgos para la salud de los habitantes además de la contaminación del agua, alimentos y suelo a causa de la extracción petrolera y derrames que se producen continuamente por las malas prácticas de manufactura.

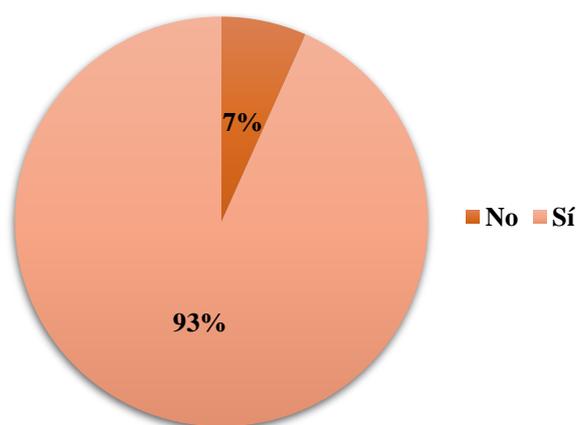


Figura 18. *Pregunta 9. ¿Cree usted que la actividad petrolera es un riesgo para la salud de los habitantes de la parroquia Dayuma?*

La yuca es un tubérculo que se cultiva ampliamente en Dayuma por lo que se preguntó a la población si es posible encontrar metales pesados en la yuca, aun cuando se considere que es apta para el consumo cuando no presenta contaminación por microorganismos, por lo que se obtuvo que 118 personas creen que es posible que se encuentren metales pesados en la yuca aun cuando esta se encuentre en óptimas condiciones, mientras que tan solo 8 personas consideran que esto no es posible y el restante de los encuestados creen que existe una posibilidad de encontrar metales pesados en la yuca (Figura 19) .

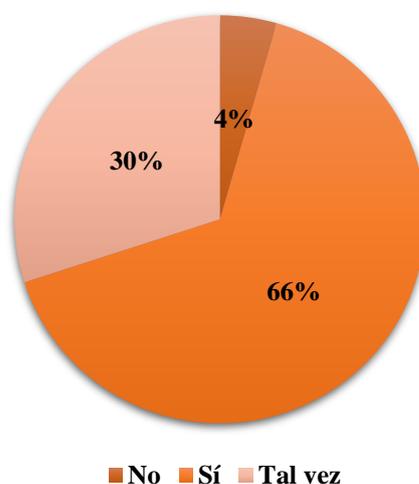


Figura 19. *Pregunta 10. La yuca es un tubérculo que se cultiva ampliamente en la región Amazónica, ¿cree usted que es posible encontrar metales pesados en la yuca cultivada en la parroquia Dayuma?*

La yuca es un tubérculo que presenta alta capacidad de absorción de los nutrientes del suelo, es por ello que se preguntó a la población si cree que exista la posibilidad de transferir los metales pesados presentes en el suelo y agua de la parroquia Dayuma a la yuca cultivada, por lo que se obtuvo que 162 personas creen que es posible que se transfieran estos tóxicos a la yuca, mientras que tan solo 19 personas consideran que esto no es posible (Figura 20).

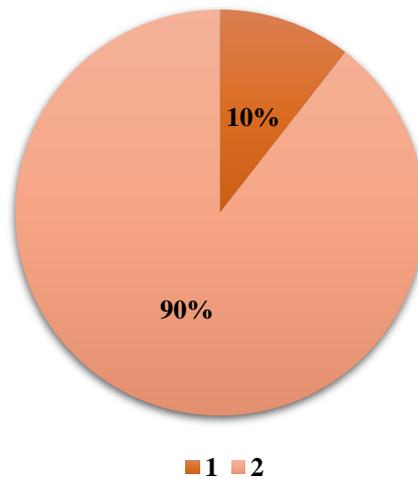


Figura 20. Pregunta 11. ¿Cree usted que la yuca pueda absorber los metales pesados presentes en el agua y suelo?

La yuca es ampliamente consumida en todo el mundo por sus propiedades nutricionales, pero en las zonas donde existen actividades industriales realizadas por el hombre se ve una contaminación del suelo, agua y por ende de los alimentos cultivados entonces es necesario saber si es un hábito el consumo de yuca, en donde se obtuvo que tan solo 8 de los encuestados no consume yuca por distintas razones (Figura 21).

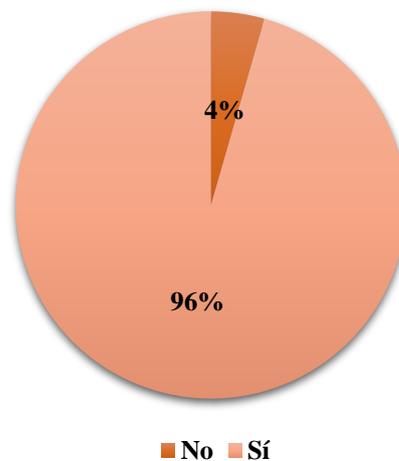


Figura 21. Pregunta 12. ¿En su familia consumen yuca?

Gran parte de la población cuenta con plantaciones de yuca ya que esta se usa para remediación de suelos y es por ello que el 45% (Figura 22) de las personas encuestas saben de donde provienen la yuca, mientras que un porcentaje mayor desconoce cuál será la procedencia de la yuca que consumen en su hogar.

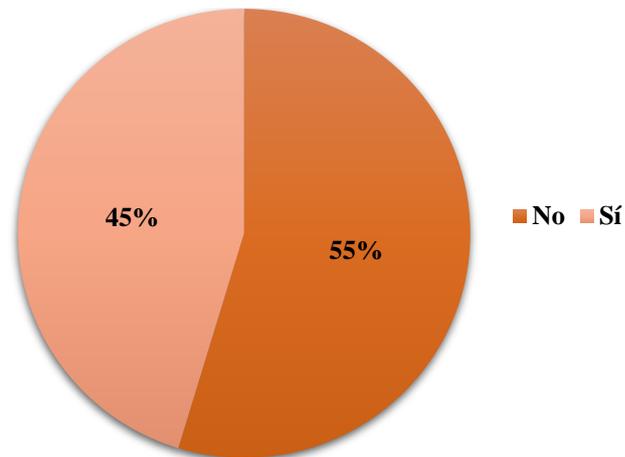


Figura 22. *Pregunta 13. ¿Sabe usted de dónde proviene la yuca que usted consume?*

El consumo de yuca en gran parte de la población es un hábito y en las encuestas se evidenció que la mayor parte de los encuestados consumen al menos 1 vez por semana, 8 nunca consumen, 8 lo hacen todos los días ya que es alimento saciante y tiene aporte energético y 42 personas la consumen una vez al mes (Figura 23).

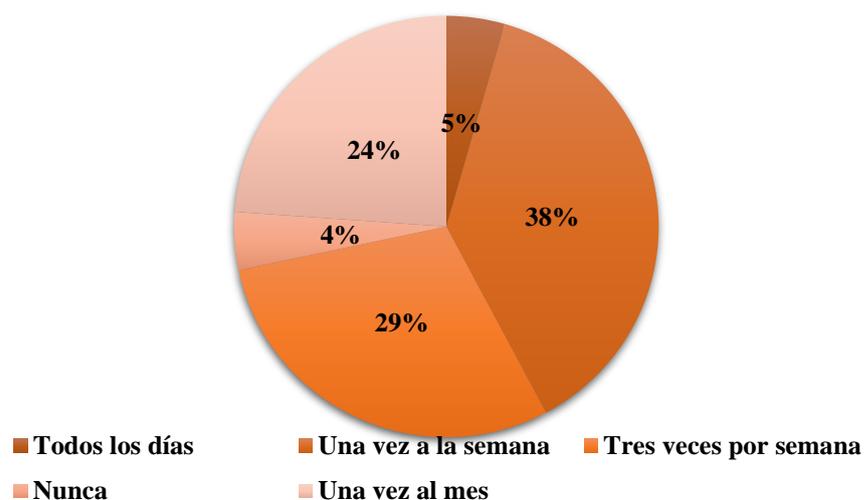


Figura 23. *Pregunta 14. ¿Con qué frecuencia usted consume yuca?*

A pesar de que gran parte de la población tiene conocimientos sobre los metales pesados, se preguntó si quisieran saber más con la finalidad de proporcionar una guía a la población para que se instruyan sobre el tema ya que se desconoce si es posible que estén presentes en los alimentos y en la yuca que es el tubérculo que más se consume, en donde se obtuvo que el 89.5 % (162 personas) quieren saber más sobre la incidencia de este metal pesado en la yuca cultivada en la parroquia Dayuma, y tan solo el 10.5% (19 personas) no quieren saber sobre el tema (Figura 24).

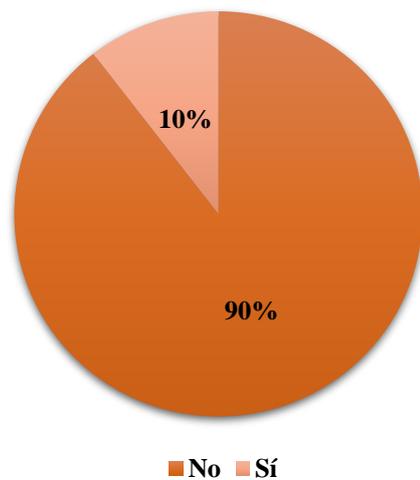


Figura 24. *Pregunta 15. ¿Quisiera saber más sobre los metales pesados y la relación con los cultivos de Yuca de la parroquia Dayuma?*

3.1.2.2 Encuestas cara a cara

Las encuestas cara a cara se realizaron en la comunidad Nueva Frontera correspondientes a la nacionalidad Quechua perteneciente a la parroquia Dayuma, se tomó 8 personas al azar para la entrevista. (Tabla 11) y se tomó las medidas de la cabeza, abdomen y además el peso de 16 niños (Tabla 12).

Tabla 11. *Entrevistas cara a cara con los pobladores de la comunidad*

N °	Nombre	Comentario
1	Bacilo Sánchez	<p>Cuentan con red de agua potable, pero es escasa, la mayor parte del tiempo el agua de consumo procede de pozos salobres, brazos de río, ríos o lluvia.</p> <p>Consumo de yuca en bebidas fermentadas.</p>
2	María Shiguango	<p>Vive a 500 m de un pozo petrolero, el ruido ha causado que su madrastra no pueda escuchar.</p> <p>Su esposo murió recientemente con un posible diagnóstico de derrame cerebral, pero María afirma que su esposo tenía varios años con problemas de salud como cefaleas y dolores estomacales recurrentes ya que no contaba con equipo de bioseguridad en el trabajo.</p> <p>Tanto María como toda su familia presentan malestares recurrentes, ella se abastece de agua proveniente de lluvia, ríos, esteros ya que no cuenta con agua potable.</p> <p>Se suscitan derrames recurrentes.</p> <p>Su principal fuente de alimentación es verde y yuca por su efecto saciante</p>
3	Betty Shiguango	<p>Betty menciona que hace 5 años le empezaron a salir manchas en la cara las cuales son dolorosas y se ven irritadas, le han diagnosticado como una alergia, ella vive a 300m de uno de los tantos pozos petroleros de la zona, su suegro tiene graves problemas respiratorios, su suegra murió a causa de neumonía y su madre con cáncer al estómago.</p> <p>Ella y su familia presentan múltiples problemas de salud ya que presentan manchas en la piel, dolores de cabeza y estomago recurrente. Menciona que en la zona se suscitan a menudo derrames de crudo, los cuales son controlados con rapidez.</p>

		<p>En múltiples ocasiones se bañan con el agua proveniente de los pozos.</p> <p>Ella afirma que las muertes de sus familiares están directamente relacionadas con la presencia de pozos petroleros, además de la falta de tratamiento en el agua de consumo.</p> <p>Consumo y venta de yuca que Petroecuador proporciona con la finalidad de remediar los suelos.</p>
4	Gladys Grefa	<p>Su madre vivía a 100 m del pozo petrolero y emisión de gas metano, no tenía abastecimiento de agua potable y consumía el agua salobre de los pozos petroleros de la zona, murió con cáncer al intestino, su padre falleció con cáncer al pulmón, toda su familia presenta manchas en la piel, continuamente tienen cefaleas y dolores estomacales.</p> <p>El abastecimiento de agua es de agua de ríos y esteros.</p> <p>Consumo elevado de yuca por temas de tradición y las cualidades nutricionales que presenta.</p>
5	David Grefa	<p>Su hijo recientemente ha presentado dolor de estómago y fiebre, no le dan diagnóstico, únicamente le dan calmantes, pero no se recupera, él hace lo posible por conseguir agua potable ya que hace un año hubo un derrame de petróleo en la zona, comenta que todos los residuos y basura de los campos petroleros van al río y menciona que el agua de los ríos aledaños a su hogar está muy contaminada y no existe presencia de peces.</p> <p>Consume la yuca que cultiva la que Petroamazonas proporciona para remediación de suelos.</p>
6	Moisés Andy	<p>Menciona que los derrames de petróleo son recurrentes, a pesar de que cuando existen derrames indemnizan a la población, la afectación es muy elevada ya que los ríos se convierten en la mayor fuente de contaminación del lugar y les toca abastecerse con agua de lluvia o de</p>

		<p>esteros. Su familia acude permanentemente a los subcentros por problemas estomacales, pero nunca les dan solución. Su hijo presenta problemas en sus huesos. Consumo elevado de yuca.</p>
7	María Jumbo	<p>María vive a 300m de un pozo petrolero, comenta que es demasiado ruidoso y que los mecheros están afectando gravemente la salud de su familia ya que su madre murió con neumonía y su hija actualmente tiene neumonía, aunque a la hija le dan tratamiento para sinusitis.</p> <p>Consumo de agua potable cuando hay acceso, pero normalmente se abastecen de agua de ríos, esteros y lluvia. Su familia continuamente presenta problemas estomacales, pero no son atendidos en el subcentro ya que no se consideran patologías graves.</p> <p>Consumo de yuca moderado.</p>
8	Norma Grefa	<p>Vive a tan solo 100 m de un pozo petrolero, pero no hay mecheros cerca de su casa, su familia sufre de problemas reumáticos y estomacales ya que no cuenta con agua potable consume el agua salobre proveniente de pozos petroleros.</p>

Nota: En esta tabla se redactó las opiniones de los entrevistados.

Tabla 12. *Peso y medidas de cabeza y abdomen en función de la edad en niños de la comunidad Nueva Frontera-parroquia Dayuma*

N°	Sexo	Peso (Kg)	Edad	Tamaño (cm)	
				Cabeza	Abdomen
1	M	13	2	50	52
2	M	15	3	50	52
3	M	14	4	48	54,5
4	M	10	4	50	58
5	F	11	4	46,5	56,5
6	F	11	4	50	57,5
7	M	22	6	49	45,8
8	M	20	6	51,5	60
9	F	22	7	50	58
10	F	22	8	51,9	55
11	M	21	8	50,5	54
12	F	26	9	49,5	59
13	F	35	11	52	64,5
14	F	22	10	48,5	55,5
15	M	30	10	52,5	61,5
16	M	30	10	51	64

Nota: Se tomó a niños y niñas que habitan en la comunidad.

Con los datos obtenidos en la comunidad Yawapare en niñas de 0 a 4 años de edad se comparó con los patrones de crecimiento infantil dados por la OMS, en donde se puede determinar que la población en niñas de 0 a 5 años en dicha comunidad no tiene un crecimiento normal, ya que como se observa en la Figura 25, la curva se encuentran por debajo de la mínima establecida en el percentil 3, sin embargo el perímetro craneal se encuentra dentro de parámetros normales en el percentil 50 dentro de la curva (OMS, 2019).

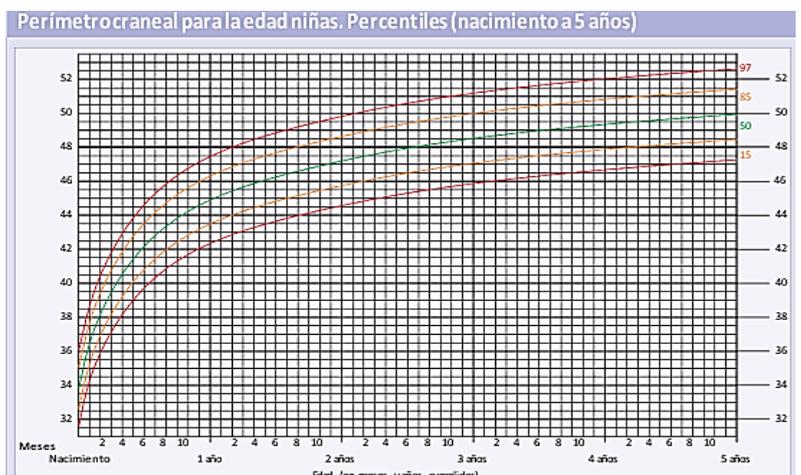
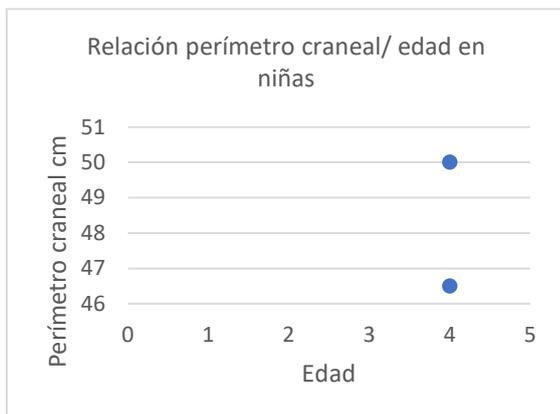
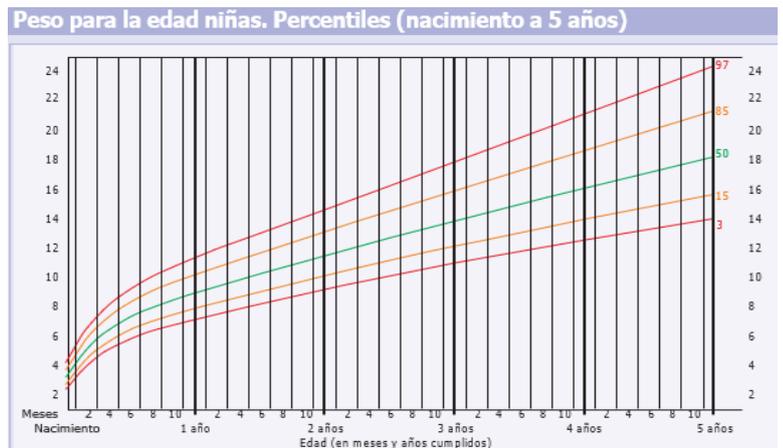


Figura 25. Comparación de peso y perímetro craneal en niñas de la comunidad Nueva Frontera en función de la edad (0 a 5 años) mediante normativa de curvas de percentiles FAO 2019

Con los datos obtenidos en la Comunidad y comparándolos con los patrones de crecimiento infantil dados por la OMS se determinó que la población en niños de 0 a 5 años en dicha comunidad no tiene un crecimiento normal, ya que sus datos se encuentran bajo la curva mínima establecida por la OMS en el percentil 3 (Figura 26), se observa que a menor edad, presentan mayor problemas de baja de peso, sin embargo el perímetro craneal se encuentra dentro de parámetros normales en el percentil 50 dentro de la curva (OMS, 2019).

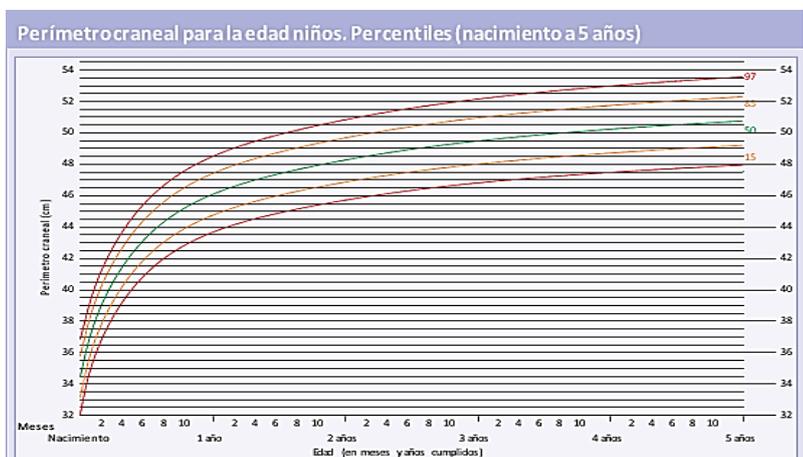
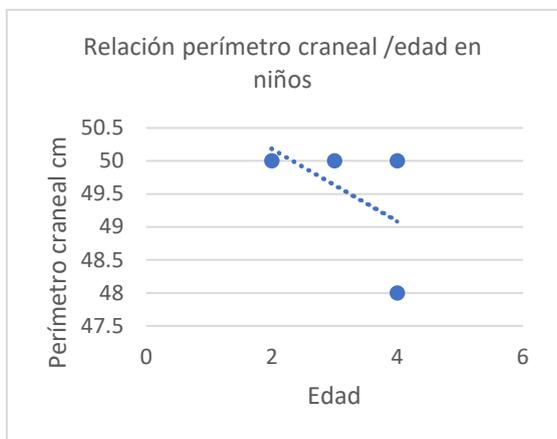
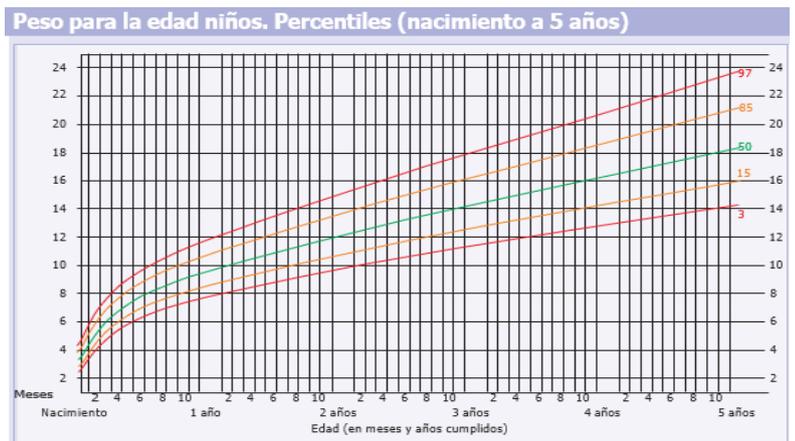
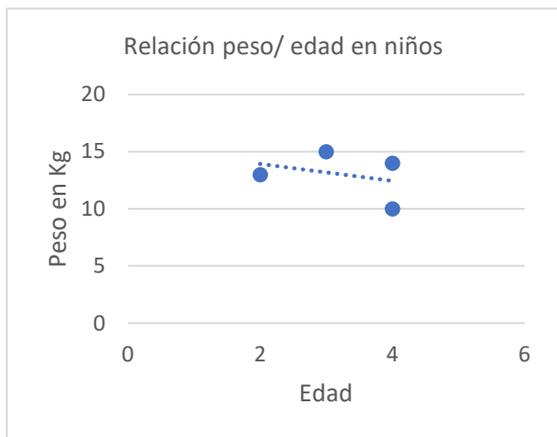


Figura 26. Comparación de peso y perímetro craneal en niños de la comunidad Nueva Frontera en función de la edad (0 a 5 años) mediante normativa de curvas de percentiles FAO 2019

Con los datos obtenidos en la comunidad y comparándolos con los patrones de crecimiento infantil dados por la OMS se evidencia que en niñas de 6 a 10 años a partir de esta edad tienen un crecimiento normal, ya que sus datos se encuentran dentro del percentil 50 (Figura 27), se evidencia que a mayor edad su peso es en función a la edad, no presentan problemas de baja de peso (OMS, 2019).

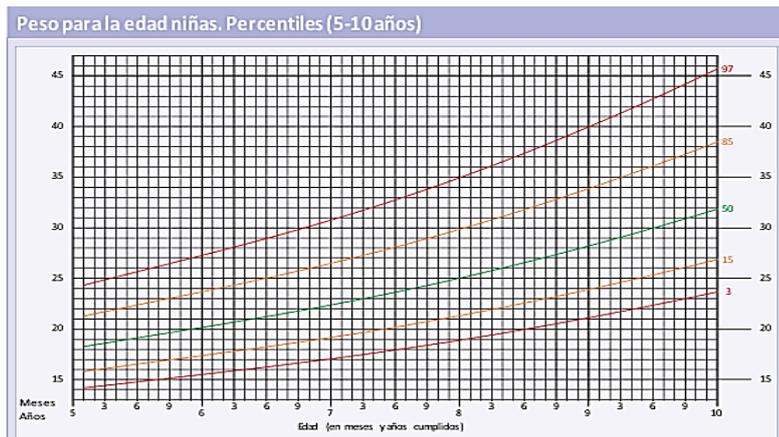
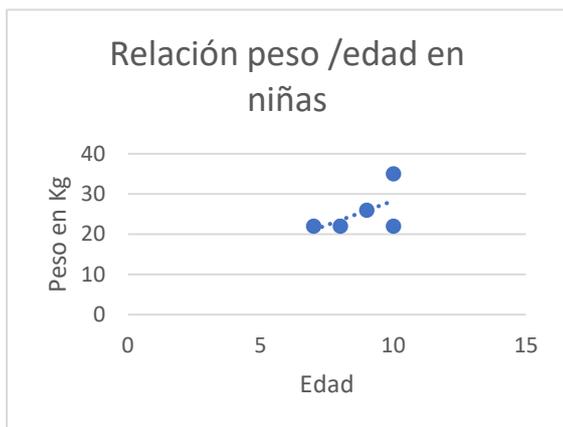


Figura 27. Comparación de peso y perímetro craneal en niñas de la comunidad Nueva Frontera en función de la edad (6 a 10 años) mediante normativa de curvas de percentiles FAO 2019

Para los datos obtenidos en la comunidad y comparándolos con los patrones de crecimiento infantil dados por la OMS se observa que la población en niños de 6 a 10 años en dicha comunidad tiene un crecimiento normal ya que sus datos generan una tendencia a la alta y se encuentran sobre el percentil 50 (Figura 28) se obtiene que en niños mayores no presentan problemas con el peso, su crecimiento en función a la edad es normal (OMS, 2019).

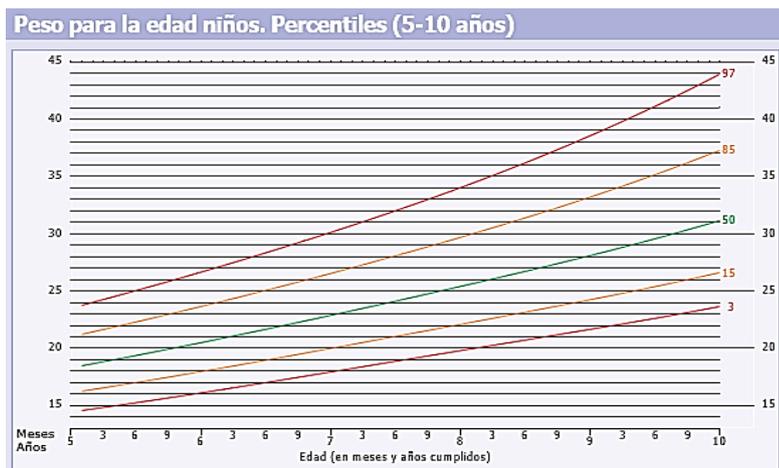
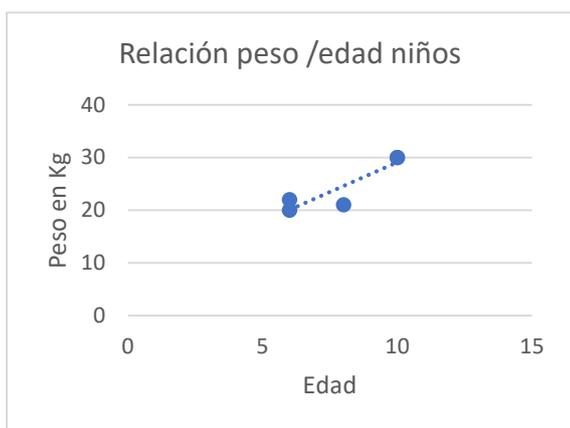


Figura 28. Comparación de peso y perímetro craneal en niños de la comunidad Nueva Frontera en función de la edad (6 a 10 años) mediante normativa de curvas de percentiles FAO 2019

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En la parroquia Dayuma mediante encuestas cara a cara y análisis de espectrofotometría de absorción atómica se evaluó los riesgos de intoxicación por el consumo de yuca contaminada con metales pesados (cadmio, plomo y arsénico) observándose incidencia de enfermedades gastrointestinales, afecciones en la piel, problemas respiratorios y anomalías de crecimiento en niños menores de 5 años.
- Las muestras de suelo, agua y yuca tomadas en los terrenos de la comunidad Yawapare se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica en el laboratorio AqLab los cuales evidenciaron la presencia de metales pesados como el cadmio, plomo y arsénico generados por la actividad petrolera que se suscita en esta zona.
- En la cuantificación de metales pesados en suelo, agua y yuca se evidenció gran capacidad de bioacumulación presentando concentraciones de cadmio, plomo y arsénico fuera de los estándares establecidos por la OMS/FAO.
- La yuca presenta gran capacidad de absorción por ello obtiene grandes cantidades de nutrientes provenientes del suelo y agua; el suelo de la comunidad Yawapare tiene un pH de 6 lo cual facilita la disociación y absorción de dichos tóxicos, ya que los metales pesados se movilizan mejor en pH ácidos, se determinó que la yuca tiene una capacidad de absorción del 100% puesto que las mismas concentraciones de cadmio, plomo y arsénico encontradas en suelo también estaban presentes en la yuca.

4.2 Recomendaciones

- Proponer un plan de remediación de suelos con yuca y eliminación de este tubérculo una vez que cumpla su función, ya que al remediar el suelo todos los tóxicos se transfieren al tubérculo y por ende al ser humano y animales mediante la ingesta
- Realizar una investigación a fondo evaluando otros metales pesados que puedan encontrar en yuca, puesto que la población de estas zonas petroleras presenta grandes problemas en su salud y existe poca información sobre el tema.
- Incentivar a la población a llevar una dieta equilibrada e higiene en el trabajo ya que de esto depende la transferencia de metales pesados del campo laboral hacia el hogar.
- Realizar análisis de espectrofotometría de absorción atómica en suelo, agua y yuca en el resto de las comunidades rurales pertenecientes a la parroquia Dayuma con la finalidad de tener resultados más completos.

BIBLIOGRAFÍAS

- Acosta, M. (2007). Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle del mezquital, hgo. *Universidad autónoma del estado de Hidalgo*, 1-91.
- Agilent Technologies. (2016). Fundamentos de Espectroscopía Atómica: Ejemplos. *Agilent Technologies*, 46. Recuperado de [https://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/public/5991-6593_Agilent_Atomic Spectroscopy_Hardware_ES.pdf](https://www.agilent.com/cs/library/slidepresentation/public/5991-6593_Agilent_Atomic_Spectroscopy_Hardware_ES.pdf)
- AqLab laboratorios de análisis y evaluación ambiental. (s. f.). Recuperado 23 de septiembre de 2021, de <https://aqlabec.com/politica.html>
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao*, 163, 134. <https://doi.org/9253056770-9789253056774>
- ATSDR. (2007). *ToxFAQs™ sobre el arsénico*. 1-2.
- ATSDR. (2020a). *Plomo*.
- ATSDR. (2020b). ToxFAQs sobre el cadmio. *Health and Human Services*, 2. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.pdf
- Ávalo, R. (2011). *Proyecto de factibilidad para la producción, acopio y exportación de yuca fresca parafinada de la variedad «Valencia», hacia el mercado del Reino Unido*. 194.
- Azcona, M., Ramírez, R., & Flores, G. (2015). Redalyc.Efectos tóxicos del plomo. *Revista de Especialidades Médico- Quirúrgicas*, 20(1), 72-77.
- Barreto, P. (2009). PROCEDIMIENTO DE MUESTREO DE AGUA SUPERFICIAL. *Sistema de Gestión de Calidad - NTP ISO/IEC 17025*, 4-7.
- Becerra, S., Paichard, E., Sturma, A., & Maurice, L. (2013). VIVIR CON LA CONTAMINACIÓN PETROLERA EN EL SANITARIO Y CAPACIDAD DE RESPUESTA Living with oil contamination in Ecuador : social perceptions of health risks and coping capacities también es conocido por ser el país que acoge la biodiversidad más densa del. *Revista Lider*, 23, 102-120.

- Borja, D., & Yumisaca, Y. (2018). *Determinación de la actividad antiinflamatoria de los flavonoides del extracto de la hoja de yuca (Manihot esculenta)* (Quito: UCE). Quito: UCE, Quito. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16719>
- Brenes, E. (2017). Manual Del Cultivo De Yuca. En *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria*. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>
- Briceño, J., Tonato, E., Silva, M., & Armado, A. (2020). Evaluación del contenido de metales en suelos y tejidos comestibles de *Allium fistulosum* L. Cultivado en zonas cercanas al volcán TUngurahua. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 32(2), 114-126.
- Cañizares, R. (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 42(3), 131-143.
- Carreras, A., & Mitre, B. (2018). Bioaccesibilidad de arsénico y cálculos de ingestas en dietas consumidas por una población endémica de Taco Pozo. Comparación entre las ingestas infantiles y adultas. *Revista de Toxicología*, 35(1), 11-17. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/919/91956202005/html/>
- Chávez, C. (2011). Detección de metales pesados en agua. *Instituto nacional de astrofísica, óptica y electrónica*, 0, 51-54. Recuperado de <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf>
- CODEX. (2019). Norma General Del Codex Stan 193-1995, Para Los Contaminantes Y Las Toxinas Presentes En Los Alimentos Y Piensos. *Codex Stan 193_1995*, 1-48.
- Collantes, C. D. L. (2014). Proteinuria. *Protocolos de Nefrología de la Asociación Española de Pediatría*, (1), 69-79. Recuperado de https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/05_proteinuria.pdf
- Comisión del codex alimentarius. (2013). *Debate Sobre Los Niveles Máximos De Ácido Cianhídrico Y La Contaminación Por Micotoxinas De La Yuca Y Productos a Base De Yuca*. (c), 1-20.

- De La O, Z., & Quispe, J. (2017). *DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE PLOMO Y CADMIO EN DIEZ TIPOS DE YUCA (Manihot esculenta) COMERCIALIZADAS EN EL MERCADO DEL DISTRITO DE SAN MARTÍN DE PANGO, DE LA CIUDAD DE SATIPO, DEPARTAMENTO DE JUNÍN, DE ENERO – MARZO DEL 2017*. 38. Recuperado de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1187/TITULO - Quispe Aguirre%2C Jannet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De Matuoka, G. (2021). Efecto del arsénico inorgánico presente en los alimentos sobre el epitelio intestinal. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2013-2015.
- FAO/OMS. (2008). *Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios*. 1999(8), 1-18.
- FAO. (1999, octubre 14). Raíces y tubérculos | Inpho |. Recuperado 8 de octubre de 2021, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura website: <http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/roots-tubers/es/>
- FAO. (2002). La contaminación del suelo: una realidad oculta. En *Organizacion de las Naciones Unidas para la alimentacion y la agricultura FAO*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- FAO. (2011). Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua. *TULAS Texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente*, 8-9.
- Felicita, O. (2018). Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador Comité De Investigaciones. *Contratos de Adhesión y Mecanismos de Protección al Consumidor*, 136. Recuperado de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/4057/1/PI-2008-08-Velásquez-Conceptos Jurídicos.pdf>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(SUPPL. 1), 141-153. <https://doi.org/10.4321/s1137-66272003000200008>
- Freire, A. (2013). Aspectos socioculturales de la parroquia Dayuma y propuestas como

aporte al plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/8707>

GADMFO. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Municipalidad de Francisco de Orellana*. 1-223. Recuperado de www.orellana.gob.ec

GADPD. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Dayuma*. Dayuma.

Galindo, G. (2015). *Mapa de Bloques Petroleros del Ecuador Continental*. 1.

Gallegos, W., Vega, M., & Noriega, P. (2012). Espectroscopía de absorción atómica con llama y su aplicación para la determinación de plomo y control de productos cosméticos. *La Granja*, 15(1), 19. <https://doi.org/10.17163/lgr.n15.2012.02>

García, J., Reding, A., & López, J. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, 2(8), 217-224.

Gho, W., Od, S., Wuyàfd, F., Orv, P., Gh, F., Orv, D. R., & Sxhghq, F. (2011). Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas perspectivas para Colombia. *Acta Agronómica*, 60(3), 203-217.

Gonzalez, D. (2015). Antimonio y sus efectos en el ecosistema. *Investigación en salud ambiental y ecotoxicología*, 1-5.

González, E., Ahumada, R., Medina, V., Neira, J., & González, U. (2004). Espectrofotometría de absorción atómica con tubo en la llama: aplicación en la determinación total de cadmio, plomo y zinc en aguas frescas, agua de mar y sedimentos marinos. *Química Nova*, 27(6). <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000600006>

González, J., & Pazmiño, M. (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. Recuperado 23 de septiembre de 2021, de SSOAR website: <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/42382>

- Hase, S. (2018). Calidad de Productos tipo “snacks” obtenidos por fritura a partir de raíces de mandioca. (Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Secretaría de Investigación y Posgrado. Doctorado en Ciencias Aplicadas.). Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Secretaría de Investigación y Posgrado. Doctorado en Ciencias Aplicadas., Argentina. Recuperado de <https://rid.unam.edu.ar:443/handle/20.500.12219/2384>
- Hinostroza, F., Mendoza, M., Navarrete, M., & Munoz, X. (2014). Cultivo de yuca en el Ecuador. *INIAP - ESTACION EXPERIMENTAL PORTOVIEJO*, 436, 1-28. Recuperado de <http://www.agricultura.gob.ec/sinagap/>
- Krainer, A., & Mora, M. (2011). *Retos y amenazas en Yasuní* (Primera edición, Vol. 0; S. Calero, Ed.). Quito: FLACSO.
- Leyva, L. (2020, febrero 11). Tubérculos - Tipos y Ejemplos (Lista) de los 28 Tubérculos Comestibles. Recuperado 8 de octubre de 2021, de <https://www.tuberculos.org/>
- Linares, A. R., Vergara, M. L., & Hase, S. L. (2005). Efecto de la Cocción sobre los Parámetros Texturales de dos Variedades de Mandioca. *Información tecnológica*, 16(5), 3-9. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642005000500002>
- Liva, M., Alleyne, S., De Armas, T., Collazo, O., Jiménez, J., Castro, D., ... González, R. (2013). Procedimiento analítico para la determinación de metales pesados en zanahoria y espinaca cultivadas en organopónicos urbanos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1).
- Llori, J., & Edison, T. (2017). *Evaluación de la bioacumulación de trazas de metales pesados en la especie Manihot esculenta; Crantz cultivada en suelo remediado de la parroquia Taracoa*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz Garcia, F. G. (2016). Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153)

- Lozano, C. (2014). *Estudio en Toxicología de la contaminación por cadmio y arsénica en las fuentes de abastecimiento de agua expuestas a la ceniza del volcán Tungurahua en las Provincias Guanando y La Providencia del Cantón Guano en la Provincia del Chimborazo*. 85.
- Marteles, M., Bergua, B., Arraiga, B., & Cabeza, M. (2007). Intoxicación por plomo. *Medicina Clinica*, 129(15), 600.
- Medina, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Impacto en la nutrición y la salud humanas por ingesta de arsénico. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(1), 93-102. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604.93>
- Menéndez, B. S. (2006). Enfisema pulmonar y bullas de enfisema. Clasificación. Diagnostico. Tratamiento. *Revista Cubana de Cirugia*, 45(3-4).
- Moposita, L. (2019). “*Estudio del contenido de metales biodisponibles en variedades de melloco (Ullucus tuberosus), mediante absorción atómica de llama y horno de grafito*”.
- Morillo, Y. (2009). *Herencia del contenido de carotenos en raíces de yuca Manihot esculenta Crantz* (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA). UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2472>
- Muñoz, X., Hinojosa, F., & Mendoza, M. (2017). La yuca en el Ecuador: su origen y diversidad genética. *Instituto Nacional de Actividades Agropecuarias*, pp. 1-18.
- OMS. (2019). Curvas OMS. *Programa de salud infantil*. Recuperado de https://www.aepap.org/sites/default/files/curvas_oms.pdf
- Ortega, E. (1998). *Sistemas Alimentarios de Raíces Y Tubérculos*. Macaray: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=Z48gAQAAIAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb&hl=es#v=onepage&q&f=false
- Ospina, M. A. (2018). *Evaluación de propiedades nutricionales y de calidad comercial en siete centros de diversidad de yuca con genotipificación para*

- contenido de cianuro* (Universidad Nacional de Colombia). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63355>
- Parada, R. (2021). Tubérculos: definición, características, tipos, ejemplos. Recuperado 8 de octubre de 2021, de Lifeder website: <https://www.lifeder.com/tuberculos/>
- Pástor, S. (2020). Perspectivas petroleras y su impacto en el Ecuador y en los GAD. *Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador*, 1-20.
- Perez, A., Volpedo, A., & Fernandez, A. (2015). El Arsénico : del agua a los alimentos. *Ciencia e Investigacion*, 65(2), 37-44.
- Pérez, H., & Rodríguez, I. (2018). *Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz)* (Primera; UTMACH, Ed.). Machala: 2018. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12538>
- Quero, P., Zorrila, M., Fernández, S., & Rodríguez, M. (2017). *DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN SUELOS ALEDAÑOS A LA EMPRESAELECTROQUÍMICA DE SAGUA* (Vol. 44). Cuba. Recuperado de <http://centroazucar.uclv.edu.cu>
- Quiroga, P., & Olmos, V. (2009). Revisión de la toxicocinética y la toxicodinamia del ácido cianhídrico y los cianuros. *Acta toxicol. argent*, 17(1), 20-32.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). Resolutions Adopted at the General Session of the VIII All India Pediatric Conference at Vellore on the 21st December, 1956. *Revista de investigación y desarrollo*, 24(1), 14. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Rivadeneira, E., Rodríguez, J., & Mtez, M. (2017). Toxicidad de la yuca(Manihot esculenta Crantz). *Académica Española*. Recuperado de https://www.uv.mx/qfb/files/2020/10/2017-L-Toxicidad-de-la-yuca_Eduardo-Rivadeneira-Dominguez.pdf
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 1-15. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=368454498012>

- Rojas, M. (2012). *Estudio de las características fisicoquímicas de la yuca (Manihot esculenta Crantz) y sus efectos en la calidad de hojuelas fritas para su procesamiento en la empresa Pronal S.A.* . Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Romero, B. (2020). *CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN ALIMENTOS EN ECUADOR: META-ANÁLISIS* (UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL). UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48744>
- Rubio, C. et al. (2004). Revista de toxicología organo oficial de la Asociacion Española de Toxicologia. *Revista de Toxicología*, 21(2-3). Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/919/91921303/>
- Salas, C., Garduño, M., Mendiola, P., Vences, J., Zetina, V., Martínez, O., & Ramos, M. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 20. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/813/81359562002/html/>
- Sanchez, G. (2016). Ecotoxicología del cadmio: riesgo para la salud de la utilizacion de suelos ricos en cadmio. *Facultad De Farmacia Universidad Complutense Trabajo*, 5(6), 23. Recuperado de [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA SANCHEZ BARRON.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA_SANCHEZ_BARRON.pdf)
- Valle, P., & Lucas, B. (2000). Toxicología de alimentos. *Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Nacional de Salud Ambiental*, 267. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/toxicolo/toxico/toxico.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Evidencia de resultados de laboratorio de la muestra de suelo



AqLab
Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental



SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LEN 14-009
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO N° 16 198 a

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Coca, 5 de octubre de 2021

Empresa:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.			
Solicitado por:	Srta. Veronica Vera		Dirección:	Orellana.
Tema de muestra:	Cliente	Fecha y Hora:	22/9/2021	14:15
Identificación de la muestra:	Muestra de Suelo, Comunidad Yawepare.			

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	22/9/2021	17:16	
Fecha Final de Analisis:	5/10/2021		

Condiciones Ambientales	T max:	32 °C
	T min:	22 °C

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
***Arsénico	EPA 3050B, SM 3030 B, 3111 B/ 06/34	mg/Kg	< 0,500	~
Cadmio	EPA 3050B, SM 3030 B, 3111 B/ 04/33	mg/Kg	< 1,17	± 28%
Ploomo	EPA 3050B, SM 3030 B, 3111 B/ 04/33	mg/Kg	< 25,00	± 14%

*** Resultado proporcionado por Laboratorio LABSU, parámetro no acreditado

REFERENCIA Y OBSERVACIONES:

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
 Los límites permisibles de las Normativas (N) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio



AqLab
Orellana - Ecuador



Ing. Andrés Meléndez
DIRECTOR TÉCNICO
AUTORIZADO

16 198 a

Anexo 2. Evidencia de resultados de laboratorio de la muestra de agua



AqLab
Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental



SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LEN 14-009
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO N° 16 199 a

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Coca, 5 de octubre de 2021

Empresa: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.		Dirección: Orellana.	
Solicitado por: Srta. Veronica Vera		Fecha y Hora: 22/9/2021 15:00	
Toma de muestra: Cliente	Identificación de la muestra: Muestra de Agua, Comunidad Yawepare.		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	22/9/2021	17:16	Condiciones Ambientales	T max: 32 °C	T min: 22 °C
Fecha Final de Analisis:	5/10/2021				

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Analisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
©Arsénico	EPA 3050B, SM 3114C / 34	mg/L	< 0,010	± 22 %
Cadmio	SM 3030 B, 3111 B / 33	mg/L	< 0,05	± 19 %
Plomo	SM 3030 B, 3111 B / 33	mg/L	< 0,20	± 17 %

© Resultado proporcionado por Laboratorio LABSU, con acreditación N° SAE LEN 07-003.

REFERENCIA Y OBSERVACIONES:

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por El cliente.
 Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del S
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio





Ing. Armando Melendrez
DIRECTOR TÉCNICO
AUTORIZADO

Anexo 3. Evidencia de resultados de laboratorio de la muestra de agua



Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental



SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LEN 14-009
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO N° 16 200 a

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Coca, 5 de octubre de 2021

Empresa:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.		
Solicitado por:	Sra. Veronica Vera	Dirección:	Orellana.
Toma de muestra:	Cliente	Fecha y Hora:	22/9/2021 14:40
Identificación de la muestra:	Muestra de Yuca (Manihot Esculenta Crantz) , Comunidad Yawepare.		

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	22/9/2021	17:16			
Fecha Final de Analisis:	5/10/2021			Condiciones Ambientales	T max: 32 °C T min: 22 °C

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Analisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
***Arsénico	EPA 3050B, SM 3030 B, 3111 B/ 06/34	mg/Kg	< 0,500	-
Cadmio	EPA 3050B, SM 3030 B, 3111 B/ 04/33	mg/Kg	< 1,17	± 28%
Plomo	EPA 3050B, SM 3030 B, 3111 B/ 04/33	mg/Kg	< 25,0	± 14%

*** Resultado proporcionado por Laboratorio LABSU, parámetro no acreditado.

REFERENCIA Y OBSERVACIONES:

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por El cliente.
 Los límites permisibles de las Normativas (N) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del laboratorio.
 El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.
 Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.





Ing. Armando Meléndez
DIRECTOR TÉCNICO
AUTORIZADO

Anexo 4. *Sembríos de yuca en la comunidad Yawapare*



Anexo 5. *Comunidad de la población encuestada*



Anexo 6. *Toma de peso de niña de la comunidad Nueva Frontera*



Anexo 7. Población de la comunidad Nueva Frontera



Anexo 8. Toma de medida de diámetro de cabeza en niño de 10 años



Anexo 9. Pobladora con problemas de piel



Anexo 10. Instrumento de validación de encuesta

Pregunta	Validación ¿Se entiende la pregunta, presenta relevancia y la redacción es correcta?			Observación	Responsable
	0	1	2		
1. ¿Sabe usted qué es un metal pesado?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
		X		¿Qué pasa si el encuestado desconoce sobre el tema?	Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar
			X		Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
			X		Ronald Orellana Chef
	X			Se debería dar el concepto	Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
		X		S desconoce sobre el tema no se puede continuar con la encuesta.	Ingeniero civil Carlos Jaramillo
2. ¿Sabe usted cuáles son las fuentes donde se pueden encontrar metales pesados?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano

			X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán	
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López	
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar	
			X		Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo	
			X		Ronald Orellana Chef	
	X			Aquí se debería mencionar qué son metales pesados.	Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa	
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo	
3. ¿Cree usted que los metales pesados puedan afectar la salud?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña	
			X		Arquitecto Edmo Muñoz	
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano	
			X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán	
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López	
		X			Ingeniero Químico Richard Salazar	
	X				Es redundante la pregunta, ya que se conoce que los metales pesados pueden afectar la salud.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
		X			Debe ir pueden, no puedan.	Ronald Orellana Chef
				X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
				X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo

4. ¿Cree usted que es posible encontrar metales pesados en el suelo y agua de su localidad?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
	X			¿Hace referencia únicamente a Dayuma o a otros lugares del país?	Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar
		X		Es clara la pregunta, pero no tiene relevancia.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
			X		Ronald Orellana Chef
			X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo
5. ¿Cree usted que es posible encontrar metales pesados en los alimentos?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
		X		No estoy seguro si deba ir la pregunta.	Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
			X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar
	X			La pregunta 4 ya abarca este tema.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo

		X		Ronald Orellana Chef
	X		Es clara la pregunta, quizás no tiene relevancia.	Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
		X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo
6. ¿Cree usted que el agua de la parroquia Dayuma destinada para el consumo es segura?		X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
		X		Arquitecto Edmo Muñoz
		X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
		X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
		X		Ingeniero en Alimentos Erick López
		X		Ingeniero Químico Richard Salazar
		X		Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
	X		A mi criterio esta pregunta es redundante.	Ronald Orellana Chef
		X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
		X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo
7. ¿Cree usted que la yuca cultivada en su localidad es segura para el consumo?		X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
		X		Arquitecto Edmo Muñoz
		X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
		X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
		X		Ingeniero en Alimentos Erick López

			X		Ingeniero Químico Richard Salazar
	X			No creo que deba ir esta pregunta, ya abarca en otros ítems esta idea.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
	X			¿Se refiere exclusivamente a Dayuma?	Ronald Orellana Chef
			X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo
8. ¿Cree usted que la presencia de pozos petroleros en su localidad pueda contaminar el agua, suelo y alimentos de su localidad?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
	X			No presenta relevancia.	Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar
	X			Se comprende la pregunta, pero quizás no debería ir.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
	X			Toda la población sabe que las petroleras contaminan.	Ronald Orellana Chef
			X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo
9. ¿Cree usted que la actividad petrolera es un riesgo para la salud de los habitantes de la parroquia Dayuma?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz

			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano	
			X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán	
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López	
	X			Se debería aclarar la diferencia entre actividad petrolera y la presencia de pozos petroleros, pero la pregunta es clara.	Ingeniero Químico Richard Salazar	
	X			La pregunta 8 ya abarca este tema.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo	
			X		Ronald Orellana Chef	
			X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa	
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo	
10. La yuca es un tubérculo que se cultiva ampliamente en la región Amazónica, ¿cree usted que es posible encontrar metales pesados en la yuca cultivada en la parroquia Dayuma?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña	
			X		Arquitecto Edmo Muñoz	
					Bioquímica Clínica Pamela Solano	
		X			Podría incluirse una breve explicación sobre el tema.	Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
				X		Ingeniero en Alimentos Erick López
				X		Ingeniero Químico Richard Salazar
		X			Es clara y correcta la pregunta, pero quizás no debería ir.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
				X		Ronald Orellana Chef

			X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo
11. ¿Cree usted que la yuca pueda absorber los metales pesados presentes en el agua y suelo?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
			X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar
			X		Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
			X		Ronald Orellana Chef
			X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo
12. ¿En su familia consumen yuca?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
			X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar

		X		Se debería dar una breve explicación sobre lo mencionado con anterioridad-	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
			X		Ronald Orellana Chef
			X		Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
	X			Se debería estructurar mejor la pregunta.	Ingeniero civil Carlos Jaramillo
13. ¿Sabe usted de dónde proviene la yuca que usted consume?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
		X		¿Hace referencia al suelo o a la ciudad?	Ingeniera Ambiental Valeria Santillán
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar
		X		Mejore redacción.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
		X		No es clara.	Ronald Orellana Chef
		X		No se entiende a qué hace referencia.	Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo
14. ¿Con qué frecuencia usted consume yuca?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña
			X		Arquitecto Edmo Muñoz
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano
			X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán

			X		Ingeniero en Alimentos Erick López	
			X		Ingeniero Químico Richard Salazar	
	X			Se debería incluir a la familia.	Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo	
	X			Se debería unificar la pregunta 12 y 14.	Ronald Orellana Chef	
	X			Ampliar los rangos.	Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa	
			X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo	
15. ¿Quisiera saber más sobre los metales pesados y la relación con los cultivos de Yuca de la parroquia Dayuma?			X		Ingeniero en Alimentos Armando Ocaña	
			X		Arquitecto Edmo Muñoz	
			X		Bioquímica Clínica Pamela Solano	
			X		Ingeniera Ambiental Valeria Santillán	
			X		Ingeniero en Alimentos Erick López	
		X			Debería dar una breve finalización para interesar al encuestado.	Ingeniero Químico Richard Salazar
				X		Ingeniero Ambiental Luis Hidalgo
				X		Ronald Orellana Chef
		X			Se debería abarcar a otros alimentos.	Ingeniera en Alimentos Lourdes Casa
				X		Ingeniero civil Carlos Jaramillo