



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA

Cuantificación de minerales de la harina de chonta (*Bactris gasipaes*): un potencial alimento terapéutico listo para el consumo

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA

AUTOR: Damaris Katiuska Vinueza Jácome

TUTOR: PhD. María Cristina Peñuela

COTUTOR: PhD. María Gabriela Zurita

Napo-Ecuador

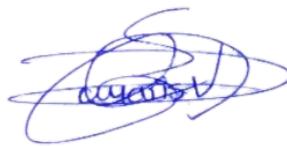
2023

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Damaris Katuska Vinuesa Jácome con documento de identidad 1718656802, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniería en Biotecnología, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente documento son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Tena, 18 de septiembre de 2023



Damaris Katuska Vinuesa Jácome

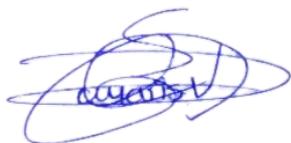
CI: 1718656802

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Damaris Katuska Vinueza Jácome, con documento de identidad N° 1718656802, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: “Cuantificación de minerales de la harina de chonta (*Bactris gasipaes*): un potencial alimento terapéutico listo para el consumo” de conformidad con el Art. 144 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Tena, 18 de septiembre de 2023



Damaris Katuska Vinueza Jácome

C.I: 1718656802

CERTIFICADO DE DIRECCION DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico que el trabajo de titulación: “Cuantificación de la harina de chonta (*Bactris gasipaes*): un potencial alimento terapéutico listo para el consumo” en la modalidad de tesis, fue realizado por Damaris Katuska Vinueza Jacome, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiám, para su entrega y defensa.

Tena, 18 de septiembre de 2023



María Cristina Peñuela Mora

C.I: 1756861496



María Gabriela Zurita Benavides

C.I: 1712165008

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por cuidarme y darme una familia maravillosa, especialmente a mis padres, quienes son mi principal apoyo y mis pilares en cada etapa.

A la Universidad Regional Amazónica Ikiám que a través de las enseñanzas de sus docentes me formaron como biotecnóloga y un agradecimiento especial a mis tutoras María Cristina Peñuela y María Gabriela Zurita que con sus conocimientos, recomendaciones e ideas, me han guiado en mi proyecto de tesis.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mis padres: Germán y Marbella, quienes me dan su amor incondicional guiándome en cada paso y siempre motivándome para no rendirme.

A mis hermanas: Wendy y Pamela por su cariño y apoyo en todo momento.

A mi ángel que me cuida en todo momento.

TABLA DE CONTENIDO

CARÁTULA	
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	iii
CERTIFICADO DE DIRECCION DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR .	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	12
1.3 Justificación de la investigación.....	13
1.4 Objetivos de la investigación	14
1.4.1 General	14
1.4.2 Específicos	14
CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO	15
2.1 Recolección y procesamiento de las muestras y elaboración de harinas...15	
2.2 Análisis de micronutrientes	17
2.2.1 Determinación de sodio, potasio, hierro, calcio, fósforo y zinc por Fluorescencia de Rayos X (FRX).....	17
2.3 Análisis estadístico	19
2.3.1 Análisis de componentes principales (ACP)	19
CAPÍTULO 3: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS.....	21
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición nutricional de las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 de uso hospitalario.	4
Tabla 2.	Caracterización bromatológica del fruto de <i>Bactris gasipaes</i> de diferentes localidades.....	10
Tabla 3.	Valores medios obtenidos para la concentración de cada mineral en las harinas de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu	22
Tabla 4.	Comparación de la concentración de minerales de la harina de chonta de la comunidad de Ayllu Llacta en diferentes métodos.....	23
Tabla 5.	Comparación entre las concentraciones de las harinas de chonta de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu con las fórmulas terapéuticas.....	24
Tabla 6.	Comparación de la concentración de minerales de harina de chonta de acuerdo a la literatura vs FRX de este estudio.....	25
Tabla 7.	Alimentos con mayor frecuencia de consumo en las comunidades kichwa	27
Tabla 8.	Concentración de minerales de las harinas de chonta vs la ingesta dietética promedio recomendado para infantes de hasta 5 años	28
Tabla 9.	Sugerencia de consumo de harina de chonta usando la variedad amarilla de la comunidad de Ayllu Llacta.....	34
Tabla 10.	Sugerencia de consumo de harina de chonta usando la variedad roja de la comunidad de Ayllu Llacta	34
Tabla 11.	Sugerencia de consumo de harina de chonta usando la variedad amarilla de la comunidad de Pumayacu.	35
Tabla 12.	Sugerencia de consumo con harina de chonta usando la variedad roja de la comunidad de Pumayacu.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de las comunidades Kichwa de Ayllu Llacta y Pumayacu.....	15
Figura 2.	Actividades realizadas para la obtención de harina de chonta y análisis de minerales.....	16
Figura 3.	Análisis comparativo entre los minerales de las variedades amarilla y roja de las comunidades de AylluLlacta y Pumayacu.....	21
Figura 4.	Análisis de componentes principales (PCA) de los minerales de las harinas de chonta de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu.	22

RESUMEN

La desnutrición es un problema a nivel mundial, producida generalmente por una insuficiente ingesta de nutrientes. Ecuador es el segundo país latinoamericano con mayor índice de desnutrición ~27 %. El Ministerio de Salud Pública recomienda el tratamiento en el hogar con alimentos terapéuticos listos para consumo, pero no todas las familias tienen acceso. En este contexto, es importante buscar alternativas alimenticias que puedan suplir los requerimientos nutricionales básicos. Los frutos de chonta (*Bactris gasipaes*) son ricos en vitaminas y minerales, que transformado en harina permite prolongar la vida útil de este nutritivo alimento. En este estudio, por medio de la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX) se cuantificaron los minerales de la harina de chonta de las variedades roja y amarilla, cosechadas en dos comunidades kichwa de Napo. Se evidenció que las harinas de estas comunidades tienen todos los minerales de las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100. Se obtuvo la mayor concentración de K, P y Fe de las harinas de la comunidad de Ayllu Llacta, mientras que en la comunidad de Pumayacu la mayor concentración se obtuvo para Ca y Zn. Se compararon las concentraciones de estos minerales con la composición mineral de las fórmulas terapéuticas, dando como resultado que la harina de chonta tiene mayor concentración para K, Fe y menor concentración en P, Ca y Zn. Adicionalmente, cumple con las concentraciones de la ingesta dietética promedio para niños de hasta cinco años. Por consiguiente, se sugiere incluirlas en la dieta de recuperación de pacientes con desnutrición.

Palabras clave: desnutrición, fórmulas terapéuticas ,minerales, ingesta dietética promedio, alimentos.

ABSTRACT

Malnutrition is a worldwide problem, usually caused by insufficient nutrient intake. Ecuador is the second Latin American country with the second highest malnutrition rate ~27%. The Ministry of Public Health recommends home treatment with ready-to-eat therapeutic foods, but not all families have access. In this context, it is important to look for food alternatives that can supply the basic nutritional requirements. Chonta fruits (*Bactris gasipaes*) are rich in vitamins and minerals, which, when processed into flour, can prolong the shelf life of this nutritious food. In this study, using the X-ray fluorescence technique (XRF), the minerals in chonta flour of the red and yellow varieties, harvested in two Kichwa communities in Napo, were quantified. It was found that the flours from these communities have all the minerals of the therapeutic formulas F-75 and F-100. The highest concentration of K, P and Fe was obtained from the flours of the Ayllu Llacta community, while in the Pumayacu community the highest concentration was obtained for Ca and Zn. The concentrations of these minerals were compared with the mineral composition of the therapeutic formulas, with the result that the chonta flour has a higher concentration of K, Fe and a lower concentration of P, Ca and Zn. In addition, it meets the concentrations of the average dietary intake for children up to five years of age. Therefore, it is suggested to include them in the recovery diet of malnourished patients.

Keywords: malnutrition, therapeutic formulas, minerals, average dietary intake, food.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

Según la Organización Mundial de la Salud -OMS- (2021), la malnutrición provoca desequilibrios de la ingesta calórica y de nutrientes de una persona, causando enfermedades relacionadas con la alimentación como cardiopatías, diabetes, diarrea, enfermedades respiratorias, obesidad y parásitos intestinales [1,2]. La malnutrición también puede inducir a la desnutrición producida por la ingesta de alimentos carentes e insuficientes de nutrientes, debilitando el sistema inmunitario, o bien genera desórdenes metabólicos por el exceso de ingesta de algunos de ellos [1]. La desnutrición limita el desarrollo de las necesidades básicas para el crecimiento provocando que el peso y talla de niños y posteriormente adultos, esté por debajo de los rangos establecidos [1–3], porque se limita la absorción de los nutrientes y micronutrientes consumidos [1,3,4].

Existen tres tipos de desnutrición: crónica, aguda-moderada y aguda grave. La desnutrición crónica es un retardo de la talla para la edad, asociada directamente con una alimentación escasa en nutrientes por un tiempo prolongado, repercute en el desarrollo neurológico y físico; es actualmente uno de los mayores problemas a nivel mundial. La desnutrición aguda-moderada es cuando el peso es menor en relación con su altura, necesita tratamiento inmediato. La desnutrición aguda grave o severa: implica la alteración de todos los procesos vitales a causa de un peso muy bajo para su altura, comprende un alto riesgo de mortalidad, requiere atención médica urgente [5,6].

Para combatir la desnutrición crónica se emplea la estrategia de suplementación con micronutrientes [7,8], para tratar la desnutrición aguda moderada se usan dos estrategias: alimentos terapéuticos listos para consumo (ATLC) o ready to use therapeutic Food (RUTF) por sus siglas en inglés o la fórmula terapéutica F-75 y posteriormente el ATLC. En la desnutrición aguda grave o severa, se emplean las fórmulas terapéuticas F-75, F-100 y ATLC [5]. Los ATLC se usan en infantes desde los seis meses hasta los sesenta meses. Este tipo de alimentos se caracterizan por preservarse durante tiempos prolongados sin refrigeración y no requieren preparación, convirtiéndose en una solución práctica en lugares donde el acceso a servicios básicos es limitado [7,8]. Se elaboran con base en una composición estándar rica en energía

establecida por la Organización Mundial de la Salud, están formulados con leche en polvo, azúcar, mantequilla de maní, aceite vegetal, vitaminas y minerales [7,9]. La leche en polvo contiene principalmente proteínas de alta calidad, calcio, vitamina B12 y ácido pantoténico; la mantequilla de maní aporta grasas, proteínas, carbohidratos, calcio, magnesio, hierro, vitamina E, vitamina B, ácido pantoténico y ácido fólico [10,11]; el aceite vegetal aumenta el contenido de β -palmitato para favorecer la absorción de ácidos grasos y calcio [7,10]; el azúcar proporciona energía [7,11]. Además, contiene una mezcla de vitaminas (A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, C, biotina, ácido fólico, niacina, ácido pantoténico), y minerales (potasio, hierro, zinc, cobre, yodo, selenio) que ayudan a fortalecer el sistema inmunológico [10,12].

Las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 son alimentos líquidos a base de leche que contienen cantidades moderadas a altas de energía (750 kcal / 1000 ml y 988 Kcal / 1000 ml, respectivamente). Están diseñadas específicamente para la estabilización y rehabilitación nutricional de la desnutrición aguda grave o severa a nivel hospitalario [10,13–15]. Abordan las necesidades energéticas e inicialmente limita la exposición a nutrientes nocivos para niños con infecciones o niños metabólicamente inestables [15]. La fórmula terapéutica F-100 fue desarrollada en el año 1993 por la empresa de alimentos francesa Nutrisset [16] y desde mayo de 2007 son recomendados por la OMS, the United Nation Children´s Foundation -UNICEF- y el Comité permanente de nutrición de las Naciones Unidas [16,17] para combatir la desnutrición, por lo cual son empleadas alrededor del mundo [13,18].

En Ecuador, para el tratamiento de la desnutrición se siguen los lineamientos establecidos por la OMS [19] y se han escrito diversas estrategias como: el Programa de Alimentación complementaria Materno Infantil en 1993, el Programa Integrado para el Control de Deficiencias de Micronutrientes en 1995, el Programa Nacional de Alimentación y Nutrición en 2000, Aliméntate Ecuador en 2004, el de Intervención Nutricional Territorial Integral en 2009, el de Desnutrición cero en 2010, la Estrategia acción Nutrición / Infancia plena en 2013 [19], el Plan Intersectorial de Alimentación y Nutrición Ecuador en 2018 [20] y el último, el Plan Estratégico Intersectorial para la Prevención y Reducción de la Desnutrición Crónica Infantil del 2021, avalado por la actual Secretaría Técnica Ecuador Crece sin Desnutrición Infantil [19]. Estas estrategias han disminuido la prevalencia de la desnutrición crónica del 31,7% al 23,9% desde el año de 1999 hasta el 2014 [19]. Sin embargo, existe un desconocimiento del valor real de la prevención de la desnutrición crónica infantil por parte de los actores políticos y

sociales, al no abordar las necesidades de la Reducción de la Desnutrición Crónica Infantil (DCI) y actuar de manera desarticulada a un problema multidimensional que debe abordarse de manera intersectorial y multinivel, reduciendo de esta manera el costo-efectividad que tendrían los programas para combatir la desnutrición que también se ven afectados por los cambios de gestión gubernamental al no dar continuidad a la estrategia establecida [20]. Para el manejo de la desnutrición infantil el Organismo Andino de Salud -ORAS- hace énfasis en realizar capacitaciones al personal de salud, especialmente para el cuidado de niños con desnutrición aguda y a la vez fomentar acciones para asegurar la disponibilidad de ATLC [21]. Tanto el ORAS como el Ministerio de Salud Pública recomiendan el uso de los ATLC como parte del tratamiento para combatir la desnutrición aguda [21–23]. Por otra parte, la malnutrición ocasiona pérdidas en el desarrollo económico y social del 4,3% del producto interno bruto (PIB) en términos de educación, cuidado, salud y pérdida de productividad a largo plazo [24].

Las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100, son exclusivas para uso hospitalario [10,13]. Su composición nutricional se basa en macronutrientes: proteína, carbohidratos, lactosa y micronutrientes: sodio , potasio, hierro, calcio, fósforo, zinc. (Tabla 1). Los ingredientes son: leche descremada en polvo, grasa vegetal, azúcar, maltodextrina, suero de leche, complejo vitamínico y minerales. La fórmula F-75 se emplea al inicio del tratamiento por ser baja en grasas, proteínas y sodio, pero alta en carbohidratos. Posteriormente, en la fase de seguimiento para la ganancia rápida de peso se emplea la fórmula F-100 [10].

Tabla 1. Composición nutricional de las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 de uso hospitalario.

Nutriente	F-75		F-100	
	100 g	1000 ml	100 g	1000 ml
Energía (Kcal)	420	750	520	988
Proteína (g)	5	9	15,3	29
Carbohidratos (g)	74,07	133,5	45,8	87
Grasas (g)	11,2	20	30,6	88
Lactosa (g)		18		42
Sodio (mg)	<84		<290	<550
Potasio (mg)	878	1570	1100	2123
Hierro (mg)		<0,1	<0,2	0,64
Calcio (mg)	179	320	300	579
Fósforo (mg)	134	240	300	579
Zinc (mg)		20,5	11	21,2
Osmolaridad (mOsm/l)		280		320
Vitamina A (mg)		1,4 – 3		1,5 – 3
Vitamina B1 (µg)		> 850		950
Vitamina B2 (mg)		> 3		3
Vitamina B6 (mg)		> 1		1
Vitamina B12 (µg)		> 3		3
Vitamina C (mg)		> 85		95
Vitamina D (µg)		26 - 49		29 - 57
Vitamina E (mg)		34 - 49		38 - 57
Vitamina K (µg)		26 - 82		28 - 95
Ácido fólico (µg)		> 340		380
Ácido pantotéico		> 5,1		> 5,7
Biotina (µg)		> 100		110
Niacina (mg)		> 8,5		> 9,5

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: Los valores de macronutrientes y minerales fueron tomados de: Ruano et al., 2019 [10] y los de vitaminas de Nutriset, 2018 [16].

Estos minerales desempeñan un papel fundamental para mantener el equilibrio en las diversas funciones del cuerpo humano y fortalecer el sistema inmunológico [9,10,12]. El hierro, componente esencial de los glóbulos rojos, ayuda a transportar oxígeno a los tejidos, las células del sistema inmunológico y del cuerpo [25]. Está asociado con el desarrollo físico y mental de niños y adultos porque actúa como cofactor en la producción de neurotransmisores que regulan el estado de ánimo y la coordinación del movimiento [26]. La deficiencia de hierro produce una menor capacidad de fagocitosis, ocasionando una baja estimulación de los linfocitos, produciendo un fallo en el mecanismo de defensa del individuo y aumentando episodios infecciosos [27]. Por lo

cual es importante mantener los niveles óptimos de hierro para generar una mayor resistencia a las enfermedades. La deficiencia de hierro es uno de los principales problemas nutricionales en el mundo y es la principal causa de la anemia [25]. Las fuentes de hierro en los alimentos son: las carnes rojas, mariscos, aves, cereales, legumbres, frutas y verduras [28].

El calcio es el mineral más abundante del cuerpo, constituye alrededor del 2 % del peso corporal, lo que equivale aproximadamente a 1,2 kg de un individuo adulto [29]. Es el principal componente de huesos y dientes. Además, el calcio plasmático es importante en la regulación de reacciones enzimáticas mediante la función reguladora activa que ejerce la concentración intracelular del Ca^{2+} , en respuesta a un estímulo, esto modifica el comportamiento y la respuesta funcional de la célula durante la división, contracción muscular, metabolismo celular [29]. Este importante mineral se encuentra principalmente en leche y sus derivados, en verduras de hojas verdes y cereales [29,30]. Una adecuada ingesta de este mineral ayuda a mantener la apropiada densidad de los huesos, además de reducir el riesgo de enfermedades crónicas como la osteoporosis y mantener el equilibrio enzimático en el cuerpo [29,30].

El fósforo es un mineral esencial relacionado con el calcio, debido a que una mayor ingesta de fósforo disminuye la absorción de calcio y repercute de manera negativa en el desarrollo óseo [31–33]. Por lo cual es un mineral importante en la formación de huesos, dientes, ADN y ARN [34,35]. Es un mineral esencial en las funciones metabólicas y estructurales, ya que forma la molécula energética de adenosín trifosfato (ATP), participa en la estructura de la membrana celular como fosfolípido en la codificación de información como ADN y ARN [35,36]. Por lo tanto, su deficiencia altera la división celular, así como todas las reacciones químicas que requieren de energía [36]. Adicionalmente, puede ocasionar anemia, anorexia, debilidad muscular y raquitismo [37]. Este mineral se encuentra principalmente en los cereales, carnes magras y productos lácteos [35].

El potasio es un nutriente esencial por su rol en las funciones celulares, especialmente en mantener los fluidos intracelulares en equilibrio [38,39]. Aproximadamente el 90 % del potasio ingerido se absorbe a través del tracto gastrointestinal mediante difusión facilitada para su posterior uso en el organismo [40]. Este electrolito, ayuda a la transmisión nerviosa y a la respuesta de los músculos a los estímulos permitiendo la contracción muscular y por tanto el movimiento [38]. Interviene en la regulación de los

latidos del corazón y reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares [41]. Por otra parte, la baja ingesta de este mineral desquebraja el equilibrio intracelular, limitando la producción de electrolitos en el tracto gastrointestinal produciendo diarrea crónica [38,42]. Este mineral se obtiene de alimentos como: arroz, papas, cereales integrales, productos lácteos, cárnicos, mariscos, legumbres, frutas y verduras [38].

El zinc es un componente funcional para la actividad de una serie de enzimas, receptores hormonales, proteínas reguladoras de genes y proteínas de membrana [43]. El zinc afecta diversos procesos metabólicos al participar en la división y crecimiento celular, durante los procesos enzimáticos se une en el sitio activo de las enzimas y participa en la catálisis de la reacción química [43,44]. Una ingesta adecuada es fundamental para el crecimiento y desarrollo de los niños [43]. Este mineral está relacionado con la función inmunológica, las metalotioneínas (MTs) en presencia de zinc estabilizan las membranas celulares y aportan una actividad antioxidante [43,45]. La deficiencia de zinc producida por una dieta no equilibrada aumenta la gravedad de las enfermedades infecciosas, gastrointestinales y respiratorias que son las principales causas de la mortalidad infantil [45,46]. El zinc se encuentra disponible en cereales, carnes rojas y blancas [47].

El sodio ha estado relacionado directamente con la presión arterial, la cual está modulada por la ingesta de potasio, calcio y sacarosa. Cuando la ingesta de potasio y calcio es mayor, la presión arterial disminuye [39]. Adicionalmente, la absorción de agua por el intestino se realiza por gradientes osmóticos, principalmente cuando el sodio es absorbido por las células epiteliales de los enterocitos, permitiendo la entrada y salida de agua y electrolitos, manteniendo el balance hídrico y la presión osmótica. [40,48]. La sal de mesa aporta el 40% de sodio y se la encuentra en los alimentos procesados, cuando la ingesta de este mineral es excesiva en la alimentación puede producir complicaciones cardiovasculares produciendo la muerte [40,49,50].

El selenio es un oligoelemento importante al actuar como cofactor de la enzima glutatión peroxidasa que actúa como antioxidante y tiene su rol en la protección contra el daño oxidativo [51]. Su deficiencia se atribuye a un mayor riesgo de deterioro cognitivo y al combinarse con una infección viral induce a la enfermedad de keshan (miocardiopatía) [52,53]. Se encuentra principalmente en productos cárnicos [51].

Los minerales sodio, potasio, calcio, fósforo, hierro y zinc están presentes en una gran variedad de alimentos: cereales, productos lácteos, legumbres, cárnicos, mariscos,

tubérculos, frutas y verduras [28,47]. Estos alimentos al ser consumidos en cantidades adecuadas garantizan que se cumpla con la recomendación diaria de consumo de macronutrientes y micronutrientes, necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales que varían en función del nutriente, edad y sexo [38,39,47].

La diversidad en la alimentación permite completar todos los requerimientos nutricionales necesarios para un buen desarrollo físico y cognitivo [4,45]. Ecuador se destaca por tener una de las áreas más exuberantes en biodiversidad del mundo [54]. Sin embargo, es el segundo país en América Latina y el Caribe con mayor desnutrición, después de Guatemala, convirtiéndose en uno de los mayores problemas de salud pública. El 27% de niños menores de 2 años sufre de desnutrición crónica, problema que se ve incrementado en la niñez indígena hasta el 39% [24,55].

Entre las familias de plantas más consumidas en las zonas rurales y bosques tropicales húmedos se encuentran las palmas, cuyos frutos contienen gran cantidad de nutrientes [56,57]. Las palmas proporcionan al ser humano alimento directo para su uso y consumo, sea como frutos, semillas o el palmito. También indirectamente como sitios para cacería de aves o mamíferos, que consumen sus frutos [24]. La palma de la chonta (*Bactris gasipaes* Kunth) se subdivide en la forma silvestre *B. gasipaes* Kunth var. *chichagui* y en la variedad cultivada, *B. gasipaes* Kunth var. *gasipaes* [58]. Se distribuye geográficamente desde el noroccidente de Honduras hasta el centro de Bolivia y desde el estuario del Amazonas hasta la costa pacífica de Ecuador y Colombia [57,59]. En el territorio ecuatoriano, la distribución de *B. gasipaes* es amplia, está en las regiones húmedas de la Costa, en las estribaciones andinas y en toda la región Amazónica, bajo los 1300 m s.n.m [54].

Los kichwas de la Amazonía, durante los periodos finales de fructificación de la chonta celebran la Fiesta de la Chonta [57]. En Archidona está institucionalizada la fiesta en la que además se premia a la reina de la chonta [60]. En países vecinos como Colombia en Villa garzón (Putumayo), también se celebra el Festival Internacional de la Chonta mediante conferencias científicas, venta de múltiples productos derivados de la Chonta y premios a los racimos de chonta más grandes [61].

La palma de chonta es un elemento de la chacra, un sistema agroforestal tradicional que representa la principal fuente de alimentación de las poblaciones indígenas [62,63]. La chonta produce frutos desde los tres hasta los setenta años, y de 5 a 25 racimos anuales con un peso de 50 a 100kg de frutas [64,65]. Su fruta es una drupa

que en ocasiones presenta estrías. Su forma puede ser ovoide, elíptica, redonda, oblonga o cuneiforme. El epicarpio es naranja brillante, roja o amarilla, el mesocarpio es naranja-amarillento. El peso del endocarpio varía de 4 a 186 g [66]. El fruto después de la postcosecha bajo condiciones naturales sufre algún grado de deterioro pasados los cuatro días [67]. La chonta tiene alto contenido de fibra, carbohidratos, grasa, proteína, minerales y de aminoácidos esenciales (Tabla 2) [67,68]. Las condiciones climáticas en términos de precipitación y temperatura, así como altitudinales influyen en la disponibilidad de nutrientes del suelo [69]. Consecuentemente, los contenidos nutricionales de los frutos y sus variedades pueden diferir [70]. Los nutrientes también varían según su estado de maduración, debido a la producción de diversos procesos fisicoquímicos que inducen cambios en la composición, color y textura del fruto [71,72].

Otro aspecto que se debe considerar en el momento de la cuantificación del contenido nutricional es la precisión de los diferentes métodos analíticos aplicados (Tabla 2). Algunos de estos métodos son la espectroscopia ultravioleta visible (UV-VIS), el análisis instrumental de activación de neutrones (INAA), la espectroscopía de absorción atómica (EAA) y la fluorescencia de rayos X (FRX). La espectroscopía ultravioleta visible, es una técnica precisa y sensible para el análisis cuantitativo de una muestra, requiere preparación de la muestra y frecuentes calibraciones, además de reactivos específicos para formar un complejo coloreado [73,74]. El análisis instrumental de activación de neutrones, es una técnica muy sensible y fiable, pero actualmente es utilizada con moderación porque al irradiarse los materiales en un reactor nuclear algunos átomos se convierten en isotopos radioactivos, liberando energía de su radiación y desintegrando elementos específicos, afectando a la muestra y exponiendo a radiaciones a los operadores, por lo cual requiere técnicos especializados, mayor tiempo en los análisis e infraestructura compleja [75]. La espectroscopía de absorción atómica, permite medir incluso concentraciones de trazas de elementos con precisión en partes por billón (ppb), tiene complejidad en la preparación de las muestras, pero requiere de instalaciones muy costosas [76]. La espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRX), permite un análisis elemental rápido no invasivo en la medición de minerales, con amplia gama de elementos identificables, baja complejidad en la preparación de la muestra y bajos costos de operación e infraestructura [77,78].

La técnica de FRX ha sido utilizada para determinar varios minerales en cereales, frutas y verduras [79–81]. El zinc ha sido analizado en arroz de diferente procedencia, que explican la variabilidad de datos relacionados con diversos factores: calidad de la

semilla, cantidad de fertilizantes aplicados al cultivo o la biodisponibilidad de zinc en el suelo [79]. Los mismos autores analizaron el mineral en: tomate, lechuga, pepino, zanahoria y remolacha [79]. En la quinua analizaron el K, Ca, Mn, Fe, Cu y Zn asociando sus resultados a las variedades, a los procesos de lavado y escarificación [82]. Otros minerales analizados mediante la técnica de micro fluorescencia de rayos X son: P, K, S, Ca, Mg, Na, Mn, Fe, Zn, Cu y Se; en varios genotipos de maíz, mostraron variaciones en P, Na, Fe, Mn, Zn y Cu, asociadas a diversas formas de manejo como la fertilización, absorción de nutrientes de las plantas y el pH del suelo [81]. Sin embargo, esta técnica no ha sido empleada para el análisis de los minerales de la chonta.

Tabla 2. Caracterización bromatológica del fruto de *Bactris gasipaes* de diferentes localidades.

		Yuyama et al., 2003 [83]	Leterme et al., 2005 [70]	Rojas-Garbanzo et al., 2012 [68]
	Método de análisis	Análisis instrumental de activación de neutrones	Espectroscopía de absorción atómica	Espectroscopía de absorción atómica
Características ecológicas	Sitio	Brasil	Colombia	Costa Rica
	Altitud (m s.n.m.)	92 y 118	340 y 1230	703
	Precipitación anual (mm)	1816 y 2307	1842 y 6848	1844
	Temperatura (°C)	27	23 y 26	23
Macronutrientes	Carbohidratos (mg/kg)		590000 a 780000	670000
	Lípidos (mg/kg)	35000 a 111100	69000 a 181000	13000
	Proteínas (mg/kg)	18000 a 27 000	30000 a 93000	50000
Micronutrientes	Calcio (mg/kg)	102 a 247	900 a 1300	320
	Potasio (mg/kg)	2064 a 2893	5900 a 12400	6500
	Sodio (mg/kg)	2 a 126	200 a 400	n/d
	Magnesio (mg/kg)	169 a 176	500 a 800	420
	Zinc (mg/kg)	2,6 a 2,8	7 a 18	3,2
	Hierro (mg/kg)	4,7 a 7,4	24 a 63	13,40
	Manganeso (mg/kg)	0,83 a 1,1	3 a 9	3,2
	Fósforo (mg/kg)	n/a	600 a 1200	780
	Cobre (mg/kg)	n/a	2 a 7	3,8
	Selenio (mg/kg)	0,035 a 0,11	<0,1 a 0,2	n/a

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: Los valores correspondientes a Rojas-Garbanzo et al., 2012 y Yuyama et al., 2003, corresponden al análisis de harina de chonta. Los valores originales han sido cambiados a una sola unidad para facilitar la comprensión de la tabla 2 (Se realizó las conversiones usando las equivalencias: 1000 µg = 1 mg; 1 g = 1000 mg y 100 g = 0,1 kg).

En Bolivia, Colombia, Costa Rica y Perú la fruta chonta se consume cocida y se utiliza para elaborar bebidas o chicha, también se extrae el aceite para usarlo en la cocina y en el cuidado capilar y facial [56]. En Colombia la chonta también es procesada y envasada al vacío o enlatada, se preparan dulces, mermeladas y harina, se utiliza en danzas ceremoniales y adicionalmente como fertilizante para plantas, como medicina para tratar la infertilidad y además se la emplea como cebo para la caza de animales [56,84]. En Bolivia la fruta se usa como galactogogo y para tratar el dolor corporal, resfriados, fiebre y tuberculosis [56]. En Costa Rica, la fruta es usada como alimento para animales, consumida en forma de harina y comercializada en mermelada, conservas y chips de chontaduro [56,84,85].

En Ecuador, la fruta se usa como: alimento directo (cocinado o asado) o mediante su fermentación en la elaboración de chicha. También se extrae el aceite para su uso en la cocina y en el cuidado facial y capilar. Esta fruta también se usa en medicina para el tratamiento de dolor corporal, muscular, de oído, galactagogo y como forraje para cerdos o carnada para la pesca [56].

La harina de diversos cereales usualmente obtenidos de la molienda de cebada, maíz o trigo son utilizados por la industria alimentaria para la preparación de varios alimentos [86,87]. Actualmente, como alternativa a las harinas convencionales se están utilizando frutas deshidratadas y molidas [86–88]. Estas forman parte de los productos sin gluten que han experimentado un aumento significativo en los últimos años debido al creciente número de personas que los eligen por los beneficios para la salud [89,90]. Estos productos al ser libres de gluten no ocasionan el síndrome de malabsorción y diarrea que son los principales síntomas que padecen las personas con enfermedad celiaca (intolerancia al gluten) [90]. Adicionalmente, uno de los métodos de conservación de alimentos es la deshidratación, que elimina gran parte de su humedad, conservando una gran proporción de su valor nutricional [86,88].

Los frutos de chonta pueden ser conservados y utilizados por mayor tiempo en el formato de harina [87]. La harina de chonta es fuente significativa de nutrientes, al conservar el valor nutricional de la fruta después del proceso térmico [68], el contenido nutricional del fruto varía dependiendo la región, y estos cambios también están influenciados por factores como la altitud y la cantidad de precipitación (Tabla 2). Adicionalmente, la harina de chonta posee baja solubilidad en agua, temperatura de gelatinización similar a la del almidón tradicional y alto contenido de amilosa. Por lo cual,

es una materia prima con varios usos [91,92]. Tiene potencial para elaborar: productos alimenticios funcionales [68], productos de panificación [93], pastas fortificadas [94], bebidas alcohólicas artesanales [95].

1.2 Planteamiento del problema

En la región amazónica coexiste una elevada riqueza biocultural y altos índices de desnutrición, especialmente en la población indígena [24,96,97]. La desnutrición provoca inmunodeficiencia y está relacionada con diversos factores, principalmente con el nivel socioeconómico, la falta de acceso a servicios de salud, servicios básicos (agua potable y saneamiento) y alimentos ricos en nutrientes [4,98,99]. La desnutrición infantil en la población indígena ecuatoriana afecta a cuatro de cada diez niños [98], con efectos a corto, mediano y largo plazo (intergeneracional). En el desarrollo cognitivo perjudica el rendimiento escolar, altera el metabolismo, produce disfunción intestinal alterando la microbiota, y en edad adulta tiene mayor riesgo de desarrollar obesidad y menor productividad [98–100]. En la provincia de Napo en el año 2010, la desnutrición crónica en áreas rurales abordaba el 42,20 %. En la parroquia del Pano alrededor del 47,01% y en la parroquia San Pablo de Ushpayacu el 30,49%, estas parroquias tienen una población que pertenece mayoritariamente a la nacionalidad kichwa [96,101,102].

Entre las estrategias para combatir la desnutrición están las fórmulas terapéuticas y los ATLC. Las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 son de uso hospitalario y tienen un costo aproximado de 35 y 38 dólares respectivamente [103,104]. Posterior al uso de estas fórmulas terapéuticas o cuando el infante no tiene complicaciones debe implementarse el tratamiento nutricional con ATLC, cuyo costo aproximado es de 44 dólares de [10,105]. Estos costos del tratamiento deben ser solventados por las familias de los infantes cuando en el hospital existe desabastecimiento de medicina. Sin embargo, la accesibilidad de estos tratamientos se limita principalmente por el nivel socioeconómico de las familias de los infantes, la falta de acceso a establecimientos de salud y el agua potable, utilizada en la preparación de algunas fórmulas y de los alimentos [5]. Estas se incluyen en el grupo de los sucedáneos de la leche materna, los cuales son productos utilizados para sustituir parcial o totalmente a la leche materna [106]. Estos productos no siempre son aceptados por los infantes, debido a su sabor o porque tienen intolerancia a la lactosa, gluten, aislado de soya, maní o a algún componente de las fórmulas, por lo cual en algunos casos son alimentados con fórmulas hipoalérgicas [10,106,107].

En la Amazonía ecuatoriana la chonta es un cultivo que provee frutos con disponibilidad estacional y su periodo de fructificación difiere según la localización [108]. A menos de los 500 m s.n.m., la recolección es entre los meses de enero a marzo y desde los 500 hasta 800 m s.n.m., la recolección de los racimos con frutos maduros es hasta el mes de mayo [108,109]. En la provincia de Napo, en el cantón Archidona, los habitantes de las comunidades de Chalúa, Wamaní y Pachakutik mencionan que las últimas cosechas de chonta se obtienen hacia finales del mes de julio y en ocasiones a inicios de agosto. Sus frutos se recolectan al menos una vez al año, se consumen cocinados y se elabora la chicha, que es una bebida fermentada a partir de la masa de chonta. El uso en pocas preparaciones, limita su potencial comercial, desaprovechando muchos frutos de chonta y por ende sus nutrientes. Una alternativa a este inconveniente es la conversión de los frutos en harina [67,87,110,111]. A pesar de los contenidos nutricionales de la harina de chonta [68], esta no ha sido analizada para ser empleada como parte de un alimento terapéutico listo para consumir ATLC, para combatir la desnutrición.

La -OMS- menciona que se debe crear entornos alimentarios saludables [112], por lo que al considerar el valor nutricional de la chonta (Tabla 2) y la producción de chonta en la Amazonia [5], es importante fomentar su consumo de manera regular, para mantener una buena salud con alimentos locales [112]. Existe la necesidad de proponer fórmulas saludables de bajo costo y culturalmente apropiadas. En este sentido es importante evaluar si las harinas de chonta de las variedades amarilla y roja de las comunidades kichwas de Ayllu Llacta y Pumayacu, cumplen con los requerimientos nutricionales de los micronutrientes, particularmente de los minerales que forman parte de las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100, para ser propuesta como un posible alimento terapéutico listo para consumo.

1.3 Justificación de la investigación

En Ecuador, la región amazónica tiene el mayor índice de desnutrición con el 29,6 % [20] y en la población rural de la provincia de Napo el índice de desnutrición es cerca del 42 % [113] y no tiene acceso a las fórmulas terapéuticas de uso hospitalario ni a ATLC. Esto se ve influenciado por la insuficiencia de recursos asignados a la población vulnerable para la prevención y reducción de la DCI por parte del Estado. Adicionalmente, los Gobiernos Autónomos Descentralizados no tienen como política local la prevención y reducción de la desnutrición infantil [20]. Por lo cual, es importante enfocarse en posibles soluciones locales.

Los ATLC son ricos en micronutrientes, blandos o triturados y adicionalmente son densos en energía [5]. Se utilizan en el tratamiento ambulatorio de los niños con desnutrición aguda que no presentan complicaciones que requieran hospitalización [85]. El uso de los ATLC y/o las fórmulas terapéuticas está contraindicado en niños que presentan galactosemia o alergias alimentarias en uno o más ingredientes de estas formulaciones [109]. Por lo tanto, es importante explorar nuevas alternativas como la preparación de alimentos locales con contenido nutricional similar que permita la recuperación nutricional [110].

La chonta es una palma cultivada en prácticamente todas las chacras de la Amazonía y los kichwa la subutilizan con dos preparaciones únicamente en una época restringida del año. Los Kichwa reconocen dos variedades de chonta que distinguen por su color (puka-rojo y killu-amarillo) y sugieren diferencias en el sabor. El fruto de chonta es un alimento que contiene macro y micro nutrientes (Tabla 2) [87]. Al aplicar un proceso de pelado, seguido de procesos térmicos específicos (cocción y posterior deshidratación), molienda y tamizado se obtiene harina. Este producto es una alternativa de larga duración que mantiene altos contenidos de lípidos, proteína, carbohidratos, fibra y minerales [68,91].

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 General

Evaluar los contenidos de los minerales de la harina de chonta en Napo como potencial coadyuvante para combatir la desnutrición.

1.4.2 Específicos

Cuantificar los minerales (sodio, potasio, hierro, calcio, fósforo y zinc) de las harinas de chonta provenientes de las variedades roja y amarilla de las comunidades Kichwa de Pumayacu y Ayllu Llacta mediante fluorescencia de rayos X.

Evaluar la relación de los minerales de las harinas de chonta de las comunidades Kichwa de Pumayacu y Ayllu Llacta con respecto a los requerimientos minerales de las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100.

CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO

2.1 Recolección y procesamiento de las muestras y elaboración de harinas

Se recolectaron frutos de dos variedades de chonta roja y amarilla en las comunidades kichwa de: Ayllu Llacta y Pumayacu (Figura 1). La comunidad de Ayllu Llacta ($0^{\circ}56'0.62''S$, $77^{\circ}44'49.20''O$), se ubica en la parroquia de San Pablo en la ciudad de Archidona, tiene una altitud de 700 m s.n.m., un clima entre cálido húmedo a templado lluvioso con temperaturas entre 22 y 24 °C y con precipitaciones anuales que varían entre 4000 y 5000 mm [55,57,73]. La comunidad de Pumayacu ($77^{\circ}52'25.9''E$, $1^{\circ}0'44.8''S$) se ubica al sur-este de la ciudad del Tena en el cantón Pano a 600 m s.n.m., tiene un clima cálido húmedo con una temperatura promedio de 20,4 °C y una precipitación media anual aproximada de 3600 mm [113–115].

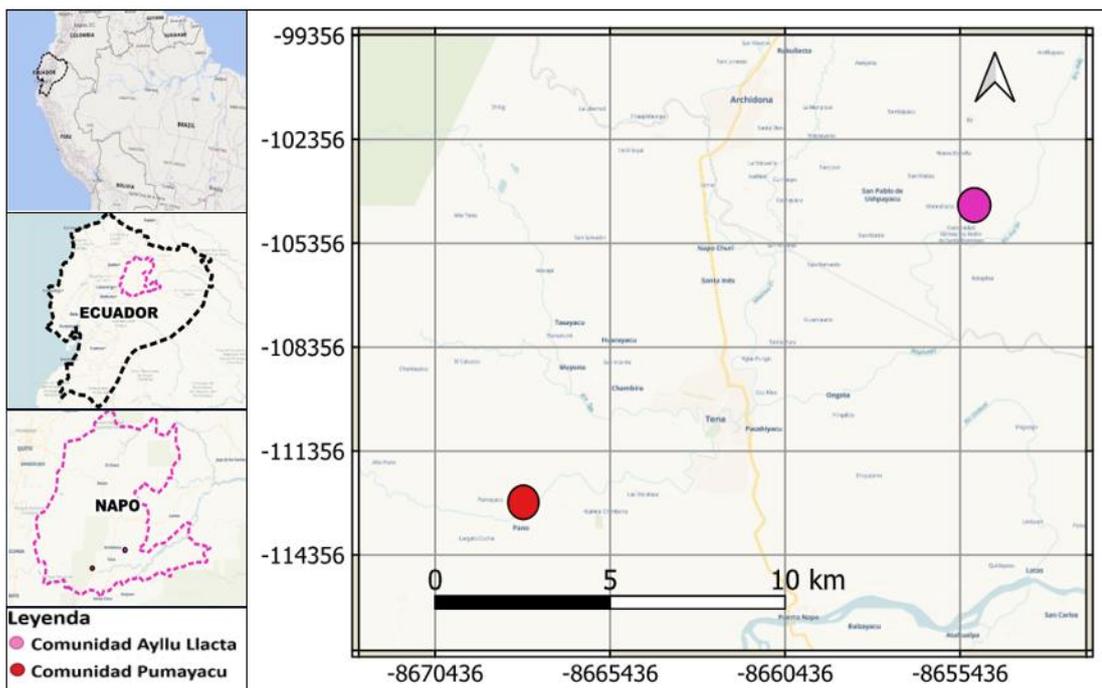


Figura 1. Localización de las comunidades Kichwa de Ayllu Llacta y Pumayacu
Realizado por: Damaris Vinueza

Se obtuvieron frutos de las dos variedades de chonta de cada comunidad, se separaron en dos grupos: frutos con daños físicos visibles (golpeados, infección fúngica, partidos, podridos) y frutos sanos sin daño evidente. Al último grupo, se removió impurezas con agua potable y se colocaron a cocción durante 1h desde que el agua empezó a ebulir. Se escurrió el agua, se dejó enfriar, se separó el mesocarpio, epicarpio y la semilla. Se

troceó el mesocarpio en 8 partes y se deshidrató a 60°C por 8 horas [77]. Finalmente se procedió a moler los trozos de fruta en un molino convencional hasta obtener una harina de tamaño uniforme y se almacenó en fundas herméticas (Figura 2).



Figura 2. Actividades realizadas para la obtención de harina de chonta y análisis de minerales.

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: a) recolección, selección y desinfección, cocción, pelado y troceado; b) deshidratación, molienda, almacenamiento y homogenización; c) tamizado; d) preparación de capsulas; e) equipo de FRX S1 TITAN.

2.2 Análisis de micronutrientes

2.2.1 Determinación de sodio, potasio, hierro, calcio, fósforo y zinc por Fluorescencia de Rayos X (FRX)

El equipo de FRX S1 TITAN, es una herramienta útil en el monitoreo de procesos durante la producción de alimentos, analiza los nutrientes minerales en la comida, permitiendo determinar elementos tóxicos peligrosos y/o identificar contaminantes extraños [78]. La FRX se basa en la exposición de Rayos X primarios a una muestra, donde los átomos de la muestra absorben la energía de los Rayos X y se excitan temporalmente emitiendo Rayos X secundarios, con una longitud de onda característica para cada elemento químico, que emite una energía específica e intensidad relacionada con la concentración del elemento a analizar [77].

FRX S1 TITAN tiene un rango elemental de detección de elementos, desde el número atómico 12 perteneciente al Magnesio ($Z=12$) hasta el Uranio ($Z=92$). en consecuencia, no puede detectar todos los minerales con número atómico menor como el sodio ($Z=11$) o mayor como el neptunio ($Z=93$). Tiene sensibilidad a algunos de los elementos traza que contienen concentraciones menores a mil ppm (partes por millón) [78]. Algunos factores físicos y químicos como: contenido de humedad, homogeneidad de la muestra, tamaño de partícula y elementos interferentes, influyen en la precisión de los datos [116]. Esta técnica realiza una evaluación de manera cualitativa y/o cuantitativa [51]. Permite el análisis de control de calidad e investigación, sobre el contenido mineral y potencial toxicológico [48].

Para homogenizar y minimizar la pérdida de las muestras se utilizó un mortero de ágata, por su resistencia a la abrasión [117]. Posteriormente, las muestras de harina homogeneizada se pasaron por el tamiz de malla 60 mesh para lograr un tamaño de partícula uniforme. Consecutivamente para cada muestra se colocó Prolene Thin-film (película delgada de polipropileno) sobre la cara superior de cada cápsula (una capsula por muestra), se selló y se llenó la cápsula con la harina tamizada hasta el borde (aproximadamente 12 g), se cerró la capsula. Se realizó la calibración del equipo de FRX, con el disco de calibración Duplex 2205 y finalmente se realizó la lectura de los minerales en cada muestra en el equipo S1 TITAN 600 de fluorescencia de rayos X, usando el método SoilNCDual [66].

Los resultados obtenidos con el equipo de FRX S1 TITAN 600 se corroboraron con los obtenidos por las técnicas de espectroscopía de absorción atómica y espectroscopía ultravioleta visible. Se cuantificaron los minerales calcio y zinc en el equipo de espectroscopía de absorción atómica TRACE AI1200, en base a la metodología propuesta por Lars, 2000. Se pesaron 10 g de harina de chonta en los crisoles y se llevó a la mufla a 100°C, incrementando la temperatura 50°C cada hora hasta llegar a 550°C, donde permaneció aproximadamente 8 horas hasta tener cenizas de color gris claro. Posteriormente, se añadieron 5ml de HCL 6M en los crisoles y se colocó en la plancha de calentamiento a 150°C hasta que se evaporó. A continuación, se añadió 10 ml de HNO3 1M, se tapó con un vidrio reloj cada crisol y se dejó reposar por 2 horas. Luego se filtró y se aforó a 100ml con agua tipo I [118].

Enseguida, se realizó las curvas de calibración tomando una alícuota de una concentración estándar y preparando una solución madre a partir de la cual se realizó una serie de diluciones con concentraciones conocidas para cada mineral. Se calibró el equipo acorde a los requerimientos de cada mineral y se dio lectura a las muestras. Se calculó la concentración final con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(a - b)df * 100}{m}$$

C= concentración (mg/kg)

a= concentración (mg/L)

b= promedio de la concentración de los blancos (mg/L)

df= factor de dilución

m= peso de la muestra (g) [118].

Para el análisis de fósforo se utilizó la técnica de espectroscopía UV-VIS, siguiendo el proceso del método 1 de la norma venezolana COVENIN 1178-83. Se calculó la concentración final aplicando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{C * V * 100}{V_o * M}$$

P= concentración (mg/100g)

C= mg de fósforo para la alícuota tomada

V= volumen total de la solución (ml)

V_o= alícuota tomada de la solución de cenizas (ml)

m= peso de la muestra (g) [119].

2.3 Análisis estadístico

Con el objetivo de conocer si existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, variedades y localidades se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba estadística no paramétrica, se emplea cuando se trabaja con dos o más muestras independientes y/o cuando las muestras no cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad [120]. Se consideró un nivel de confianza del 95% ($p \geq 0,05$), para las concentraciones de cada mineral (K, Ca, P, Fe o Zn) entre variedades (amarilla y roja) y localidades (Ayllu Llacta y Pumayacu). Para este análisis se utilizó el software R versión 4.3.0 instalado en el quipo DELL inspiron 14 serie 3000, se utilizó la función `kruskal.test` especificando la concentración y comunidad, la función guarda los resultados en un data frame y los compara utilizando la función chi cuadrado (X^2).

2.3.1 Análisis de componentes principales (ACP)

Se utilizó un ACP como método cualitativo para visualizar las tendencias de las relaciones de los minerales en las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu. El ACP es una técnica de análisis multivariante para la reducción de dimensiones, comprime el tamaño de los datos al extraer la información más relevante de las variables, simplificando el análisis de un conjunto de variables posiblemente correlacionadas [121]. Permite estudiar la relación entre variables cuantitativas, a partir de una matriz entre el número de variables y el número de datos de cada variable. Esta matriz debe estar correlacionada y estandarizada con los promedios y varianzas unitarias de cada variable, representándolas en el plano factorial con sus puntos en común reduciendo los datos [122].

Los datos obtenidos por FRX fueron procesados mediante el software R-studio, empleando paquetes de datos a partir de un data frame normalizado, para realizar un análisis y escalamiento de los componentes principales en la matriz de datos mediante la función `prcomp`, esta función implementa el análisis de componentes principales sobre la matriz de datos que contiene las concentraciones de cada mineral. Centra las concentraciones para que tengan una media de cero creando una matriz que se multiplica con el vector de cada variable de cada componente en el espacio. Adicionalmente la función `prcomp` calcula la desviación estándar y la varianza de cada componente principal, indicando la mayor parte de los datos en la varianza explicada en

el primer componente y en menor cantidad en el segundo componente. Posteriormente se utilizó la paquetería de ggplot2 para generar gráficas a partir de la data frame.

CAPÍTULO 3: PRESENTACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

El análisis de los resultados mostró diferencias en la concentración de los minerales entre las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu (Figura 3) y entre variedades de chonta para el caso de Ca, Fe, K y P (Tabla3). Estos minerales junto con el zinc y el sodio son parte de los componentes de las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100. Cabe recordar, que el sodio no fue detectado en este estudio porque se encuentra fuera del rango de detección del equipo de FRX S1 TITAN.

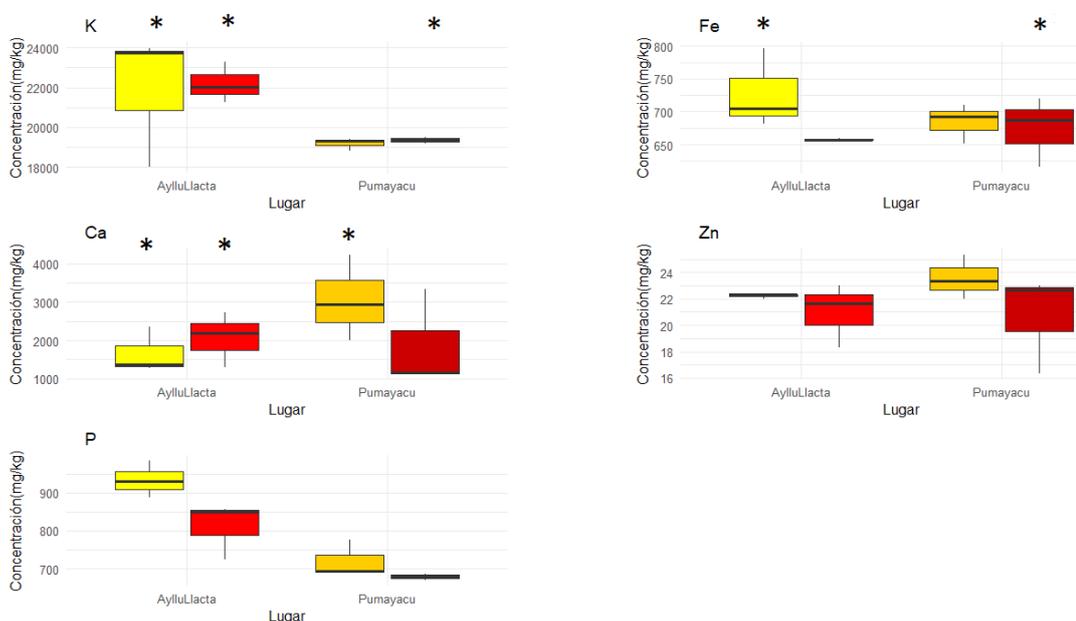


Figura 3. Análisis comparativo entre los minerales de las variedades amarilla y roja de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu.
Realizado por: Damaris Vinuesa

Nota: El asterisco sobre el diagrama de caja indica la presencia de diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras de un mismo mineral.

En las dos comunidades, no hay presencia de valores atípicos. Sin embargo, el test de Kruskal-Wallis en la comunidad de Ayllu Llacta en las variedades amarilla y roja se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las muestras de Ca, Fe, P y K y en la y en la comunidad de Pumayacu con ($p \leq 0.05$) entre las muestras de Ca, P.

Tabla 3. Valores medios obtenidos para la concentración de cada mineral en las harinas de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu.

Comunidad	Variedad	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	P (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Ayllu Llacta	roja	22193,1 ^a	2068,2 ^a	810,4 ^a	657,6 ^a	21,0 ^a
Ayllu Llacta	amarilla	21896,1 ^c	1671,2 ^c	933,7 ^c	727,7 ^c	22,2 ^a
Pumayacu	roja	19364 ^b	1875 ^b	679 ^b	674 ^b	20,6 ^b
Pumayacu	amarilla	19192,3 ^b	3054 ^d	719,6 ^c	684,6 ^b	23,6 ^b

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: Los superíndices con diferentes letras en una misma variedad indican que existe diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$).

La relación entre los minerales de las harinas de chonta de las variedades amarilla y roja de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu se pueden observar en el PCA (Figura 3). Las dos principales dimensiones explican 86,2% de los datos. Se visualiza que la harina de chonta de la comunidad de Ayllu Llacta tiene las concentraciones más altas de los minerales: K, P y Fe. En la variedad amarilla predomina el P, Fe y en la variedad roja K. En la comunidad de Pumayacu, la harina de la variedad amarilla tiene mayor concentración Ca y Zn en comparación con la comunidad de Ayllu Llacta.

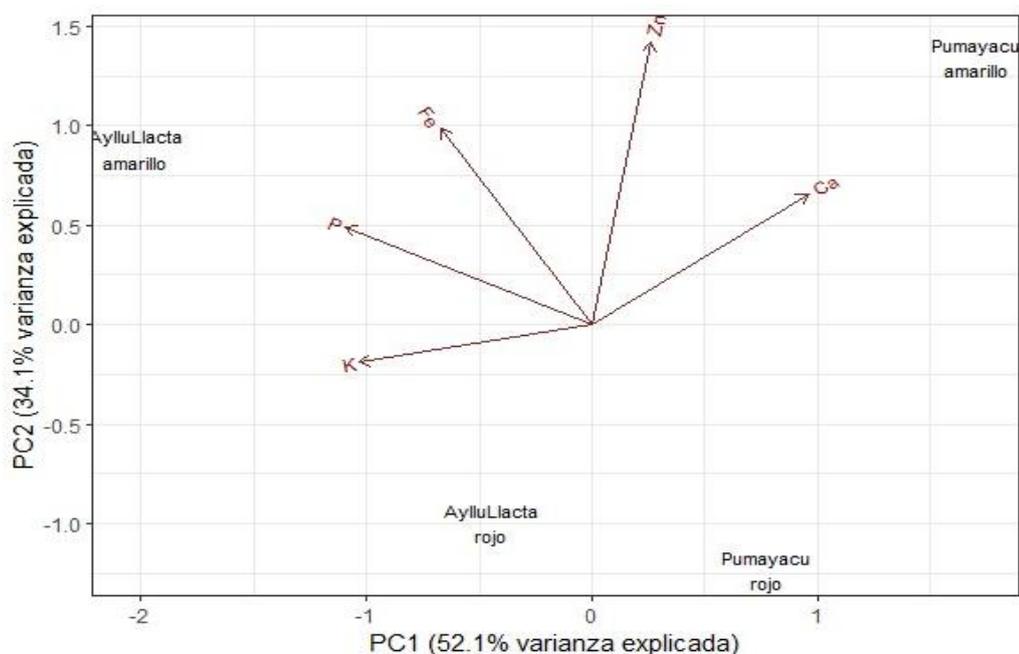


Figura 4. Análisis de componentes principales (PCA) de los minerales de las harinas de chonta de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu.

Realizado por: Damaris Vinueza

La espectroscopía de absorción atómica es una técnica comúnmente usada para el análisis de minerales en alimentos [76]. Por lo cual, se empleó esta técnica para cuantificar calcio y zinc y la técnica de UV-VIS para cuantificar fósforo (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de la concentración de minerales de la harina de chonta de la comunidad de Ayllu Lacta en diferentes métodos.

Comunidad	Ayllu Lacta			p-valor
Variedad	Amarillo	Amarillo	Amarillo	
Método de análisis	FRX	EAA	UV-VIS	
Calcio (mg/kg)	1671	1044		0,1
Fósforo (mg/kg)	930		906	0,5
Zinc (mg/kg)	22	9,64		0,05

Realizado por: Damaris Vinueza

En la tabla 4 se destaca principalmente las diferencias entre los valores cuantificados entre las técnicas de FRX y EAA. Sin embargo, el test de Kruskal-Wallis muestra que el zinc se encuentra en el límite de significancia, lo cual nos indica que el equipo de FRX S1 TITAN tiene baja sensibilidad a elementos traza en las muestras de harina de chonta. Por otra parte, el mismo test indica que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las técnicas para el análisis de calcio y fósforo. Esto sugiere que el equipo FRX S1 TITAN fue eficiente para la cuantificación de estos minerales, aunque se observó mayor eficiencia en la cuantificación de fósforo.

CAPÍTULO 4: INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

Es el primer estudio de análisis de minerales de harina de chonta utilizando la técnica de fluorescencia de rayos X. Nuestros resultados indican diferencias significativas entre las harinas de chonta provenientes de las comunidades Kichwa de Ayllu Llacta y Pumayacu. En la primera se encuentran mayores contenidos de potasio, fósforo, hierro y en la comunidad Kichwa de Pumayacu predominan los minerales calcio, zinc (Figura 3). Las variedades amarilla y roja de las dos comunidades muestran los mismos nutrientes presentes en las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 (potasio (K), calcio (Ca), fósforo (P), hierro (Fe), y zinc (Zn)) (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación entre las concentraciones de las harinas de chonta de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu con las fórmulas terapéuticas.

Mineral	Ayllu Llacta		Pumayacu		Fórmulas terapéuticas [10]	
	amarillo (mg/100g)	rojo (mg/100g)	amarillo (mg/100g)	rojo (mg/100g)	F-75 (mg/100g)	F-100 (mg/100g)
Potasio	2190	2219	1919	1936	878	1100
Calcio	167	207	305	187	179	300
Fósforo	93	81	72	68	134	300
Hierro	73	66	68	67		0,2
Zinc	2,22	2,10	2,36	2,06		11

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: Los valores de las fórmulas terapéuticas fueron tomadas de Ruano et al.,2009 y las concentraciones de las harinas de las variedades amarilla y roja fueron obtenidas mediante FRX de este estudio.

En la tabla 6 se observan diferencias entre las concentraciones obtenidas por cada técnica, esto se le atribuye principalmente a la precisión del método. Sin embargo, también es visible la variabilidad de datos dentro de una misma técnica. Indicándonos que más de un factor influye en la cuantificación de minerales.

Tabla 6. Comparación de la concentración de minerales de harina de chonta de acuerdo a la literatura vs FRX de este estudio.

	Yuyama et al., 2003 [83]	Rojas-Garbanzo et al., 2012 [68]	Vinueza, 2023
Técnica Mineral	INAA	EAA	FRX
Potasio (mg/kg)	2064 a 2893	6500	19192 a 22193
Calcio (mg/kg)	102 a 247	260	1671 a 3054
Fósforo (mg/kg)	n/a	740	679 a 934
Hierro (mg/kg)	4,7 a 7,4	15,40	658 a 728
Zinc (mg/kg)	2,6 a 2,8	3,2	20,56 a 23,56

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: Los valores de los minerales obtenidos de diversos estudios corresponden a: Yuyama et al.,2003 & Rojas Garbanzo et al ., 2012 y los obtenidos por FRX corresponden a este estudio.

La FRX es adecuada para muestras con múltiples elementos, porque permite analizar la composición elemental de una muestra, al emitir radiaciones características de cada elemento, lo cual proporciona valores cualitativos y cuantitativos que pueden ser afectados por el ruido de fondo [123]. La espectroscopia de absorción atómica es una técnica de alta sensibilidad, es específica para algunos elementos y puede variar dependiendo la concentración y la matriz de la muestra. Por ejemplo, si la muestra a analizarse contiene hierro y zinc se produce una interferencia espectral del Fe (213,859 nm) sobre el Zn (213,856 nm), causando mediciones inexactas en el contenido de Zn [76]. La técnica de espectroscopía ultravioleta visible es sensible y permite cuantificar compuestos orgánicos e inorgánicos, incluyendo la concentración de minerales como el fósforo, al absorber la radiación ultravioleta visible con una longitud de onda de hasta 800 nanómetros dentro del espectro de radiación electromagnética [73,74,86].

Además de la precisión de la técnica analítica utilizada, otro factor que influye en estos resultados está relacionado con el proceso de molienda. Donde al utilizar un molino convencional de hierro fundido, se desprenden partículas por el desgaste que ocasiona la fricción que ejerce su mecanismo, originando contaminación y transferencia de hierro al polvo obtenido de la molienda [124].

Las condiciones climáticas en términos de precipitación y temperatura, así como altitudinales influyen en la disponibilidad de nutrientes [69]. El suelo forestal es una

fuerza importante de nutrientes para la vegetación [125]. La variación en los componentes físicos y biológicos influyen en los diferentes microclimas, confiriendo diversas características a las especies vegetales [69,125]. Donde las propiedades físicas y químicas del suelo están relacionadas con la fertilidad del suelo [125]. Las chacras son un sistema agroforestal tradicional, ecológicamente amigable con la biodiversidad de la zona, que almacena una gran riqueza de minerales, nutrientes y microorganismos [62]. Este tipo de sistemas produce mayor contenido de materia orgánica y de carbono en el suelo, mejora la adaptabilidad de los cultivos, asociándose a un aumento en el contenido de minerales en los nutrientes de los cultivos [63,126,127].

Las variaciones edáficas antes mencionadas, la variedad del fruto, su estado de maduración, el tratamiento post cosecha y la técnica analítica utilizada para el análisis de los nutrientes [71,128,129], explican la diversidad de valores nutricionales de las muestras obtenidas en el presente estudio y las reportadas en la literatura (Tabla 6). En las comunidades kichwa, la dieta tradicional se compone de carne de monte, pescado, yuca, plátano y chicha de yuca [130]. Sin embargo, atraviesan una transición alimentaria sobrevalorando frutas y legumbres de origen no amazónico y alimentos procesados [106]. Generalmente, el 50% de los ingredientes utilizados en la alimentación proviene de la chacra y principalmente están conformados por vegetales con alto contenido de carbohidratos como la yuca y el plátano y el consumo esporádico de especies estacionales: cacao blanco, el paso y la chonta; 10% corresponde a peces, aves, huevos de corral, frutos y animales del bosque y el 40 % a productos obtenidos de la tienda y mercado principalmente: sardina, arroz, atún, lenteja, azúcar, sal y aceite (Tabla 7) [130].

Tabla 7. Alimentos con mayor frecuencia de consumo en las comunidades Kichwa

Alimento	Concentración (mg)	Mineral
Lenteja (1/2 taza)	731	Potasio
Plátano (100 g)	420	
Pollo (3 onzas)	332	
Res (3 onzas)	315	
Arroz enriquecido (1/2 taza)	54	
Cacao blanco (100g)	4028	
Papa (1 unidad mediana)	610	
Tomate (mediano)	292	
Huevo (1 unidad grande)	69	
Sardina (3 onzas)	325	Calcio
Tomate (100g)	7	
Tilapia (100g)	41	
Cachama (100g)	15,6	
Cebolla (100g)	25	
Cacao blanco (100g)	57,62	
Plátano (100 g)	5	
Yuca (100g)	66	
Lenteja (1/2 taza)	3	Hierro
Carne de res (3 onzas)	2	
Arroz enriquecido (1/2 taza)	1	
Cacao blanco (100g)	4,5	
Yuca (100g)	3,6	
Pollo (3 onzas)	1	
Cachama (100g)	1,4	
Tilapia (100g)	1,76	
Papa (1 unidad mediana)	2	
Tomate (100g)	0,5	
Plátano (100 g)	0,28	
Atún (3 onzas)	1	
Pollo (3 onzas)	182	Fósforo
Lenteja (1/2 taza)	178	
Tomate (100g)	22	
Cachama (100g)	186	
Tilapia (100g)	322	
Papa (1 unidad mediana)	123	
Plátano (100 g)	22,7	
Huevo (1 unidad grande)	86	
Lenteja (1/2 taza)	1,3	Zinc
Sardina (3 onzas)	1,1	
Huevo (1 unidad grande)	0,6	
Cacao blanco (100g)	7,6	
Plátano (100 g)	0,2	
Arroz Blanco (1/2 taza)	0,3	

Elaborado por: Damaris Vinuesa

Nota: La lista de alimentos se obtuvo de Zurita et al., 2022, 11-13 [130] y la concentración del aporte mineral se obtuvo de: Miller, 2013 [30]; McClure, 2017, 4 [35]; Aggett, 2021, 475 [40]; FAO, 2002 [131]; Institute of Medicine, 2005, 244 [132]; Sifuentes, 2017, 54 [133]; Izquierdo, 2000 [134].

Los alimentos descritos en la tabla 7 son los más comunes y utilizados para el consumo en las comunidades kichwa [130]. Pero no hay información sobre la ingesta de cada alimento para determinar si cumplen o no con los requerimientos nutricionales de consumo [130].

Tabla 8. Concentración de minerales de las harinas de chonta vs la ingesta dietética promedio recomendado para infantes de hasta 5 años

Variedad	Comunidad				Ingesta dietética promedio recomendada	
	Ayllu Llacta		Pumayacu		edad	cantidad (mg/día)
Mineral	amarillo	rojo	amarillo	rojo		
Potasio (mg/100g)	2198	2219	1919	1936	hasta 6 meses 7 a 12 meses 1 a 3 años 4 a 5 años	400 860 2000 2300
Calcio (mg/100g)	167	207	305	187	hasta 6 meses 7 a 12 meses 1 a 3 años 4 a 5 años	200 260 700 1000
Fósforo (mg/100g)	93	81	72	68	hasta 6 meses 7 a 12 meses 1 a 3 años 4 a 5 años	100 275 460 500
Hierro (mg/100g)	73	66	68	67	hasta 6 meses 7 a 12 meses 1 a 3 años 4 a 5 años	0,27 11 7 10
Zinc (mg/100g)	2,22	2,10	2,36	2,06	hasta 6 meses 7 a 12 meses 1 a 3 años 4 a 5 años	2 3 3 5

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: Las concentraciones de las harinas de las variedades amarilla y roja fueron obtenidas mediante FRX en este estudio y los valores de la ingesta dietética promedio recomendada fue tomada de los autores: Martínez, 2016, 28 [29]; Gutiérrez, 2020, 342 [36]; Institute of Medicine (US), 2001, 9, [135]; National Academies of Sciences, Engineering, 2019, 113-116 [136];

Se debe de recalcar que en la tabla 8 se ha realizado la comparación entre el aporte mineral de la harina de chonta y el valor requerido para la ingesta dietética promedio recomendado y solo pertenece a un ingrediente que forma parte de la dieta de la

población kichwa, por lo cual para cumplir con los requerimientos de la ingesta dietética promedio recomendada para los niños de hasta 5 años se debe incluir otros alimentos, principalmente que sean ricos en Ca, P y Zn. Aunque la dieta kichwa se compone por numerosos alimentos estacionales (Tabla 7). Por ejemplo, el cacao blanco y la chonta que son los alimentos con mayor concentración de K, Ca, P y Fe, pero su consumo es estacional [130]. Ocasionando que los nutrientes de la chonta, no puedan ser aprovechados durante todo el año [67,111]. Adicionalmente, en las comunidades kichwa no todas las familias tienen acceso a las tres comidas principales [130]. Esto limita el cumplimiento de la ingesta diaria de consumo de nutrientes (Tabla 8), convirtiéndose en un factor que induce o mantiene la desnutrición.

Potasio

La harina de chonta de la variedad roja de la comunidad de Ayllu Llacta mostró una alta concentración de potasio 22193 mg/kg y en menor cantidad se obtuvo de la variedad amarilla de la comunidad de Pumayacu (Tabla 3). La comunidad de Ayllu Llacta se encuentra a una mayor altitud en comparación a la comunidad de Pumayacu, esta relación de mayor concentración de potasio a estibaciones superiores, es comparable con los diferentes resultados del análisis de muestras de chonta de las variedades: amarilla y roja de los Andes Colombianos y la selva tropical Colombiana donde la mayor concentración de potasio (12,4 g/kg) se obtuvo de la muestra de chonta de la variedad roja obtenida a una mayor altitud (1230 m s.n.m.) (Tabla 1) [70]. Por otro lado, la concentración de las variedades roja y amarilla de las comunidades de Ayllu Llacta y Pumayacu exceden la concentración necesaria para las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 (Tabla 5).

Los resultados obtenidos con 100 gramos de harina de chonta de las variedades amarilla y roja de ambas comunidades suplen la ingesta diaria recomendada de potasio en niños de hasta 5 años (Tabla 8). El potasio es un nutriente esencial que mantiene las funciones normales del cuerpo humano cuando su ingesta es óptima [136]. La concentración de potasio sérico menor a 3,5 mEq/l produce hipopotasemia, altera el sistema cardiovascular y renal, ocasiona calambres musculares y/o parálisis [38,137,138]. La concentración de potasio sérico mayor a 5,5 mEq/l produce hiperpotasemia, ocasiona debilidad muscular, arritmias ventriculares y disfunción renal, se produce principalmente por la ingesta de fármacos [137–139]. En niños desnutridos

la baja ingestión de K, también ocasiona una enfermedad diarreica aguda, perdiendo hasta el 25% del potasio total y hasta el 40% de potasio presente en los músculos [140]. La OMS recomienda aumentar la ingesta de potasio en la población por medio de fuentes alimenticias y no de suplementos [141,142]. Este mineral se obtiene de alimentos mínimamente procesados incluyendo las frutas, verduras, cárnicos y productos lácteos. La ingesta de este mineral cambia acorde a las fuentes alimenticias, dependiendo de la concentración en los alimentos y la frecuencia de consumo [38,141]. Por lo que la harina de chonta es una excelente fuente de potasio para mantener los valores diarios recomendados y evitar problemas de salud debido a su deficiencia.

Calcio

Durante el crecimiento y desarrollo del infante el calcio es indispensable para la mineralización de los huesos y dientes, ya que estos albergan el 99% de todo el calcio corporal, por lo cual es importante mantener un aporte dietético óptimo de calcio [29], con la finalidad de aumentar su disponibilidad en la formación y mantenimiento de los huesos, debido a que si su ingesta es menor a la de fósforo, la absorción de calcio en el intestino se dificulta al formarse complejos insolubles [32], por lo cual el infante es más propenso a desarrollar raquitismo y debilitamiento óseo [143]. Las principales fuentes de calcio se obtienen de productos lácteos y en fuentes no lácteas se encuentra en: sardina enlatada , salmón con hueso, frutas, verduras y granos, estos tres últimos en pequeñas cantidades [143].

En la variedad amarilla de Pumayacu predomina la concentración de calcio (Figura 3), con un valor de 3054 mg/kg (Tabla 3). La harina de chonta cumple con los requerimientos de la fórmula terapéuticas F-75. La harina de la variedad amarilla de la comunidad de Ayllu Llacta, tiene una concentración de calcio de 167 mg/100g , la cual es cercana a la concentración de la fórmula F-75 de 179 mg/100g (Tabla 5); con respecto a la variedad amarilla de la comunidad de Pumayacu con una concentración de 305 mg/100g, excede los requerimientos diarios recomendados de calcio (260 mg/día) para infantes de 7 a 12 meses (Tabla 8) [143].

Si bien el calcio es importante para el correcto funcionamiento del cuerpo humano y la principal fuente de obtención es mediante productos de origen lácteo, esto supone un problema en la población con intolerancia a la lactosa [106,143,144]. Además, los lácteos no hacen parte de la dieta indígena [130]. Por lo tanto, es importante evaluar los

alimentos locales que pueden complementar la ingesta diaria recomendada, como es la harina de chonta.

Fósforo

La ingesta diaria de fósforo recomendada en infantes: de hasta 6 meses 100 mg; 7 a 12 meses 275 mg; 1 a 3 años 460 mg y 4 a 5 años 500 mg [31]. La harina de chonta de la variedad amarilla de la comunidad de Ayllu Llacta tiene la concentración más alta de fósforo 934 mg/kg, (Tabla 3). Las concentraciones de fósforo en ambas comunidades son comparables con las reportadas por diversos autores (Tabla 6). Las harinas de chonta analizadas, no cumplen con los requerimientos nutricionales necesarios para las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100, porque la concentración de fósforo en estas harinas es inferior a las concentraciones requeridas para las fórmulas terapéuticas (Tabla 5).

Sin embargo, la variedad amarilla de la comunidad de Pumayacu podría cumplir con la ingesta diaria recomendada en infantes de hasta 6 meses (Tabla 7) [30,35]. Esto convertiría a la harina de chonta en un sucedáneo al sustituir total o parcialmente la leche materna en un infante, produciendo un riesgo al estado nutricional del infante cuando se administrara antes de los 6 meses de edad. Por lo tanto, cuando el infante presenta desnutrición debe priorizarse el consumo de leche materna y potenciar la nutrición de las madres, en este caso la harina de chonta puede cumplir tal función. Es importante destacar que cualquier alimento o fórmula que se administre a un menor de 6 meses debe ser prescrito por un profesional de la salud acorde a sus necesidades [106,145–147].

Adicionalmente, es importante a destacar que al tener un contenido de fósforo en la dieta menor al del calcio, se facilita su absorción favoreciendo la homeostasis mineral [32]. Esta particularidad se cumple en las concentraciones de la harina de chonta de ambas comunidades (Tabla 3).

Hierro

Los valores diarios de hierro recomendado varían dependiendo el sexo, edad y tipo de alimentación. No obstante, la recomendación de ingesta diaria de hierro en personas que incluyen alimentos de origen animal en su dieta es: 11 mg/día infantes de 7 a 12 meses, 7 mg/día niños de 1 a 3 años, 10 mg/día niños de 4 a 5 años [135,148]. El

contenido de hierro puede aumentar bajo prescripción médica [37,148]. El exceso de hierro en niños se produce cuando los niveles de ferritina (proteína de almacenamiento de hierro) son mayores o iguales a 1000 µg/l [149]. Puede provocar complicaciones gastrointestinales, vómitos y diarrea; generalmente ocurre cuando les administran comprimidos de hierro destinados a mujeres embarazadas [40,148]. y esto de acuerdo a la concentración del comprimido [37].

La harina de chonta de la comunidad de Ayllu Llacta de la variedad amarilla, presenta la mayor concentración de hierro 728 mg/kg, mientras que en la variedad roja se encuentra la concentración más baja (Tabla 3). Esta relación de mayor concentración en la variedad amarilla se visualiza en los análisis de muestras de chonta de la variedad obtenida de los Andes Colombianos [70]. Sin embargo, Los valores de Fe obtenidos por FRX están entre los 658 a 728 mg/kg. Estos valores superan en más del 100 % a los valores reportados en la tabla 6 que se encuentran con un valor máximo de 63 mg/kg [70], por lo cual se puede inferir que la harina de chonta se contaminó con partículas de hierro durante el proceso de molienda. Este tipo de contaminación se puede evidenciar en un estudio realizado por Loubes (2015), encontraron partículas de acero inoxidable en la harina de arroz después del proceso de molienda [150]. Por lo que la manipulación de las muestras es un aspecto delicado en el momento de cuantificar nutrientes.

100 g de harina de chonta (variedad amarilla y roja) excede la concentración necesaria para las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 (Tabla 4) y a su vez supera el valor de la cantidad diaria recomendada (Tabla 8). Sin embargo, el cuerpo solo absorbe una pequeña parte del hierro proveniente de los alimentos [151]. Esta absorción disminuye cuando el hierro es de origen vegetal (hierro no hemo), requiriendo el doble de la cantidad de hierro ingerido [148]. Es importante destacar que en las comunidades kichwas uno de los productos más consumidos es el arroz, este influye en la absorción del hierro, por lo que debe combinarse con alimentos que estimulen la absorción de hierro como carnes, verduras y frutas [130,151,152]. En niños con desnutrición al tener una dieta inadecuada produce defectos en la absorción de minerales esenciales como el hierro, por consiguiente es necesario la inclusión de alimentos ricos en hierro [153], por lo que se recomienda el consumo de harina de chonta amarilla.

Zinc

El zinc es importante porque se encuentra en todas las células del cuerpo y ayuda a mejorar el sistema inmune, la dosis diaria recomendada en niños: hasta 6 meses 2 mg; 7 a 12 meses 3 mg; 1 a 3 años 3 mg y 4 a 5 años 8 mg [135].

La variedad amarilla de la comunidad de Pumayacu tiene la concentración elevada de zinc (23,6 mg/kg). El zinc es el mineral que presenta la menor variabilidad de datos (Tabla 3). De manera similar a las harinas de chonta producidas en la Amazonía Central, que reportaron concentraciones homogéneas de zinc entre sus diferentes muestras: 258 µg/100g, 277 µg/100g y 278 µg/100g [83].

Por otra parte, la concentración de zinc de las variedades amarilla y roja con una concentración de 2,1 mg/100g, no cumple con los requerimientos nutricionales de la fórmula F-100 (Tabla 4). Sin embargo, las harinas de chonta si podrían cumplir con los requerimientos nutricionales diarios de infantes de hasta 6 meses con 2 mg/día y posiblemente en niños de hasta 3 años (3 mg/día) [135].

Por lo expuesto anteriormente con respecto a cada uno de los minerales analizados, es importante mencionar que, la harina de chonta proveniente de comunidad de Ayllu Llacta, predomina la concentración de la mayoría de los minerales analizados (Figura 4). Esta comunidad pertenece a la parroquia San Pablo de Ushpayacu, la cual tiene un menor porcentaje de desnutrición 30,49% en comparación con la parroquia del Pano 47,10%, donde se encuentra la comunidad de Pumayacu [96]. Ahora bien, 100 gramos de harina de chonta de estas comunidades no cumplen con todos los requerimientos nutricionales de los minerales presentes en las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 utilizadas a nivel hospitalario para tratar la desnutrición (Tabla 5). Por lo tanto, no pueden considerarse por sí solas como una alternativa de alimento terapéutico listo para consumo [15].

Adicionalmente, estos ATLC no tienen una formulación obligatoria, pueden variar acorde al entorno y la presencia de comorbilidades de los infantes. Sin embargo, deben cumplir con los requerimientos nutricionales de la fórmula terapéutica F-100 [15,154]. La chonta tiene aceptabilidad local y contiene todos los minerales presentes en las fórmulas terapéuticas, también acorde a la literatura citada posee los macronutrientes de estas fórmulas [68,70,83], lo que facilitaría su consumo como parte de un ATLC,

donde la harina de chonta sea el principal ingrediente, reduciendo de esta manera los costos para el tratamiento de la desnutrición, al producir un ATLC con alimentos locales [154].

Uno de los factores asociados a la desnutrición es la falta de alimentos ricos en nutrientes [98]. Si bien la harina de chonta no contiene la concentración requerida de todos los minerales presentes en las fórmulas terapéuticas (Tabla 5). Estos minerales son importantes, al ser requeridos por el organismo para un normal funcionamiento, crecimiento y desarrollo [155]. Por lo tanto, el consumo de la harina puede coadyuvar combinado con otros alimentos a paliar los problemas de desnutrición ya que aumentaría la ingesta de nutrientes especialmente de los minerales ayudando a cumplir con las concentraciones requeridas. Por ello se recomienda combinar la harina de chonta con los siguientes alimentos que tienen el mayor aporte de minerales consumidos en las comunidades kichwa (Tabla 8).

Tabla 9. Sugerencia de consumo de harina de chonta usando la variedad amarilla de la comunidad de Ayllu Llacta.

Mineral	Harina de chonta (50g)	Plátano (50g)	Cachama (100 g)	Tomate (100 g)	Cebolla (100g)	Total (mg)
Potasio (mg)	1642,2	210		292		2144,2
Calcio (mg)	125,3	2,2	15,6	7	25	175,1
Fósforo (mg)	70,0	11,3	186	22		289,3
Hierro (mg)	54,6	0,14	1,4	0,5		56,6
Zinc (mg)	1,7	0,1		0,1		1,9

Realizado por: Damaris Vinueza.

Nota: Los valores de las concentraciones de la harina de chonta fueron tomados de este estudio y los valores del resto de alimentos en base a los de la tabla 7.

Tabla 10. Sugerencia de consumo de harina de chonta usando la variedad roja de la comunidad de Ayllu Llacta.

Mineral	Harina de chonta (100g)	Yuca (50 g)	Huevo (1 unidad grande)	Tomate (100 g)	Cebolla (100 g)	Total (mg)
Potasio (mg)	2219,3		69	292		2580,3
Calcio (mg)	206,8	33		7	25	271,8
Fósforo (mg)	81,0		86	22		189,0
Hierro (mg)	65,8	1,8		0,5		68,1
Zinc (mg)	2,1		0,6	0,1		2,8

Realizado por: Damaris Vinueza.

Nota: Los valores de las concentraciones de la harina de chonta fueron tomados de este estudio y los valores del resto de alimentos en base a los de la tabla 7.

Tabla 11. Sugerencia de consumo de harina de chonta usando la variedad amarilla de la comunidad de Pumayacu.

Mineral	Harina de chonta (75g)	Lenteja (1/2 taza)	Sardina (3 onzas)	Tomate (100 g)	Cebolla (100g)	Total (mg)
Potasio (mg)	1439,4	731		292		2462,4
Calcio (mg)	229,1		325	7	25	586,1
Fósforo (mg)	54,0	178		22		254,0
Hierro (mg)	51,3	3		0,5		54,8
Zinc (mg)	1,8	1,3	1,1	0,1		4,3

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: Los valores de las concentraciones de la harina de chonta fueron tomados de este estudio y los valores del resto de alimentos en base a los de la tabla 7.

Tabla 12. Sugerencia de consumo de harina de chonta usando la variedad roja de la comunidad de Pumayacu.

Mineral	Harina de chonta (50g)	Cacao blanco (25g)	Tilapia (100g)	Yuca (50g)	Cebolla (100g)	Total (mg)
Potasio (mg)	968,2	1660				2628,2
Calcio (mg)	93,7	14,4	41	33	25	207,1
Fósforo (mg)	34,0		322			356,0
Hierro (mg)	33,7	1,1	1,6	1,8		38,2
Zinc (mg)	1,0	1,9				2,9

Realizado por: Damaris Vinueza

Nota: Los valores de las concentraciones de la harina de chonta fueron tomados de este estudio y los valores del resto de alimentos en base a los de la tabla 7.

La combinación de estos alimentos (Tablas 9-12) ayuda a cubrir mayoritariamente el requerimiento nutricional de las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 sin la necesidad de añadir un componente lácteo (Tabla 1), lo cual favorece a la población con intolerancia a la lactosa. Los micronutrientes como el hierro y zinc que son parte de los minerales esenciales, así como una de las principales carencias nutricionales de los infantes [154]. La harina de chonta por si sola, es un alimento nutritivo que contiene estos minerales esenciales que son importantes para favorecer el rendimiento cognitivo, manteniendo la capacidad de aprendizaje, lo cual influye positivamente en el rendimiento escolar [154].

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se evaluaron las cualidades de los minerales de la harina de chonta de las variedades roja y amarilla, provenientes de las comunidades Kichwa de Pumayacu y Ayllu Llacta. Estas harinas tienen todos los elementos minerales presentes en las fórmulas terapéuticas F-75 y F-100 necesarios para combatir la desnutrición. Estos minerales son importantes porque cumplen diversas funciones metabólicas y estructurales indispensables para el desarrollo del infante, las mismas se alteran cuando el infante sufre de desnutrición.

La harina de chonta ayuda a cumplir con los requerimientos nutricionales diarios de los minerales K, Ca, P, Fe y Zn (Tabla 11). Esto es importante, porque en los niños que atraviesan por un problema de desnutrición, es esencial el cuidado de la salud y la alimentación con complementos nutricionales [156]. Al incluir en la dieta de los niños las harinas de chonta que contienen altos niveles de potasio, ayuda a controlar la diarrea, uno de los principales síntomas de la desnutrición [140,157]. Por otra parte, es una alternativa natural para complementar la alimentación de infantes con intolerancia al gluten, a la lactosa o al aislado de proteína de soya que producen trastornos digestivos [106,107].

La prevalencia de desnutrición aumenta cuando la ingesta de alimentos tiene bajo contenido en nutrientes. Es por ello la importancia de fomentar la alimentación complementaria [20], que debe realizarse a partir de los seis meses, de manera prioritaria con alimentos producidos localmente, que sean saludables y contengan micronutrientes como la harina de chonta. Estos alimentos deben administrarse en cantidades adecuadas de acuerdo a la edad y condición médica de cada infante, para evitar causar desnutrición [158]. A nivel nacional, desde el 2000 hasta 2014 la desnutrición se redujo hasta un 4,8% [4] y desde el 2014 hasta el 2018 se redujo en un 0,9 % y a nivel nacional en el área rural la desnutrición disminuyó un 3,2%, durante este último periodo, se ha fomentado el uso y consumo de alimentos propios de cada región y el acceso permanente a alimentos sanos, variados, nutritivos e inocuos [159]. En consecuencia, la harina de chonta en la dieta diaria podría convertirse en un coadyuvante para combatir la desnutrición. A razón de que una alimentación rica en nutrientes promueve la recuperación inmunológica [99,100].

La caracterización nutricional debe de considerar varios aspectos ecológicos, físicos y técnicos. En este estudio, se empleó el método de FRX, beneficioso porque es una técnica de evaluación rápida, permite realizar un análisis exploratorio sobre el contenido mineral. Su limitación, es el rango de detección para el análisis de elementos desde el magnesio, el cual tiene un número atómico superior al sodio.

Para futuras investigaciones se recomienda utilizar solamente el mortero de ágata en el proceso de molienda para evitar el desprendimiento de partículas del molino que puedan contaminar la muestra y afectar los resultados. Adicionalmente, se recomienda validar los minerales de interés encontrados mediante FRX con otras técnicas analíticas como la EAA y a su vez tomar en consideración las variables (maduración del fruto, composición química del suelo) que puedan afectar la concentración de los minerales en las harinas.

REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. Malnutrición. En: OMS [Internet]. 9 de junio de 2021 [citado 17 de noviembre de 2022]. Recuperado: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
2. Ortiz-Andrellucchi A, Peña Quintana L, Albino Beñacar A, Mönckeberg Barros F, Serra-Majem L. Desnutrición infantil, salud y pobreza: intervención desde un programa integral. *Nutrición Hospitalaria*. 2006.
3. Latham M. *Nutrición Internacional y Problemas Alimentarios Mundiales en Perspectiva*. Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. 2002.
4. Cueva M, Pérez C, Ramos M, Guerrero R. La desnutrición infantil en Ecuador. Una revisión de literatura. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 2021;61: 556-564. doi:10.52808/bmsa.7e5.614.003
5. Wisbaum W. *La desnutrición infantil: causas, consecuencias y estrategias para su prevención y tratamiento*. Unicef. 2011.
6. Guanga V, Miranda A, Azogue J, Galarza R. Desnutrición infantil en Ecuador, emergencia en los primeros 1000 días de vida, revisión bibliográfica. *Mediciencias UTA*. 2022;6: 24-36. doi:10.31243/mdc.uta.v6i3.1703.2022
7. Latham M, Jonsson U, Sterken E, Kent G. World Nutrition Commentary. Ready-to-use therapeutic food RUTF stuff. Can the children be saved with fortified peanut paste? *Journal of the World Public Health Nutrition Association World Nutrition Journal of the World Public Health Nutrition Association* www.wphna.org. 2010;2.
8. Biglieri A, Figueroa G, Guisande S, Mangialavori G, Perez M, Tenisi M. *Manual Para El Manejo Comunitario de la Desnutrición Aguda*. Unicef. 2020; 11-256.
9. Schoonees A, Lombard M, Musekiwa A, Nel E, Volmink J. Ready-to-use therapeutic food (RUTF) for home-based nutritional rehabilitation of severe acute malnutrition in children from six months to five years of age. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2019;5. doi:10.1002/14651858.CD009000.PUB3/FULL/ES
10. Ruano de García M, Gutiérrez T, López E, Rendón V, Ivette Lemus M, de Maza I, et al. *Protocolo para el Tratamiento En Centros de Recuperación Nutricional de la Desnutrición Aguda Severa y Moderada sin Complicaciones en el Paciente Pediátrico*. 2019 p. 62.
11. Montero J. Importancia nutricional y económica del maní (*Arachis hypogaea* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 2020;7.
12. Quintana D, Serrano C. *Diseño de matriz alimentaria de recuperación nutricional rápida, para niños entre 6 meses y 5 años 11 meses*. 2017.
13. Organización Mundial de la Salud. *La alimentación del lactante y del niño pequeño*. 2010.
14. Wagh V, Deore B. Ready to Use Therapeutic Food (RUTF): An Overview. *Advances in Life Sciences and Health*. 2015;2.
15. Bhutta Z, Berkley J, Bandsma R, Kerac M, Trehan I, Briend A. Severe childhood malnutrition. *Nature Reviews Disease Primers*. 2017;3. doi:10.1038/NRDP.2017.67
16. Nutriset. F-100 Therapeutic Milk. 2018. Recuperado: <https://www.nutriset.fr/products/es/leche-f-100>
17. Macipe Costa R, Gimeno Feliu L. Abordaje práctico y manejo de la desnutrición en niños de países en vías de desarrollo y experiencia profesional en un hospital rural de la República Democrática del Congo. *Actividad Dietética*. 2009;13: 17-26. doi:10.1016/S1138-0322(09)71394-X
18. Briend A, Akomo P, Bahwere P, De Pee S, Dibari F, Golden M, et al. Developing food supplements for moderately malnourished children: Lessons learned from ready-to-use therapeutic foods. *Food*

- and Nutrition Bulletin. 2015;36: S53-S58. doi:10.1177/15648265150361S109
19. Espinosa V. Plan Intersectorial de Alimentación y Nutrición Ecuador 2018-2025. Ministerio de Salud Pública. 2018.
 20. Coloma L. Plan Estratégico Intersectorial para la Prevención y Reducción de la Desnutrición Crónica Infantil. Gobierno del Encuentro. 2021.
 21. Calle M, Mallqui O, Lagos G, Aguilar A. Política Andina de prevención y tratamiento de la desnutrición en menores de cinco años. 2020; 0-52.
 22. Ministerio de Salud Pública. Lineamiento estratégico 3. Gobierno del Ecuador. 2023; 128.
 23. Pihuave M. Nutrición en el ciclo de vida-Desnutrición cero. Ministerio de Salud Pública. 2017; 1-31.
 24. Unicef Ecuador. Desnutrición. [citado 16 de julio de 2022]. Recuperado: <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrición>
 25. Rebellato AP, Pacheco BC, Prado JP, Lima Pallone JA. Iron in fortified biscuits: A simple method for its quantification, bioaccessibility study and physicochemical quality. Food Research International. 2015;77: 385-391. doi:10.1016/J.FOODRES.2015.09.028
 26. Carrero CM, Oróstegui MA, Escorcia LR, Arrieta DB. Anemia infantil: Desarrollo cognitivo y rendimiento académico. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica. 2018;37: 411-426.
 27. Nova E, Montero A, Gómez S, Marcos A. La estrecha relación entre la nutrición y el sistema inmunitario. Soporte Nutricional en el Paciente Oncológico. 2002.
 28. Abbaspour N, Hurrell R, Kelishadi R. Review on iron and its importance for human health. Journal of Research in Medical Sciences. 2014.
 29. Martínez de Victoria E. Calcium, essential for health. Nutrición Hospitalaria. 2016;33: 26-31.
 30. Miller G, Jarvis J, McBean L. The Importance of Meeting Calcium Needs with Foods. Journal of the American College of Nutrition. 2013;20: 168S-185S. doi:10.1080/07315724.2001.10719029
 31. Institute of Medicine (US). Phosphorus - Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. En: National Academies Press [Internet]. 1997 [citado 25 de mayo de 2023]. Recuperado: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK109813/>
 32. Carral San Laureano F, Olveira Fuster G, Aguilar Diosdado M. Homeostasis del calcio, fósforo y magnesio. Medicina Integral. 2000;36: 261-266.
 33. Tuero B, Mena M, Vega M, Vizúete A, López A, Ortega R. Influencia de la ingesta de calcio y fósforo sobre la densidad mineral ósea en mujeres jóvenes. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2004;54.
 34. Boccio J, Salgueiro J, Lysionek A, Goldman C, Weill R, Caro R. Metabolismo del hierro: conceptos actuales sobre un micronutriente esencial. En: Scielo [Internet]. 2003 [citado 3 de junio de 2023]. Recuperado: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000200002
 35. McClure S, Chang A, Selvin E, Rebholz C, Appel L. Dietary Sources of Phosphorus among Adults in the United States: Results from NHANES 2001-2014. Nutrients. 2017;9. doi:10.3390/NU9020095
 36. Gutiérrez OM. Phosphorus. Present Knowledge in Nutrition: Basic Nutrition and Metabolism. 2020;1: 335-348. doi:10.1016/B978-0-323-66162-1.00020-2
 37. Pelletier D, Olson C, Frongillo E, Bowman B. Inseguridad alimentaria, hambre y desnutrición. Conocimientos actuales sobre nutrición. Bowman B, Russell R, editores. Scielo. Organización Panamericana de la Salud; 2003.
 38. McLean RM, Wang NX. Potassium. Advances in food and nutrition research. 2021;96: 89-121. doi:10.1016/BS.AFNR.2021.02.013
 39. Kotchen T, Kotchen J. Dietary sodium and blood pressure: interactions with other nutrients. The American journal of clinical nutrition. 1997;65. doi:10.1093/AJCN/65.2.708S

40. Aggett P, Calder P, Caudill M, Marriott B, Birt D, Stallings V, et al. Present Knowledge in Nutrition. Basic Nutrition and Metabolism. 2021. doi:10.1016/B978-0-323-66162-1.01002-7
41. Mozaffarian D, Benjamin E, Arnett D, Blaha M, Cushman M, Das S, et al. Heart disease and stroke statistics-2016 update a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2016. doi:10.1161/CIR.0000000000000350
42. Barkas F, Liberopoulos E, Kei A, Elisaf M. Electrolyte and acid-base disorders in inflammatory bowel disease. *Annals of Gastroenterology: Quarterly Publication of the Hellenic Society of Gastroenterology*. 2013;26: 23-28.
43. Terrin G, Canani R, Di Chiara M, Pietravalle A, Aleandri V, Conte F, et al. Zinc in early life: A key element in the fetus and preterm neonate. *Nutrients*. 2015;7: 10427-10446. doi:10.3390/nu7125542
44. Powell SR. Zinc and Health : Current Status and Future Directions The Antioxidant Properties of Zinc 1 , 2. *J Nutr*. 2000;130: 1488-1492.
45. Romero Sacoto L, Gonzáles León F, Abad Martínez N, Ramírez Coronel A, Guamán Gañay M. El zinc en el tratamiento de la talla baja. *Revista Universidad y Sociedad*. 2020;12: 341-349.
46. Torres-Cárdenas M, Pérez B, Landaeta-Jiménez M, Vásquez-Ramírez M. Consumo de alimentos y estado nutricional según estrato socioeconómico en una población infantil de Caracas. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*. 2011;74: 002-009.
47. García-Casal M, Landaeta M, Baptista G, Murillo C, Rincón M, Rached L, et al. Valores de referencia de hierro, yodo, zinc, selenio, cobre, molibdeno, vitamina C, vitamina E, vitamina K, carotenoides y polifenoles para la población venezolana. En: *Archivos Latinoamericanos De Nutricion [Internet]*. 2013 [citado 28 de febrero de 2023]. Recuperado: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222013000400010&script=sci_abstract
48. Mamani M. Efecto del Zinc en la duración del episodio de diarrea aguda acuosa en niños de seis meses a cinco años atendidos en el Hospital Goyeneche. 2016.
49. Saieh C, Zehnder C, Castro M, Sanhueza P. Etiquetado nutricional, ¿qué se sabe del contenido de sodio en los alimentos? *Revista Médica Clínica Las Condes*. 2015;26: 113-118. doi:10.1016/J.RMCLC.2014.12.005
50. Zehnder C. Sodio , potasio e hipertensión arterial. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 2010;21: 508-515. doi:10.1016/S0716-8640(10)70566-6
51. NIH. Datos sobre el selenio. National Institutes of Health. 2019; 1-3.
52. Chen J. An original discovery: Selenium deficiency and Keshan disease (an endemic heart disease). *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2012;21: 320-326.
53. Berr C, Balansard B, Arnaud J, Roussel AM, Alpérovitch A. Cognitive decline is associated with systemic oxidative stress: the EVA study. *Etude du Vieillissement Artériel. Journal of the American Geriatrics Society*. 2000;48: 1285-1291.
54. Ledezma-Rentería E, Galeano G. Uses of palms in the Pacific lowlands of Colombia *Etnobotánica. Caldasia*. 2014;36: 71-84.
55. Albuja Echeverría WS. Determinantes socioeconómicos de la desnutrición crónica en menores de cinco años: evidencia desde Ecuador. *INTER DISCIPLINA*. 2022;10: 591. doi:10.22201/ceiich.24485705e.2022.28.83314
56. Paniagua-Zambrana N, Bussmann R, Romero C. *Bactris gasipaes* Kunth. 2020; 1-17. doi:10.1007/978-3-319-77093-2_34-1
57. Valencia R, Montufar R, Navarrete H, Balslev H. Palmas Ecuatorianas: Biología y uso sostenible. *PUCE*. 2013;3.
58. Graefe S, Dufour D, Zonneveld M, Rodriguez F, Gonzalez A. Peach palm (*Bactris gasipaes*) in

- tropical Latin America: Implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. Kluwer Academic Publishers; 2013 feb 1 pp. 269-300. doi:10.1007/S10531-012-0402-3
59. Couvreur T, Hahn W, De Granville J, Pham J, Ludeña B, Pintaud J. Phylogenetic relationships of the cultivated neotropical palm *Bactris gasipaes* (Arecaceae) with its wild relatives inferred from chloroplast and nuclear DNA polymorphisms. *Systematic Botany*. 2007;32. doi:10.1600/036364407782250526
 60. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Archidona 2022. Festival Folklórico de la Chonta, Fundación y Cantonización de Archidona. 2022 [citado 28 de noviembre de 2022]. Recuperado: <https://archidona.gob.ec/turismo/fiestas/item/festival-folklórico-de-la-chonta-fundación-y-cantonización-de-archidona.html>
 61. Museo Nacional de Colombia. Máscara Tori: Colección de Etnografía. 2004 [citado 29 de noviembre de 2022]. Recuperado: https://museonacional.gov.co/colecciones/Pieza_del_mes/coleccionespiezadelmes2004/Paginas/Febrero04.aspx
 62. Corporación de Asociaciones de la Chakra Amazónica. La Chakra Amazónica, un sistema agroforestal tradicional gestionado por comunidades indígenas en la provincia de Napo -Ecuador. SIPAM/FAO. 2022; 55-63.
 63. FAO. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria. Roma; 2003 [citado 30 de mayo de 2023] p. 280. Recuperado: <http://www.fao.org/docrep/005/Y4137S/y4137s03.htm#bm03>
 64. Zuluaga Peláez J, Martínez Hurtado A, Escobar Acevedo C. El cultivo de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. 1996.
 65. Salcedo M. Análisis del estado actual de *Bactris gasipaes* Kunth en el Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas . 2021; 18-135.
 66. Torres-Vargas O, Luzardo-Ocampo I, Hernandez-Becerra E, Rodríguez-García M. Physicochemical Characterization of Unripe and Ripe Chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) Fruit Flours and Starches. *Starch/Staerke*. 2021;73. doi:10.1002/star.202000242
 67. Serrano M, Umaña G, Sáenz M. Fisiología poscosecha, composición química y capacidad antioxidante de frutas de pejibaye (*bactris gasipaes kunth*) cv. Tuirá darién cosechadas a tres diferentes edades. *Agronomía Costarricense*. 2011; 75-87. doi:10.15517/RAC.V35I2.6680
 68. Rojas-Garbanzo C, Pérez A, Pineda Castro M, Vaillant F. Major physicochemical and antioxidant changes during peach-palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) flour processing. *Fruits*. 2012;67: 415-427. doi:10.1051/fruits/2012035
 69. Torres B, Vasseur L, López R, Lozano P, García Y, Arteaga Y, et al. Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforestry Systems*. 2020;94: 1235-1245. doi:10.1007/S10457-018-00342-8/METRICS
 70. Leterme P, García MF, Londoño AM, Rojas MG, Buldgen A, Souffrant WB. Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2005;85: 1505-1512. doi:10.1002/jsfa.2146
 71. Martínez-González M, Balois-Morales R, Alía-Tejacal I, Cortes-Cruz M, Palomino-Hermosillo Y, López-Gúzman G. Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2017;1: 2-11.
 72. Peñuela AE. Cambios físicos químicos durante crecimiento y maduración de los productis hotifrutícolas y su relación con la calidad. Caracterización y normalización de frutas y hortalizas -

- Calidad. 2004. pp. 25-31.
73. Gómez M, Tito V. ANÁLISIS MULTIVARIADO DE COMPONENTES TERPÉNICOS, EN ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*), MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA UV - VISIBLE DERIVADA. Universidad Politécnica Salesiana. 2017.
 74. Pérez M, Pino F. Análisis de elementos-traza por espectrofotometría de absorción molecular UV-Visible. Universidad de Sevilla. 2004; 1-14.
 75. Smith D, Nordberg M. Neutron Activation Analysis. En: Handbook on the Toxicology of Metals [Internet]. 2015 [citado 11 de mayo de 2023]. Recuperado: <https://www.sciencedirect.com/topics/nursing-and-health-professions/neutron-activation-analysis>
 76. Yeung V, Miller D, Rutzke M. Atomic Absorption Spectroscopy, Atomic Emission Spectroscopy, and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. Food Analysis. 2017; 129-150. doi:10.1007/978-3-319-45776-5_9
 77. Díaz R, Olazábal S, Acuña A, Pucci G. Seguimiento por fluorescencia de rayos X (FRX) de iones de un suelo sometido a un campo eléctrico. 2022 [citado 11 de mayo de 2023]. Recuperado: https://www.researchgate.net/publication/369644672_Seguimiento_por_fluorescencia_de_rayos_X_FRX_de_iones_de_un_suelo_sometido_a_un_campo_electrico/citation/download
 78. Bruker. S1 Titan Handheld XRF Analyzer for Elemental Analysis. 2021.
 79. Alpízar OD, Díaz O. Determinación del contenido de zinc en arroz y otros agroproductos por fluorescencia de rayos x. Nucleus. 2009;46: 34-39.
 80. Folch E. La determinación de hierro en arroz aplicación de la espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRX) y espectrometría de emisión atómica (ICP-AES). Invenio. 2007;10: 129-137.
 81. Chí-Sánchez F, Alvarado-López C, Cristóbal-Alejo J, González-Moreno A, Reyes-Ramírez A. Contenido mineral de maíces criollos de Yucatán: Análisis mediante M-Fluorescencia de Rayos X. Terra Latinoamericana. 2021;39: 1-12. doi:10.28940/TERRA.V39I0.454
 82. Olivera De Lescano P, Nieto Aco D. Caracterización elemental en granos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) mediante la técnica de fluorescencia de rayos X. Instituto Peruano de Energía Nuclear. 2014;14: 1-5.
 83. Yuyama L, Aguiar J, Yuyama K, Clement C, Macedo S, Fávaro D, et al. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia, Brazil. International journal of food sciences and nutrition. 2003;54: 49-56. doi:10.1080/096374803/000061994
 84. da Costa R, Rodrigues A, da Silva L. The fruit of peach palm (*Bactris gasipaes*) and its technological potential: an overview. Food Science and Technology. 2022;42. doi:10.1590/fst.82721
 85. Arrollo C, Rojas A, Rosales R. Urea o Pollinaza como Suplemento Proteico para Toretos Consumiendo Ensilaje de Pulpa de Pejibaye. En: Agronomía Costarricense [Internet]. 2003 pp. 69-73. Recuperado: <https://www.redalyc.org/pdf/436/43627206.pdf>
 86. Ordóñez-Araque R, Pardo-Yoza L. Cuantificación de hierro, calcio y fósforo en procesos térmicos aplicados al borjón (*Borojoa patinoi* Cuatrec). IDESIA. 2018;36: 275-281. doi:10.4067/S0718-34292018005000802
 87. Ayala G, Freitas I, Lourenco V, Barbosa A, Do Amaral P. Physicochemical, morphological, and functional properties of flour and starch from peach palm (*Bactris gasipaes* K.) fruit. Biosynthesis Nutrition Biomedical. 2015;67: 163-173. doi:10.1002/STAR.201400097
 88. Pinheiro R, Ballesteros L, Cerqueira M, Rodrigues A, Teixeira J, Silva L. Peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) and mammee apple (*Mammea americana* L.) seeds: Properties and potential of application in industry. LWT. 2022;170. doi:10.1016/j.lwt.2022.114089

89. Estévez V, Araya M. Gluten-free diet and gluten-free foods. *Revista Chilena de Nutricion*. 2016;43: 428-433. doi:10.4067/S0717-75182016000400014
90. Zegarra S, Muñoz AM, Ramos-Escudero F. Elaboration of a gluten-free bread based on cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) flour and sensory acceptability evaluation. *Revista Chilena de Nutricion*. 2019;46: 561-570. doi:10.4067/S0717-75182019000500561
91. Martínez-Girón J, Rodríguez-Rodríguez X, Pinzón-Zárate L, Ordóñez-Santos LE. Caracterización fisicoquímica de harina de residuos del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth, *Arecaceae*) obtenida por secado convectivo. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 2017;18: 599-613. doi:10.21930/rcta.vol18_num3_art:747
92. Neto B, Fernandes B, Junior C, Franco M, Bonomo R, de Almeida P, et al. Thermal-morphological characterisation of starch from peach-palm (*Bactris Gasipaes kunth*) fruit (Pejibaye). *International Journal of Food Properties*. 2017;20: 1007-1015. doi:10.1080/10942912.2016.1192645
93. Samaniego V, Rodríguez D, García MA, Casariego A. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en la elaboración de productos de panificación. 2016 may 11 pp. 43-48.
94. Dussán-Sarria S, Hurtado-Hurtado DL, Camacho-Tamayo JH. Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro Granulometry, Functional Properties and Color Properties of Quinoa and Peach Palm Fruit Flour. *Información Tecnológica*. 2019;30: 3-10.
95. Andrade JS, Pantoja L, Maeda RN. Melhoria do rendimento e do processo de obtenção da bebida alcoólica de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). *Food Science and Technology*. 2003;23: 34-38. doi:10.1590/S0101-20612003000400007
96. Hidalgo I. Análisis de la influencia de la capacidad de uso y uso actual del suelo en la pobreza y desnutrición de la población de las parroquias rurales de la provincia de Napo. *Escuela de Ciencias Geográficas*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2019.
97. Humberto Amores JR. Determinantes sociales de la desnutrición tipo kwashiorkor en menores de 2 años de edad. Tena, 2021. Facultad de ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Chimborazo. 2022.
98. Naciones Unidas Ecuador. Desnutrición Crónica Infantil. 2021. Recuperado: <https://ecuador.un.org/es/123951-desnutrición-crónica-infantil>
99. Bourke CD, Berkley JA, Prendergast AJ. Immune Dysfunction as a Cause and Consequence of Malnutrition. *Trends in Immunology*. 2016;37: 386-398. doi:10.1016/j.it.2016.04.003
100. Kong LC, Holmes BA, Cotillard A, Habi-Rachedi F, Brazeilles R, Gougis S, et al. Dietary patterns differently associate with inflammation and gut microbiota in overweight and obese subjects. *PLoS ONE*. 2014;9. doi:10.1371/journal.pone.0109434
101. Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. Cantón Tena. 2022 [citado 2 de junio de 2023]. Recuperado: <https://ame.gob.ec/2010/05/20/canton-tena/>
102. Gobierno Autónomo Parroquial Rural. GAD San Pablo de Ushpayacu. 2020 [citado 2 de junio de 2023]. Recuperado: <https://gadsanpablodeushpayacu.gob.ec/>
103. Medicox. Formula Terapéutica F-75 – x400Gr – NutriSet. 2023. Recuperado: <https://medicox.com.co/producto/formula-terapeutica-f-75-x400gr-sanuteam/>
104. Medicox. formula-terapeutica-f-100-x400gr-NutriSet. 2023. Recuperado: <http://medicox.com.co/producto/formula-terapeutica-f-100-x400gr-sanuteam/>
105. Acción Contra el Hambre. Desnutrición: prevención, diagnóstico y tratamiento. 2023 pp. 3-37. Recuperado: <https://www.accioncontraelhambre.org/es/que-hacemos/nutricion-salud>

106. Vásquez-Garibay E. Primer año de vida . Leche humana y sucedáneos de la leche humana. Gaceta Médica de México. 2016.
107. Sotelo-Cruz N, Calderón de la Barca AM. La enfermedad celiaca en los niños. Revista Mexicana de Pediatría. 2012;79: 281-286.
108. Heredia-R M. Amazonía Exótica-Natural Antrópica Turística. 2018 [citado 4 de marzo de 2023]. Recuperado: <https://www.researchgate.net/publication/336702773>
109. Velasteguí M, Torres F. Comportamiento productivo y rendimiento a la canal de cerdos mestizos (Large white x Duroc x Cerdo criollo) alimentados con harina de chontaduro (Bactris gasipaes Kunth) en etapa de levante. Universidad Estatal Amazónica. 2020.
110. Arias R, Pérez M, Tapia A CP. Cultura alimentaria en comunidades Amazónicas. octubre de 2019 [citado 26 de noviembre de 2022]. Recuperado: https://www.researchgate.net/profile/Theofilos-Toulkeridis/publication/336702773_AMAZONIA_EXOTICA_-_Natural_Antropica_Turistica/links/5dae1e82a6fdccc99d929119/AMAZONIA-EXOTICA-Natural-Antropica-Turistica.pdf#page=117
111. De Oliveira M, Martínez-Flores H, De Andrade J, Garnica-Romo MG, Chang Y. Use of pejibaye flour (Bactris gasipaes Kunth) in the production of food pastas. International Journal of Food Science and Technology. 2006;41: 933-937. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.01145.x
112. OMS. Alimentación sana. Organización Mundial de la Salud. 2018. pp. 1-3.
113. GADM Tena. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y Plan de Uso y Gestión del suelo. GAD Municipal Tena.
114. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Tena. Datos Geográficos. 2022 [citado 16 de julio de 2022]. Recuperado: <https://tena.gob.ec/WEB/canton.html>
115. Guachamin-Rosero M, Peñuela MC, Zurita-Benavides MG. Indigenous knowledge interaction network between host plants and edible insects in the Ecuadorian Amazon. Journal of Insects as Food and Feed. 2023;9: 369-380. doi:10.3920/jiff2022.0061
116. Xia F, Fan T, Chen Y, Ding D, Wei J, Jiang D, et al. Prediction of Heavy Metal Concentrations in Contaminated Sites from Portable X-ray Fluorescence Spectrometer Data Using Machine Learning. Processes. 2022;10: 536. doi:10.3390/pr10030536
117. Gobierno de Aragón. Exposición de equipos antiguos: mortero de ágata. Gobierno de Aragón. En: Equipos antiguos del Laboratorio Agroambiental: descripción, funcionamiento y uso del mortero de ágata [Internet]. 14 de marzo de 2023 [citado 2 de mayo de 2023]. Recuperado: <https://www.aragon.es/-/laboratorio-agroambiental-equipos-antiguos-mortero-agata>
118. Jorhem L, Engman J. Determination of Lead, Cadmium, Zinc, Copper, and Iron in Foods by Atomic Absorption Spectrometry after Microwave Digestion: NMKL Collaborative Study. Journal of AOAC International. 2000;83: 1189-1203. doi:10.1093/jaoac/83.5.1189
119. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Alimentos. Determinación de Fósforo (1178-83). 1993.
120. Guo S, Zhong S, Zhang A. Privacy-preserving Kruskal-Wallis test. Computer Methods and Programs in Biomedicine. 2013;112: 135-145. doi:10.1016/j.cmpb.2013.05.023
121. Weixun L, Atkinson D, Newlands N. ENSO climate risk: predicting crop yield variability and coherence using cluster-based PCA. Modeling Earth Systems and Environment. 2017;37. doi:10.5772/intechopen.82940
122. Villarroel L, Alvarez J, Maldonado D. Aplicación del Análisis de Componentes Principales en el Desarrollo de Productos. Acta Nova. 2003;2: 399-408.
123. María P, Valentinuzzi C. Análisis por XRF: Implementación de Guías de Haces en TXRF Análisis

- por fluorescencia de rayos x: implementación de guías de haces en reflexión total. 2008.
124. Campos Vaquero B. Síntesis y caracterización de los sistemas Eu₂O₃ y Gd₂O₃ por molienda mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. 2011.
 125. Bravo-Medina C, Torres-Navarrete B, Arteaga-Crespo Y, Garcia-Quintana Y, Reyes-Morán H, Changoluisa-Rivadeneira D, et al. Soil properties variation in a small-scale altitudinal gradient of an evergreen foothills forest , Ecuadorian Amazon Region. Research Square. 2023; 1-17. doi:10.21203/rs.3.rs-2736175/v1
 126. Hepperly PR, Omondi E, Seidel R. Soil regeneration increases crop nutrients, antioxidants and adaptive responses. MOJ Food Processing & Technology. 2018;6: 196-203. doi:10.15406/mojfpt.2018.06.00165
 127. Montgomery DR, Biklé A, Archuleta R, Brown P, Jordan J. Soil health and nutrient density: preliminary comparison of regenerative and conventional farming. PeerJ. 2022;10: 1-20. doi:10.7717/peerj.12848
 128. García J, Jacob K, Inesta D, Martínez R, Periago J. Changes in Bioactive Compounds During Tomato. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. 2007; 481-491.
 129. Marles R. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and grains: The context of reports of apparent historical declines. Journal of Food Composition and Analysis. 2017;56: 93-103. doi:10.1016/j.jfca.2016.11.012
 130. Zurita-Benavides M, Schwarz A, Altamirano Á, Peñuela-Mora M. Transiciones alimentarias: uso de la tierra, plantas y dietas entre los kichwas de Tena, Napo. Patrimonios alimentarios en América Latina. 2022; 59-82. doi:10.4000/books.irdeditions.43067
 131. FAO. Contenidos de nutrientes en alimentos seleccionados. 2002. Recuperado: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s1x.htm>
 132. Institute of Medicine. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. 2005. pp. 186-250. doi:10.17226/10925
 133. Sifuentes M. "Evaluación físico-química de la pulpa y semilla de dos morfotipos del fruto de Macambo "Theobroma bicolor (Humb. & Bompl.)" de la región Loreto, 2015. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA. 2017; 76.
 134. Izquierdo P, Torres G, Barboza de Martínez Y, Márquez E, Allara M. Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2000. pp. 187-194.
 135. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. National Academies Press (US). 2001. doi:10.17226/10026
 136. National Academies of Sciences, Engineering and M. Dietary Reference Intakes for Sodium and Potassium. National Academies Press. 2019. doi:10.17226/25353
 137. Rowensztein H, Monteverde M. Manejo de las Alteraciones del Potasio. Hospital de Pediatría Juan P Garrahan. 2015; 30.
 138. Viera A, Wouk N. Potassium disorders: Hypokalemia and hyperkalemia. American Family Physician. 2015;92: 487-495.
 139. de Sequera P, Alcázar R, Albalade M. Trastornos del Potasio. Hipopotasemia. Hiperpotasemia. Sociedad Española de Nefrología. 2023; 1,5,14.
 140. Pizarro-Torres D. Alteraciones hidroelectrolíticas y ácido-base más frecuentes en el paciente con

- diarrea. Boletín Médico del Hospital Infantil de México. 2005;62: 57-68.
141. Snetselaar L, de Jesus J, DeSilva D, Stoody E. Dietary Guidelines for Americans, 2020–2025: Understanding the Scientific Process, Guidelines, and Key Recommendations. *Nutrition Today*. 2021;56: 287-295. doi:10.1097/NT.0000000000000512
 142. Organización Mundial de la Salud. Ingesta de potasio en adultos y niños. 2013 [citado 24 de mayo de 2023] pp. 1-7. Recuperado: www.who.int
 143. Institute of Medicine (US). Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. National Academies Press (US). 2011. doi:10.17226/13050
 144. López J, López Salazar J, López Salazar Y, Fasanella H. Osteoporosis: alimentación, calcio, vitamina D y ejercicio. *Gaceta Médica de Caracas*. 2007: 286-291.
 145. Tutasi A, Caicedo R, Valencia L, Rodríguez E. Estudio para estimar la prevalencia de violaciones al Código Internacional de Comercialización de Sucedáneos de la Leche Materna en las ciudades de Quito y Guayaquil , 2021 Informe de resultados. FUNBBASIC. 2021.
 146. Hipgrave D, Assefa F, Winoto A, Sukotjo S. Donated breast milk substitutes and incidence of diarrhoea among infants and young children after the May 2006 earthquake in Yogyakarta and Central Java. *Public Health Nutrition*. 2012;15: 307-315. doi:10.1017/S1368980010003423
 147. Castro S. Impacto de los sucedáneos de la leche materna en el estado nutricional del lactante menor. Universidad Estatal Del Sur de Manabí. 2022.
 148. DeLoughery TG. Iron Deficiency Anemia. *Medical Clinics of North America*. 2017;101: 319-332. doi:10.1016/j.mcna.2016.09.004
 149. Brissot P, Bardou-Jacquet E, Latournerie M, Bridoux-Henno L, Jouanolle A-M, Loréal O. Enfermedades por sobrecarga de hierro en los niños. *EMC Pediatría*. 2013;48: 1-9. doi:10.1016/S1245-1789(13)64496-0
 150. Loubes MA. Molienda seca y húmeda de arroz en molino planetario. Cinética de la molienda, efecto de las condiciones de molienda en las propiedades funcionales de la harina y del almidón y diseño de mezclas para pastas sin gluten. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. «Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. <http://digital.bl.fcen.uba.ar>». 2015.
 151. Forrellat Barrios M, Gautier Du Défaix Gómez H, Fernández Delgado N. Metabolismo del hierro. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*. 2000;16: 149-160.
 152. Romera G, Zuleta A, Sarchi M, Sambucetti M. Análisis in vitro de la disponibilidad del hierro en el arroz fortificado. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2000;50.
 153. Martín-Aragón S. Anemias nutricionales. *Farmacia Profesional*. 2009;23: 46-51.
 154. Unicef. Niños, alimentos y nutrición. 2019. doi:10.18356/a23fad4e-es
 155. Reynaud A. Requerimiento de micronutrientes y oligoelementos. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*. 2014;60: 161-170. doi:10.31403/rpgo.v60i131
 156. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Archidona 2020. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Archidona.
 157. Figueroa O, Vásquez M, Noguera D, Villalobos D. Alimentación del paciente con diarrea aguda. *Archivos venezolanos de puericultura y pediatría*. 2010;73: 34-40.
 158. Cuadros-Mendoza C, Vichido-Luna M, Montijo-Barrios E, Zárate-Mondragón F, Cadena-León J, Cervantes-Bustamante R, et al. Actualidades en alimentación complementaria. *Acta Pediátrica de México*. 2017;38: 182-201.
 159. Serrano M, Pozo M, Medina D, Viteri J, Lombeida E. Boletín Técnico: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Instituto Nacional de Estadística y Censo. 2019;0: 1-20.

