

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE AGROINDUSTRIA



**“DETERMINACIÓN DE FIERRO Y COBRE EN ALIMENTOS:
MACA (*Lepidiumperuvianum*), MUÑA (*MinthostachyMollis*) Y
CAÑIHUA (*Chenopodiumpallidicaule*) POR
ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA A LA LLAMA”**

**PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

TESISTAS : Bachiller: ALFREDO SABINO RAMOS

ASESOR : Msc. DANIEL SANCHEZ VACA

NUEVO CHIMBOTE – 2016

PERU

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**

HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

La presente Tesis titulada: “**Determinación de Hierro y Cobre en alimentos: Maca (Lepidiumperuvianum), Muña (Minthostachymollis) y Cañihua (Chenopodiumpallidicaule) por Espectrofotometría de Absorción Atómica a la Llama**”, se ha efectuado según Reglamento para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, mediante la modalidad de Tesis.

Por tal motivo, firmo la presente en calidad de Asesor.



**Msc. DANIEL SANCHEZ VACA
ASESOR**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL

**“DETERMINACIÓN DE HIERRO Y COBRE EN ALIMENTOS: MACA
(LEPIDIUMPERUVIANUM), MUÑA (MINTHOSACHYMOLLIS) Y CAÑIHUA
(CHENOPODIUMPALLIDICAULE) POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA A LA LLAMA”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTOR: BACHILLER ALFREDO SABINO RAMOS

**SUSTENTADA EL DÍA 23 DE JUNIO DEL 2016 Y APROBADA POR EL
SIGUIENTE JURADO:**



Msc. JENARO PAREDES ZAVALATA
PRESIDENTE



Msc. DANIEL SANCHEZ VACA
SECRETARIO



Msc. JORGE DOMINGUEZ CASTAÑEDA
INTEGRANTE

DEDICATORIA

A mis padres **Silvestre e Idelsa**, que con su apoyo he podido lograr uno de mis objetivos, y ser mi empuje para seguir en mi lucha y poder lograr mis metas.

A mis hermanos en **Cristo** que en esta corta vida terrenal han contribuido con mi crecimiento espiritual.

A mi esposa **Nieves López Cabana** y mis hijos: **Jusselly, Jullessy, Julissa, Luis Carlos y Josué Elías** por estar siempre junto a mi día a día y ser mi motivo para progresar en la vida.

A mis maestros, de la escuela primaria, secundaria y superior y mis amigos con los que he compartido momentos en todo este tiempo de nuestra vida universitaria.

A mis alumnos, que son el motivo fundamental para este logro académico en mi vida.

SABINO

AGRADECIMIENTO

En virtud del presente estudio, aprovecho para externar, el merecido y sincero agradecimiento a personalidades y entidades muy distinguidas, entre otras, como las que a continuación se citan:

- ❖ **DIOS TODO PODEROSO, EN SU SANTÍSIMA TRINIDAD: EL PADRE, EL HIJO Y EL ESPÍRITU SANTO.** Por ser mi sustento de vida orientación de todos mis proyectos positivos.
- ❖ **Msc. DANIEL SÁNCHEZ VACA,** Asesor del presente estudio, por haber animado y depositado su confianza en mí para su culminación.
- ❖ **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA,** en representación de su honorable equipo administrativo y docente que luchan día a día para contribuir con el desarrollo cultural, educativo, y científico de nuestro país, mediante el aporte de sus conocimientos.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue cuantificar Hierro y Cobre en la Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), la toma de muestra fueron recolectados en el mercado **el Progreso de Chimbote**, región Ancash, durante el año 2016. Con la finalidad de obtener información sobre los rangos de concentración de estos elementos en las plantas. De esta manera, contribuir a la formación de una base de datos en alimentos ricos en cobre y hierro, la cual sirva como dieta alimenticia para el consumo humano y así, determinar posteriormente un posible impacto en la mejora y la reducción de enfermedades como la anemia por falta de hierro y efectos neurológicos ocasionados por el déficit de cobre.

Para el análisis de las muestras se utilizó Espectrofotometría de Absorción Atómica en su modalidad Llama, Marca Buck Scientific 210 VGA para los elementos hierro y cobre. La cual se preparó soluciones estándar de una concentración de 0.5; 1.5; 2.5 y 3.5 partes por millón de Hierro y Cobre, de esta manera se elaboró las curvas de calibrado respectivamente.

Las muestras fueron lavadas con ácido clorhídrico a una concentración de 0.01M y posteriormente con agua destilada, luego llevada a estufa para su secado por un espacio de 12 horas a una temperatura de 45 °C, posteriormente se pulverizo y se pesó 0.4 gramos de muestra, luego se llevó a una fiola de 100ml y se adiciono 10 ml de ácido nítrico concentrado y

se colocó en una plancha eléctrica hasta ebullición, toda esta digestión química se realizó en la campana extractora, hasta que la muestra este totalmente diluida, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente y se aforo con agua destilada, agitando y posteriormente se filtró, quedando de esta manera las muestras para la cuantificación de hierro y cobre. Cabe señalar las muestras fueron analizadas por triplicado cada una de ellas.

Los rangos de concentración obtenidos para los metales en estudio, son los siguientes: Cu (1 – 4.5 mg/100g), Fe (9 – 21mg/100g).

Palabras clave: Espectrofotometria, Hierro, Cobre, Maca, Muña, Cañihua

SUMMARY

The objetivo de este study was to quantify iron and copper in Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muna (*Minthostachymollis*) and Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), sampling Were collected in the Market Progress Chimbote, Ancash region, during the year 2016. in order to obtain information about the concentration ranges of these elements in plants. Of This way, contribute to the formation of a database in foods rich in copper and iron, which is to serve as diet for human consumption and thus determine S. subsequently un Possible Impact On Improving and Reducing Disease Since iron deficiency anemia and neurological effects caused by copper deficiency.

For the analysis of samples atomic absorption spectrophotometry was used in its modality Flame, Mark Buck Scientific 210 VGA for iron and copper elements. Which standard solutions of a concentration of 0.5 were prepared: 1.5; 2.5 and 3.5 parts per million of iron and copper, so the calibration curves prepared respectively.

The samples were washed with hydrochloric acid at a concentration of 0.01M and then with distilled water, then carried stove to dry for a period of 12 hours at a temperature of 45 ° C, then pulverized and weighed 0.4 grams of sample, then took a vial of 100 ml and 10 ml of concentrated nitric acid was added and placed in an electric iron to boiling, all this chemical digestion was carried out in the hood, until the sample is fully diluted, then left cool to room temperature and dilute with distilled water, stirring and then

filtered, thus leaving the samples for quantification of iron and copper. It should be noted the samples were analyzed in triplicate each.

Concentration ranges obtained for metals study are: Cu (1 - 4.5 mg / 100g weight), Fe (9 - 21mg / 100g).

Keywords: Spectrophotometry, iron, copper, Maca, Muña, Cañihua.

CONTENIDO

I.INTRODUCCIÓN	14
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 ANTECEDENTES	16
2.2 REVISION BIBLIOGRAFICA.....	19
2.2.1 Maca (<i>Lepidiumperuvianum</i>).....	19
2.2.2 Muña (<i>Minthostachymollis</i>).....	22
2.2.3 Cañihua (<i>Chenopodiumpallidicaule</i>).....	24
2.2.4 Hierro	28
2.2.5 Cobre	33
2.2.6 Problemática nutricional en el Perú	37
III.MATERIALES Y METODOS	40
3.1.Lugar de ejecución:	40
3.2.Materiales:.....	40
3.2.1. Materia prima:	40
3.3.Equipos e instrumentos, reactivos y otros materiales:.....	40
3.3.1. Equipos e instrumentos:.....	41
3.3.2. Reactivos:	41
3.3.3. Materiales de Vidrio y Otros	42
3.4. Métodos:.....	42
3.4.1. Caracterización de las materias primas:	42
3.4.2. Método de espectroscopia de absorcion atomica a la llama.	43
3.4.3 Metodologia de estudio.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUCIÓN.....	50
4.1 Caracterización de la Materia Prima	50

4.1.1	Caracterización de la Maca	50
4.1.3	Caracterización de la Cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>)	52
4.2	Elaboración de la curva de calibrado de cobre por el método de Absorción Atómica.	52
4.2.1	Preparación de estándar de cobre	52
4.2.2	Preparación de estándar de Hierro.....	54
4.3	Resultados de Hierro por espectrofotometría de Absorción Atómica a la Llama.	56
4.4	Resultados de Cobre por espectrofotometría de Absorción Atómica a la Llama	58
4.5	Resultados de Hierro y Cobre por espectrofotometría de Absorción Atómica a la Llama.....	59
V.CONCLUSIONES		61
VI.RECOMENDACIONES		64
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		65
VII.PAGINAS WEB:		67

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Taxonomía de la Maca (<i>Lepidiumperuvianum</i>)	9
Tabla N° 2: Taxonomía de la Muña (<i>Minthostachymollis</i>)	10
Tabla N° 3: Valor nutritivo de la Muña de la parte comestible contenido en 100g.	11
Tabla N° 4: Taxonomía de la Cañihua (<i>Chenopodiumpallidicaule</i>)	13
Tabla N° 5: Valor nutritivo de la Cañihua (<i>Chenopodiumpallidicaule</i>) expresado en g/100g	13
Tabla N° 6: Aumento de los casos de tuberculosis	26
Tabla N° 7	39
Tabla N° 8	40
Tabla N° 9	41
Tabla N° 10: Datos de Absorbancia a diferentes concentraciones de Cobre (mg/L), a una longitud de onda de 545 nm.....	42
Tabla N° 11: Datos de Absorbancia a diferentes concentraciones de Hierro (mg/L), a una longitud de onda de 248 nm.....	43
Tabla N° 12: Valores de operación del espectrofotómetro de absorción atómica a la llama Buck Scientific VGA 210. Para el elemento Hierro.	50
Tabla N° 13: Valores de operación del espectrofotómetro de absorción atómica a la llama Buck Scientific VGA 210. Para el elemento cobre.	51
Tabla N° 14: Parámetros de operación en el espectrofotómetro de Absorción Atómica Buck Scientific VGA 210. Para el elemento Hierro	59
Tabla N° 15: Parámetros de operación en el espectrofotómetro de Absorción Atómica Buck Scientific VGA 210. Para el elemento Cobre	59

INDICE DE CUADRO

Cuadro N° 1: Concentración de Hierro (mg/100g)	45
Cuadro N° 2: Concentración de Cobre (mg/100g)	47
Cuadro N° 3: Concentración promedio de Hierro y Cobre (mg/100g)	48

INDICES DE FIGURAS

Figura N° 1: Maca (<i>Lepidiumperuvianum</i>).....	8
Figura N° 2: Muña (<i>Minthostachymollis</i>).....	10
Figura N° 3: Cañihua (<i>Chenopodiumpallidicaule</i>)	12
Figura N° 4: Curva de calibrado de cobre.	42
Figura N° 5: Curva de calibrado de Hierro.	44
Figura N° 6: Concentración de Hierro (mg/100g) con las diferentes especies Maca, Muña, Cañihua.	46
Figura N° 7: Concentracion de Cobre (mg/100g) con las diferentes especies Maca, Muña, Cañihua.	48
Figura N° 8: Concentracion de Hierro y Cobre (mg/100g) con las diferentes especies Maca, Muña, Cañihua.	49
Figura N° 9: Calibración de la balanza analítica a cero.....	60
Figura N° 10: Las muestras son pesadas, Maca, Muña y Cañihua.....	60
Figura N° 11: Las muestras son pesadas y llevada a las fiolas de 100ml.....	61
Figura N° 12: Adición del ácido nítrico concentrado (12ml).....	61
Figura N° 13: Digestión química de las muestras en la plancha eléctrica.	62
Figura N° 14: Digestión química se realizó en campana extractora.	73
Figura N° 15: Adición de agua ultra pura.	63
Figura N° 16: Las fiolas son aforadas con agua ultra pura.....	63
Figura N° 17: Filtración de las muestras.	64
Figura N° 18: Espectrofotómetro de Absorción Atómica Buck Scientific VGA 210.	64
Figura N° 19: Lectura de Hierro y Cobre en el espectrofotómetro Absorción Atómica Buck Scientific VGA 210.....	65

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es una contribución más al amplio campo de la química analítica aplicada y al estudio de los elementos químicos, indispensables para el consumo de la **dieta alimenticia de los seres humanos** como el Cobre y Hierro y el crecimiento y desarrollo de las plantas, ocupa un lugar importante en el diagnóstico foliar y también en otras aplicaciones de la química agrícola, se describe la situación actual del conocimiento científico, en torno a los aspectos biológicos del hierro y cobre en la alimentación humana; se hace referencia a la situación epidemiológica de la deficiencia de hierro y anemia ferropénica en el mundo, se destacan también las estrategias que se han implementado para su control y prevención, así como los resultados obtenidos con la aplicación de éstas por el gobierno peruano; se pone también de manifiesto que la problemática de deficiencia persiste aún con las medidas aplicadas.

Por otro lado, la incidencia de la pobreza en el Perú es aún mayor entre los niños que entre los adultos. Así, 65,5% de los menores de 18 años viven por debajo de la línea de pobreza y 32,2% en condiciones de extrema pobreza; estos últimos son más de 2,1 millones de personas menores de edad que no logran satisfacer ni siquiera sus necesidades elementales de alimentación.

Se sabe que, en el Perú el 52% de la población no satisface sus necesidades energéticas y el 35,8% **sus necesidades proteicas**, de lo cual se concluye que aproximadamente el 44% de la población del Perú refleja algún grado de desnutrición.

Considerando todo lo manifestado el presente trabajo propone el uso de hierro y cobre como parte de la alimentación, en la dieta diaria de las personas, lo cual se toma como alimentos ricos en Hierro y Cobre a la Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), evitando enfermedades como la anemia por la deficiencia de hierro y efectos neurológicos o anomalías en la pigmentación por deficiencia de cobre. (**Linder et al., 1998**).

Para la determinación de cobre y hierro en las plantas se realizó por espectrofotometría de absorción atómica a la llama, Buck Scientific VGA 210.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANTECEDENTES

Valdivia Z, Hernán B, Almanza G. Evaluación del contenido de minerales de *LepidiumMeyenii*, Maca natural Boliviana. Bolivian Journal of Chemistry. 2013 Sep; 30:74-79.

Explica que la cuantificación de minerales presentes en la Maca de la variedad ***Lepidiumperuvianum***, en muestras diferenciadas de hipocotilo (parte comestible) se obtiene resultados relativamente diferentes de composición en peso para calcio, magnesio, sodio, potasio y hierro como minerales macro nutrientes, además de la presencia de minerales micronutrientes como zinc, cobre y manganeso en menor composición. Los resultados muestran a este vegetal alimenticio con elevado porcentaje nutricional en carbohidratos, no obstante el porcentaje para cenizas, grasas, proteínas, fibras y agua no deja de ser significativo e importante al comparar con otros vegetales como la zanahoria, los rábanos, etc. cuya composición nutricional es agua en un setenta por ciento (70%). Básicamente los vegetales en general son parte importante en nuestra dieta, por lo cual el aporte de vitaminas, minerales y fibras es fundamental.

Blanco B, Teresa; Alvarado O, Ureta, Muñoz J, Ana M (2003).

Explica también que la composición química y el valor nutricional de la Maca (*Lepidiumperuvianum*), y la Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), procedentes de las principales zonas andinas de producción del país, así como divulgar dentro de la población, su valor nutricional contribuyendo a

mejorar el nivel y calidad de vida del poblador peruano.

http://www.medicina.usmp.edu.pe/horizonte-/2003/Art1_Vol3_N1-2.pdf.

Para ello se tomaron 25 muestras de maca procedentes de los departamentos de Junín, Puno, Ancash y Cerro de Paseo, obtenidas directamente y al azar de los campos de cultivo, en circunstancias en las cuales se estaba realizando la cosecha de aquellas especies cuyo destino representa los mercados regionales. Asimismo se tomaron doce muestras de Cañihua en los departamentos de Junín, Ayacucho, Puno y Cusco, con igual finalidad. Se procedió a la determinación del contenido de proteínas, aminoácidos por HPLC, grasas, carbohidratos, cenizas, fibra, humedad, de acuerdo a las normas técnicas peruanas y determinación de minerales por Espectrometría de Absorción Atómica.

Se obtuvo como conclusión que las muestras de maca de distintos departamentos del país tienen valores variables de proteína, siendo la mejor de todas en este aspecto la de Cerro de Pasco con 9,73g/ 100g de alimento.

En este caso una porción de Maca de 100g puede cubrir el 20% de los requerimientos de proteínas de un adulto promedio y 75% de los aminoácidos esenciales estudiados. El contenido de grasa fue bastante bueno en la maca de Cerro de Pasco.

Los valores de magnesio, hierro y cobre fueron bastante aceptables pudiendo 100g de maca cubrir el 20% de las necesidades de magnesio, el 30% de las de hierro y el 40% de las de cobre. La Maca nutricionalmente más completa proviene de Cerro de Pasco. En cuanto a los estudios de Cañihua de los cuatro departamentos mencionados del

Perú, el contenido de proteínas de todos ellos fue muy aceptable con valores de 13 a 14g/100g de alimento, particularmente la de Ayacucho. Igualmente el contenido de grasa de la Cañihua procedente de Ayacucho y Junín fue mayor que el de los departamentos de Cusco y Puno, así como el de todos los aminoácidos investigados. Una porción de 100g de Cañihua cubre el 25% de los requerimientos proteicos de un adulto promedio y casi el 100% de las necesidades de los aminoácidos esenciales estudiados. Los valores de magnesio de todas las muestras fueron elevados, con cifras entre 157 y 223 mg/100g de alimento y los de cobre muy aceptables, con cifras entre 0,68 y 1,30 mg/100g de alimento. Los valores de hierro de las muestras de Ayacucho y Cusco 18,10 y 21,17 mg/100g de alimento fueron la cuarta parte de las de Junín y Puno del orden de 81,79 y 60,91 mg/100g de alimento, respectivamente. Se llegó a la conclusión que la maca de Cerro de Paseo tiene las mejores condiciones nutricionales del país. Asimismo, la Cañihua de Ayacucho, por su contenido de grasa, proteínas y minerales.

Saludenrpp (2005). <http://radio.rpp.com.pe/saludenrpp/los-10-alimentos-mas-ricos-en-hierro/>

El cuerpo de un adulto contiene 4 gramos de hierro. El 70% está concentrado en la hemoglobina que transporta el oxígeno desde los pulmones al resto del cuerpo. Este metal conforma la mioglobina de los músculos y es parte de numerosas enzimas. Nuestro cuerpo no absorbe el total del hierro de los alimentos, tan sólo alcanza en promedio un 10% del total ingerido y este porcentaje varía aún más entre alimentos. El

hierro que proviene de animales es más absorbido que el procedente de fuentes vegetales. Hasta los 6 meses de edad se requieren 7 miligramos de hierro. Este requerimiento aumenta con la edad alcanzando los 18 miligramos en adolescentes y hasta 22 miligramos en la madre lactante. Entre las etapas de adolescencia y la adultez, la mujer requiere más hierro que el hombre debido a la menstruación, gestación y lactancia. Una persona que carece de hierro, padece anemia ferropénica y puede presentar síntomas y signos como fatiga, palidez, palpitaciones, falta de concentración, etc. A partir de los 6 meses de edad, aumenta el riesgo de deficiencia de hierro por falta de variedad de alimentos en la dieta. En adelante es probable recibir un suplemento de hierro. Los alimentos fuente de hierro son: Sangrecita cocida 29,5mg, Bazo 28,7mg, Muña seca 22,4mg, Cañihua 15mg, Kiwicha tostada 8,1mg, Charqui de carne 6,5mg, Hígado 6,2mg, Frijol 6mg promedio, Espinaca 4,3mg, Carne de res 3,4mg.

2.2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.2.1 Maca (*Lepidiumperuvianum*)

Definición

Es un tubérculo anual o bienal originario de las partes altas de Perú y Bolivia, por eso se llama maca de Los Andes o maca del Perú y es ahí donde se cultiva ahora. Su fama le llega por ser un alimento afrodisíaco natural que aumenta la fertilidad y aumenta la libido, como por sus cualidades nutritivas y curativas.

Fuente: http://wiki.sumaqperu.com/es/La_Maca.

2.2.1.1 Composición química de la Maca (*Lepidiumperuvianum*)

La raíz de la Maca presenta vitaminas y minerales esenciales para la vida, debido a ello sirve como un coadyuvante alimenticio en enfermos de tuberculosis, leucemia, anemia y en personas convalecientes.

Se ha reportado la existencia de 4 Alcaloides denominados Macaína 1, 2, 3 y 4 cuyos Rf son 0.680, 0.346, 0.198, 0.851, respectivamente. Además presenta Glucocinolatos, Isothiocianato de bencil, Isothiocianato p-metoxibencil, carbohidratos, almidón, lebulosa, fructuosa y maltosa, descomponiéndose esta última en dos glucosas; celulosa y lignina, ácidos grasos y taninos.

En los análisis químicos espectrográficos realizados a la raíz de la "maca" por la Universidad Nacional de Ingeniería en Octubre de 1996 se destacó el calcio (Ca) con más de 100.000 ppm o mayores de 10 % como macronutriente. En cuanto al fósforo (P) el Instituto de Nutrición informó en el año 1978 valores mayores de 183.3 mg %. El 85% de fósforo se encuentra en el esqueleto interviniendo en la formación del ATP (Adenosintrifosfato).

La "maca" (*Lepidiummeyenii* Walpers) presenta: 11 gr. % de proteínas en la raíz seca y como pasta integral 14 gr. % (Instituto de Nutrición 1978).

En los análisis de la raíz se ha encontrado Celulosa y Lignina. Además: carbohidratos, maltosa, lebulosa o fructosa y taninos. El almidón de la maca contiene calcio, Fósforo. Hierro, ácidos grasos y

aceites naturales. En la raíz de la Maca se encuentran además, los siguientes oligoelementos: Potasio, Magnesio, Sílice, Hierro, Aluminio, Sodio, Manganeso, Cobre, Estaño, Zinc y Bismuto.



Figura N° 1: Maca (*Lepidiumperuvianum*)

Tabla N° 1: Taxonomía de la Maca (*Lepidiumperuvianum*)

TAXONOMIA

Reino	Plantae
División	Fanerógama
Clase	Dicotyledonea
Orden	Roheadales
Familia	Crucífera
Genero	Lepidium
Especie	Lepidium peruvianum

Fuente G. Chacon 1990

2.2.2 Muña (*Minthostachymollis*)

Definición

La muña es una planta arbustiva leñosa que alcanza de 8 a 12 dm de altura, es frondosa en la parte superior. Su tallo es ramificado desde la base y posee hojas pequeñas. Sus flores son blancas y se encuentran reunidas en cortos racimos. Crece entre los 2.700 y los 3.400 msnm. Su cultivo es muy difundido en las regiones andinas, especialmente en Apurímac, Ayacucho, Cuzco, Huancavelica y Puno, donde se la conoce con diversos nombres como huaycho, coa o ismuña.

Fuente: [http://www.ars-grin.gov/cgi-in/npgs/html/taxon.pl?403480](http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?403480)



Figura N° 2: Muña (*Minthostachymollis*)

Tabla N° 2: Taxonomía de la Muña (*Minthostachymollis*)

TAXONOMIA

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Genero	Minthostachys
Especie	Minthostachys mollis

Fuente: Kunth Griseb.

2.2.2.1 Composición Química

Tabla N° 3: Valor nutritivo de la Muña de la parte comestible contenido en 100g.

Muña (<i>Minthostachymollis</i>)	Valor Nutricional
Humedad (%)	17.00
Proteína (factor x 6.25)	3.2
Grasa (%)	2.80
Fibra (%)	9.4
Cenizas	11.7
Carbohidratos	66.30
Fosforo (mg)	269
Calcio (mg)	22.37
Energía (kCal)	299.00

Fuente: (Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 1996, 1997)

2.2.3 CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*)

Definición

La Cañihua es una planta terófito erguida. Su tamaño oscila entre 20 y 60 cm. Su tallo y hojas presentan manchas de color rojo y amarillo, incrementándose en tamaño en las partes inferiores de la planta. Es hermafrodita, se autopoliniza en época de fertilidad.

Sus granos son más largos comparados con otros tipos de semilla, no obstante es similar en algunos aspectos a la quinua.

Ambas pertenecen a la familia de las a la familia de las quenopodeaceas. Estas varían en color desde el marrón oscuro al negro. Comparados con los granos convencionales, el embrión es largo en relación al tamaño de la semilla.

El grano de Cañihua presenta un elevado contenido de proteínas y, al igual que la quinua y Kiwicha, una proporción importante de aminoácidos azufrados. **Fuente: (Congreso Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2005).**



Figura N° 3: Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*)

Tabla N° 4: Taxonomía de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*)

TAXONOMIA	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Sub familia	Chenopodioideae
Genero	Chenopodium
Especie	Chenopodium pallidicaule

Fuente: Aellen (2008)

2.2.3.1 Composición química de la Cañihua.

Tabla N° 5: Valor nutritivo de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) expresado en g/100g

Cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>)	Valor Nutricional
Proteína (factor x 6.25)	15.18
Grasa (%)	8.4
Fibra (%)	3.8
Cenizas	3.4
Carbohidratos	58.6
Fosforo (mg)	269

Fuente: Lescano, 1997

2.2.3.2 Propiedades nutritivas

La cañihua tiene un alto valor nutricional, además que se produce en regiones del altiplano lejanas donde no se cultiva ningún otro cereal, entonces les ayuda a sobrevivir a los pobladores para su sustento diario, tiene un alto valor proteico de 15,3 g en 100 gr. Asimismo contiene una importante cantidad de lisina un aminoácido esencial que el organismo no lo puede producir y lo tiene que tomar de la dieta, tiene también fenilalanina y triptófano otros importantes aminoácidos esenciales, tiene contenido de carbohidratos complejos como el almidón.

Se considera como alimento nutraceutico por su importante cantidad de aminoácidos esenciales, su buena fuente proteica por su bajo índice glicémico, es decir, lo pueden consumir los diabéticos, además de contener casi en proporciones parecidas a las de la quinua minerales como calcio, fósforo y hierro y alto contenido de tiamina o vitamina B1. Científicos de todo el mundo realzan sus propiedades nutricionales y medicinales, principalmente porque sus granos son de fácil digestión y ricos en proteínas, calcio, fósforo, magnesio, vitamina E, complejo B; además están libres de gluten y son bajos en grasa. Cañihua, energizante y contra males cardiovasculares. Este alimento que constituye ahora una reserva nutricional contra el flagelo del hambre, fue desechado por los conquistadores españoles junto con la quinua, prohibiendo el cultivo y el consumo por el significado religioso que tenía en el imperio de los Incas. **(J.M.Mateo, 2005)**

2.2.4 Hierro

El hierro es un oligoelemento que se encuentra en cada célula del cuerpo humano, por lo general unido con una proteína. El hierro es un nutriente de suma importancia para los seres humanos, se debe a que forma parte de las células sanguíneas que transportan el oxígeno a todas las células del organismo. Nuestro organismo contiene unos 4.5 gramos de Hierro (75% en hemoglobina) es necesario para la utilización de las vitaminas del complejo B, colabora en el sistema inmunológico e interviene en la función y síntesis de neurotransmisores. Aproximadamente el 30% del hierro en nuestro cuerpo permanece almacenado para reemplazar fácilmente el hierro perdido. El hierro es imprescindible en la formación de la hemoglobina y la mioglobina que transportan el oxígeno en la sangre hacia los músculos, también forma parte de diversas proteínas y enzimas del cuerpo.

2.2.4.1 Importancia del hierro en el organismo

La importancia del hierro en la historia de la humanidad ha sido inmensa, puesto que hasta hace poco tiempo ha sido el elemento químico con mayores aplicaciones tecnológicas de todos los conocidos. Está presente en todos las vegetales y animales, sus funciones están en relación con las propiedades que comparte con otros metales: la concentración de cargas positivas, que debilita los enlaces covalentes y los hace susceptibles de rotura; la ordenación de sus enlaces covalentes en la dirección de los 6 ángulos de un octaedro y la posibilidad de intervenir en

reacciones de transferencia de electrones, gracias a sus estados de oxidaciones estables (Fe^{2+} y Fe^{3+}) e inestables. Existen en la naturaleza dos tipos de compuestos de hierro (**Krause, 1998; Ganong, 1998**):

- a) **Hémicos**, en los que el metal está combinado a una porfirina; pigmentos respiratorios, citocromos, catalasa, peroxidasas entre otros.
- b) **No hémicos**, muy numerosos y diversos; siderocromos, siderofilina, enzimas como las ferredoxinas, aconitasa y oxigenasas de los fenoles; formas de reserva en animales como las ferritinas y hemosiderinas.

2.4.4.2 Biodisponibilidad del Hierro

La absorción de los nutrientes ocurre por complejos y diferentes para cada uno de ellos. Uno de los factores principales para su ocurrencia es la biodisponibilidad del nutriente; es decir, la fracción ingerida del mismo que es utilizada para reservas o funciones normales del organismo humano (**Jackson, 1997; Ibáñez, 2000a; Fairweather-Tait, 2001**). A su vez depende tanto de factores intrínsecos al individuo, como de algunos externos. Dentro de los primeros influyen el sexo, la edad, la etapa de desarrollo, características y anomalías genéticas, la flora intestinal, el estado fisiológico y nutricional, el estado de salud en general; flora intestinal, el tiempo de tránsito y pH gastrointestinal y la capacidad individual para adaptarse a variaciones en el aporte de nutrientes. Los factores extrínsecos que influyen en la biodisponibilidad de nutrientes son

varios y quizá más complejos que los anteriores. Son importantes: la cantidad total del nutriente en la dieta, sus propiedades físico-químicas: pH, quelación, solubilidad, cociente concentración/dosis, peso molecular de los complejos, componentes alimenticios no solubles, estado de oxidación, formación de micelas, estructura de los ligandos y receptores, interacciones con otros nutrientes o elementos de la dieta y estado físico del alimento, entre otros (**Ibáñez, 2000a; Hurrel, 1997; Cook, 1997; Glerup, 1995**).

La biodisponibilidad del hierro ha sido ampliamente estudiada mediante diferentes técnicas, que dependiendo del modelo utilizado se pueden clasificar en: estudios *in vitro* y estudios en animales o en humanos (**Ibáñez, 2000b**). El interés de los primeros reside en que son rápidos, con menor coste y que permiten mayor control sobre las variables experimentales; los más usados son los que se basan en técnicas de digestión simulada, cuyo objetivo es estimar el porcentaje de nutriente que es transformado en el intestino a una forma absorbible; la limitación más importante de estos métodos es que no pueden simular estados fisiológicos o algunas propiedades físico-químicas y respuestas adaptativas que influyen en la biodisponibilidad del hierro (**Fairweather-Tait, 1987; Cook, 1990**); aunque cabe hacer mención que últimamente se han desarrollado métodos que tratan de corregir estas limitaciones y acercarse lo más posible a las condiciones de absorción del intestino delgado (**Miller, 1981**).

Existen varios métodos disponibles para realizar evaluaciones en vivo:

- a) **El balance químico**, que mide la ingestión y excreción del mineral por un periodo determinado de tiempo.
- b) **Medida del grado de repleción de parámetros biológicos**; es usado particularmente para medir biodisponibilidad de hierro y consiste en administrar diferentes fuentes alimenticias de hierro que se comparan con sales de referencia de alta absorción y los resultados se expresan como valor biológico relativo (*Latunde, 1998; Fairweather-Tait, 1992*).
- c) **Medición en plasma de un nutriente**, se hace después de la ingestión de una cantidad suficiente para obtener curvas de tolerancia en el fluido sanguíneo.

2.4.4.3 Metabolismo del hierro

La cantidad total promedio de hierro en el organismo es de 50 mg/kg de peso en el hombre y 35 a 40 mg/kg de peso en la mujer (*Kelley, 1993*). Dentro del organismo se distribuye en tres compartimientos bien definidos: Hierro funcionante, de los depósitos y circulante y quizá un cuarto compartimiento que podría incluir el intracelular.

El metabolismo intracelular del hierro está vinculado a la proteína de almacenamiento: la ferritina. Una vez que entra en la célula de la mucosa, el hierro puede combinarse con la proteína apoferritina para formar ferritina, o puede pasar al plasma y unirse en forma férrica a la proteína transportadora: la transferrina.

Adicionalmente existe un reciclado permanente de hierro al completarse la vida de los eritrocitos (120 días). La hemoglobina de los eritrocitos es degradada y el hierro liberado es almacenado en forma transitoria como ferritina, o devuelto a la circulación de inmediato (Figura 4). El movimiento extracelular de hierro entre los tejidos corporales está regulado por la transferrina. Todas las células corporales obtienen hierro de esta proteína mediante la activación del receptor de la superficie celular específico para transferrina.

2.4.4.4 Deficiencia de hierro en el organismo

La ferropenia ocurre cuando existe ingreso insuficiente de hierro en el organismo, aumento de las necesidades y/o eliminación excesiva del mismo, produciéndose un balance negativo.

La falta en el aporte de hierro por la dieta, o porque la dieta está constituida por alimentos que dificultan la absorción del metal, son los factores más comunes que intervienen en la ocurrencia de la ferropenia, si esto se acompaña de situaciones fisiológicas de crecimiento y desarrollo, embarazo o lactancia, provocarán un incremento en las necesidades de hierro y se tendrá como resultado estados de carencia del metal (**Wolf, 1998**).

Las consecuencias clínicas y funcionales son manifiestas en virtud de que la carencia afecta a casi todo el organismo (Viteri, 1994). Hay palidez cutáneo-mucosa, atribuible a la disminución del pigmento hemático y a la vasoconstricción cutánea para derivar sangre de la piel a órganos vitales; existe un régimen

circulatorio hipercinético compensador de la anoxia que se manifiesta por palpitaciones, taquicardia, aumento de la presión diferencial; se presenta astenia y adinamia como consecuencia de la deficiencia de enzimas férricas que intervienen en la liberación de energía.

2.4.4.5 Epidemiología de la deficiencia de hierro

Esta deficiencia constituye la carencia nutricional de mayor prevalencia y más ampliamente reconocida en el mundo: En 1991, la Organización Mundial de la Salud publicó que la deficiencia de hierro causó anemia en aproximadamente 1200 millones de personas sobre la tierra (**Viteri, 1991**), cifra que casi duplica la presentada por De Maeyer en 1985 de 700 millones (**De Maeyer, 1988**). Más recientemente la OMS ha publicado que la deficiencia de hierro está presente en 2150 millones de personas, esta tendencia sin duda es una gran preocupación para los dirigentes políticos y para la comunidad científica (**OMS, 1996**).

2.4.4.6 Toxicidad:

La toxicidad es rara y suele deberse a un problema metabólico. Niveles altos de hierro se asocian con alteraciones hepáticas, pancreáticas y cardíacas.

2.2.5 COBRE

El Cu es un metal de transición que presenta una configuración electrónica que les permite formar complejos de coordinación con moléculas orgánicas o con las cadenas laterales de aminoácidos, lo que los convierte en cofactores esenciales en numerosas proteínas

con diferentes actividades celulares (*Lippard and Berg, 1994; Puig et al., 2007*).

Según las series de Irving-Williams, que hacen referencia a la estabilidad relativa de los complejos formados por iones metálicos, el Cu^{2+} sería el metal más estable en la formación de dichos complejos (*Lippard and Berg, 1994*).

Al mismo tiempo, el Cu, que en su forma reducida (Cu^+) es insoluble, pasó a la forma oxidada (Cu^{2+}), que es soluble y, por tanto, accesible para las reacciones redox orgánicas, iniciándose su utilización por parte de los seres vivos y la sustitución de algunas funciones previamente desarrolladas por el Fe (*Crichton and Pierre, 2001*).

2.2.5.1 Déficit de cobre en el organismo

En humanos, existen diferentes causas que pueden provocar el déficit de Cu en el organismo, como la ingesta insuficiente, la deficiencia en su absorción y algunos trastornos hereditarios. Entre estos últimos se encuentra la enfermedad de Menkes, causada por una mutación en el gen que codifica la ATPasa de Cu, (ATP7A) (*Schlief et al., 2006*). Las consecuencias de la deficiencia de Cu en humanos van desde la anemia, a efectos neurológicos o anomalías en la pigmentación (*Linder et al., 1998*).

2.2.6 Alimentos Funcionales:

Los alimentos funcionales, aquellos que además de sus propiedades nutritivas aportan algún beneficio para la salud, han comenzado a

inundar los mercados y han obligado a la legislación a avanzar con ellos para garantizar que el consumidor reciba información veraz sobre sus propiedades. (Chasquibol et al, 2003)

2.2.6.1 Definición de Alimentos Funcionales:

La Norma N° 398 publicada el 30 de abril de 1999 por la Secretaria de Vigilancia Sanitaria del Ministerio de Salud de Brasil establece como definición legal de los alimentos funcionales. “Todo aquel alimento o ingrediente que más allá de las funciones nutricionales básicas, cuando se consumen como parte de la dieta habitual, producen efectos metabólicos y/o fisiológicas beneficiosas para la salud y deben ser seguros para el consumo sin control médico”.

Los alimentos funcionales son aquellos alimentos que son elaborados no solo por sus características nutricionales sino también para cumplir una función específica como puede ser mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades. Para ello se les agregan componentes biológicamente activos, como minerales, vitaminas, ácidos grasos, fibra alimenticia o antioxidantes, etc. A esta operación de añadir nutrientes exógenos se les denomina también fortificación. Este tipo de alimentos es un campo emergente de la ciencia de los alimentos que ve una posibilidad muy amplia de investigación alimentaria. Entre los logros más mencionados en la literatura científica y en el marketing de los productos alimenticios se encuentra la mejora de las funciones gastrointestinales, el aporte de sistema redox y antioxidante, así como la modificación del metabolismo de macronutrientes. (Chasquibol et al, 2003)

Existe, no obstante, una preocupación creciente desde finales del siglo xx por parte de las autoridades sanitarias en lo que respecta a la educación del consumidor sobre el consumo y las propiedades atribuidas a este tipo de alimentos. Las autoridades alimentarias y sanitarias de todo el mundo reclaman a los consumidores que el consumo de estos alimentos sea parte de una dieta equilibrada y en ningún caso como un sustituto de la misma. A pesar de este crecimiento en la demanda, la comunidad científica mundial se encuentra evaluando la idoneidad para la salud humana del consumo de este tipo de alimentos, sobre todo si consideran consumos a largo plazo. Este tipo de alimentos cubre un amplio espectro de posibilidades que pueden ir desde simples cereales y sus productos, lácteos diversos hasta pasar por alimentos de diseño (Chasquivol et al, 2003)

El número de alimentos funcionales es potencialmente alto y abarca alimentos naturales, componentes aislados de dichos alimentos que son añadidos a otros o envasados como suplementos dietarios, y componentes aislados que son sintetizados en un laboratorio. Según expertos en biotecnología, los alimentos funcionales son uno de los sectores más pujantes dentro de la alimentación, con incrementos constantes de ventas que se sitúan entre el 15 y el 16 por ciento. Reducir el colesterol, bajar de peso y mejorar la salud gastrointestinal son los tres tipos de beneficios que ofrecen estos alimentos **(Odar, 2008).**

2.2.7 PROBLEMÁTICA NUTRICIONAL EN EL PERÚ

La pobreza en nuestro país está caracterizada por el elevado índice de desnutrición infantil. La UNICEF, viene señalando en sus últimos informes que la causa de muerte de más de la mitad de los niños en el mundo es la desnutrición infantil. Por otro lado, la incidencia de la pobreza en el Perú es aún mayor entre los niños que entre los adultos. Así, 65,5% de los menores de 18 años viven por debajo de la línea de pobreza y 32,2% en condiciones de extrema pobreza; estos últimos son más de 2,1 millones de personas menores de edad que no logran satisfacer ni siquiera sus necesidades elementales de alimentación **(INEI, 2002). (Bello-Villarán, 2004).**

Sin embargo, más grave aún que la pobreza es la desigualdad entre ricos y pobres, que crece cada vez más: en el Perú, un niño integrante de una familia ubicada en el decil de familias más ricas se beneficia de ingresos 40 veces más altos que los que obtiene en promedio un niño integrante de una familia ubicada en el decil de familias más pobres. Al final de la década de 1990, las desigualdades económicas y sociales entre los peruanos seguían siendo enormes. Para comprobarlo basta con revisar las cifras correspondientes a un indicador, la mortalidad infantil, que en el año 2000 afectó a 17 por cada mil nacidos vivos en Lima Metropolitana, en tanto que en el Cusco la tasa llegó a 84 muertes por cada mil nacidos vivos. La tasa promedio de mortalidad en áreas rurales duplica la tasa promedio en áreas urbanas y la distribución por departamentos o regiones correlaciona con el nivel de pobreza de la población **(INEI, 2000). (Bello-Villarán, 2004).**

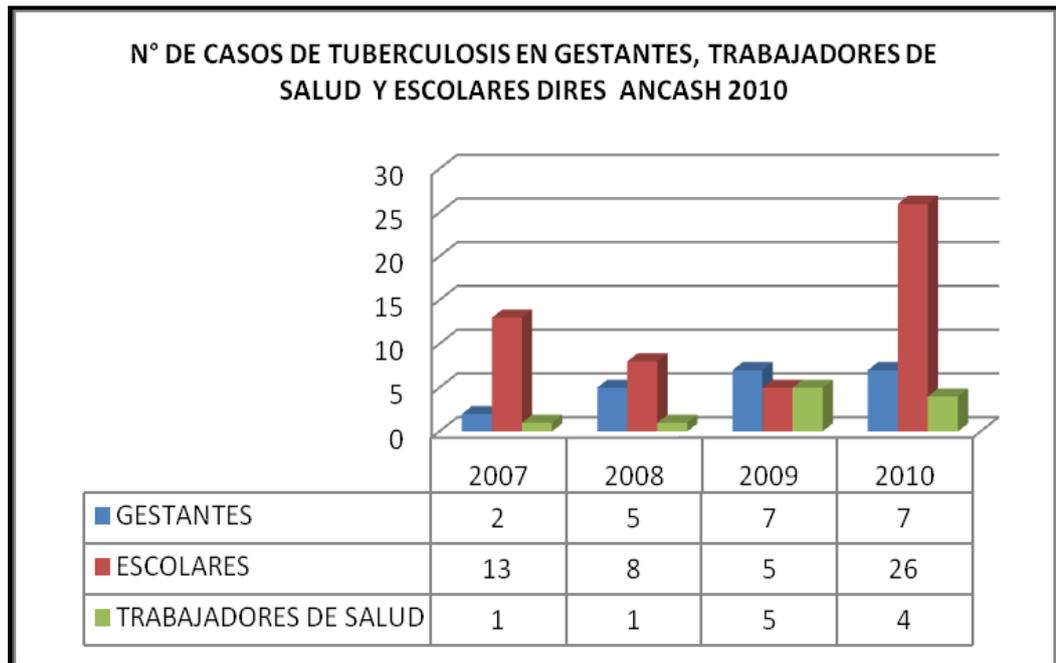
En el Perú el 52% de la población no satisface sus necesidades energéticas y el 35.8% sus necesidades proteicas de lo cual se concluye que aproximadamente el 44% de la población del Perú refleja algún grado de desnutrición. (Asmat y León, 1996).

En nuestro país, considerando la población de niños menores de 5 años, el 27,2% sufre desnutrición crónica. De los niños en edades de 6 a 9 años, este porcentaje se eleva a 48% y los departamentos más pobres alcanzan el 70%, mayormente en las zonas urbano marginales. En Ancash, Pallasca presenta el más alto grado de niños desnutridos crónicos con un 70.1% (Diresa-Ancash-red Caleta).

(Quispe L., 2010)

El estado de nutrición depende del aporte suficiente de alimentos en cantidad y calidad, para lo cual se debe contar con un buen estado de salud, para asimilar adecuadamente dichos alimentos. Los sectores pobres, al carecer de medios económicos no se abastecen adecuadamente de alimentos, tornándose en el sector de mayor riesgo en asegurar su alimentación y los servicios básicos ***(Diresa-Ancash-red Caleta). (Quispe L., 2010)***

Tabla N° 6: Aumento de los casos de tuberculosis



FUENTE: Quispe, L. (2010)

Se sostiene que algunas formas de solucionar el problema de mal nutrición es el incremento de la producción de alimentos formulados con alto contenido de proteínas y minerales a bajo costo (Valencia).

La especie humana necesita de aminoácidos esenciales y minerales, para obtener los primeros la dieta debe ser variada, siendo mejor la que combina cereales y leguminosas puesto que ambos alimentos se complementan para el aporte de aminoácidos necesarios. Para asegurar el déficit proteico lo más rápidamente posible, se asegura el poder usar fuente de proteínas inexploradas de leguminosas, oleaginosas, raíces y productos de origen marino (**Loayza, 1978**).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución:

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Química Analítica de la Escuela de Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa
- Laboratorio de Limnología e impacto ambiental de la Escuela de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa.
- Biblioteca Central especializada de la Universidad Nacional del Santa.

3.2. Materiales:

3.2.1. Materia prima:

- Maca (*Lepidium meyenii*), este (Tuberculo) fue adquiridas en el “Mercado La Perla”- (Chimbote).
- Muña (*Minthostachymollis*), esta planta leñosa fue adquiridas en el “Mercado La Perla”- (Chimbote).
- Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), esta planta terofito erguida fue adquiridas en el “Mercado La Perla”- (Chimbote).

3.3. Equipos e instrumentos, reactivos y otros materiales:

Fueron necesarios para la realización de este trabajo de investigación los siguientes equipos e instrumentos, materiales y reactivos:

3.3.1. Equipos e instrumentos:

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica a la Llama marca Buck Scientific, modelo 210 VGA.
- Campana Extractora
- Balanza analítica marca ADAM, modelo PW-254.
- Digestor de proteínas.
- Estufa marca Blue-M, modelo SW-17TC-1
- Micro pipeta de 20 a 100µl
- Mufla marca Thermolyne.
- Set para extracción de grasas Soxhlet.

3.3.2. Reactivos:

- Ácido nítrico concentrado
- Ácido clorhídrico concentrado
- Solución de hidróxido de sodio 0.1M
- Solución de ácido clorhídrico 0.01M
- Sulfato de sodio
- Sulfato de cobre
- Fenolftaleína
- Etanol (96 °)
- Ácido sulfúrico (96%)
- Rojo de metilo
- Agua destilada

3.3.3. Materiales de Vidrio y Otros

- Fiolas de 100ml
- Tubos de ensayo de 100 ml
- Placas Petri
- Pipetas de 10 ml
- Matraz de 100 ml y 250 ml
- Vaso de precipitación de 100 y 250 ml
- Bureta graduada de 50ml
- Agitador de vidrio
- Probeta de 100 ml
- Capsula de porcelana
- Papel filtro
- Crisol
- Mechero bunsen
- Campana desecadora, etc.

3.4. Métodos:

3.4.1. Caracterización de las materias primas:

3.4.1.1. Caracterización de la muestras:

La Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), fue caracterizada por las siguientes métodos analíticos.

3.4.1.2 Composición porcentual:

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de las muestras fueron realizadas por los métodos N°44-15 A de la AACC

(1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos totales se determinaron por diferencia (100% - de los otros componentes.) Las pruebas fueron analizadas por triplicado, excepto la determinación de proteína, grasa y carbohidratos.

3.4.1.3. Granulometría:

El tamaño de partícula de las muestras, Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), se determinó por triplicado por el **método N° 965.22 de la AOAC (1997).**

3.4.2. MÉTODO DE ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA A LA LLAMA.

Este método permite llevar a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo de entre 70 y 80 elementos. Los límites de detección para muchos de estos elementos son de menos de una parte por millón. Como todos los métodos espectroscópicos, en la espectroscopia de absorción atómica es necesario llevar a la muestra a un estado de vapor atómico. Este proceso, conocido como atomización, consiste en volatilizar la muestra y descomponerla en sus átomos y quizás en algunos iones gaseosos. Para la atomización de las muestras que se van a analizar por espectroscopia de absorción atómica se utiliza principalmente la atomización a la flama y la atomización en horno. La absorción atómica electromagnética y en flama solo es técnicas cuantitativas dado que, para cada elemento, se debe utilizar una

lámpara específica de cátodo hueco. El análisis cuantitativo basado en la ley de Lambert-Beer para el análisis de absorción molecular se aplica igualmente a la absorción atómica. Los átomos absorben luz visible o ultravioleta y hacen transiciones a niveles de energía más altos. La concentración del analito es determinada por la cantidad de absorción. Aplicando la ley de Lambert-Beer directamente en la espectroscopia de absorción atómica es difícil debido a la eficiencia de la atomización de la muestra de la matriz y a la no uniformidad de la concentración, y a la longitud de la trayectoria de los átomos del analito (en el horno de grafito absorción atómica). Las mediciones de concentración son generalmente determinadas de una curva de calibración, después de haber calibrado el aparato con los estándares de concentración conocida. Un espectrofotómetro de absorción atómica está formado por:

- ✓ **Fuente de luz.** Usualmente es una lámpara de cátodo hueco de los elementos a ser medidos. Los láser son también usados en estos instrumentos. Los láser son suficientemente intensos para excitar los átomos a mayores niveles de energía, esto permite hacer las mediciones de absorción atómica y fluorescencia atómica en un solo instrumento. La desventaja de estas angostas bandas de luz es que solo se puede medir un elemento a la vez.
- ✓ **Monocromadores y detectores de luz visible y UV-VIS.** El principal propósito de un monocromador es separar la línea de absorción del fondo de la luz debido a las interferencias. Los instrumentos de

absorción atómica reemplazan a los monocromadores con filtro de interferencia band pass.

- ✓ **Tubos fotomultiplicador.** Son comúnmente usados como detectores de espectroscopia de absorción atómica.
- ✓ **Atomizador.** La espectroscopia de absorción atómica necesita que los átomos se encuentren en fase gaseosa. Los átomos e iones de la muestra deben sufrir desolvación y vaporización a altas temperaturas como en el horno de grafito o la flama. La flama de absorción atómica solo puede ionizar soluciones analíticas, mientras que el horno de grafito puede aceptar soluciones, mezclas o muestras sólidas. La flama de absorción atómica usa una hendidura de tipo mechero para incrementar la longitud de la trayectoria y así incrementar la absorbancia total. Las muestras líquidas son aspiradas por un flujo de gas hacia una cámara de nebulización (combinación para formar gotas pequeñas antes de entrar a la flama). El horno de grafito tiene varias ventajas sobre la flama. Es mucho más eficiente y puede aceptar directamente muestras muy pequeñas para usarse directamente. Además produce un ambiente de reducción para oxidar fácilmente los elementos. Las muestras son puestas directamente al horno y el horno es calentado eléctricamente en varios pasos para secar la muestra, en cenizas de materia orgánica y vaporizar los átomos de analito.

La diferencia más importante entre un espectrofotómetro de absorción atómica y uno de absorción molecular es la necesidad de convertir el analito en átomos libres. El proceso de convertir el analito

en sólido, líquido o solución a un átomo gaseoso libre se llama atomización. En la mayoría de los casos la muestra contiene el analito, a la muestra se le da un tratamiento para dejar el analito en solución orgánica o acuosa para ser analizada. Dos métodos generales de atomización son usados: atomización a la flama y atomización electrotérmica.

Los límites de detección y sensibilidad del analito Hierro, para el procedimiento de Espectroscopia de Absorción Atómica por horno de grafito o electrotérmica, el límite de detección LD=1 µg/L; margen=5-100 µg/L y de Llama límite de detección LD=0,02 mg/L; margen=0,3-10 mg/L.

Los límites de detección y sensibilidad del analito Cobre por el método de Espectroscopia de Absorción Atómica por horno de grafito o electrotérmica, el límite de detección LD=1 µg/L; margen=5-100 µg/L y de Llama donde el límite de detección LD=0,01 mg/L; margen= 0,2-10mg/L, debido a que no presentan interferencias. [2]

Por lo tanto el método analítico para cuantificar las concentraciones de Hierro y Cobre en partes por millón es por Absorción Atómica a Llama.

3.4.3 METODOLOGIA DE ESTUDIO

✓ Recepción de Muestra

La compra de las plantas: La Maca (*Lepidium peruvianum*), Muña (*Minthostachys mollis*) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), se realizó en el mercado de la Perla de Nuevo Chimbote-Santa, la cual

se llevó a laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional del Santa.

✓ **Selección**

Se realizó en laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional del Santa. Lo cual se seleccionó y separo las plantas de acuerdo a su calidad en el aspecto físico (color, tamaño, frescura).

✓ **Lavado**

Las plantas (muestras), Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), se lavaron con una solución de ácido clorhídrico de una concentración de 0.01N y posteriormente se enjuago con agua destilada, de esta manera para evitar que partículas extrañas y microorganismos este presentes en las plantas.

✓ **Secado**

Las plantas, Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), Se cortaron en pequeños fragmentos y luego se colocaron en una luna de reloj y se llevaron la estufa a una temperatura de 45°C por espacio de 12 horas.

✓ **Molienda y tamizado**

Después de la estufa se llevó a la Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), a pulverizarlo, para lo cual se hizo en un mortero, posteriormente se utilizó un tamiz de malla 200.

✓ **Digestión**

Después del tamizado se pesó 0.5 gramos de, Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), independientemente y se llevó a una fiola de 100 mililitros y se adiciono 12 ml de ácido nítrico concentrado y se colocó a un plancha eléctrica, hasta ebullición, terminando la digestión química cuando la muestra se encuentra totalmente soluble en el ácido nítrico, todo esto se realizó en la campana extractora del laboratorio de química analítica.

✓ **Filtración**

Después de la digestión química se dejó enfriar a temperatura ambiente luego se aforo con agua destilada y se agito, para homogenizar la solución y posteriormente se filtró.

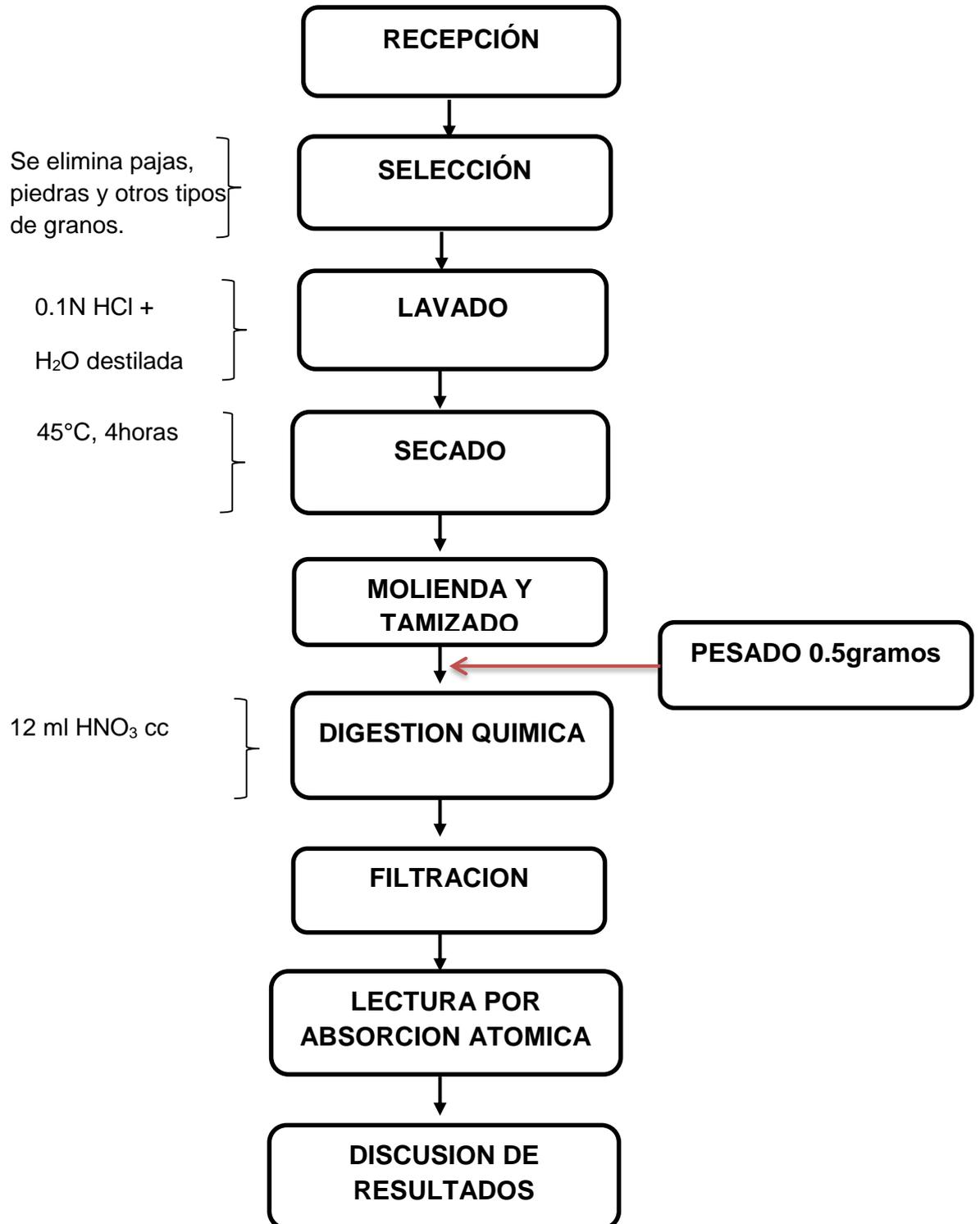
✓ **Lectura por Absorción atómica a la Llama**

La lectura de la cuantificación se realizó en el espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Buck Scientific VGA 210.

✓ **Discusión de resultados**

Con los resultados obtenidos cuantificamos cuál de las plantas tiene una mayor cantidad de Hierro y cobre, beneficioso para el consumo humano.

3.4.3.1 Diagrama de flujo utilizado en el proceso de cuantificación de Hierro y Cobre por espectrofotometría de Absorción Atómica a la Llama.



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la Materia Prima

4.1.1 Caracterización de la Maca

En la tabla 1 se muestra la composición fisicoquímica de la maca. que contiene entre 10 y 14% de proteínas en base a materia humedad, lo cual es superior a otras raíces y tuberíferas: camote 4%, arracacha 3%, papa 8%, olluco 7%, oca 6% y mashua 12%. Además de contener 78% de carbohidratos, es rico en glucosinolatos, alcaloides y taninos. *H. Bermejo y J. León. 1994*

Tabla N° 7

Parámetro	Contenido Base Humedad
Humedad (%)	10.64
Proteína (factor x 6.25)	12.20
Grasa	0.80
Fibra cruda	5.30
Cenizas	4.49
Carbohidratos	71.86
Energía (kCal)	341.35

Fuente propia

4.1.2 Caracterización de la Muña (*Mintostachymollis*)

En la tabla N° 8 se muestra la composición fisicoquímica de la maca. que contiene entre 2 y 5% de proteínas en base humedad.

Tabla N° 8

Parámetro	Contenido Base Humedad
Humedad (%)	17.00
Proteína (factor x 6.25)	3.2
Grasa	2.80
Fibra	9.4
Cenizas	10.7
Carbohidratos	66.30
Energía (kCal)	288.35

Fuente propia

4.1.3 Caracterización de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*)

En la 3 se muestra la composición fisicoquímica de la maca. que contiene entre 12 y 18% de proteínas en base humedad.

Tabla N° 9

Parámetro	Contenido Base Humedad
Humedad (%)	9.8
Proteína (factor x 6.25)	15.18
Grasa	8.4
Fibra	3.8
Cenizas	3.4
Carbohidratos	58.6
Energía (kCal)	288.35

Fuente propia

4.2 Elaboración de la curva de calibrado de cobre por el método de Absorción Atómica.

4.2.1 Preparación de estándar de cobre

Para la determinación de la concentración del elemento cobre en las plantas, Maca (*Lepidium peruvianum*), Muña (*Mintostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), se realizó la preparación de cuatro estándares, la concentración y absorbancia del elemento cobre se resume en la siguiente tabla.

Tabla N° 10: Datos de Absorbancia a diferentes concentraciones de Cobre (mg/L), a una longitud de onda de 545 nm

N° de estándares	Concentración	Absorbancia
1	0.5	0.0253
2	1.5	0.0741
3	2.5	0.1124
4	3.5	0.1646

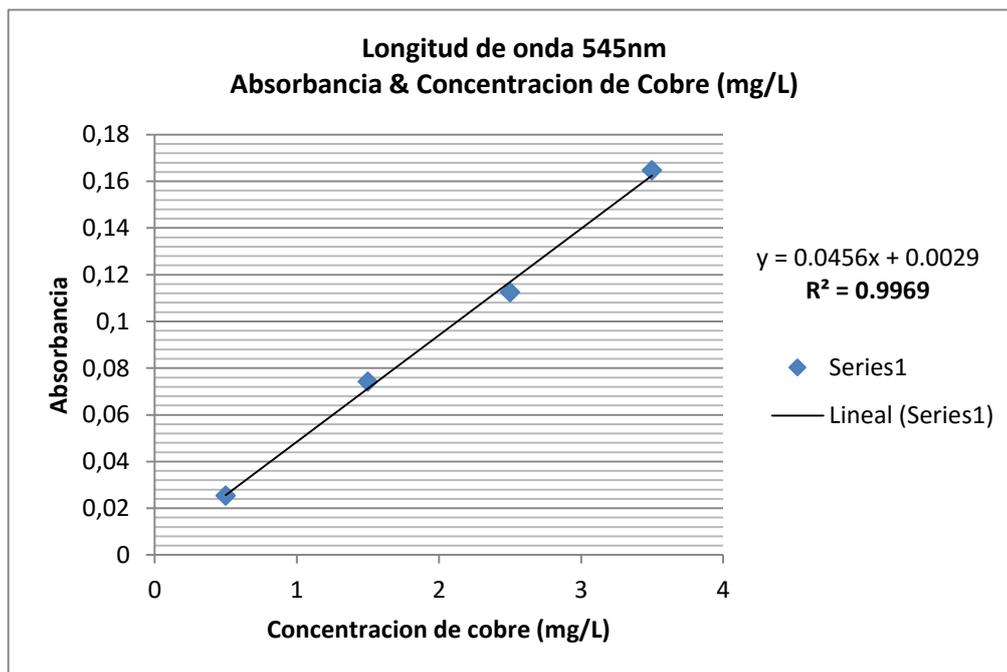


Figura N° 4: Curva de calibrado de cobre.

4.2.2 Preparación de estándar de Hierro

Para la determinación de la concentración del elemento Hierro en las plantas, Maca (*Lepidiumperuvianum*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), se realizó la preparación de cuatro estándares, la concentración y absorbancia del elemento Hierro se resume en la siguiente tabla.

Tabla N° 11: Datos de Absorbancia a diferentes concentraciones de Hierro (mg/L), a una longitud de onda de 248 nm.

N° de estándares	Concentración	Absorbancia
1	0.5	0.0435
2	1.5	0.1262
3	2.5	0.2071
4	3.5	0.2919

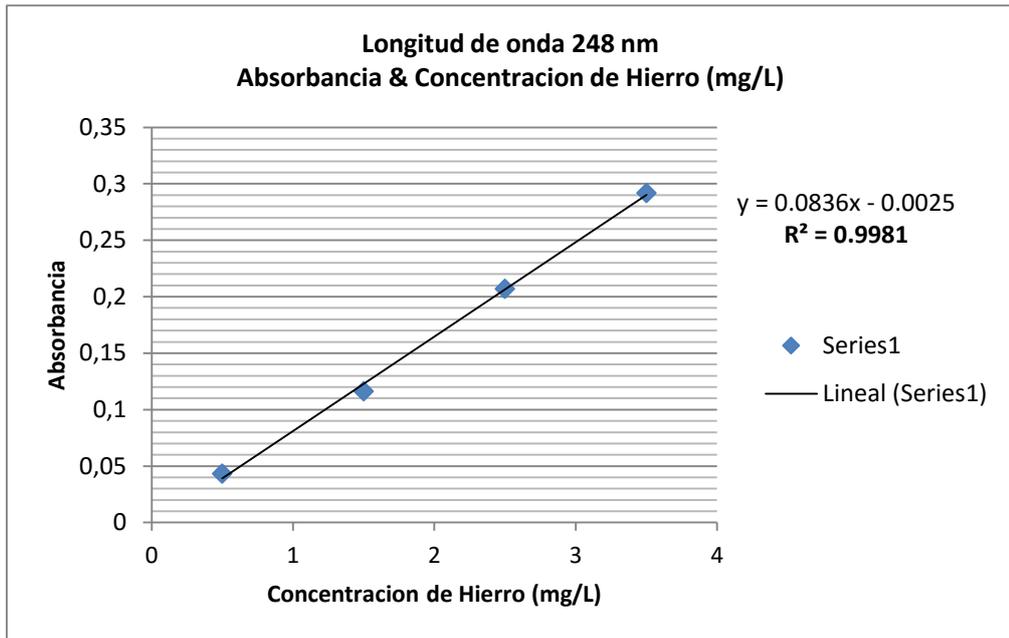


Figura N° 5: Curva de calibrado de Hierro.

4.3 Resultados de Hierro por espectrofotometría de Absorción Atómica a la Llama.

Cuadro N° 1: Concentración de Hierro (mg/100g)

Muestras (Especie)	Concentración de Hierro (mg/100g)	Concentración de Hierro (Promedio)
Maca <i>(Lepidiumperuvianum)</i>	16.42	16.2
	16.89	
	15.29	
Muña <i>(Minthostachymollis)</i>	21.33	20.64
	20.48	
	20.11	
Cañihua <i>(Chenopodiumpallidicaule)</i>	14.86	14.9
	15.67	
	14.17	

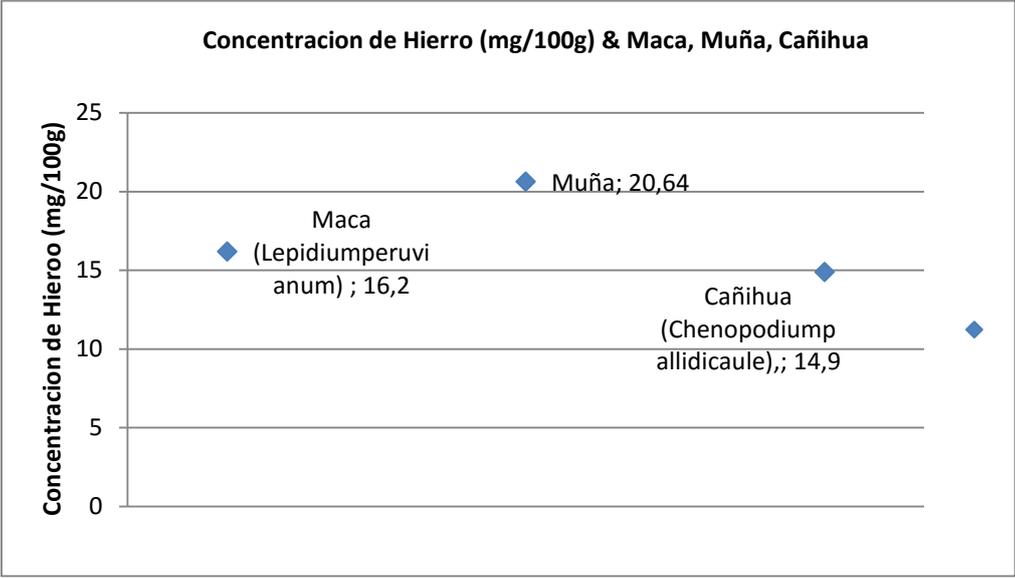
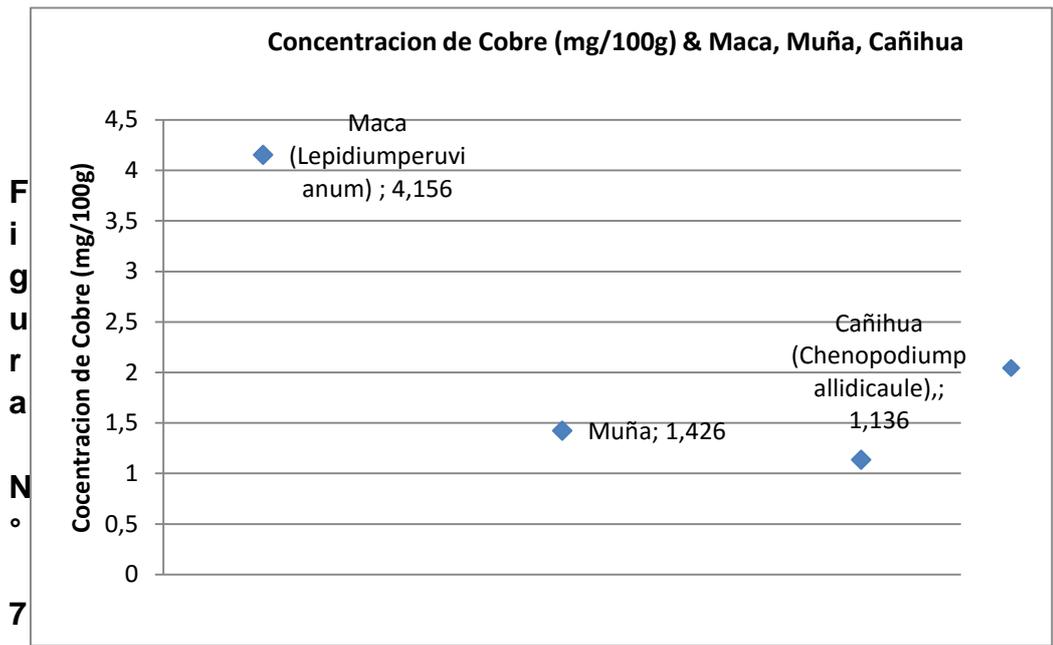


Figura N° 6: Concentración de Hierro (mg/100g) con las diferentes especies Maca, Muña, Cañihua.

4.4 Resultados de Cobre por espectrofotometría de Absorción Atómica a la Llama

Cuadro N° 2: Concentración de Cobre (mg/100g)

Muestras (Especie)	Concentración de Cobre (mg/100g)	Concentración de Cobre (Promedio)
Maca <i>(Lepidiumperuvianum)</i>	4.38	4.156
	4.12	
	3.97	
Muña <i>(Minthostachymollis)</i>	1.50	1.426
	1.37	
	1.41	
Cañihua <i>(Chenopodiumpallidicaule)</i>	1.21	1.136
	1.06	
	1.14	



Concentracion de Cobre (mg/100g) con las diferentes especies Maca, Muña, Cañihua.

4.5 Resultados de Hierro y Cobre por espectrofotometría de Absorción Atómica a la Llama.

Cuadro N° 3: Concentración promedio de Hierro y Cobre (mg/100g)

Muestras (Especie)	Concentración de Hierro (Promedio)	Concentración de Cobre (Promedio)
Maca (<i>Lepidiumperuvianum</i>)	16.2	4.156
Muña (<i>Minthostachymollis</i>)	20.64	1.426
Cañihua (<i>Chenopodiumpallidicaule</i>)	14.9	1.136

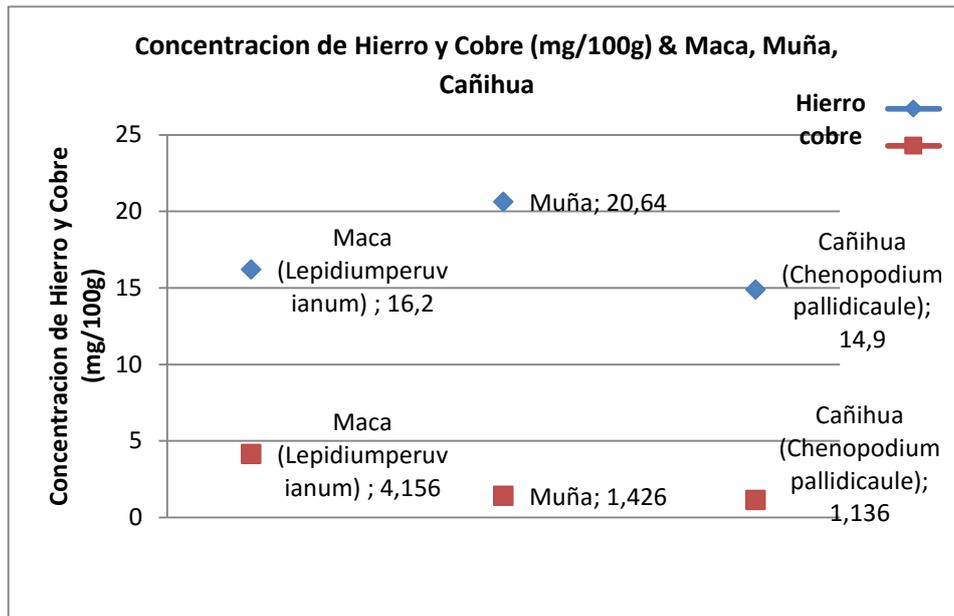


Figura N° 8: Concentración de Hierro y Cobre (mg/100g) con las diferentes especies Maca, Muña, Cañihua.

V. CONCLUSIONES

1. El método de lectura de la cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica a la llama Buck Scientific VGA 210 para el análisis de Hierro en las plantas Maca (*Ipidiummeyerii*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*) presenta los valores de calibración que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 12: Valores de operación del espectrofotómetro de absorción atómica a la llama Buck Scientific VGA 210. Para el elemento Hierro.

Variable	Valor
Intervalo lineal	0.2 a 5mg de Fe/L
Correlación lineal	0.9981
Límite de Detección	0.0332mg de Fe/L
Límite de Cuantificación	0.0751mg de Fe/L
Sensibilidad	0.0934 ± 0.0058

2. El método de lectura de la cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica a la llama Buck Scientific VGA 210 para el análisis de Cobre en las plantas Maca (*Ipidiummeyerii*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*) presenta los valores de calibración que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 13: Valores de operación del espectrofotómetro de absorción atómica a la llama Buck Scientific VGA 210. Para el elemento cobre.

Variable	Valor
Intervalo lineal	0.1 a 5mg de Cu/L
Correlación lineal	0.9969
Límite de Detección	0.0212mg de Fe/L
Límite de Cuantificación	0.0658mg de Fe/L
Sensibilidad	0.0933 ± 0.0064

3. El método es repetible y reproducible para las muestras en general y las concentraciones comprendidas en el intervalo lineal.
4. Se verifico la veracidad y trazabilidad del método a nivel interno, quedando pendiente constatar dichos términos, mediante la participación en un ensayo interlaboratorios.
5. La precisión y trazabilidad, depende en gran medida, de la habilidad y experiencia del analista desde la toma de muestra, preparación y digestión química, hasta la lectura de la cuantificación de Hierro y Cobre por el espectrofotómetro de absorción atómica Buck Scientific VGA 210.
6. Se puede concluir que: Las plantas Maca (*lepidiummeyenii*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*) son alimentos ricos en Hierro y Cobre que son necesarios para evitar la anemia y problemas cardiovasculares respectivamente, obteniendo la Muña (*Minthostachymollis*) un resultado de Hierro más alto de 20.64mg/100g.

Y el resultado más alto con respecto al Cobre fue de 4.156mg/100g. Lo obtuvo el Maca (*Lepidiumperuvianum*).

7. La Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*), tuvo los valores más bajos obtenidos de Hierro de 14.9 mg/100g y de cobre fue de 1.136mg/100g.
8. La evaluación proteica de las plantas, Maca (*lepidiummeyenii*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*) determinó que el valor más alto fue de 15.18 porciento y lo corresponde a la especie, Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*) y el valor más bajo fue de 3.2 porciento que corresponde a la especie de Muña (*Minthostachymollis*) demostrando de esta manera que estamos en el rango de porcentaje que fluctúan según nuestra fuente bibliográfica. ***H. Bermejo y J. León. 1994***

VI. RECOMENDACIONES

1. Se puede sustituir parcialmente la harina de Trigo por la Maca (*lepidiummeyenii*), Muña (*Minthostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodiumpallidicaule*) en la elaboración de pan que es de consumo diario ya que tiene efectos beneficiosos en cuanto al incremento en el porcentaje de Proteína, Hierro y cobre, que sirve para prevenir la anemia y anomalías cardiovasculares respectivamente.
2. Se debe seguir con los protocolos con HCl 3N para el material de vidrio a fin de obtener datos confiables y eliminar así interferencias por adherencia de hierro.
3. Se debe preparar los estándares con soluciones stock original (Merck) cuya matriz es 1% de ácido nítrico, de esta manera nuestro grado de confiabilidad será mayor.
4. Se recomienda no calibrar el equipo con estándares almacenados de dos a varios días, es necesario hacerlo con estándares preparados del momento ya que el Hierro se adhiere como cloruro ferroso a las paredes de material de vidrio. Y de esta manera causa interferencias.
5. Es conveniente ajustar el blanco cada cinco muestras realizadas debido a que la señal tiende a aumentar, afectando las lecturas en el espectrofotómetro.
6. Los datos obtenidos por el espectrofotómetro de absorción atómica a la Llama Buck Scientific VGA 210 pueden ser comparados por otros laboratorios en los cuales tienen el mismo método analítico y de esta manera verificar la exactitud y precisión de los datos obtenidos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ **Amat y León. (1981).** “Alimentación en el Perú” Universidad Particular del Pacífico. Centro de Investigación. Lima-Perú.
- ✓ **APHA-AWWA-WPCF (1992).** Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, Ed. Díaz de Santos, 17 Edición.
- ✓ **Blanco B, Teresa; Alvarado O, Ureta, Muñoz J, Ana M (2003).** Evaluación de la composición nutricional de la Maca y Cañihua, procedente de diversos departamentos del Perú.
- ✓ **Carmona, C. (2009).** Determinación de Elementos Traza (Pb, Cd, Cu, Mn, Zn, Fe y As) En Salmones Coho (*Oncorhynchus kisutch*) Mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica en la X y XIV Regiones de Chile. Tesis, Escuela de Química y Farmacia, Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 118 pp.
- ✓ **Cabieses, c. (1996).** “Estudio de Mezclas Proteicas Provenientes de Leguminosas y Cereales Cultivados en el Perú”. INDDA, Lima Perú.
- ✓ **Chasquivol, N.; Lengua, L; Delmas, I; Rivera, D; Bazán, D; Aguirre, R; Bravo, L. (2003)** Alimentos Funcionales o Fitoquímicos. Clasificación e importancia. Departamento de Química Analítica, Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
- ✓ **Collazos, C. (1993).** “La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú”. Sexta edición. Ministerio de salud. Instituto Nacional de Nutrición. Banco Central de Reserva. Lima-Perú.

- ✓ **Digesa, (2008).** Dirección general de salud ambiental. Cajamarca saludable II. Cajamarca, Marzo del 2008. Ministerio de Salud, Gobierno Regional de Cajamarca.
- ✓ **FAO.** (2000). "Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo". Colección FAO: Alimentación y Nutrición. N° 29 ONU. Roma.
- ✓ **J. Tello; M. Hermann y A. Calderón (1992).** "La maca (*Lepidium meyenii* Walp): cultivo alimenticio potencial para las zonas alto andinas". Boletín de Lima. N°81. Perú.
- ✓ **L. Ramos (2002),** "Aspectos tecnológicos para la extrusión de cereales andinos", monografía para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- ✓ **Norma ISO/IEC 17025 (1999).** Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.
- ✓ **Kirk R. S., Sawyer R., Egan, H. (1996)** Composición y análisis de alimentos de Pearson, segunda edición; Compañía editorial continental SA de CV, México.
- ✓ **Valdivia Z, Hernán B, Almanza G (2013).** Evaluación del contenido de minerales de *LepidiumMeyenii*, Maca natural Boliviana. BolivianJournal of Chemistry. 2013 Sep; 30:74-79

VII. PAGINAS WEB:

- ✓ DRA-Junín. Portal Agrojunin, Estadística Regional. Disponible en:
http://www.agrojunin.gob.pe/agrojunin/servicios/estadistica/est_agricola_regional.shtml. Acceso el 25 de marzo del 201.
- ✓ H. Bermejo y J. León. 1994. Andean roots. Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective Plant Production and Protection Series N°26. FAO. Rome, Italy. Disponible en:
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/1492/roots.html#Maca>. Acceso el 8 de mayo del 2010.
- ✓ http://wiki.sumaqperu.com/es/La_Maca
- ✓ <http://radio.rpp.com.pe/saludenrpp/los-10-alimentos-mas-ricos-en-hierro/>
- ✓ http://www.medicina.usmp.edu.pe/horizonte-/2003/Art1_Vol3_N1-2.pdf
- ✓ Cerezal Mezquita, Pedro, Carrasco Verdejo, Andrea, Pinto Tapia, Karina *et al.* (2007). Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años: Desarrollo de la formulación y aceptabilidad. *INCI*. [online]. dic. 2007, vol.32, no.12 [citado 01 Febrero 2012], p.857-864. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007001200013&lng=es&nrm=iso. ISSN 0378-1844.
- ✓ **Odar, R.** (2008). La página de la Industria alimentaria. “El crecimiento de los alimentos funcionales”. Lima, San Miguel-Perú. <http://industrias-alimentarias.blogspot.com/2008/02/el-crecimiento-de-los-alimentos.html>

- ✓ **Primo Y. (1981).** “Productos para el campo y propiedades de los alimentos”, Tomo III. Editorial Alambra. España-Madrid.
<http://elcomercio.pe/gastronomia/787230/noticia-ajonjoli-aliado-contra-colesterol>

- ✓ **Quispe L. (2010).** Ministerio de salud- dirección regional de salud- Ancash.

- ✓ **Universidad de Maryland, Centro medico. (2006).** La importancia de los minerales en la nutrición (en línea). Estados Unidos. Consultado 17 Enero 2016. <http://www.elsantafesino.com/vida/2006/02/17/4275>

ANEXOS

Tabla N° 14: Parámetros de operación en el espectrofotómetro de Absorción Atómica Buck Scientific VGA 210. Para el elemento Hierro

Parámetro	Especificación
Lámpara de Cátodo Hueco	Fe
Flujo de aire	8 litros /min
Flujo de acetileno	2.4 litros/min
Longitud de onda	248.3 nm

Tabla N° 15: Parámetros de operación en el espectrofotómetro de Absorción Atómica Buck Scientific VGA 210. Para el elemento Cobre

Parámetro	Especificación
Lámpara de Cátodo Hueco	Cu
Flujo de aire	9.3 litros /min
Flujo de acetileno	2.6 litros/min
Longitud de onda	324.8 nm

Metodología para la determinación de Hierro y Cobre en: Maca (*Lepidium meyenii*), Muña (*Mintostachymollis*) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*)



Figura N° 9: Calibración de la balanza analítica a cero.



Figura N° 10: Las muestras son pesadas, Maca, Muña y Cañihua

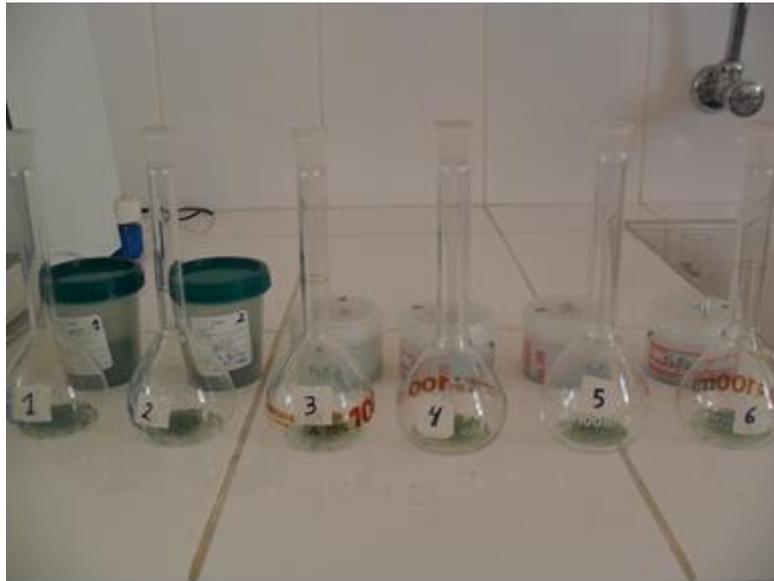


Figura N° 11: Las muestras son pesadas y llevada a las fiolas de 100ml.

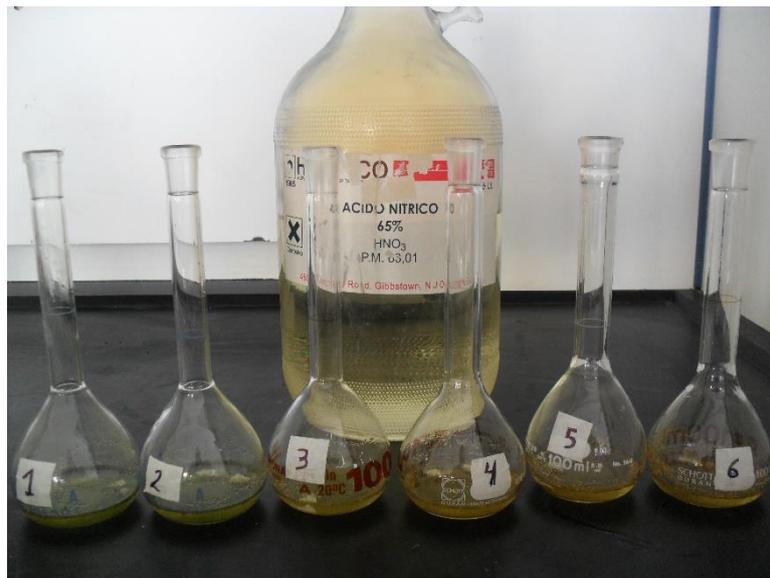


Figura N° 12: Adición del ácido nítrico concentrado (12ml)



Figura N° 13: Digestión química de las muestras en la plancha eléctrica.



Figura N° 14: Digestión química se realizó en campana extractora.



Figura N° 15: Adición de agua ultra pura.



Figura N° 16: Las fiolas son aforadas con agua ultra pura.



Figura N° 17: Filtración de las muestras.



Figura N° 18: Espectrofotómetro de Absorción Atómica Buck Scientific VGA 210.



Figura N° 19: Lectura de Hierro y Cobre en el espectrofotómetro Absorción Atómica Buck Scientific VGA 210.