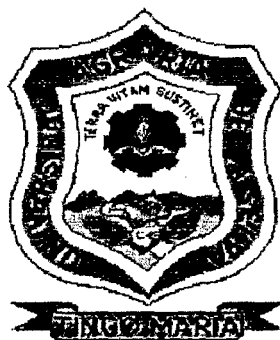


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS, TECNOLOGÍA E INGENIERIA DE LOS ALIMENTOS



“Caracterización física-química de 4 ecotipos de Maca (*Lepidium meyenii Walp.*). Procesos de liofilización, atomización y pre-gelatinización en el ecotipo seleccionado”

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

RAFAEL VINICIO MACHADO MERINO

TINGO MARIA – PERU

2001



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

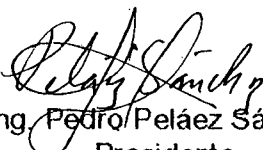
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 20 de abril del 2001, a horas 6:25 pm., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **Rafael Vinicio MACHADO MERINO**.


“Caracterización físico-química de 4 ecotipos de maca (*Lepidium meyenii Walp.*); procesos de liofilización, atomización y pregelatinización en el ecotipo seleccionado”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran aprobada con el calificativo de **Muy Bueno**, en consecuencia el Bachiller: **Rafael Vinicio MACHADO MERINO**, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art.22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 43° y 45° del Estatuto y los artículos 95° y 96° del Reglamento General de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, mayo 17 del 2001


Ing. Pedro Peláez Sánchez
Presidente


Ing. David Guarda Sotelo
Vocal


Ing. Yolanda Ramírez Trujillo
Vocal




Ing. Elizabeth Ordóñez Gómez
Asesor

DEDICATORIA

Con profunda gratitud a mis queridos padres:

RAÚL y MARÍA ISABEL , quienes siempre me
brindaron cariño y comprensión.

Con el aprecio y cariño de siempre a mis hermanos:

ERIKA, CARLOS y TINO.

A mis tíos :

Miguel Machado C.

Sebastián Hidalgo D.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. **ELIZABETH ORDÓÑEZ GÓMEZ** y al doctor **MANUEL SANDOVAL CHACÓN**, patrocinador y co-patrocinador del presente trabajo de investigación.

Al **CONSEJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA (CIUNAS)**, por el apoyo económico brindado.

Al Ing. **JOSÉ ALIAGA CÁRDENAS**, por apoyo en la bibliografía y procesamiento.

A los técnicos de laboratorio **QUINTO ESTELO, GLELIA RÍOS, RENE CALDERÓN**, por su ayuda en la realización de los diferentes análisis.

A la **LIOFILIZADORA DEL PACIFICO S.A.**, por la ayuda en el procesamiento.

A mis amigos **JUAN CARLOS, MARCO ANTONIO** por su amistad.

INDICE

RESUMEN	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	2
A. Generalidades de la maca.....	2
1. Definición.....	2
2. Clasificación botánica.....	2
3. Ubicación geográfica y características botánicas del cultivo.....	4
4. Siembra de la maca.....	5
5. Cosecha.....	7
6. Ecotipos	7
7. Composición química de la maca.....	8
8. Valor nutricional.....	11
B. Liofilización	15
1. Definición.....	15
2. Ventajas	15
3. Principales operaciones.....	16
4. Transferencia de calor.....	19
5. Control de calidad.....	20
C. PRE-GELATINIZACIÓN	20
1. Definición.....	20
2. Ventajas del pre- gelatinizado.....	21

3.Principales conceptos.....	21
D. ATOMIZACIÓN.....	23
1.Definición.....	23
2.Ventajas	24
3.Principales parámetros.....	25
III. MATERIALES Y METODOS	26
A. Lugar de ejecución.....	26
B. Materiales.....	26
C. Métodos de análisis.....	29
1. Análisis físico.....	29
2. Análisis químico proximal.....	29
3. Determinación de calcio y magnesio.....	30
4. Determinación de Na, K, Fe, Cu, Zn y Mn.....	32
5. Determinación de fósforo.....	34
6. Determinación de nitratos y nitritos.....	35
7. Determinación de vitamina C.....	37
D. Metodología experimental.....	39
1. Caracterización física de los diferentes ecotipos de maca.....	39
2. Caracterización químico proximal.....	39
3. Determinación de minerales de los ecotipos de maca.....	40
4. Determinación de nitritos.....	41
5. Determinación de vitamina C.....	42

6. Procesos aplicados a la maca.....	42
7. Caracterización químico proximal de maca procesada.....	54
8. Evaluación de macro y micro minerales de maca procesada.....	55
9. Determinación de nitritos en maca procesada.....	55
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
A. CARACTERIZACION DE LOS DIFERENTES ECOTIPOS DE MACA.....	56
1. Determinación física de los eco tipos de maca.....	56
2. Caracterización químico proximal.....	59
3. Determinación de minerales.....	62
4. Determinación de nitritos	68
5. Determinación de vitamina C.....	69
B. CARACTERIZACION DE MACA PROCESADA.....	71
1. Caracterización químico proximal	71
2. Evaluación de minerales en maca procesada.....	77
V. CONCLUSIONES.....	89
VI. RECOMENDACIONES.....	90
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	91
VIII. ANEXO.....	94

RESUMEN

La maca (*Lepidium meyenii* Walp.) , es una planta oriunda del Perú, crece en los Andes, soportando condiciones extremas de frío y sequías además de las heladas. Es un cultivo tradicional cuya raíz o tubérculo posee gran valor económico y nutricional. Se cultivó y consumió desde la época del antiguo Perú; hoy en día, las zonas destinadas a su cultivo han disminuido considerablemente.

La literatura indica diferentes ecotipos de maca teniendo en cuenta el color externo de la raíz, las que presentan principalmente colores: amarillo, negro, rojo y morado.

Dentro de los objetivos que persigue el presente estudio se tienen:

- Caracterizar cuatro ecotipos de maca considerando aspectos físicos, composición química proximal, nivel de minerales y nitritos.
- Evaluar la composición química proximal, nivel de minerales y nitritos de la maca seleccionada luego de los procesos de Liofilización, Pre-gelatinización y Atomización.

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes laboratorios: Análisis de Alimentos, Suelos, Espectrofotometría y Nutrición Animal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco a una altitud de 660 msnm y una temperatura que varía de 18°C a 30°C y un promedio de 25°C.

y en las empresas Liofilizadora del Pacífico S.A. y Maca Huayre S.R.L. ubicada en la ciudad de Lima.

El estudio se llevo a cabo en el periodo comprendido entre Enero a Diciembre del 2000.

La materia prima fue recabada de la comunidad de Vinchos, Departamento de Cerro de Pasco,. Las muestras fueron recogidas al azar de una parcela de 8 hectáreas , se tomó un total de 10 Kg. de cada ecotipo.

Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

De los ecotipos de maca evaluados negro, morado, rojo y amarillo, el ecotipo amarillo fue el que presentó las mejores características químico proximal y contenido de minerales.

El ecotipo amarillo presentó las siguientes características; humedad de 10,23%, proteína 12,08%, fibra 4,77%, grasa 0,36%, ceniza 5,19%; el contenido de macro minerales fue: calcio 238,31 mg/100g, fósforo 317,68 mg/100g, potasio 945,57 mg/100g, magnesio 75,73 mg/100g y sodio 18,20 mg/100g; así mismo el contenido de micro minerales fue: manganeso 3,85 mg/100g, zinc 2,78 g/100g, hierro 10,31 mg/100g y cobre 049 mg/100g; aparte de eso se determinó el contenido de nitritos que fue de 137,66 uM y de vitamina C 0,755 mg/100g .

La maca liofilizada presento las mejores características con los siguientes resultados: humedad 1,3%, proteína 12,7%, fibra 4,1%, grasa 0,57%, ceniza 4,5%; macro minerales tales como calcio 503,7 mg/100g, fósforo 321,6 mg/100g, potasio 3788,6 mg/100g, magnesio 138,7 mg/100g, sodio 30,4 mg/100g; micro minerales: manganeso 4,42 mg/100g, zinc 9,16 mg/100g, hierro 3,16 mg/100g y cobre 0.42 mg/100g. Se encontraron trazas de nitritos.

SUMMARY

Maca (*Lepidium meyenii* Walp.), is a plant that grows in the Andes of Peru. It is very resistant to cold temperatures and even survives with less water than other crops. The economical and nutritional value of maca relies on its root or tuber. The consumption of maca in Peru goes back to hundred and thousand years ago starting with the old civilizations that used to live in the Andes of Peru. Despite of this rich history, the cultivation of maca has decreased considerably during the last 20 years.

The literature indicates that there are different varieties or ecotypes based on the color of the tuber (yellow, black, red and purple). These ecotypes are currently sold in the domestic market but there are not reliable information about the differences in their nutritional value. Hence, our interest was to investigate the nutritional value of the main varieties of maca, and we set the following objectives:

- To characterize four varieties or ecotypes of maca based on their physical aspects, chemical proximal analysis, mineral composition and nitrite content. After this characterization, only one ecotype was selected for further technological processing.
- To evaluate the chemical composition and nutritional value of the selected maca after being processed by means of freeze-drying, pre-gelatinization and spray-drying.

This work was conducted in the Food Analysis, Spectrophotometry, Nutrition and Soil laboratories at Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria, Peru. This city is located in the central part of Peru at 660 meters above sea level. The climatic conditions indicate that the year round temperature varies between 18°C - 30°C with an average of 25°C. The freeze-drying and spray-drying of maca was performed at Liofilizadora del Pacifico S.A., and at Maca Huayre S.R.L. both plants located in Lima, Peru. The present study was conducted during the months of January to December, 2000. The raw material (tubers of

maca) was collected from Vinchos, a village located at an altitude higher than 3500 meters above sea level in Cerro de Pasco, Peru. Samples of maca were collected from the same plot (8 hectares) a total of 10 kg of each variety or ecotype was collected, and brought to the laboratory for further processing.

Based on the results of this study we can conclude:

From the evaluated ecotypes -black, yellow, purple, and red, the yellow variety showed the best characteristics assessed by the chemical proximal analysis and mineral composition.

The chemical and nutritional value of the yellow ecotype were as follows: humidity 10.23%, protein 12.08%, fiber 4.77%, fat 0.36%, and ash 5.19%. The content of macro minerals was: calcium 238.31 mg/100g, phosphorus 317.68 mg/100g, potassium 945.57 mg/100g, magnesium 75.73 mg/100g, sodium 18.2 mg/100g. The content of trace elements was: manganese 3.85 mg/100g, zinc 2.78 mg/100g, iron 10.31 mg/100g, and copper 0.49 mg/100g. In addition, we quantified nitrite and vitamin C content in the yellow variety of maca, and the values were 137.66 μ M and 0.755 mg/100g, respectively.

The freeze-dried maca showed the best characteristic as evaluated by: humidity 1.3%, protein 12.7%, fiber 4.1%, fat 0.57%, ash 4.5%, calcium 503.7 mg/100g, phosphorus 321.6 mg/100g, potassium 3788.6 mg/100g, magnesium 138.7 mg/100g, sodium 30.4 mg/100g, manganese 4.42 mg/100g, zinc 9.16 mg/100g, iron 3.16 mg/100g, and copper 0.42 mg/100g. Only trace amount of nitrites were detected.

I. INTRODUCCIÓN

La maca (*Lepidium meyenii* Walp.) , es una planta oriunda del Perú, crece en los Andes, soportando condiciones extremas de frío y sequías además de las heladas. Es un cultivo tradicional cuya raíz o tubérculo posee gran valor económico y nutricional. Se cultivó y consumió desde la época del antiguo Perú; hoy en día, las zonas destinadas a su cultivo han disminuido considerablemente.

El tubérculo posee una serie de nutrientes necesarios, tanto para el consumo diario, como para combatir ciertas enfermedades de carácter alimentario, pudiéndose elaborar productos de alta calidad nutritiva para los consumidores. La producción, consumo e industrialización de la maca se está difundiendo paulatinamente lo cual motiva a que se realicen estudios para determinar los diferentes componentes de los ecotipos de maca existentes. El presente trabajo se realizó en los meses de Enero a Diciembre del 2000 en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y con colaboración de las empresas Liofilizadora del Pacífico S.A. y Maca Huayre S.R.L de la ciudad de Lima; para realizar los procesos de Liofilizado, Atomizado y Pre-gelatinizado.

Dentro de los objetivos que persigue el presente estudio se tienen:

- Caracterizar cuatro ecotipos de maca considerando aspectos físicos, composición química proximal, nivel de minerales y nitritos.
- Evaluar la composición química proximal, nivel de minerales y nitritos de la maca seleccionada luego de los procesos de Liofilización, Pre-gelatinización y Atomización.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. GENERALIDADES DE LA MACA

1. Definición de maca.

Según Aliaga (1999), la maca es una especie de las Brassicaceae (crucíferas), domesticada en los Andes y es pariente cercano del nabo, rábano, brócoli y otros más.

Pulgar (1973), reporta que la maca es una especie Brassicaceae, que tiene la capacidad de soportar el clima de la Puna, además asegura que es un cultivo de climas fríos, de gran poder nutricional.

2. Clasificación Botánica

Obregón(1999), reporta que entre los estudiosos del genero *Lepidium*, el Dr. Walpers ya en 1843, realizó la primera descripción de la especie *Lepidium meyenii Walp*, en base a un espécimen colectado por el Sr. Meyenii en el Perú, en el Dpto. de Puno, cerca a la zona de Pisacoma a una altura de 15000 pies.

De esta manera basados en la observación meticulosa y minuciosa de las características botánicas de esta especie y de acuerdo al sistema de clasificación de Engler & Prantl, modificado por Melchor en 1964, se llegó a la siguiente clasificación botánica:

División	:	Angiosperma.
Clase	:	Dicotyledoneae
sub.-Clase	:	Archichlamydeae.
Orden	:	Papaverales.
Familia	:	Brassicaceae.
Género	:	<i>Lepidium</i> .
Especie	:	<i>Lepidium meyenii</i> Walp.
Nombre vulgar	:	"Maca."

a. Sinonimias.

- *Lepidium meyenii* Walp.
- *Lepidium* sp.
- *Lepidium peruvianun* Chacón sp. Nov.

b. Nombres Comunes.

Indudablemente que el nombre mas común es MACA, descrita por innumerables autores desde el siglo XVI hasta la actualidad, también se le ha asignado ,los siguientes nombres:

- "Ginseg peruano.
- "ma.-ca":Pulgar Vidal.
- "Macca":Garay Canales.
- "Maha":Álvarez Medrano.
- "Dr. Macasi":Lugareños de lagunas localidades de Pasco y Junín.

3. Ubicación geográfica y características botánicas del cultivo

Obregón (1999), reporta que esta planta cuyo cultivo se halla en altitudes excepcionales como tal vez ningún otro cultivo en el mundo, se halla distribuida principalmente en las regiones Suni y Puna de los Departamentos de Junín y Pasco, en los distritos y localidades de Junín como: Carhuamayo a 4 125 msnm (Huayre, La Victoria, Shalacancha, Quilcacancha), Ondores a 4 033 msnm y Villa de Pasco a 4 338 msnm, etc.

Chacón (1997), reporta que la maca es oriunda de los Andes Centrales del Perú cuya extensión geográfica comprende las latitudes 10°25' S y 11°00' S y las longitudes 76°34' Oeste y 75°50' oeste correspondiente a la provincia de Pasco del Departamento de Pasco y las latitudes de 11°00'S y 12°20' y las longitudes de 76°12' Oeste y 75°00 Oeste, correspondiente a la provincia de Junín, Tarma, Jauja, Concepción y Huancayo del departamento de Junín.

Según Obregón (1999), la descripción fisiológica de la Maca tiene la forma de una pequeña roseta de hojas en las plantas de fase vegetativa y de una gran roseta de hojas y flores en las plantas de fase generativa (reproductiva), con una raíz generalmente cónica, que es su órgano de almacenamiento subterráneo, de hasta 18 cm de diámetro (incluyendo raicillas secundarias) y de hasta 6,5 cm de diámetro mayor; el tamaño de la parte carnosa (sin raicillas secundarias) que se constituye en la porción comestible de la planta es variable las hay muy grandes de hasta 6,5 cm de diámetro mayor hasta 9 cm de largo y otras pequeñas de 0,6 cm de diámetro por 1 cm de largo. Su

color varia de planta a planta, presenta una coloración externa que va desde el amarillo claro hasta el rojo oscuro, morado hasta negro o con variaciones de color en una misma raíz, ésta termina en su parte superior en forma plana.

El tallo superior es casi imperceptible del que brotan las ramas secundarias cuyas hojas compuestas son dimorfas. El follaje arrosetado en la plantas de fase generativa es amplio y crece adherido al suelo de manera marcada.

4. Siembra de la maca

Según Aliaga (1999), los terrenos escogidos por la gente de la zona para la siembra de la maca, no son donde se produce la maca desde hace mucho tiempo, estos agricultores prefieren los suelos descansados por bastante tiempo, estos en la lengua quechua de la zona son conocidos como terrenos Purum . Para ellos estos suelos descansados son ideales por que han acumulado importantes cantidades de material orgánico y minerales, considerando que a esa altura (4 100 msnm) el proceso de mineralización es lenta, pero esto no quiere decir que solo estos suelos son los más aptos para el cultivo, se pueden usar otros terrenos como los Callpar o suelos en actual uso. Si el terreno a utilizar es virgen o Purum la preparación tiene que ser entre los meses de abril a junio con la intención de favorecer al terreno. El suelo se prepara roturándolo con la ayuda de maquinaria o con la Chaquitaklla .

Aliaga (1999), indica que la semilla empleada para la siembra es conocida como Pita la cual esta compuesta por semilla mas restos vegetativos de la

inflorescencia (sépalos, cápsulas que contenían a la semilla y pedúnculos), aunque en algunos lugares se utiliza la semilla pura.

La siembra es una práctica muy sencilla, la cual se ejecuta en tres etapas, que se describen a continuación:

- a. **Mezcla.** En ella, la Pita se mezcla con la tierra en una proporción de 1:12 (1 kilo de pita con 12 kilos de tierra) con el objeto de realizar una mejor distribución de la semilla en el campo. Por hectárea se usan aproximadamente 12 a 13 kilos de Pita ó 3 a 3,5 Kg de semilla pura, para el caso de siembra con semilla pura la proporción de tierra debe ser mayor.
 - b. **Siembra.** Esta práctica se realiza al boleo, parecido a los cereales, con la diferencia que los sembradores tienen que tratar de realizar en forma separada (aproximadamente 10 cm) para favorecer el ensanchamiento de hipo cotilo y evitar la competencia, pues si se siembran muy juntas el desarrollo de las macas no es bueno.
 - c. **El enterrado.** Después de bolear éstas tienen que ser cubiertas por tierra, esta labor se realiza de tres maneras: Para lo cual se utilizan carneros, jalando ramas de arbustos o utilizando rastrillos, todo esto con la finalidad de cubrir las semillas con tierra.
- Chacón (1997), reporta que la siembra se realiza en los meses de Octubre y Noviembre cuando se anuncia la proximidad de las

precipitaciones pluviales. En el distrito de San Juan de Jarpa los agricultores cultivan la maca de la siguiente manera: se realiza la limpieza del lugar adecuado; se esparce la semilla sobre el terreno procurando que sea en la superficie del suelo y luego se hace pisar por el ganado, con la finalidad de que sea cubierta por una pequeña capa de tierra y a la vez pueda ser abonada.

5. Cosecha.

Aliaga (1999) ,indica que la cosecha se realiza cuando la mayor parte de las hojas de plantas en la chacra se torna amarillentas, producto de la madurez vegetativa y del quemado por parte del hielo (la cosecha coincide con la época de las heladas de Mayo a agosto).

La labor de cosecha se realiza extrayendo las macas con una pequeña piqueta (Cashu) ,esta se introduce por los bordes de la planta y luego se levanta haciendo palanca.

6. Ecotipos.

Krebs (1985) indica que ecotipo son aquellas sub-especies o razas especialmente adaptadas a un conjunto específico de condiciones ambientales. Además Castro (1990), señala que ecotipo, hipocotilo o morfotipo son las diferentes maneras de denominar a la Maca, lo cual significa que es la parte subterránea y ensanchada del cultivo, conocida

comúnmente como maca y constituye la parte comestible. Es la parte del eje caulinar que se halla debajo de la inserción de los cotiledones.

Obregón (1999) describe diferentes ecotipos de maca teniendo en cuenta el color externo de la raíz, las que presentan principalmente colores: amarillo, negro, rojo y morado.

Estos colores o ecotipos son:

Color externo de la raíz

Amarillo.	Rojo-amarillo.	Amarillo-plomo-claro
Rojo-blanco	Blanco.	Morado-plomo
Morado Blanco.	Blanco-morado	Negro.
Blanco-Rojo.	Amarillo-rojo.	
Plomo.	Plomo claro.	

7. Composición química de la Maca

Aliaga (1999) indica que el valor nutricional del hipo cotilo seco de la maca es alto, asemejándose a aquellos encontrados en cereales y granos tales como maíz, arroz y trigo.

Dini (1994), reporta que la maca tiene una cantidad importante de aminoácidos esenciales y mas altos niveles de hierro y calcio que la papa blanca; también la maca contiene importantes cantidades de ácidos grasos, de los cuales el linoléico y palmítico son los mas abundantes.

La maca es rica también en esteroides y en minerales tales como hierro, calcio y cobre en relación a la papa y la zanahoria.

Según Obregón (1999), el estudio bromatológico de maca del eco tipo amarillo obtenidas en el departamento de Junín reporta los resultados que se indican en el cuadro 3

Cuadro 1. Composición química de la maca

Componente	%(*)	%(**)	% (***)
Humedad	15,3	19,62	15,3
Proteína	10,2	10,10	11,8
Carbohidratos	59,0	51,81	66,4
Fibra	8,5	6,14	
Ceniza	4,8	4,36	5,0
Grasa	2,2	7,97	1,6

* Dini (1994); ** Obregón (1999); *** Collazos *et al* (1993).

Cuadro 2. Composición de minerales en la maca (mg/100g)

Minerales	(*)	(**)	(***)
Calcio	150	190	247
Fósforo			183
Hierro	16,6	80	14,7
Manganeso	0,8	22	
Cobre	5,9	6	
Zinc	3,8	32	
Sodio	18,7	20	
Potasio	2050	1130	

Fuente: * Dini (1994); ** Obregón (1999); *** Collazos *et al* (1962).

Cuadro 3. Composición química de la Maca amarilla (*Lepidium meyenii* Waip)

Componente	Parte Comestible Cocida
Humedad	35,51%
Nitrógeno Total	1,71%
Proteínas (N*6.25)	10,30%
Lípidos (extracto etéreo)	26,10%
Carbohidratos*	24,63%
Cenizas	3,46%
Calorías	384,00 Kcal.

Fuente: Obregón (1999). *por diferencia.

Del cuadro se considera a la maca como una raíz con contenido proteico superior a otras raíces y tubérculos y cuyos contenidos de hierro y calcio son mucho mas altos que en otras raíces. Los valores en kilocalorías de la maca son parecidos a los de la papa (345 Kcal.) y la Yuca (353 Kcal.); estas calorías dadas principalmente por el almidón, la fructuosa y la glucosa, la catalogan como un alimento vegetal energéticamente aceptable.

En 1997, el trabajo de investigación titulado: " Estudio botánico y químico de los ecotipos amarillo y morado del *Lepidium peruvianun*, maca", en el que se evaluó su toxicidad aguda, arrojó resultados semejantes en el aspecto químico nutricional a los encontrados en otros estudios sobre maca desde 1968 hasta el presente.

Para este estudio se utilizaron raíces de maca cultivadas provenientes del distrito de Ninacaca, Departamento de Pasco a 4 246 msnm, los resultados se indican en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis químico proximal de dos ecotipos de Maca

Componente	Amarillo (%)	Morado (%)
Humedad	5,00	5,00
Cenizas	3,90	4,30
Fibra	4,48	4,44
Grasa y/o Aceites	0,70	0,80
Carbohidratos	72,92	72,66
Proteínas	13,00	12,80

Fuente: Obregón (1999).

8. Valor nutricional de la maca

Aliaga (1990), sostiene que el valor nutricional es alto semejante a lo encontrados en cereales y granos tales como maíz, arroz y trigo, los ecotipos frescos contienen 80% de agua, los ecotipos secos de maca tienen la siguiente composición: 50% de Carbohidratos, 10% de proteínas, 8% de fibra y 2% de lípidos.

Según Chacón (1997), la maca es una raíz altamente nutritiva por los siguientes compuestos químicos y micro nutrientes.

Proteínas

La maca contiene un promedio de 11% de proteína en la raíz seca y en pasta integral 14%.

Fibra

En los análisis histoquímicas de la raíz de la maca se ha encontrado celulosa y lignina.

Carbohidratos

La maca posee al rededor de 60 a 70% de carbohidratos; y es por eso que se le considera como un energizante natural.

Calcio

Los valores de calcio en la maca son superiores a los de la leche de tarro y condensada.

Fósforo

La cantidad de fósforo en la raíz es de 18,3 mg/100g

Magnesio

Este elemento se encuentra en la raíz en poca cantidad es decir en un porcentaje menor al 10%.

Fierro

La presencia de fierro en la raíz de la maca es de 14,7 mg/100g, como afrechillo contiene 29,33 mg/100g.

Sodio

Es un elemento que en la maca se encuentra en pequeña cantidad y en el organismo cumple la función de regular la concentración de los solutos dentro y fuera de la célula animal.

Manganeso

Es otro de los micro elementos presentes en la raíz de maca en pequeña cantidad alrededor del 1 o 2%.

Cobre

Este micro elemento está presente en la maca en menor proporción, pero es de igual importancia que los demás elementos.

Zinc

Se encuentra vestigios de este elemento en la raíz de la maca , con valores menores de 0,001%(<10 ppm).

Las vitaminas

En los diferentes análisis realizados por el Instituto de Nutrición en el año 1978 se han encontrado: tiamina(B₁), riboflavina y vitamina C tanto en la raíz como en pasta integral.

Cuadro 5: Rangos obtenidos en diversos análisis de Maca (secada) de macro nutrientes, vitaminas, minerales y calorías.

Componentes	Rangos
Humedad (%)	5,00- 19,62
Proteínas (%)	10,10 –18,25
Grasas (%)	0,20 – 2,20
Carbohidratos (%)	51,81 –76,05
Ceniza (%)	3,46 – 6,43
Fibra (%)	3,85- 8,50
Caroteno (mg/100g)	0,07
Tiamina (B ₁) (mg/100g)	0,15 –1,17
Riboflavina(B ₂) (mg/100g)	0,31 -0,76
Ácido Ascórbico (mg/100g)	0,80 –3,52
Niacina (mg/100g)	37,27 –43,03
Calcio (mg/100g)	150,00- 650,35
Fósforo (mg/100g)	183,00 –329,00
Magnesio (mg/100g)	70,00 –114,63
Potasio (mg/100g)	1000,00 –2050,00
Sodio (mg/100g)	18,7 –40,0
Cobre (mg/100g)	6 - 8 ppm y 5,90mg/100g
Zinc (mg/100g)	30 -32 ppm y de 2,80 – 6,12 mg./100g
Manganeso (mg/100g)	20 - 22 ppm y 0,80mg/100g
Hierro (mg/100g)	62 - 86 ppm y 9,93 – 24,37 mg/100g
Selenio (mg/100g)	0,27 – 0,30 mg/100g
Boro (mg/100g)	12 - 26 ppm
Calorías.	176 - 384 Kcal.

Fuente: Obregón (1999)

B. LIOFILIZACIÓN

1. Definición

Ordóñez y Cambero (1998), indican que la liofilización también se denomina crió deshidratación, es un tipo especial de deshidratación por sublimación o transformación directa del hielo de un alimento en vapor de agua, sin pasar por el estado de agua líquida. Para que esto ocurra la temperatura y presión deben ser inferiores a las del punto triple.

Huamaní (1986), define a la liofilización como un proceso de conservación de los alimentos que combina dos métodos: La congelación y la deshidratación; también refiere que la liofilización es un proceso de deshidratación en el cual el agua es removida por medio del pase directo del estado sólido al gaseoso por sublimación.

Mafart (1994), cita que la liofilización es un proceso de secado cuyo principio es la sublimación del hielo de un producto congelado donde el agua del producto pasa directamente del estado sólido a vapor por la sublimación.

2. Ventajas

Vochele (1969), indica que la tecnología del freeze-drying se utiliza cuando es necesario conseguir productos deshidratados de alta calidad cuyas características organolépticas se desean conservar intactas, para preservar

íntegramente su sabor y aroma, para luego ser reconstituidas; las ventajas de este proceso son:

- Las bajas temperaturas evitan cambios químicos en las sustancias termolábiles, incluyendo cambios de color.
- Se reduce al mínimo la pérdida de constituyentes volátiles excepto el agua.
- Los productos se pueden secar sin formar espuma.
- Los constituyentes del material sólido permanecen dispersos, no se acumulan en la superficie.
- La coagulación de los productos es mínima y especialmente se evita la desnaturalización de las proteínas, además que la reducción del volumen es mínimo.

En el cuadro 6 se indica las diferencias entre un secado convencional y la liofilización.

3. Principales operaciones

Dentro de las operaciones establecidas para el caso de la liofilización tenemos:

a. Pre tratamiento del producto

Mafart (1994), cita que para productos líquidos se realiza una previa pre-concentración para el caso de que sea sólido se disminuye el tiempo cortando el producto con la finalidad de aumentar la superficie de transferencia.

b. Vacío en el liofilizador

Mafart (1994), cita que el vacío tiene como finalidad disminuir los riesgos de fusión del hielo y acelerar el secado del producto.

El vacío se realiza inicialmente mediante una primera bomba de caudal con la que se consigue un vacío limitado; a continuación se toma como relevo la segunda bomba de caudal limitado que permite alcanza el vacío completo; el tiempo empleado para esto es de 10 -15 minutos.

c. Congelación

La congelación tiene mucha importancia ya que en ella se efectúa las primeras modificaciones del producto y se condicionan todas las etapas sucesivas; durante la congelación las moléculas de agua forman una estructura rígida. La cantidad de calor a extraer es denominada carga calórico, seguidamente se elimina el calor latente de congelación lo que provoca la formación de cristales de hielo.

d. Deshidratación primaria o sublimación

La sublimación del agua tiene lugar por debajo del punto triple, donde coexisten los tres estados físicos o lo que es igual a un estado de equilibrio en las tres fases. En la liofilización de alimentos el problema es mas complejo debido a la existencia de compuestos sólidos y soluciones líquidas de composición determinada; por lo que es necesario operar debajo de la temperatura eutéctica del producto

Cuadro 6: Diferencias entre la deshidratación convencional y la liofilización.

DESHIDRATACIÓN CONVENCIONAL	LIOFILIZACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Es eficaz si se trata de alimentos fácilmente deshidratables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es un sistema muy eficaz, el cual solo se emplea cuando los otros métodos sean ineficaces.
<ul style="list-style-type: none"> • Es inadecuado para la carne. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es eficaz para las carnes tanto cruda como cocida.
<ul style="list-style-type: none"> • El rango de temperatura es de 37-93° C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usa temperaturas inferiores al punto de congelación.
<ul style="list-style-type: none"> • Usa presión atmosférica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usa presiones inferiores a la atmosférica (27-133 Pa).
<ul style="list-style-type: none"> • La evaporación del agua es desde la superficie del alimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • El agua se sublima desde el frente del hielo.
<ul style="list-style-type: none"> • Su rehidratación es lenta e incompleta. 	<ul style="list-style-type: none"> • La rehidratación es rápida y completa.
<ul style="list-style-type: none"> • Las partículas sólidas o porosas son mas pesadas que el alimento original. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las partículas del alimento deshidratado poseen menos densidad que el alimento original.
<ul style="list-style-type: none"> • Presenta aromas y olores anormales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Olores y aromas generalmente normales al igual que el color.
<ul style="list-style-type: none"> • El color es generalmente mas oscuro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perdidas de nutrientes mínimas.
<ul style="list-style-type: none"> • Se pierde gran cantidad de nutrientes y menor costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • El costo es 4 veces mas que la deshidratación convencional.

Fuente: Fellows (1994).

e. Deshidratación secundaria o desorción

Consiste en eliminar el agua ligada que aun se encuentra en el producto que esta en proceso de liofilización. El objetivo es conseguir un contenido de agua residual de 1. a 2%. Varios autores reportan que cuando el agua en forma de hielo se ha eliminando por sublimación queda aún el agua ligada que representa un porcentaje no despreciable ya que es necesario eliminar en parte para asegurar la conservación del producto.

Huamani (1986), reporta que el agua se encuentra ligada y para eliminar hay que elevar temperatura según la naturaleza del producto para no dejar humedad residual muy alta (superior al 2%) al mismo tiempo la presión disminuye a valores inferiores a 0,13 Pa.

4. Transferencia de calor

Según Ordóñez y Cambero (1998), en la liofilización hay una transferencia simultanea de calor y de masa. El calor latente de sublimación puede aportarse al frente de sublimación por conducción o radiación. A través de la capa congelada o seca. La transferencia de vapor de agua a través de la capa seca es cada vez mas difícil ya que al avanzar el frente de sublimación, el espesor de esta capa aumenta, siendo este el factor limitante de la velocidad del secado.

Según Cheffel (1977), la liofilización o criodesecación "Freeze-Drying" consiste en una transformación directa (sublimación) del hielo de un alimento congelado en vapor de agua, sin pasar por el estado de agua líquida. Para ello las condiciones deben ser que la Temperatura debe estar en los 0°C y la presión en lo 4.58 Torr. El vapor de agua formado debe eliminarse con el fin de mantener muy baja la presión parcial de vapor.

5. Control de calidad del liofilizado

Rodríguez (1986), reporta que la materia prima y el control de calidad constituyen los pilares sobre la cual se apoyan todas las demás áreas. Para ello la materia prima debe seleccionarse teniendo en cuenta que la materia prima debe ser de óptima calidad, pues ello influirá en la vida útil del producto liofilizado.

- Textura, sabor y color deseados.,
- La materia prima debe ser fresca y de preferencia entera.

B. PRE GELATINIZACION

1. Definición

Aliaga (1990), reporta en su tesis que el pre gelatinizado sucede cuando los gránulos de almidón se calientan en agua, estos se hinchan (absorción de agua), tornándose translucidos y solubles es decir, existe mayor movilización del almidón del gránulo al solvente, el gránulo pierde su poder birrefringente y no puede ser obtenido nuevamente bajo su forma original, todo esto se conoce como gelatinización.

Según Badui (1994), la gelatinización es un proceso irreversible de formación de una pasta o gel por efecto del calentamiento de los gránulos de almidón. Considerando que los gránulos de almidón en agua fría son insolubles; pero al elevar la temperatura se hidratan y sus zonas internas de unión se rompen, este hinchamiento continua hasta que la estructura granular se pierde.

Según Fenema (1992), son aquellos almidones que simplemente han precocido y secado sobre rodillos para dar productos que se dispersen rápidamente en agua fría y consigan suspensiones moderadamente estables; las dispersiones del almidón pre-gelatinizado poseen algunas características de los almidones de origen y la facilidad con que se dispersan con rapidez y sin calentamiento.

Cheftel (1977), reporta que almidones pre-gelatinizados son aquellos almidones que son capaces de retener bien el agua fría y que su uso es en salchichas y para alimentos infantiles deshidratados.

2. Ventajas

- Se reconstituye rápidamente en agua fría.
- Es espesante y al ser diluido no forma grumos grandes a comparación del almidón nativo.
- Proporcionan mayor viscosidad al líquido donde es reconstituido.
- Tiene una humedad menor al 10%.

3. Principales Conceptos

a. Almidones

Cheffel (1977), reporta que los almidones son polisacáridos vegetales, fisiológicamente son sustancias de reserva. Los almidones se encuentran principalmente en los granos de cereales y en los tubérculos como papas, yuca, camote, etc; también se encuentran en frutas como el plátano y en algunas legumbres. La función nutricional de los almidones es muy importante porque constituye después de la hidrólisis digestiva en glucosa, la principal fuente de calorías de la alimentación, la temperatura de gelatinización del almidón es de 52-64°C dependiendo de su procedencia.

Aliaga (1990), indica que el almidón sirve como reserva energética en las plantas y normalmente se almacena en partículas muy pequeñas conocidas como gránulos. Debido a que los gránulos ejercen una presión osmótica muy baja, las plantas pueden almacenar grandes cantidades de D-glucosa en una forma asequible sin romper el balance de agua de sus tejidos. La estructura rígida de los gránulos esta formada por capas concéntricas de amilosa y amilopectina que se encuentran radialmente distribuidos y que permanecen inalterables durante la molienda.

Los almidones de cualquier especie se caracterizan por tener una propiedad de la cual depende, esta propiedad es llamada birrefringencia la cual se refiere a:

Que en los gránulos se forma unas zonas cristalinas producidas por la unión de moléculas lineales a través de puentes hidrógeno, por lo que la presencia de moléculas ramificadas impide este arreglo cristalino debido a que se forman zonas de estructura amorfa que no tienen características birrefringentes.

b. Tipos de almidones

Fennema (1992), reporta que existen varios tipos de almidones:

- **Almidones no modificados;** se ha indicado que son los almidones de diferentes orígenes botánicos los cuales difieren en tamaño forma, aspecto general y temperatura de gelificación. Dentro de todas estas propiedades las que tienen mayor importancia son las que presentan diferentes propiedades en sus pastas y las descripciones en las características de sus geles , si es que los forman.
- **Almidones modificados;** son aquellos almidones a los cuales mediante medios o métodos químicos y físicos han sido modificados, con los cuales se elaboran nuevos productos.

C. ATOMIZACION

1. Definición

Chefftel (1977), reporta que la atomización de productos es como hablar de la niebla la cual transforma a un concentrado ya sea de frutas, café, huevos o extractos de levaduras, caseína previamente concentradas, de

tal manera que estas sustancias tengan consistencia viscosa, las pequeñas gotas líquidas así formadas se arrastran y deshidratan en una corriente de aire dando un polvo seco, antes de caer por las paredes inferiores del aparato.

Lo usual es que la niebla del producto y la corriente de aire caliente se introduzcan por la parte superior del aparato, mientras que el polvo y el aire húmedo pueden eliminarse por la parte inferior. La duración del secado es de 1 a 10 segundos, esto depende de la superficie de contacto: aire-producto y por lo tanto del tamaño de las gotitas (10 a 20 μm). La temperatura del aire inicial es de unos 200°C, además que la velocidad de secado es constante.

Fellows (1994), reporta que para que un producto sea atomizado primero este se debe concentrar. Además que la atomización no es otra cosa mas que el secado de gotitas de líquido (previamente concentrado) en una masa de aire caliente en movimiento (150- 300°C) en el interior de una cámara de deshidratación de gran volumen. El flujo del producto a la entrada se controla de forma de que la temperatura de aire a la salida sea de 90 a 100 °C, esta temperatura corresponde la de bulbo húmedo (temperatura del producto) y de 40 a 50°C para el correcto funcionamiento del proceso es preciso que la atomización sea completa e uniforme.

2. Ventajas

- Permite preservar mejor el producto secado.
- El secado es mas rápido.
- El producto secado tiene una optima solubilidad y velocidad de reacción.
- Por lo general las partículas son esféricas, uniformes, lo que indica menor pulverización de fluidez.
- Los tamaños uniformes de partículas significan una densidad mas baja.

3. Principales parámetros

- La temperatura de entrada de vapor esta comprendida entre 175 a 180°C; y la temperatura de salida es de 75 a 80° C.
- La humedad final que debe alcanzar el producto debe estar comprendida entre 4 a 6%.
- Se concentra el producto hasta unos 24° Brix.
- Se utiliza solo el extracto obtenido.

III. MATERIALES Y METODOS

A. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes laboratorios: Análisis de Alimentos, Suelos, Espectrofotometría y Nutrición Animal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco a una altitud de 660 msnm y una temperatura que varía de 18°C a 30°C y un promedio de 25°C. El Liofilizado se realizó en la Liofilizadora del Pacífico S.A, mientras que el Pre-gelatinizado y atomizado en la empresa Maca Huayre S.R.L, en la ciudad de Lima.

El estudio se llevó a cabo en el periodo comprendido entre Enero a Diciembre del 2000.

B. MATERIALES

1. Materia Prima

La materia prima fue recabada de la comunidad de Vinchos, departamento de Cerro de Pasco. Las muestras fueron recogidas al azar de una parcela de 8 hectáreas, se tomó un total de 10 Kg de cada ecotipo.

2. Materiales de laboratorio

- Envases de vidrio con capacidad de 10,50,100,500 y 1000 ml.
- Pipetas de 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0 y 10 ml.
- Fiolas de 10, 25, 500 y 1L.

- Tubos de ensayo de 10ml.
- Papel filtro Wathman # 42.
- Vasos de precipitación
- Micro pipetas
- Probetas.
- Erlenmeyer.
- Desecadores de vidrio.
- Crisoles.
- Cubetas de vidrio y plástico para lectura.
- Baguetas de vidrio.
- Tubos de enrase.

3. Equipos

- Balanza analítica. Marca Galaxi Ohaus electronix, modelo 6160, capacidad 210 g.
- Mufia, Marca Heraeus. Type.170 hasta 1000°C.220V.USA.
- Estufa., marca Precisión, serie 10AS/5, modelo 18EM, rango de temperatura de 0° a 100 °C.
- Plancha de evaporación.
- Espectrofotómetro de absorción atómica. Modelo video 12 (allied analytical system company, Massachusetts, USA).
- Espectrofotómetro de luz visible. Modelo 20D (Milton Roy Company, New York, SA.).
- Lámpara de cátodo hueco de calcio, magnesio, manganeso, fierro, zinc, sodio y potasio.

- Compresora General Electric. Modelo 5HCD-73M-500X. Made in USA

4. Reactivos

- Oxido de Lantano, 0.1%.
- Agua bi destilada.
- Ácido Clorhídrico al 10% y 50%.
- Ácido sulfúrico, Q.P.
- Hidróxido de Sodio al 0.1N, 1,25%.
- Fenolftaleina al 1%.
- Alcohol al 90%.
- Metavanadato de amonio.
- Bicarbonato de sodio al 0.5M.
- Solución estándar de NaNO_2 .
- Nafthyl al 0.1%.
- Solución de Sulfamida al 1%.
- Solución de Ácido Fosfórico al 5%.
- Solución patrón de calcio 1000 ppm.
- Solución de potasio 1000 ppm.
- Solución de sodio 100 ppm.
- Solución de Magnesio 1000 ppm.
- Solución de manganeso 1000 ppm.
- Solución de zinc 1000 ppm.
- Solución patrón de Fósforo 50 ppm.

C. MÉTODOS DE ANÁLISIS

1. Análisis físico

Se realizó con la tabla de colores de Munsell y de una guía de formas y tamaños de la maca. Para los demás análisis se utilizó una balanza analítica, un vernier y una regla de 60 cm de longitud.

2. Análisis químico proximal

a. Humedad

Se determinó en una estufa a presión atmosférica, a 110°C, hasta obtener peso constante, método 23.003, (AOAC,1995).

b. Grasa

Se realizó por el método de extracción con solvente (soxhlet) utilizando hexano, método 935.60 (AOAC,1995).

c. Proteína

Se utilizó el método de micro kjeldahl que consiste en la determinación del nitrógeno total el cual es multiplicado por 6,25 para cereales, método N° 991.20 (AOAC,1995).

d. Ceniza

Se utilizó el método 945,56 de calcinación directa. Se fundamenta en la oxidación de la materia orgánica a cenizas, siendo sometida la muestra a temperaturas comprendidas entre los 550 a 600°C.

e. Fibra bruta

Se determinó por hidrólisis ácida y alcalina, método 962.09, recomendado por la (AOAC,1995).

f. Carbohidratos

Se determinó por diferencia, restándose de 100 los porcentajes de Humedad, Proteína, Grasa, Fibra y Ceniza (AOAC,1995).

3. Determinación de calcio y magnesio

El método seguido fue el del espectrofómeto de absorción atómica según en método 991.25 (AOAC 1994). Se fundamenta en la interacción de la materia y la radiación electromagnética (energía radiante); ésta interacción se manifiesta en un estado o nivel de los átomos y moléculas en función a su energía interior, llamados también fotones. La absorción es proporcional a la concentración de tales átomos en la muestra. El método espectro fotométrico de absorción atómica obedece a la ley de Lambert - Beer.

Preparación de la curva patrón para calcio

Para preparar la curva estándar de calcio, se utilizó una solución stock de 1000 ppm; a partir de esta se preparó la solución estándar de 0,1; 0,2 y 0,3 ppm; todas ellas se llevan a un volumen de 1,5 ml con óxido de lantano al 0.1%. Luego se realiza las lecturas de las concentraciones para establecer la curva patrón.

Preparación de la curva para magnesio

Para preparar la curva estándar de magnesio, se utilizó Acetato de Magnesio $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 8.9365 g/l disolviéndose en 1% de ácido nítrico con lo cual se tiene una solución stock de 1000 ppm. A partir de ella se preparó la

solución estándar de 0,1; 0,2 y 0,4 ppm; todas ellas se llevan al volumen establecido de 1,5 ml con óxido de lantano 0.1%. Luego se realiza las lecturas para establecer la curva patrón.

Los parámetros a considerar en el equipo para las lecturas de calcio y magnesio son:

Parámetros	Calcio	Magnesio
Longitud de onda	422,8 nm	285,2 nm
Fuente de luz	Cátodo Ca	Cátodo de Mg.
Energía	7 MA	3 MA
Slit o abertura	320 μ m	320 μ m
Sensibilidad	0.05 μ g/ml	0.003 μ g/ml
Llama	Aire-acetileno	Aire-acetileno
Interferencia	0.1% lantano a todas las soluciones	Aluminio

Preparación de las muestras (Solución Madre para Ca y Mg)

Las muestras llegadas al laboratorio fueron tratadas de la siguiente manera:

Se utilizaron crisoles tratados con anterioridad en solución de HCL al 10%, por un tiempo de 24 horas, luego fueron lavados con agua desionizada y secados en estufa. Se coloca 3 g de muestra de maca en la estufa a 100°C/8 horas hasta obtener peso constante, esto con la finalidad de determinar la humedad de la muestra, luego se realiza la incineración en una hornilla eléctrica y luego en mufla a una temperatura de 550 - 600°C, generalmente esto se realiza en 16 horas para lograr una buena incineración de la muestra.

Luego de realizada la incineración, estas cenizas se solubilizan en HCL al 50%, adicionando dicho ácido hasta cubrir las $\frac{3}{4}$ partes del volumen del crisol, en una plancha con campana de extracción hasta que evapore la mitad del volumen, inmediatamente se vuelve a adicionar HCL al 10% hasta completar nuevamente las $\frac{3}{4}$ partes del volumen y se evapora hasta alcanzar aproximadamente las $\frac{2}{4}$ partes del volumen inicial.

Para preparar las muestras para calcio y magnesio se filtra y se enrasa a un volumen de 25 ml con óxido de lantano al 0.1%.

Lectura de las Muestras

Las muestras preparadas (solución Madre) fueron diluidas a volúmenes de 1,5 ml y todas fueron enrazadas con oxido de lantano 0,1%

4. Determinación de sodio, potasio, fierro, cobre, zinc y manganeso

Los métodos seguidos fueron 990.05 (hierro); 960,40 (cobre); 969,39 (zinc); 930,34 (manganeso), empleando para ello el espectrofotómetro de absorción atómica; para la curva estándar de Na, K, Fe, Cu, Zn y Mn, se utilizo una solución stock de 1000 ppm (Sigma S.A.); a partir de esta se prepara la solución estándar para cada elemento como son:

Estandart	Na	K	Cu	Fe	Mn	Zn
S ₁	0.2 ppm	0.5 ppm	1 ppm	1 ppm	0.5 ppm	0.2 ppm
S ₂	0.5 ppm	1 ppm	2 ppm	2 ppm	1 ppm	0.5 ppm
S ₃	1 ppm	2 ppm	4 ppm	5 ppm	3 ppm	1 ppm

Todas ellas se llevaron al volumen deseado con agua desionizada. Luego se realizaron las lecturas para establecer la curva patrón.

Los parámetros a considerar en el equipo para las lecturas de los minerales fueron:

Parámetros	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	K
Longitud de onda (nm)	324,7	248	279,5	213,9	589,0	766,5
Fuente de luz (cátodo)	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	K
Energía (MA)	5	8	5	3	8	7
Slit o abertura (um)	320	80	160	320	160	320
Sensibilidad	0,03	0,04	0,02	0,008	0,001	0,01
Llama	A-ac	A-ac	A-ac	A-ac	A-ac	A-ac
Interferencia	Ninguna	Ninguna	Fe , Ni	-----	Nitrato	-----

Preparación de la muestra (Solución madre)

Las muestras para el análisis de K, Na, Cu, Fe, Zn, Mn, fueron preparadas de manera similar que para el Calcio y magnesio. Para este caso las muestras fueron enrazadas con agua desionizada a un volumen de 25 ml.

5. Determinación de fósforo

El método que se aplicó fue el del color amarillo del vanadomolibdofosfórico, descrito por Harris y Papat citado por la AOAC método N° 935,59.

Fundamento:

No se conoce exactamente la naturaleza del compuesto cromógeno amarillo, pero el color se atribuye a la sustitución de los átomos del oxígeno del radical

P por radicales oxivanadio y oximolibdeno, para dar un heteropoli compuesto que es cromógeno.

Reactivos

Solución A:

Disolver 25 g de molibdato de amonio (cristalizado), en 400 ml de agua destilada.

Solución B:

Disolver 1,25 g de metabanadato de amonio en 300 ml de agua hirviendo, dejar enfriar y luego añadir 250 ml de HNO₃ concentrado; enfriar nuevamente hasta temperatura ambiente. Finalmente la solución A se vierte sobre la solución B y el conjunto resultante se diluye hasta 1 litro.

Solución estándar de P (50 ppm)

Secar el H₂PO₄ (fosfato de mono potasio) a 40°C hasta peso constante, luego pesar 0,2195 g de sal seca y disolver en 400 ml de agua destilada, añadir 25 ml de una solución de H₂SO₄ 7N y llevar a volumen de 1 litro con agua destilada y luego guardar la solución en un frasco de color caramelo y bien tapado.

Preparación de la curva patrón de fósforo

A partir de la solución estándar de P (50 ppm), se tomaron alícuotas de 0,4, 0,8 y 1,2 ml (2, 4 y 6 ppm respectivamente), se colocan en fioles de 10 ml, luego se completa con agua destilada a un volumen de 2 ml y se añade seguidamente 3 ml de solución de bicarbonato de Sodio al 0,5 M y 5 ml de

solución de metavanadato de amonio, homogenizar bien y dejar que se desarrolle el color durante un tiempo de 30 minutos, paralelamente se prepara una muestra en blanco y se lee a una longitud de onda de 470 nm.

Preparación de las muestras (solución madre)

Las muestras para el análisis de fósforo fueron preparadas de manera similar que para el calcio. Para este caso las muestras fueron enrazadas con agua desionizada a un volumen de 50 ml.

Lectura de las muestras

Las muestras preparadas (solución madre) fueron diluidas a volúmenes determinados y todas fueron llevados a un volumen de 10 ml como el tratamiento para los estándares de la curva patrón.

6. Determinación de nitritos y nitratos

Se empleó el método citado por la AOAC el cual corresponde al código N° 964.13 (AOAC 1984). Para dicho análisis se utilizó la siguiente metodología:

Preparación del estándar de nitritos

Se disuelve 0,69 g de NO_2 Q.P y se diluyen en 10 ml de agua destilada, resultando una concentración 1M luego se procede a tomar alícuotas de 20, 40, 60 y 120 microlitos para preparar los estándares de la curva patrón.

Preparación del reactivo de Griess

Se procede primero a preparar la solución de Nafththyl al 0,1% (A), se pesa 0,05 g de NAFTHYL disueltos en H_2PO_4 al 5%, hasta un volumen de 50 ml y se guarda en un envase ámbar y en refrigeración.

Luego se prepara la solución de sulfamida al 1% (B), también para un volumen de 50 ml, para eso se peso 0,5 g de Sulfamida y se disuelve con H_2PO_4 al 5% y se guarda en frascos de color ámbar y en refrigeración.

Antes de iniciar el trabajo se mezclan las soluciones en partes iguales de la solución A y B es decir (1:1) en la cantidad de 5ml de A y 5ml de B.

Preparación de la curva patrón

A partir de la concertación 1M de NO_2 se prepara una concentración 10 mM a partir de esta concentración se coloca en fioas de 10 ml, los estándares de 0, 20, 40, 60, 120 y completar al volumen de 10 ml con agua destilada; luego tomar de cada standart 500 uL y poner en un tubo de vidrio y adicionar 500 uL de colorante (A:B) y realizar la lectura en el espectro fotómetro a 540 nm.

Tratamiento de la muestra

Se pesa aproximadamente 0,5g de muestra los cuales se diluyen en 50 ml de agua bidestilada, luego se hace hervir por espacio de 5 minutos, luego se filtra (papel Wathman) y se procede a tomar alicuotas de 500 ml y se adiciona 500 Microlitros de colorante e inmediatamente se realizan las lecturas.

7. Determinación de vitamina C

Fundamento

La determinación de ácido ascórbico en frutas y vegetales (método AOAC 930.85); se basa en la reducción del 2-6 Diclorofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico. El contenido de ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de la muestra para reducir una solución standart de colorante.

El valor del 2-6 Diclorofenol se ve limitado por la presencia de sustancias reductoras, como sales ferrosas, sulfitos, compuestos sulfhídricos entre otros. Estas sustancias podrían estar presentes en ciertos productos que hayan sufrido un prolongado tratamiento térmico o almacenamiento.

Preparación de la solución de trabajo

- Solución de ácido oxálico al 0,4%; pesar 4g de ácido oxálico y diluir con agua destilada hasta un volumen de 1000 ml.
- Solución madre de ácido ascórbico al 0,1%; y enrazar a 100 ml con ácido oxálico al 0,4%.
- Para los estándares de trabajo se toma 1, 2, 3, 4 y 5 ml de la solución madre de ácido ascórbico se lleva a un volumen de 100 ml con una solución de ácido oxálico al 0,4%.

Preparación del colorante

Se pesa 12 mg de 2-6 Diclorofenol, se disuelve con agua destilada hasta a un volumen de 1000 ml, almacenarlo en una botella oscura y en refrigeración.

Preparación de la curva estándar

- Tomar 4 tubos de prueba y enumerarlos de I al IV y agregar lo siguiente:
 - Tubo I 10 ml de agua destilada.
 - Tubo II 1 ml de ácido oxálico al 0.4%.
 - Tubo III 1 ml del estándar de trabajo N° 1 + 9 ml de agua destilada.
 - Tubo IV 1 ml de estándar de trabajo N° 1.
- Ajustar a cero la absorbancia usando I y seleccionar la longitud de onda filtro 518 nm.
- Al tubo II añadir 9 ml del colorante, exactamente, después de 15 segundos leer la absorbancia (L_1).
- Ajustar a cero la absorbancia con la solución del tubo III.
- Al tubo IV añadir 9 ml del colorante y luego de 15 segundos leer la absorbancia (L_2).
- Registrar L_1 y L_2 para cada estándar de trabajo y construir la curva estándar con las concentraciones de ácido ascórbico (mg/100gr).

Preparación de la muestra

- Macerar 50 g de muestra fresca con 350 ml de una solución de ácido oxálico al 0.4% en una licuadora por 3 minutos y luego filtrar.
- Determinar L_1 como se describió anteriormente.
- En el tubo III colocar 1 ml del filtrado (muestra) + 9ml de agua, ajustar a cero la absorbancia.

- Luego en el tubo IV colocar 1 ml del filtrado + 9 ml de colorante y registrar la absorbancia L_2 luego de 15 segundos.
- Calcular (L_1-L_2) y obtener la concentración de ácido ascórbico a partir de la curva estándar.

D. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1. Caracterización física de los diferentes ecotipos de maca

Las muestras de maca recolectadas en el campo fueron de 4 colores (Rojo, Negro, Amarillo y Morado), las mediciones físicas realizadas fueron: Peso, para ello se utilizó una balanza analítica, longitud (ancho y largo) fue medido utilizando un Vernier y una regla graduada de 10 cm; la forma de los bulbos fue analizado siguiendo la tabla de formas y tamaños reportado por Palomino (1999) (anexo 1), para el color se utilizó la tabla de Munsell (1994). Todas las evaluaciones se realizaron con 8 repeticiones, los resultados fueron tabulados y se consideró el promedio de las repeticiones y la desviación del error estándar de la media.

2. Caracterización Químico Proximal

En los diferentes ecotipos de maca se realizaron las evaluaciones de humedad, grasa, proteína, fibra, ceniza, carbohidratos; cada uno se hizo con 5 repeticiones por análisis. Los resultados fueron evaluados mediante el Diseño completo al azar, y si existía diferencia estadística se aplicó la prueba de Tuckey $P < 0.05$ los resultados se reportan utilizando el promedio y

la desviación standart del error de la media. La metodología experimental se detalla en la figura 1.

3. Determinación de minerales en los ecotipos de maca

La secuencia para la determinación de minerales se indica en la figura 2, en la maca fresca se determina el contenido de humedad y ceniza, luego se pasa a la determinación de macro elementos (Ca, P, Na, K y Mg.) y los micro elementos (Zn, Cu, Fe y Mn) .Los resultados de los minerales determinados en el análisis fueron evaluados aplicando el diseño estadístico completo al azar con 10 repeticiones, para los niveles donde existió significación estadística se utilizó la prueba de Tuckey con $P < 0,05$.

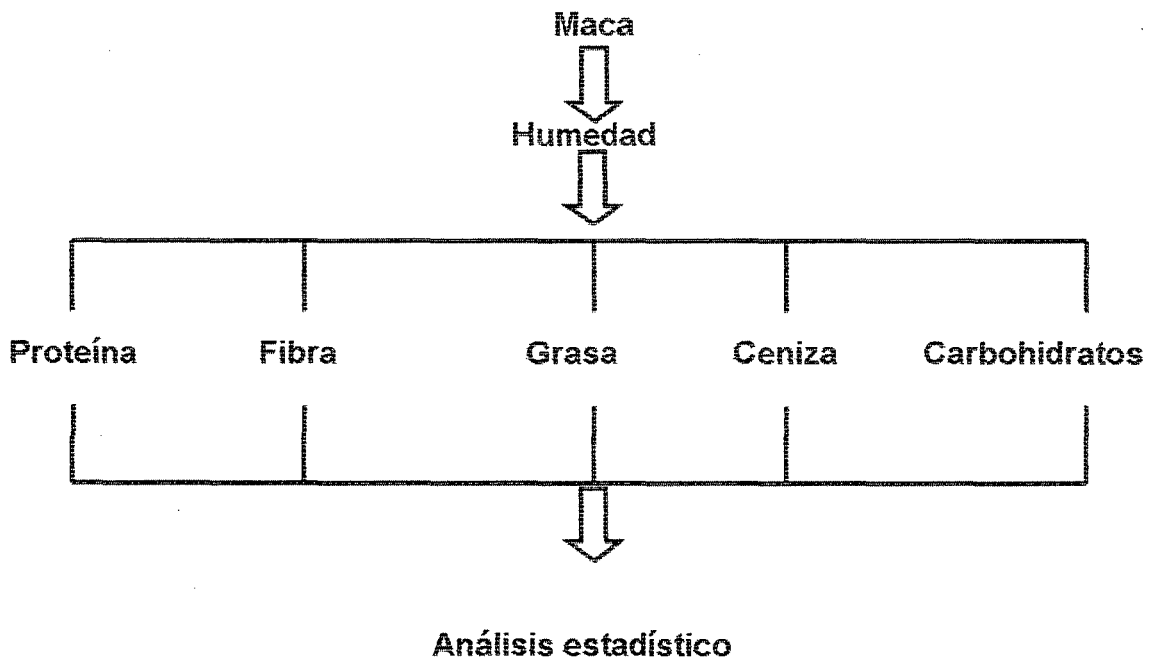


Figura 1. Diagrama experimental para evaluar proteína, fibra, grasa, ceniza y carbohidratos en los ecotipos de maca.

4. Determinación de Nitritos

La determinación de Nitritos se realizó en los ecotipos de maca fresca, la metodología a seguir se indica en métodos de análisis. Los resultados fueron analizados utilizando un diseño completo al azar, luego de realizar las lecturas ; con 5 repeticiones entre los niveles que existía significancia estadística se aplicó la prueba de Tuckey $P < 0,05$.

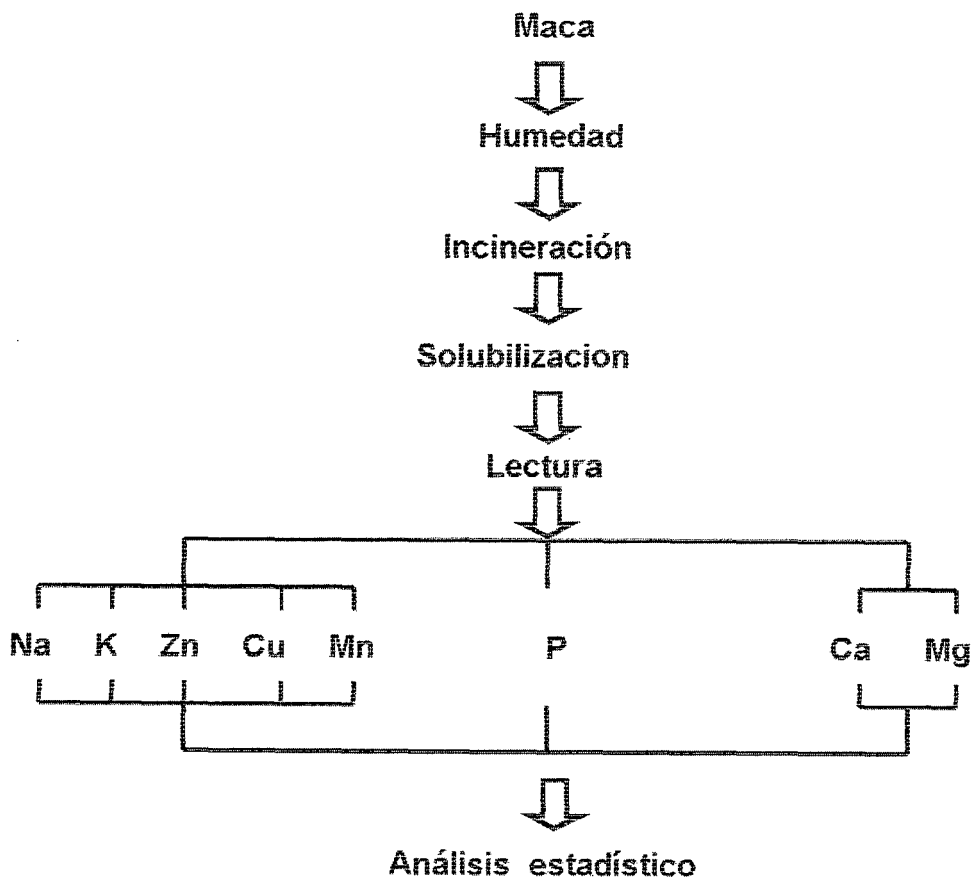


figura 2. Diagrama experimental para evaluar minerales en diferentes ecotipos de maca.

5. Determinación de vitamina C

Se determinó solo en los ecotipos de maca fresca, donde los resultados se evaluaron con un diseño completo al azar y en los niveles donde se encontró significancia estadística se aplicó la prueba de Tuckey $P < 0,05$.

6. Procesos aplicados a la maca

Para aplicar los procesos se seleccionó previamente el ecotipo que presentó las mejores características físicas y los procesos usados fueron:

a. Pre – gelatinización

Para el proceso de pre-gelatinización se siguió en el flujograma indicado en la figura 3; el que se describe a continuación:

Recepción

La recepción de la materia prima se realizó en el área de proceso, y luego se procedió al pesado.

Selección y clasificación

La materia prima fue seleccionada y clasificada por tamaño en 3 tipos pequeño, mediano y grandes, esto con la finalidad de darle el tiempo necesario de hidratación.

Lavado y desinfectado

Esta operación se realizó utilizando una máquina lavadora por aspersión a presión con un sistema de rodillos giratorios que poseen escobillas en la superficie que al flotar el producto retiran las partículas de suciedad impregnadas al producto el cual es alimentado por un lado y recibido por la parte posterior para ser desinfectado con una solución de Dodigen L a una concentración de 0,05% en tinas de acero, durante un tiempo de 5 minutos, repitiéndose la operación cuantas veces fuera necesario.

Hidratado

Se realiza con agua blanda libre de sales en una proporción de 3:1 en relación al producto seco y el porcentaje de hidratación al final fue de 70%; aproximadamente además se adicionó 0,02% de sorbato de potasio, esto con la finalidad de inhibir el crecimiento de hongos y levaduras.

El fin principal de la hidratación es el de ablandar el producto y facilitar el proceso subsiguiente que es el trozado y favorecer el extracto con constituyentes solubles.

Trozado

Se realizó en un molino de martillos, con la finalidad de aumentar el área de exposición de la maca y además facilitar el secado posterior.

Secado

Esta operación se realizó en un secador de lecho fluidizado. El secado se logra por la adición de aire caliente utilizando como energía vapor saturado. Este secado contribuye a que la molienda sea eficaz, debe tenerse mucho cuidado en este punto del proceso puesto que un descuido en la temperatura favorece el quemado del producto influyendo esto en los pasos siguientes en especial el gelatinizado en el secador de tambor.

Molienda

Se realizó en un molino de martillo con mallas cuyos tamaños están entre 0,90 y 0,93 mm. Este también es un punto crítico en el proceso, porque influye en los pasos siguientes

Rehidratado

Fue realizado utilizando sansones en una proporción de 5:1, agua : harina.

Homogenizado

Se realizó en un molino coloidal, con el fin de aumentar el área de exposición del almidón de la maca y facilitar la hidratación además de comenzar el gelatinizado. El producto obtenidos es una pasta fina y espesa lista para el gelatinizado.

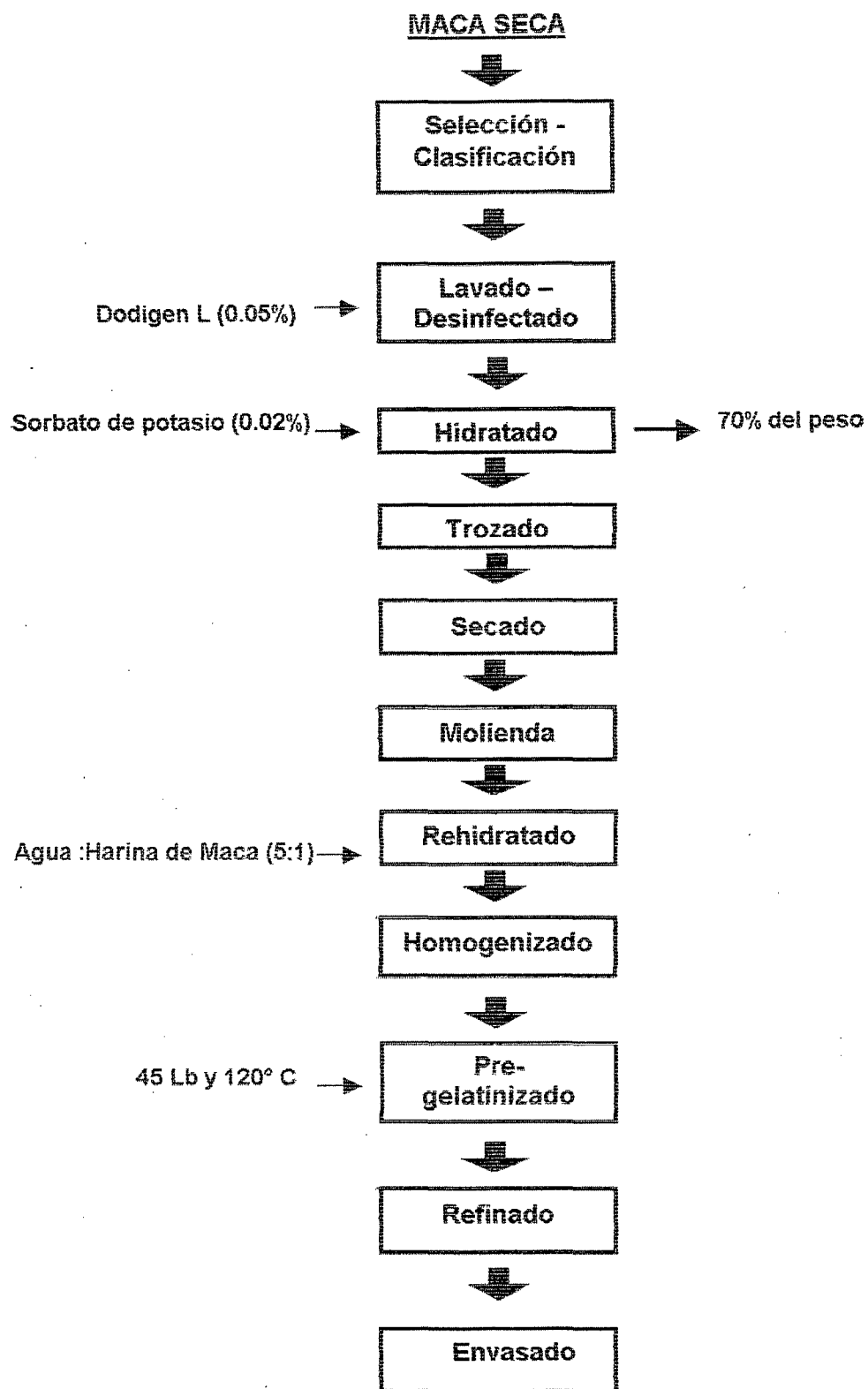


Figura 3. Diagrama de bloques para la obtención de maca pre-gelatinizada

Pre-gelatinizado

El gelatinizado del almidón de la maca comienza a 53° C, el vapor ingresa al secador de rodillos y calienta la superficie de estos para que al ponerse en contacto con la pasta, se seque por acción del calor. Este secador trabaja a 6 rpm y a presión de 45 ó 50 Lb de vapor PSIG y una temperatura mayor de 120° C.

Refinado

El producto obtenido del secador de tambor se refina en un molino de martillo (< 0.93mm) para obtener un producto seco y fino muy higroscópico.

Envasado

El producto fue envasado en bolsas de polietileno de 5 Kg tratando de dejar la menor cantidad de aire en el interior utilizándose doble envase.

b. Atomización

El flujo de operaciones seguido para la obtención de maca atomizada se indica en la figura 4 y se detalla a continuación.

Recepción

La recepción se realizó en el área de proceso, específicamente en el área de recepción.

Selección - clasificación

La materia prima fue seleccionada y a la vez clasificada por tamaño en 3 tipos: Pequeños, medianos y grandes; esto con la finalidad de darle un mejor tiempo de hidratación.

Lavado - desinfección

Se realizó con ayuda de la máquina lavadora por aspersion a presión y un sistema de rodillos giratorios que poseen escobillas en la superficie que al frotar la maca retiran las partículas de suciedad. Luego son desinfectadas en tinas con una concentración de dodigen al 0.05% por un espacio de 15 minutos.

Hidratado

Se realizó utilizando agua blanda, limpia de sales en proporción de 3:1, en relación al producto seco, teniendo un porcentaje de hidratación final del 70%, se dejó por un espacio de 24 horas y se adicionó sorbato de potasio (0,02%). La finalidad de la hidratación es de facilitar el ablandamiento de la maca seca y permitir el trozado, además de facilitar la extracción de constituyentes solubles.

Trozado

Se realizó en el molino de martillos, con la finalidad es aumentar el área de exposición de maca y además facilitar el secado.

Secado

Se realizó en un secador de lecho fluidizado, la maca molida entra en este secador a una temperatura aproximada de 60°C durante 1 hora por tandas de 40Kg aproximadamente, el secador funciona por alimentación de vapor saturado.

Extracción Hidroalcoholica

Se llevó a cabo mezclando la maca seca con una solución conteniendo 60% de alcohol y 40% de agua con la finalidad de extraer todos los elementos importantes de la maca, se coloca un aproximado de 1Kg de maca seca por cada 5 Kg. o litros de solución por un espacio aproximado de 1 a 3 horas, utilizando bidones de plástico.

Filtrado

Se realizó en un filtro prensa con la finalidad de separar las partículas grandes de maca y luego el filtrado se coloca en unos toneles de plástico cerrados herméticamente.

Decantado

Luego de realizar la filtración se realizó el decantado con la finalidad de eliminar el almidón precipitado, para que de esta manera durante el atomizado, el almidón no obstruya los orificios de salida, esta operación dura alrededor de 2 horas.

Concentrado

Se realizó en un concentrador a vacío, la finalidad de es de concentrar la solución llevando a un total de 24° Brix de sólidos totales.

Acondicionado

El concentrado obtenido es mezclado en proporción de 1:1 donde se adicionan 50% de la solución concentrada y 50% de (60% de H_2O_2 y 40% de agua), esto se mezcla y se adiciona DEMEX como secuestrante.

Atomizado

Luego del acondicionamiento se procede a atomizar la solución, siendo llevada hasta la torre de atomización por una bomba, para luego caer como una ducha de finas gotas, en la parte interna se inyecta vapor seco a una temperatura aproximada de 175-180 ° C, resultando un polvo fino que se acumula en las paredes del atomizador, la temperatura de salida es de 75-80° C.

Sellado

Terminado el atomizado se procede a recolectar el polvo fino de manera rápida, luego de esto es sellado en bolsas de polietileno y especialmente a vacío.

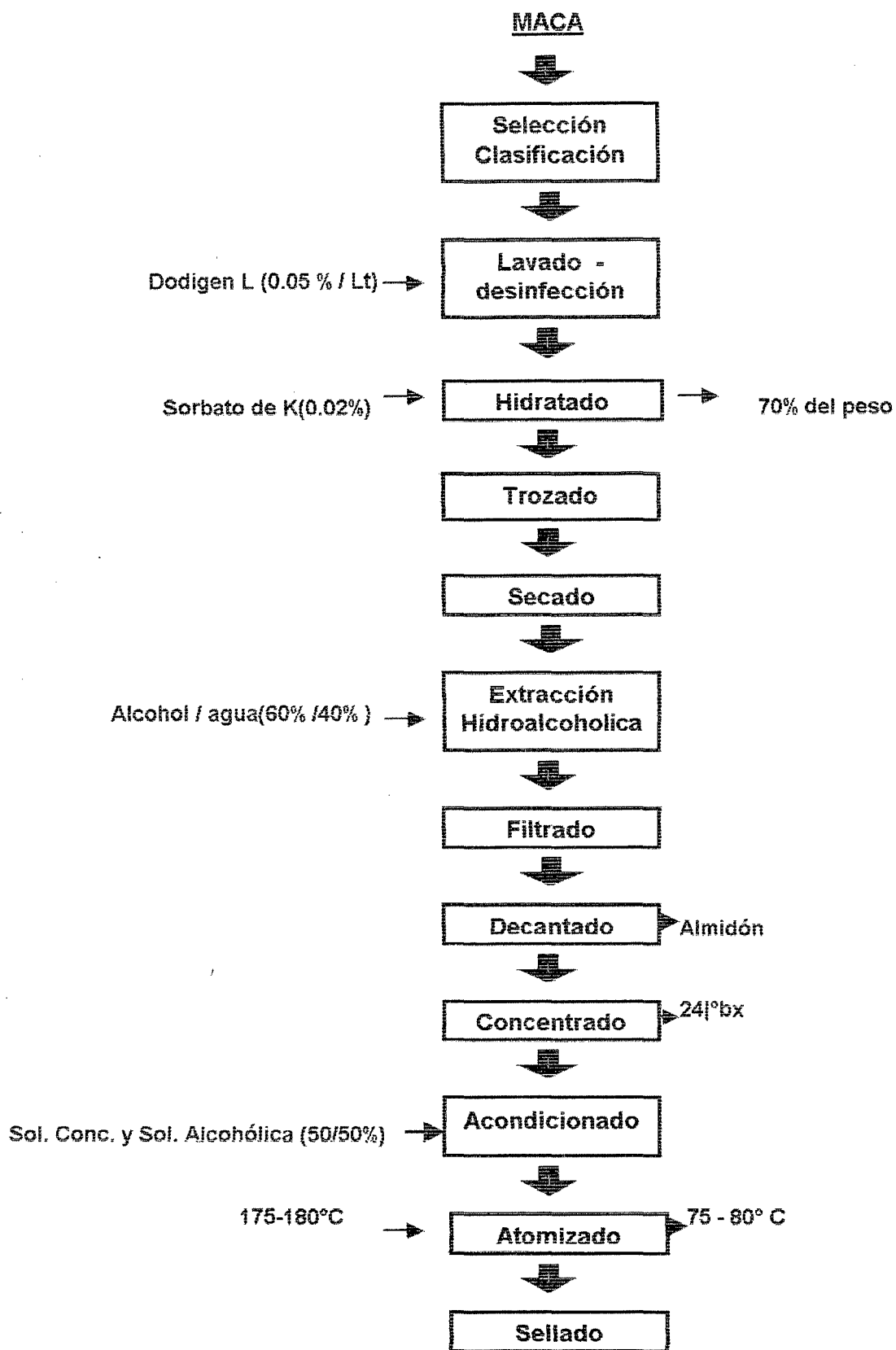


Figura 4. Diagrama de bloques para el procesos de atomización de maca.

c. Liofilización

El flujo de operaciones seguido para la elaboración de maca liofilizada se indica en la figura 5 y se detallaron a continuación.

Recepción

La materia prima es recepcionada en el almacén de la planta y conservada a temperatura controlada.

Almacenamiento

Una vez recepcionada la materia prima se coloca en un cuarto de almacenamiento, en el cual la temperatura es controlada.

Clasificación

La materia prima almacenada fue derivada a la zona de clasificación y selección, para separar las macas en mal estado o muy pequeñas, además de otras impurezas.

Pesado

Las macas clasificadas se pesan, para verificar cuanto de materia entra al proceso.

Lavado y desinfectado

Se realizó en un lavador por aspersion con la finalidad de eliminar las impurezas como tierra, piedras, palitos o ramas, adema de eliminar parte

de la carga microbiana. El lavado se realiza con agua clorada (5mg/ L de agua).

Cortado

Con la finalidad de facilitar el tiempo de secado, esto se realiza con una cortadora provista de cuchillas filudas graduables, para nuestro caso se cortaron en trozos de 0,5 cm aproximadamente.

Centrifugado

Esta operación se realizó con la finalidad de reducir el contenido de agua en la maca por acción de la fuerza centrífuga, la velocidad del centrifugado fue de 760 rpm por un tiempo de 180 segundos.

Llenado

El producto obtenido fue colocado en bandejas metálicas con un peso aproximado de 1.5 Kg por bandeja.

Pesado

Las bandejas una vez llenadas fueron pesadas con la finalidad de verificar cuanto entra a la cámara de liofilización.

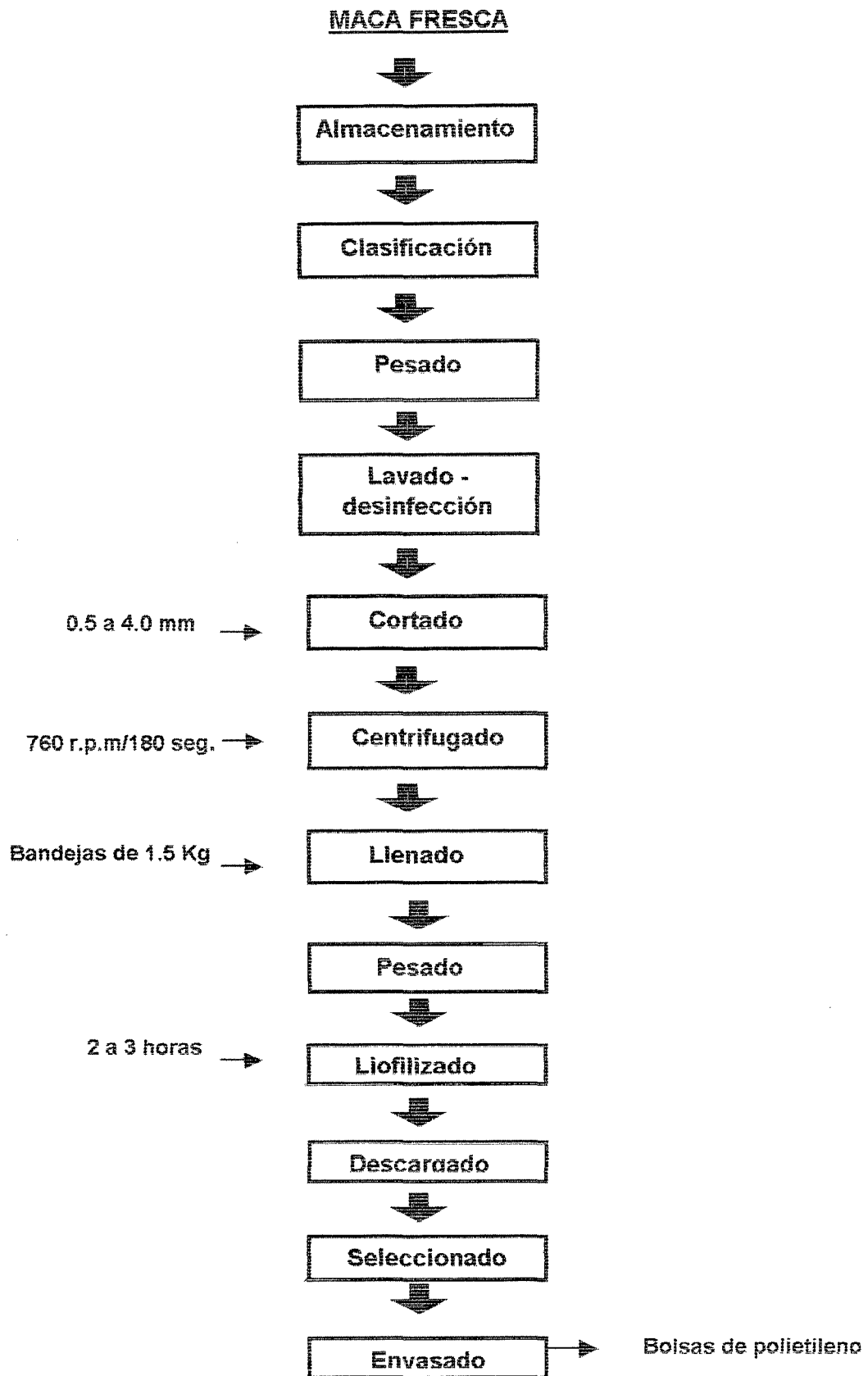


Figura 5. Diagrama de bloques para la obtención de maca liofilizada.

Liofilizado

Una vez pesadas las bandejas metálicas, estas ingresan al túnel liofilizador para su respectivo secado por un espacio de 2 a 3 horas .A una presión que comprendida entre los 0,3 a 1 torr y la temperatura de – 25° C a –60° C aproximadamente.

Descargado

A la salida del túnel liofilizador el producto ya seco es embolsado en bolsas de polietileno y llevado al almacén de productos liofilizados.

Selecccionado

Se pasa el producto liofilizado por una zaranda para separar el polvillo de los trozos quebrados, producto no liofilizados correctamente, etc.

Se hizo pasar por un detector de metales con la finalidad de eliminar la posible presencia de partículas de metal.

Envasado

Fue realizado en forma manual colocando el producto en bolsas de polietileno de 5Kg, las cuales se sellan y luego son colocadas en cajas donde finalmente fueron cerradas.

7. Caracterización químico proximal de maca procesada

En las macas procesadas, se determinó humedad, proteína, grasa, fibra y carbohidratos, con 5 repeticiones, posteriormente se aplicó el diseño completamente al azar y la prueba comparativa de Tuckey $P < 0.05$, para los tratamientos donde se encontró diferencia estadística.

8. Evaluación de micro y macro minerales en la maca procesada

La determinación de minerales se realizó según la secuencia de la figura 2, en las macas procesadas fueron evaluados los macro minerales (Na, K, Mg, Ca y P) y los micro minerales Zn, Fe, Cu y Mn. Los resultados de los minerales determinados en el análisis fueron evaluados aplicando el diseño estadístico completo al azar con 10 repeticiones, para los niveles donde existe significación estadística se utilizó la prueba de Tuckey con $P < 0.05$.

9. Determinación de nitritos

La determinación Nitritos en la maca procesada se realizó siguiendo la metodología ya descrita para cada ecotipo de maca con 5 repeticiones, para luego realizar el diseño completo al azar y la prueba de Tuckey $P < 0.05$, para los tratamientos donde existe diferencia estadística.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERIZACION DE LOS DIFERENTES ECOTIPOS DE MACA

1. Determinación Física

Los resultados de las características físicas de los 4 ecotipos de maca estudiados se presentan en el cuadro 7, con respecto a la longitud del tubérculo de maca éstos se encuentran entre 2,27 a 2,48 cm. Entre ellos el ecotipo rojo es el que obtuvo la mayor longitud (2,48cm) , conjuntamente con el ecotipo amarillo (2,48 cm); estos resultados fueron comparados con lo reportado por Palomino (1999), quien determino un promedio de 3,7cm. La variación existente podría deberse a lo que indica Ortiz y Fernández (1999), quienes citan que los ecotipos se desarrollan mejor en suelos donde la distribución de agua es uniforme y la humedad no sea tan alta.

Al evaluar el diámetro de los tubérculos de maca considerando la parte carnosa (sin raicillas secundarias) que viene a ser la parte comestible se determinó que el ecotipo amarillo obtuvo el mayor diámetro (5,148 cm), seguido por los ecotipos rojo, morado y negro.

Según Obregón (1999), el diámetro de la parte carnosa es variable siendo el mayor 6,5 cm y el menor 0,6 cm; por otro lado Palomino (1999), reporta un diámetro entre 5,2 y 5,9 cm, por tanto los resultados obtenidos con respecto al diámetro de la maca se encuentran entre los rangos reportados por la bibliografía. La diferencia de diámetros en los ecotipos estudiados responde a lo reportado por Aliaga (1999), quien sostiene que el diámetro de los

diferentes ecotipos depende del riego del terreno ya sea de forma natural o artificial, además del tipo de terreno que preferentemente debe ser un terreno descansado por la abundancia de nutrientes para el mejor desarrollo de la planta durante los 5 o 6 meses que dura la etapa de ensanchamiento de los tubérculos.

Cuadro 7. Resultado de la caracterización física de 4 ecotipos de maca.

ECOTIPOS	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	PESO (g.)	FORMA	COLOR
Negro	2.48 ± 0.08	4.26 ± 0.183	27.85 ± 2.89	Ratón	Negro Claro
Morado	2.27 ± 0.08	4.69 ± 0.19	33.10 ± 3.05	Gordo	Morado
Rojo	2.48 ± 0.10	4.77 ± 0.16	39.44 ± 3.94	Ratón	Rojo- Amarillento
Amarillo	2.45 ± 0.07	5.14 ± 0.19	41.58 ± 3.11	Gordo	Amarillo

Los valores representan el promedio ± error standart de la media, con 10 repeticiones.

En cuanto al peso, los resultados obtenidos fueron: 27,85; 33,10; 39,44 y 41,58 g. para los ecotipos negro, morado, rojo y amarillo respectivamente; variando significativamente con lo reportado por Quiroz (1999) quién señala un peso promedio de 71,8 g en diferentes ecotipos.

Ortiz y Fernández (1999), reportan que el peso de los ecotipos, está influenciado por el tipo de suelo, ellos estudiaron el suelo esponjoso con una humedad de 38%, encontrando que permite una mejor y fácil distribución del agua para las raíces , permitiendo un mejor ensanchamiento de estas.

Con respecto a la forma; para el estudio se encontró dos tipos: la forma gorda en el ecotipo amarillo con un 36,4% y morado con 46,2%; ratón para los ecotipos rojo (33,3%) y negro (33,0%), estas características son clásicas tal como lo reporta Palomino (1999) ; quien describe que el 33% de los tubérculos amarillos tiene la forma gorda y 26% el ecotipo morado; se dice gordo al ecotipo rectangular con una raíz larga de gran tamaño. Mientras que un 58% de los tubérculos rojo tiene la forma ratón y un 57% los tiene el ecotipo negro; además reporta las características físicas tal como la forma ratón al ecotipo circular achatado donde predomina mas el ancho que el largo. Ortiz y Fernández (1999), sostienen que las raíces de maca sembradas en suelos franco limoso arenoso y con humedades comprendidas entre 20 y 25 %, son las que presentan las formas mas variadas de raíces, esto debido a que la raíz se deforma por la búsqueda de mayor humedad que le permita un mejor desarrollo.

Como resultado de la evaluación del color de los tubérculos, se encontró diferencia significativa entre los ecotipos y variación de colores dentro de cada ecotipo estudiado, siendo esto corroborado por, Obregón (1999); quien sostiene que los colores clásicos de la maca, tienden a variar dentro de cada ecotipo, es decir que no existe un color fijo dentro de cada ecotipo.

Chacón (1997), sostiene que diferentes colores de los ecotipos son el resultado de la variación de nutrientes que tiene el terreno empleado, a los minerales; todo esto se lleva a cabo en la absorción de lo nutrientes por acción de las raíces secundarias. Además Palomino (1999), sostiene que la

variación de color entre ecotipos es resultado del cruzamiento entre plantas de diferente color.

2. Caracterización Químico Proximal

Los resultados del análisis químico proximal se presentan en el cuadro 8 donde se observa lo siguiente:

El contenido de humedad en las muestras de los tubérculos de maca fue de 16,89%, 13,04%, 10,23% y 9,08% ; para los ecotipos rojo, morado, amarillo y negro respectivamente.

Entre los diferentes colores evaluados con respecto a la humedad se encontró diferencia estadística (anexo 2); utilizando la prueba de Tuckey ($P < 0,05$), se determinó que el color rojo es el que tiene el mayor contenido de humedad en relación a los demás componentes, estos resultados comparados con los que reporta Dini (1994) son altamente superiores quien determino un promedio de 10,4 % para diferentes ecotipos de maca, así mismo comparando con los resultados reportados por Obregón (1999), se observa niveles bajos (10,14%), a lo determinado. Este resultado es explicado por Zavaleta (1992) quien indica que la presencia de calcio en los tejidos de las plantas y frutos aumenta la retención de agua explicando de esta manera el alto contenido de humedad.

Al evaluar el contenido de proteína en los tubérculos de maca se encontró diferencia estadística (anexo 3) y aplicando la prueba de Tuckey ($P < 0.05$), se determinó que el ecotipo morado obtuvo el mayor porcentaje (13,22%), seguido por los ecotipos rojo (12,58%) y negro (12,58%), son estadísticamente iguales, pero el ecotipo amarillo es el que presentó menor promedio (12,08%) y estadísticamente diferente a los demás, al ser comparado con lo que señala Obregón (1999), son inmediatamente superiores, quien determinó un promedio de 8,25%; 9,97% y 7,7% ; para los ecotipos amarillo, rojo y negro respectivamente. Esta característica también fue evaluada por Dini (1994) y Chacón (1989) quienes reportan un promedio de 10.2% y 11.0% respectivamente, estos promedios al ser comparados con los resultados obtenidos son inferiores.

Cuadro 8. Resultados de la caracterización químico proximal de 4 ecotipos de maca (mg/100g de muestra seca).

Ecotipos	Humedad	Proteína	Fibra	Grasa	Ceniza	Carbohidratos
Negro	9.09 ± 0.095 ^d	12.58 ± 0.248 ^a	4.97 ± 0.12 ^a	0.32 ± 0.05 ^b	5.35 ± 0.05 ^a	68.52 ^a
Morado	13.04 ± 0.26 ^b	13.22 ± 0.13 ^a	4.97 ± 0.06 ^a	0.75 ± 0.06 ^a	5.00 ± 0.05 ^b	61.89 ^b
Rojo	16.89 ± 0.22 ^a	12.58 ± 0.24 ^a	4.13 ± 0.28 ^a	0.31 ± 0.03 ^b	5.35 ± 0.05 ^a	61.25 ^b
Amarillo	10.23 ± 0.17 ^c	12.08 ± 0.22 ^{ab}	4.77 ± 0.31 ^a	0.36 ± 0.01 ^b	5.19 ± 0.04 ^a	68.11 ^a

Los datos son el promedio de 5 repeticiones por tratamiento y el error standart de la media.

Lou (1986) reporta que el hierro y el cobre influyen dentro de la planta y en fruto a la formación de proteína.

En cuanto al contenido de fibra bruta en los ecotipos de maca se obtuvieron: 4,97%, 4,97%, 4,78% y 4,13% correspondiendo a los ecotipos negro, morado, amarillo y rojo respectivamente; mediante el análisis de varianza (anexo 4), no se determinó diferencia estadística. Los promedios obtenidos al ser comparados con los promedios reportados por Dini (1994) son inferiores, quien determinó un promedio de 8.5%. Aliaga (1985) y Obregón (1999) reportan 6.66% y 5.23% respectivamente siendo estos promedios inmediatamente superiores a los encontrados en el presente estudio.

En los promedios obtenidos en cuanto al contenido de grasa en los tubérculos de maca el ecotipo morado fue el que obtuvo el mayor porcentaje (0,75%) con respecto a los demás. Los resultados fueron analizados mediante el ANVA, (anexo 5); y la prueba de Tuckey ($p < 0,05$), muestran que el ecotipo morado (0,75%) es estadísticamente superior, seguido por el amarillo (0,36 mg/100gr); negro (0,32mg/100gr) y por último el rojo (0,31mg/100gr). Los resultados al ser comparados con lo señalado por Aliaga (1985), indican diferencia numérica (0,20%) para diferentes eco tipos de maca; además Dini (1994) obtuvo un promedio de 2,2% siendo altamente superior a los promedios encontrado en los ecotipos analizados. Por otro lado Obregón (1999) reporta un promedio de grasa en diferentes ecotipos de 0,85%, este promedio también es superior a lo encontrado en el presente estudio.

Los promedios obtenidos para el contenido de cenizas en los diferentes ecotipos de maca fueron: 5,35%, 5,35%, 5,19% y 5,00% para los colores

negro, rojo, amarillo y morado respectivamente, donde no se encontró diferencia estadística alguna entre ellos, luego de realizar el ANVA, (anexo 6); ya que los valores obtenidos mantienen valores similares. Estos promedios al ser comparados con los obtenidos por Obregón (1999) son significativamente superiores, quien determino un promedio de 5,16%.

Dini (1994) y Aliaga (1985) reportan promedios de 4,9% y 4,05% respectivamente, siendo estos inferiores a los promedios obtenidos en los análisis.

En cuanto a contenido de carbohidratos el que ocupo el mayor promedio fue el ecotipo amarillo (67,98%), seguido por el ecotipo rojo (67,38%), negro (63,02%) y el morado (60,75%), luego de realizar el ANVA, (anexo 7), se encontró diferencia estadística significativa, realizada la prueba de Tuckey $P < 0,05$, se encontró que la maca amarilla y negra son estadísticamente superiores 67,98 y 63,02% respectivamente ; en relación a este componente Dini (1994) y Obregón (1999); reportan promedios de 59,0% y 72,92% respectivamente por lo tanto los promedios determinados se encuentran dentro de los límites señalados, esto se puede explicar con lo que sostiene Zavaleta (1992), quien reporta que el potasio al ser absorbido por la planta permite la formación de almidón y azúcares en el desarrollo de las raíces y tubérculos, así mismo el magnesio contribuye en este proceso.

3. Determinación de minerales en los ecotipos de maca

a. Evaluación de macro minerales

Los resultados del análisis de macro minerales se presentan en el cuadro 9 donde el contenido de calcio en el ecotipo amarillo presenta el promedio mas alto (238,31 mg/100g), seguido por el negro (235,4 mg/100g), morado (203,42 mg/100g) y el rojo (196,14 mg/100g); realizado el análisis de varianza (anexo 8), se encontró diferencia estadística altamente significativa, ejecutada la prueba de Tuckey $P < 0.05$ el ecotipo amarillo y negro son estadísticamente iguales y el ecotipo rojo es el que tiene el menor contenido de este mineral. Estos promedios comparados con los obtenidos por Dini (1994); son altamente superiores (150 mg./100g). Así mismo comparando con los promedios reportados por Chacón (1997) y Obregón (1999); quienes indican un contenido de Calcio de 247,20 mg./100g y 210,0 mg./100g, respectivamente, los promedios encontrados están dentro de los valores reportados. Al respecto Zavaleta (1992) , reporta que el calcio es un componente de la pared celular de las plantas y raíces, encontrándose en forma de iones cambiables en el suelo que permite la mejor retención de agua por parte de la planta y el fruto.

Con respecto al fósforo realizado el análisis de varianza (anexo 9), se encontró diferencia estadística altamente significativa, realizada la prueba de Tuckey $P < 0.05$, se encontró que los ecotipos morado y amarillo tienen los promedios mas altos (328,10 mg/100g y 317,68 mg/100g) y estadísticamente son iguales ; luego sigue el ecotipo negro (258,6

mg/100g) y el que ocupó el menor promedio fue el ecotipo rojo (187,73 mg/100g); estos resultados fueron comparados con Obregón (1999), quien determinó un promedio de 296,10 mg/100g. Por otro lado Zavaleta (1992), reporta que el fósforo a nivel de suelo se encuentra bajo la forma de fosfatos, los cuales la planta los asimila más fácilmente, esto depende también del tipo de terreno en que se siembre las plantas.

Cuadro 9. Resultados del análisis de macro elementos en 4 ecotipos de maca (mg/100g de muestra seca).

Ecotipos	Calcio	Fósforo	Potasio	Magnesio	Sodio
Negro	235.54 ± 6.7 ^a	258.68 ± 6.1 ^b	857.74 ± 19.2 ^b	82.68 ± 2.3 ^a	36.65 ± 2.6 ^a
Morado	203.42 ± 3 ^{bc}	328.10 ± 7.7 ^a	937.99 ± 16.4 ^a	75.10 ± 1.9 ^a	23.45 ± 1.8 ^b
Rojo	196.14 ± 7.4 ^c	187.74 ± 11.4 ^c	770.20 ± 17.6 ^c	75.73 ± 1.9 ^a	18.20 ± 1.7 ^{cb}
Amarillo	238.31 ± 5.0 ^a	317.68 ± 4.6 ^a	945.57 ± 8.4 ^a	81.11 ± 3.9 ^a	40.77 ± 2.7 ^a

Los datos son el promedio de 5 repeticiones por tratamiento, y el error estándar de la media.

En relación al potasio se realizó el análisis de Varianza (anexo 10), donde se encontró diferencia estadística altamente significativa, realizada la prueba de Tuckey $P < 0,05$, se determinó que el ecotipo amarillo es el que tiene el mayor promedio (945,57 mg./100g), seguido por el ecotipo morado con 937,99 mg/100g, resultando estadísticamente iguales luego sigue el ecotipo negro (857,74 mg/100g) y por último el ecotipo rojo (770,20mg/100g) que es el que posee el menor promedio entre todos. Estos promedios al ser comparados con los reportados por Obregón (1999), son inferiores ya que los promedios que reporta están en el orden del 1000 mg/100g hasta los 1160 mg./100g.

Dini (1994); reporta valores altos de potasio en la maca (2050 mg/100g), que al ser comparados con los promedios obtenidos difieren siendo inferiores. Zavaleta (1992), reporta que el potasio es un mineral importante para la planta ya que contribuye al desarrollo de raíces y tubérculos, además da resistencia a las enfermedades y sobre todo a las heladas y sequías, además asegura que la disponibilidad de este mineral en cualquier suelo es grande y fácilmente asimilable por la planta.

Otro de los macro elementos analizados fue el magnesio, realizado el ANVA (anexo 11) no se encontró diferencia estadística entre ellos ya que los valores encontrados son semejantes, los ecotipos de maca analizados tuvieron valores de 82,68; 81,11; 75,73 y 75,10 mg./100g , para los ecotipos negro, amarillo, rojo y morado respectivamente. Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Obregón (1999) quien encontró un contenido de magnesio de 70 a 80 mg/100g; Zavaleta (1992) ,reporta que el magnesio favorece a la formación de los azúcares.

En cuanto al sodio realizado el ANVA (anexo 12), se encontró diferencia estadística altamente significativa; realizada la prueba de Tuckey $P < 0,05$ se obtuvo que el ecotipo amarillo es el que tiene el mayor promedio (40,77 mg/100g), negro (36,65 mg/100g) y estadísticamente son iguales, el morado (23,45 mg/100g) es diferente a los anteriores y el rojo es el que tiene menor contenido (18,20 mg/100g). Al ser comparados estos promedios con los reportados por Dini (1994), son superiores ya que este

autor reporta un contenido de sodio en diferentes ecotipos de maca en concentración de 18,7 mg/100g, Obregón (1999), reporta un contenido de sodio en el rango de 20 a 40 mg/100g , quedando los promedios obtenidos dentro lo reportado por la bibliografía.

b. Evaluación de los micro minerales

Los resultados de los análisis de micro minerales se presentan en el cuadro 10, para el manganeso se realizó el análisis de varianza (anexo 13) , se encontró diferencia estadística altamente significativa, realizada la prueba de Tuckey $P < 0,05$ se encontró que el eco tipo morado es el que tiene el mayor promedio con 5,25 mg/100g, seguido por el ecotipo negro con 5,19 mg./100g y son estadísticamente iguales; el rojo 4,35 mg/100g y el amarillo con 3,85 mg/100g respectivamente, siendo este último estadísticamente inferior comparado con los demás ecotipos. Estos promedios al ser comparados con los reportados por Obregón (1999), son inferiores ya que ella reporta un contenido de manganeso de 22 mg/100g.

Dini (1994) reporta que el contenido de manganeso en sus muestras de maca fue de 0,8 mg/100g, siendo este promedio inferior a lo encontrado en los ecotipos analizados. Lou (1986), reporta que este mineral juega un papel esencial en el estado final de la reducción de los nitratos; la disponibilidad de este mineral en los suelos esta supeditado a la aeración del suelo ,el pH de este y sobre todo el drenaje del suelo. Por otro lado reporta que la deficiencia de este mineral esta afectado por el clima cuando existen condiciones frías y húmedas las raíces tiene menor

actividad metabólica y por lo tanto disminuyen la absorción de este mineral, además que existe una interrelación entre el Fe y en Mn y que es importante para la eficiencia de cada uno de ellos, y es por ello que con un alto contenido de Fe existe poco contenido de Mn, esto se refleja en los reportes de Dini (1994) y Obregón (1999) en los cuales los contenidos de Mn son bajos a comparación de los de Fe, en nuestro caso el efecto fue similar por que nuestro contenido de Fe es alto comparado con el Mn.

Cuadro 10. Resultados de los análisis de micro minerales en 4 ecotipos de maca (mg/100g de muestra seca).

Ecotipos	Manganeso	Zinc	Hierro	Cobre
Negro	5.19 ± 0.19 ^a	2.90 ± 0.13 ^a	6.78 ± 0.84 ^a	0.64 ± 0.047 ^a
Morado	5.25 ± 0.08 ^a	2.88 ± 0.07 ^a	8.26 ± 0.85 ^a	0.50 ± 0.01 ^a
Amarillo	3.85 ± 0.11 ^{cb}	2.78 ± 0.11 ^a	10.31 ± 1.96 ^a	0.68 ± 0.06 ^{ac}
Rojo	4.35 ± 0.14 ^b	2.53 ± 0.16 ^a	3.92 ± 0.40 ^{ab}	0.49 ± 0.01 ^{ba}

Los valores corresponden a los promedios de 5 repeticiones por ecotipo y el error estándar de la media.

Los resultados de Zinc fueron analizados mediante el ANVA, (anexo 14), donde no se encontró diferencia estadística significativa, pero el contenido de zinc en los ecotipos analizados fue del orden de 2,90 mg./100g, 2,88 mg./100g, 2,78 mg/100g y 2,53 mg/100g, correspondiendo estos valores a los ecotipos negro, morado, amarillo y rojo respectivamente.; los resultados al ser comparados con los reportes de Dini (1994), son inferiores ya que este autor reporta un contenido de 3,8 mg/100g. Además Obregón (1999),

reporta contenidos de zinc en muestras de maca de 32 mg/100g, siendo los resultados obtenidos inferiores a los reportados por dicha autora.

Zavaleta (1992), reporta que este mineral participa en las diferentes actividades metabólicas de las plantas y raíces.

Lou (1986), reporta que las plantas con deficiencia de zinc tienen en sus raíces y frutos un alto contenido de nitritos. Además que la deficiencia de Zinc es causada por la baja solubilidad de Zn en el suelo y no a un efecto de naturaleza biológica.

Realizado el Análisis de varianza, (anexo 15), para los resultados del hierro se encontró diferencia estadística altamente significativa, ejecutada la prueba de Tuckey $P < 0,05$ se determinó que el mayor promedio pertenece al ecotipo amarillo (10,31mg/100g) y es estadísticamente superior a los demás, seguido por los valores del morado (8,62 mg/100g), negro (6,78 mg/100g), pero es estadísticamente inferior ecotipo rojo (3,92 mg./100g); El promedio mayor al ser comparado con lo reportado por Obregón (1999), son inferiores ya que el promedio reportado por dicha autora fue de 9,93 mg/100g.

Dini (19994), reporta un promedio de 16,6 mg/100g para el hierro en ecotipos diferentes de maca , siendo este valor superior a lo encontrado en los análisis realizados. Lou (1986), reporta que este mineral actúa a nivel de la planta y fruto (tubérculo) en el metabolismo de las proteínas, fijación del nitrógeno, y la reducción de los nitritos, también la presencia de alto contenido de calcio en el suelo y el elevado pH del suelo afectan la

absorción de hierro del suelo hacia la planta. la ventaja de el Fe es de que puede existir en suelos ácidos , y existe una marcada interacción entre los principales minerales.

Los resultados del cobre fueron analizados mediante el análisis de varianza (anexo16) y se encontró diferencia estadística altamente significativa, realizada la prueba de Tuckey $p < 0,05$, se encontró que el ecotipo amarillo es el que posee mayor promedio 0,678 mg/100g, siendo estadísticamente superior a todos los tratamientos.

El valor reportado fue comparado con lo citado por Dini (1994), quien indica un promedio de 5,9 mg/100g, siendo altamente superior a lo encontrado en los ecotipos analizados; Obregón (1999), reporta un promedio de 6,0 mg/100g, siendo de igual manera altamente superior a lo encontrados en los análisis .Zavaleta (1992), determinó que el cobre participa en la catálisis de la enzimas oxidantes y de reducción; que regula la actividad respiratoria de la planta y que le permite tener mayor resistencia. Lou (1986) , reporta que la presencia de cobre en los suelos y la absorción por parte de las plantas puede ser escasa por acción de los tipos de suelos, además que esto se ve agudizado por que el cobre puede interactuar con otros elementos que bloquean en cierta forma su acceso a la planta y que en suelos con alto contenido de Zinc la absorción de cobre es menor.

4. Determinación de Nitritos

En el cuadro 11 se presentan los resultados de la evaluación de nitritos en los diferentes ecotipos de maca, los mismos que fueron analizados estadísticamente (anexo 17), y se encontró diferencia estadística, realizada la prueba de Tuckey $p < 0,05$; se encontró que en el ecotipo amarillo alcanzo un promedio de 137,66 μM siendo estadísticamente superior al ecotipo negro (133,47 μM), al morado (95,96 μM) y por ultimo el ecotipo rojo (42,10 μM). Lou (1986), reporta que la presencia de hierro en el suelo permite que la planta reduzca el contenido de nitritos y aumente o fije el contenido de nitrógeno, este mismo autor cita que también uno de los minerales presentes en el suelo contribuye también en la reducción de los nitritos es el manganeso. Esta variación de la cantidad de nitritos puede ser por causa de estos minerales presentes en los suelos.

Cuadro 11. Contenido de nitritos en los diferentes ecotipos de maca (μM de muestra seca).

Ecotipos	Nitritos (μM)
Negro	133.47 \pm 1 4.8 ^b
Morado	95.96 \pm 6.8 ^b
Rojo	42.10 \pm 8.5 ^a
Amarillo	137.66 \pm 5.4 ^b

Los valores corresponden a lo promedios de 5 repeticiones por eco tipo y el error standart de la media.

5. Determinación de vitamina C

Los resultados de Vitamina C en maca fresca, se reporta en el cuadro 12, realizado el análisis de varianza (anexo 18); se encontró diferencia estadística significativa y ejecutada la prueba de Tuckey $p < 0,05$ se determinó que el ecotipo amarillo obtuvo el mayor promedio (0,75 mg/100g) y es estadísticamente superior a los demás ecotipos; seguido por los ecotipos negro 0.677 mg/100g; morado 0,46mg/100g; rojo 0,39 mg/100g.

Cuadro 12. Contenido de vitamina C en los diferentes ecotipos de maca (mg/100g de muestra seca).

Ecotipos	Vitamina C (mg/100gr)
Negro	0.677 ± 0.056^a
Morado	0.463 ± 0.082^{ab}
Rojo	0.399 ± 0.032^b
Amarillo	0.755 ± 0.038^a

Los valores corresponden a los promedios de 5 repeticiones por ecotipo y el error estándar de la media.

Siendo estos dos los menores promedios y estadísticamente inferior a los demás.

Chacón (1997), reporta un contenido de vitamina C en maca de 2,50 mg/100g, promedio superior a lo encontrado en el presente estudio.

Obregón (1999), indica un promedio de 3,10 mg/100g, siendo altamente superior a lo encontrado. Esta diferencia puede deberse a que la muestra fue secada a 70° C.

De la caracterización de los ecotipos de maca se concluye que la maca amarilla es la que da mejores resultados, en cuanto a la presencia de proteína, grasa, fibra, carbohidratos así como la presencia de macro y micro minerales, siendo por estas razones elegida para ser procesada y ser evaluada posteriormente.

B. CARACTERIZACION DE LA MACA PROCESADA

1. Caracterización químico proximal

Los resultados del análisis químico proximal se reportan en el cuadro 13.

Con respecto a la humedad una vez realizado el ANVA (anexo 19), se encontró diferencia estadística altamente significativa y ejecutada la prueba de Tuckey $p < 0,05$ se determinó que la maca pre-gelatinizada obtuvo un 10,4%, siendo estadísticamente igual la maca atomizada (9,4%), mientras que en el liofilizado se encontró una humedad de 1,3%, siendo este proceso estadísticamente inferior a los demás; en la maca sin procesar el rango de humedad fue de 9.08% a 16.89% ; esto se puede apreciar mejor en la figura 6, por lo que el tipo de proceso aplicado puede hacer variar a la humedad.

Aliaga (1990) ,reporta que el contenido de humedad en el producto final gelatinizado debe estar entre 10% a 10,5%, lo que concuerda con los datos obtenidos.

La humedad de la maca liofilizada al ser comparada con lo reportado por Ordóñez y Cambero (1998), quienes indican que esta debe ser menor al 2%, y sostiene que una vez procesado el producto debe ser sellado herméticamente para evitar la rehidratación del producto.

Cuadro 13. Análisis químico proximal de maca procesada (mg/100g de muestra seca).

Procesos	Humedad	Proteína	Fibra	Grasa	Ceniza	Carbohidratos
Liofilizado	1.3±0.22 ^a	12.7±0.26 ^c	4.1±0.30 ^b	0.57±0.09 ^a	4.5±0.04 ^c	78.1 ^a
Pre- gelatinizado	10.4±0.24 ^b	10.2±0.28 ^b	4.8±0.16 ^b	0.56±0.03 ^a	4.3±0.03 ^b	80.1 ^b
Atomizado	9.4±0.42 ^b	7.5±0.61 ^a	0.7±0.01 ^a	2.0±0.19 ^b	2.1±0.02 ^a	87.8 ^c

Los valores corresponden a lo promedios de 5 repeticiones por eco tipo y el error estándar de la media.

En cuanto a la maca atomizada el contenido de humedad es superior a lo indicado en la bibliografía el mismo que debe estar entre 4-6%.

Fenema (1992), indica que la humedad tiene una dependencia con la temperatura del ambiente, teniendo en cuenta que a cualquier humedad la actividad de agua aumenta al incrementarse la temperatura del medio.

teniendo en cuenta que el atomizado de maca es altamente higroscópico, la humedad en Tingo María (80% HR) al igual que la temperatura (25°C).

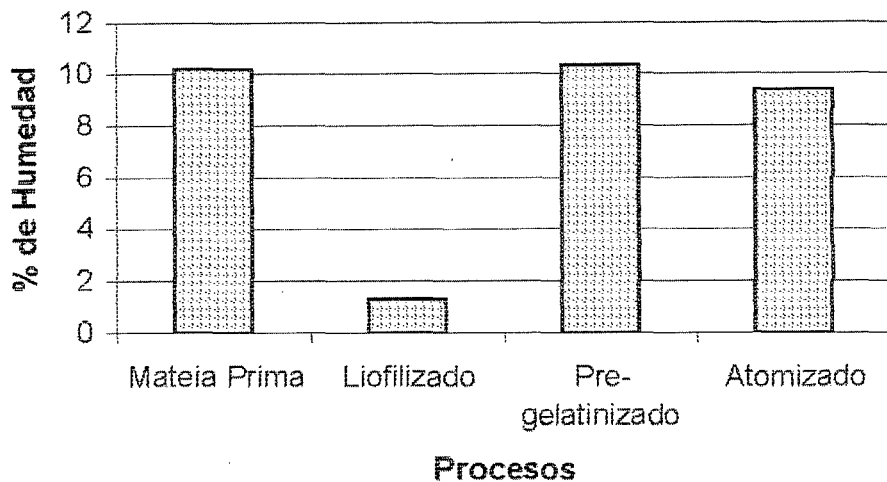


Figura 6. Contenido de humedad en maca fresca y procesada.

Los datos de proteína fueron analizados estadísticamente (anexo 20), encontrándose diferencia altamente significativa y ejecutada la prueba de Tuckey $p < 0,05$; se determinó que la maca liofilizada tuvo 12,72%, siendo estadísticamente superior al pre-gelatinizado (10,22%), y con menor contenido la maca atomizada con 7,54%.

Comparado el contenido de proteína en maca liofilizada, pre-gelatinizada y atomizada, con la maca sin procesar (12,08% hasta 13,22%) como se aprecia en la figura 7, nos indica que hay cambios sustanciales en cuanto a los procesos empleados.

Ordóñez y Cambera (1998), reportan que en el liofilizado los macro nutrientes no sufren desnaturalización alguna, esto por el empleo de bajas temperatura y

que la pérdida es mínima; Aliaga (1990), indica que en el pre-gelatinizado la pérdida de proteína es considerable por las altas temperatura y el tiempo expuesto.

Mafart (1994), indica que las mayores pérdidas por atomización son causadas por las altas temperatura del proceso, desnaturalizando proteínas, vitaminas y otros nutrientes, por ello se recomienda evaluar el producto a procesar y después del proceso.

En cuanto al contenido de fibra, una vez realizado el análisis de varianza (anexo 21), se encontró diferencia estadística altamente significativa por esta razón se realizó la prueba de Tuckey $p < 0,05$; donde el liofilizado obtuvo 4,16% y el pre-gelatinizado 4,81% siendo estadísticamente similares, mientras el atomizado con 0,70%, es estadísticamente inferior a los otros tratamientos. La maca sin procesar alcanzó un contenido de fibra de 4,77%, la comparación con la maca procesada se observa en la figura 7.

Los contenidos de fibra varían de acuerdo al tipo de proceso aplicado como lo explica Cheftel (1977), quien señala que en el liofilizado se emplea los frutos (tubérculos) semi-enteros o trozados. Aliaga (1990), reporta en su trabajo que para el pre-gelatinizado se emplean tubérculos de tamaño mediano (las cuales tienen alto contenido de fibra), a la cual primero se seca, muele y posteriormente se forma una pasta. Mientras que Mafart (1994),

reporta que al atomizado entran solo líquidos (extractos acuosos) previamente concentrados.

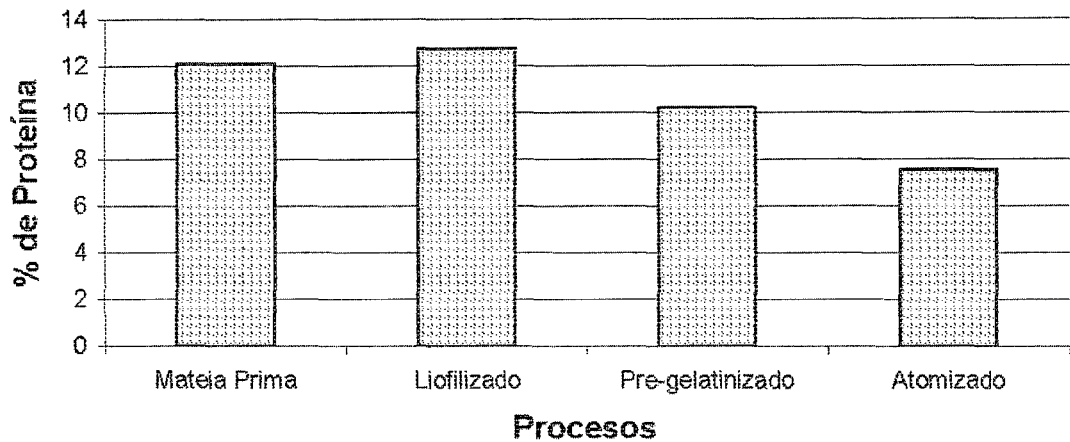


Figura 7. Contenido de proteína en maca fresca y procesada.

Al evaluar el contenido de grasa, realizado el ANVA (anexo 21), se encontró diferencia estadística altamente significativa y ejecutado la prueba de Tuckey $p < 0,05$, la maca atomizada (2,0%), fue estadísticamente superior a los otros procesos, seguido por el liofilizado (0,57%) y el pre-gelatinizado (0,56%), siendo estos dos últimos estadísticamente iguales. En la figura 9 se presenta la comparación del contenido graso de maca fresca (0,36%) y maca procesada.

Ordóñez y Cambero (1998), citan que durante el liofilizado se logra eliminar parte del agua que se concentra junto a los nutrientes; elevando el contenido de estos últimos.

Fellow (1994), indica que en el caso de atomizado este sufre un proceso de concentración y el posterior atomizado ocasionando pequeños cambios a nivel de la grasa que a esta temperatura se oxida formando productos de descomposición (hidrocarburos, ácidos y cetonas).

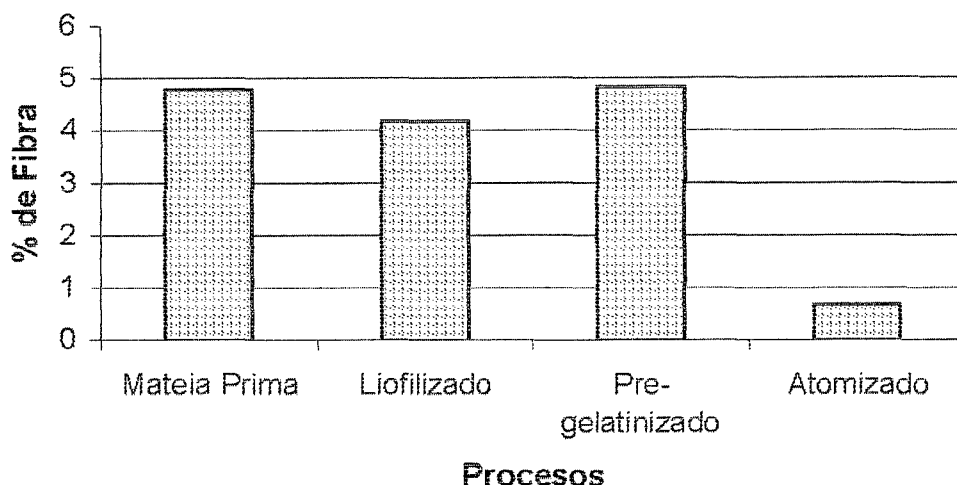


Figura 8. Contenido de fibra en maca fresca y procesada.

Con los datos de ceniza se realizó el análisis de varianza (anexo 23), donde se encontró diferencia estadística altamente significativa y luego de realizar la prueba de Tuckey $p < 0,05$, se encontró que el contenido de ceniza de la maca liofilizada y pre-gelatinizada presentan 4,5% y 4,3% respectivamente y son estadísticamente similares, mientras que el atomizado con 2,1% es estadísticamente inferior a los demás procesos. Las macas frescas tienen un contenido de ceniza que va de 5,00 a 5,35% como se observa en la figura 10.

Hay variación entre cada proceso, esto se puede justificar por lo expuesto por Cheffel (1977) quien sostiene que el valor de los nutrientes se puede

modificar por el descenso o aumento de la A_{w} sin bajar demasiado el contenido de agua, lo cual justifica la variación del contenido de ceniza en los diferentes procesos.

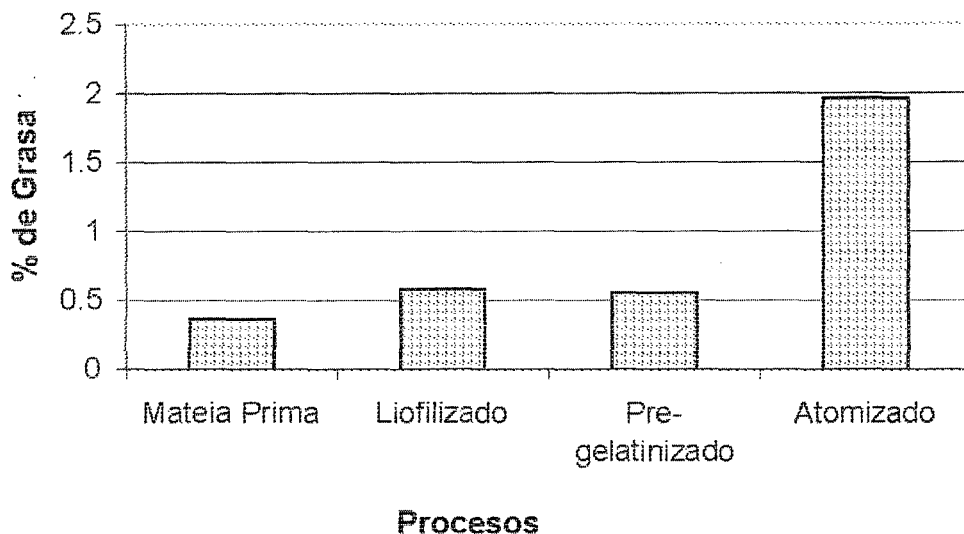


Figura 9. Contenido de grasa en maca fresca y procesada.

El análisis de carbohidratos al cual se le realizó el análisis de varianza (anexo 24), mostró diferencia estadística significativa, ejecutada la prueba de Tuckey $<0,05$; se encontró, que el atomizado (87,8%) es estadísticamente superior con respecto al pre-gelatinizado (80,0%), mientras que el liofilizado (78,1%), es estadísticamente inferior a los demás procesos.

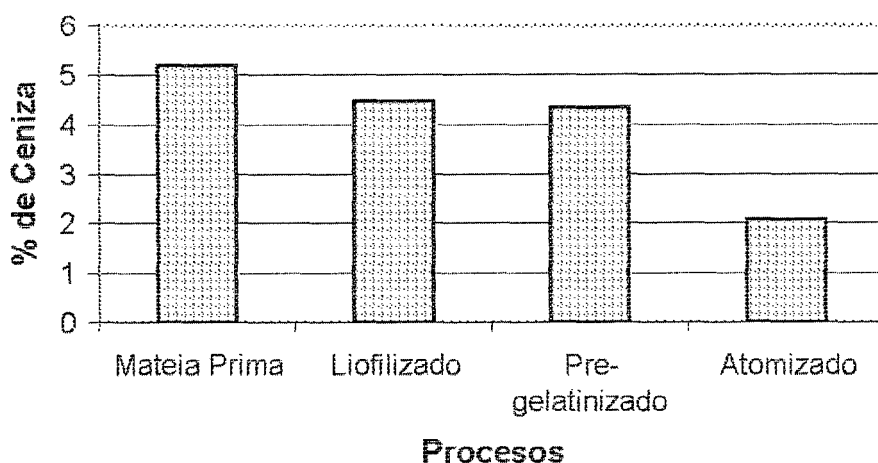


Figura 10. Contenido de ceniza en maca fresca y procesada.

El análisis de carbohidratos al cual se le realizó el análisis de varianza (anexo 24), mostró diferencia estadística significativa, ejecutada la prueba de Tuckey $<0,05$; se encontró, que el atomizado (87,8%) es estadísticamente superior con respecto al pre-gelatinizado (80,0%), mientras que el liofilizado (78,1%), es estadísticamente inferior a los demás procesos.

1. Evaluación de minerales en maca procesada

a. Evaluación de macro minerales

Los resultados de los análisis de macro minerales se reportan el cuadro 14, con respecto al calcio, una vez realizado el análisis de varianza (anexo 25), se encontró diferencia estadística altamente significativa, y ejecutada la prueba de Tuckey $p < 0,05$; se determinó que el pre-gelatinizado (1025,0

mg/100g) es estadísticamente superior a los demás, seguido por el liofilizado con 503,7 mg/100g, mientras que el atomizado (175,1 mg/100g), es estadísticamente inferior a los demás. En la maca fresca se encontró 238,31 mg/100g.

Cuadro 14. Contenido de macro minerales en maca procesada (mg/100g de muestra seca).

Proceso	Calcio	Fósforo	Potasio	Magnesio	Sodio
Liofilizado	503.7±26.9 ^b	321.6±26.9 ^a	3788.6±466.9 ^a	138.7±15.1 ^a	30.4±4.1 ^b
Pre-gelatinizado	1025±65.9 ^a	225.7±12.1 ^b	2960.4±143.6 ^a	139.9±3.9 ^a	16.8±4.5 ^c
Atomizado	175.1±3.9 ^c	56.4±9.8 ^c	2083.6±209.6 ^{ba}	62.7±9.6 ^b	95.6±1.2 ^a

Los valores corresponden a los promedios de 5 repeticiones por ecotipo y el error estándar de la media.

La comparación con la maca procesada se presenta en la figura 11; esto puede deberse posiblemente a los diferentes procesos aplicados: para el caso de liofilizado como sostiene Cheffel (1977), el descenso de la humedad incrementa la cantidad de sólidos (nutrientes) en el alimento y para el caso del pre-gelatinizado el incremento de calcio se basa según Fenema (1992), en que este mineral se concentra por acción del agua de proceso (agua dura), es decir se contamina, alterando los verdaderos nutrientes; así mismo reporta Fenema (1992), que el calcio es soluble y tiende a perder su concentración al diluirse, puede haber para el caso del atomizado que obtuvo el menor promedio.

Los resultados de fósforo fueron analizados estadísticamente (anexo 26), donde se encontró diferencia estadística altamente significativa y realizada la prueba de Tuckey $p < 0,05$ para el fósforo, se encontró que el pre-gelatinizado y el liofilizado (321,6 mg/100g y 225,7 mg/100g) son estadísticamente diferentes mientras el atomizado (564 mg/100g), es estadísticamente inferior a los demás procesos.

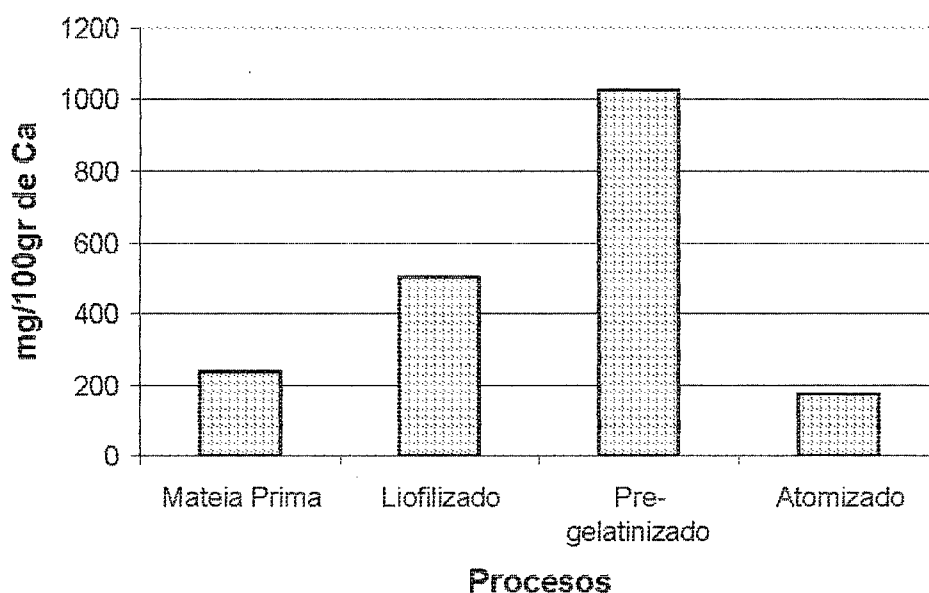


Figura 11. Contenido de calcio en maca fresca y procesada.

Comparando estos resultados con los obtenidos a nivel de materia prima figura 12; se tuvo 317,68 mg/100g; notándose que existe variación grande por acción de los procesos empleados; en relación con el liofilizado la diferencia no es considerable, pudiéndose ser explicada por el contenido de humedad en las macas liofilizadas, son mas bajas y se confrontado

con lo reportado por Cheffei (1977), quien cita que a menor humedad mayor incremento de sólidos.

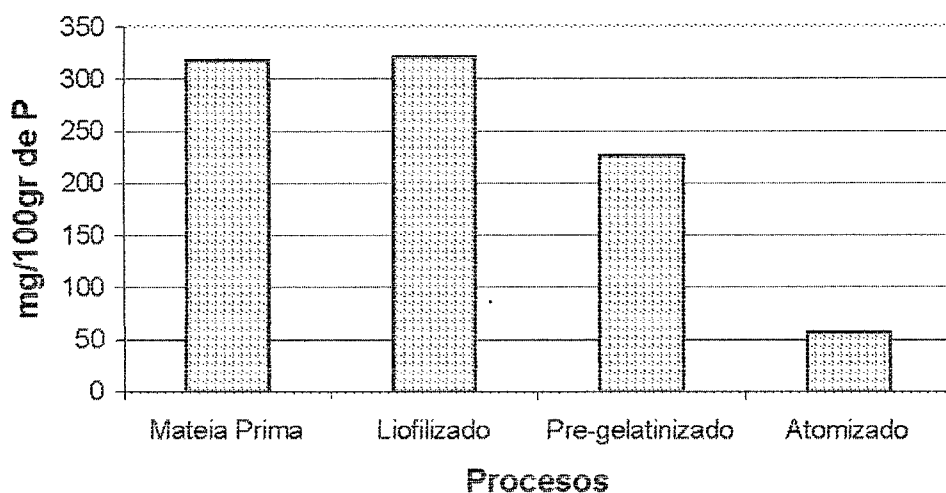


Figura 12: Contenido de fósforo en maca fresca y procesada.

Para el caso del pre-gelatinizado y el atomizado Fenema (1992), sostiene que la pérdida de minerales tales como el fósforo, potasio y sodio, se deben a operaciones donde se emplea temperatura alta, además que estos son fácilmente diluibles en agua, por ello en el pre-gelatinizado se encontró un promedio intermedio de fósforo; a diferencia del atomizado en el que se emplean altas temperaturas .

Para el contenido de potasio, se realizó el análisis de varianza (anexo 27) encontrándose diferencia estadística significativa y ejecutada la prueba de Tuckey $p < 0.05$, se determinó para el liofilizado y el pre-gelatinizado un contenido de potasio de 3788,6 mg/100g y 2960,4 mg/100g siendo

estadísticamente iguales, a diferencia del atomizado (20836 mg/100g), es inferior a los demás procesos.

Al comparar estos datos con los obtenidos a nivel de materia prima 945.57 mg/100gr como se aprecia en la figura 13, vemos que existe un gran incremento en los diferentes procesos. Esto puede explicarse por lo indicado por Ordóñez y Cambero (1998),

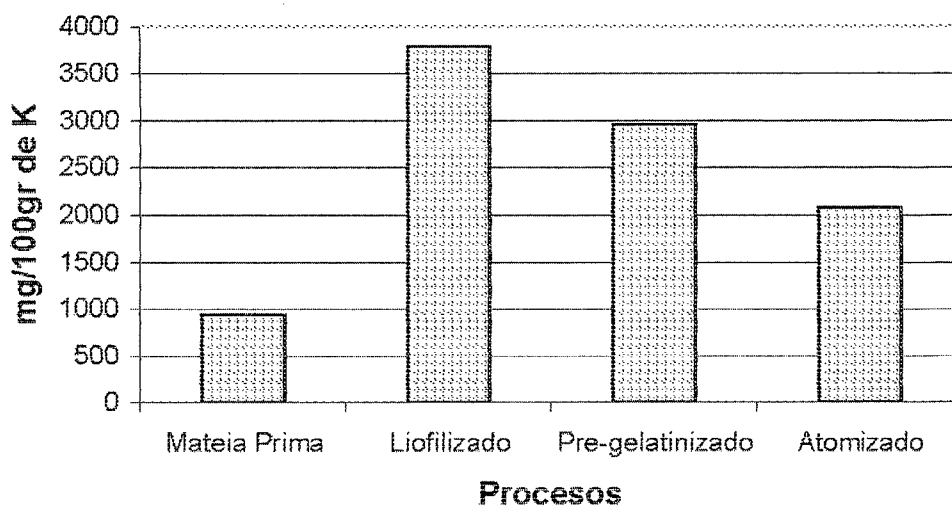


Figura 13: Contenido de potasio en maca fresca y procesada.

Quienes indican que durante los procesos del liofilizado tiene énfasis el lavado del producto a procesar, así mismo Fenema (1992) sostiene que el agua de lavado debe ser blanda para evitar una posible contaminación de trastes de minerales tales como Na, K, Ca y P.

Para el caso del pre-gelatinizado Aliaga (1990) ,reporta que las máquinas deben ser lavadas con detergente libre de fósforo y agua blanda, de lo contrario existe la posibilidad de contaminar el producto final, además que en algunos los minerales son poco solubles y se concentran al secarse el

producto. Para el atomizado Mafart (1994), reporta que la adición de sustancias encapsulantes (secuestrantes), facilita la concentración de minerales para evitar su pérdida por disolución y altas temperaturas.

En cuanto al análisis realizado para el magnesio, luego de realizar el análisis de varianza (anexo 28), se encontró diferencia estadística significativa y realizada la prueba de Tuckey $p < 0,05$; se encontró para el pre-gelatinizado 139,9 mg/100g y el liofilizado (138,7 mg/100g, siendo estadísticamente iguales, mientras que para el atomizado (62,7 mg/100g) , estadísticamente inferior. Estos datos al ser comparados con los resultados a nivel de materia prima 81,11 mg/100g, (figura 14), se aprecia que hay una diferencia notable en relación a los procesos.

El análisis para el sodio al cual se le realizó el ANVA (anexo 29), indicó diferencia estadística altamente significativa, realizada la prueba de Tuckey $P < 0,05$; se encontró para el atomizado (95,6 mg/100g), siendo estadísticamente superior a los demás, seguido por el liofilizado (30,4 mg/100g), mientras que el pre-gelatinizado (16,8 mg/100g) es estadísticamente inferior a los demás procesos.

Comparando los datos obtenidos (figura 15), vemos que existe un descenso ocasionado por los efectos y tratamientos de los diferentes procesos.

Fenema (1992), sostiene que la pérdida básica de los minerales por procesos es por la lixiviación estos seguidos por los agentes químicos que se adicionan (encapsulantes, preservantes, etc), también considera que en operaciones de reducción de tamaño (relación superficie-volumen) y al momento de separar algunas partes malas del producto, todo esto en su conjunto favorecen a la pérdida de minerales y vitaminas, además de uno que otro nutriente.

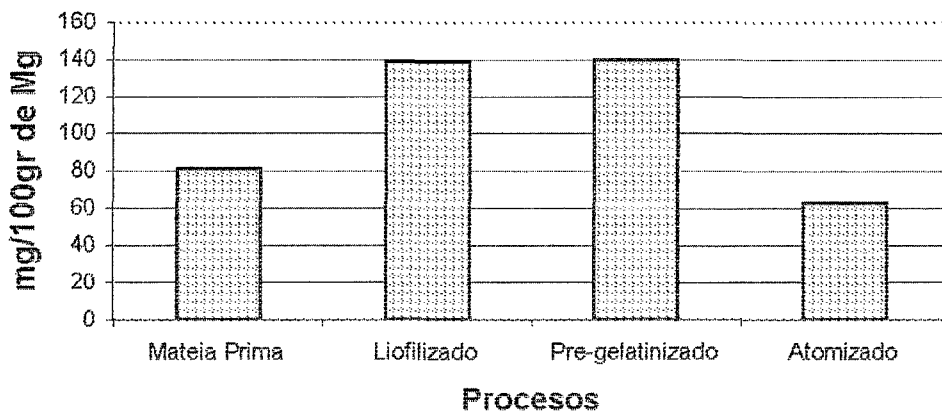


Figura 14: Contenido de magnesio en maca fresca y procesada.

Por estas razones es que posiblemente exista un descenso en el contenido de sodio en los diferentes procesos.

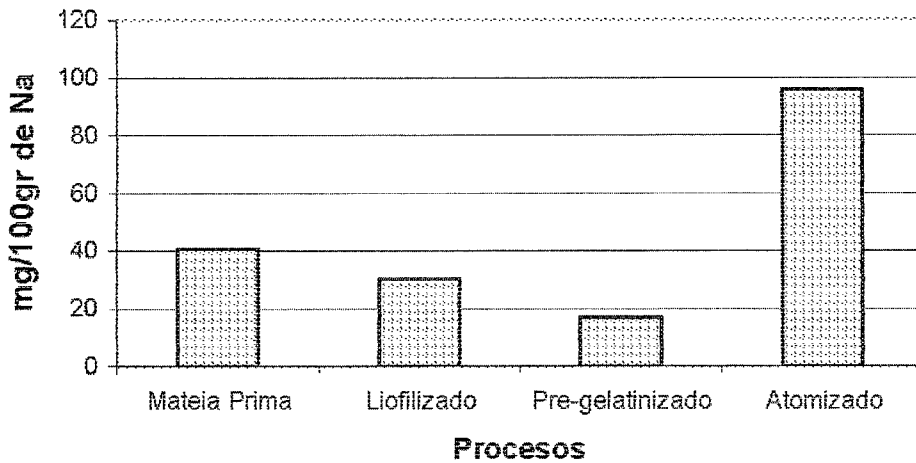


Figura 15: Contenido de sodio en maca fresca y procesada.

b. Evaluación de micro minerales

Los resultados de los análisis de micro minerales se detallan en el cuadro 15, realizado el análisis de varianza para el manganeso (anexo 30), se encontró diferencia estadística significativa, por medio de la prueba de Tuckey $p < 0,05$; se determinó que las muestras de maca liofilizada y pre-gelatinizado (4,42 mg/100g y 2,33 mg/100g, respectivamente), son estadísticamente iguales a diferencia del atomizado que presenta un contenido de 0,15 mg/100g, siendo inferior a los demás, comparando con la maca fresca (3,85 mg/100g) se puede observar en la figura 16 lo siguiente:

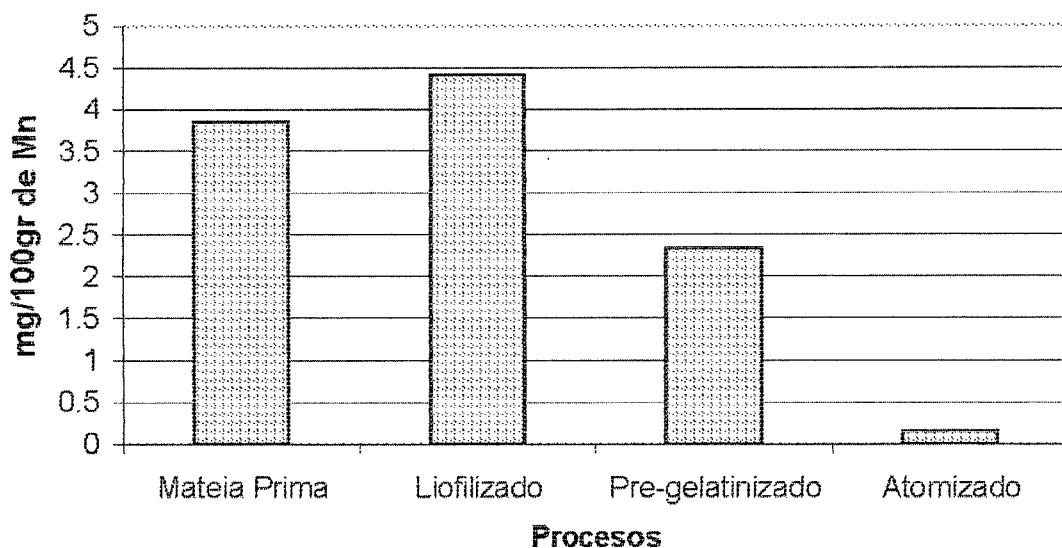


Figura 16: Contenido de manganeso en maca fresca y procesada.

Para el caso del pre gelatinizado la pérdida de manganeso esta basada en lo reportado por Fenema (1992), quien sostiene que una de las pérdidas de minerales es por lixiviación y Aliaga (1990), indica que para el pre gelatinizado la maca sufre una dilución mayor para conseguir una pasta firme. En el caso del atomizado la pérdida ocurre según Mafart (1994) por acción de los procesos de extracción acuosa y concentrado ocasionado una pérdida por dilución y altas temperaturas.

Cuadro 15. Contenido de micro minerales en maca procesada (mg/100g de muestra seca).

Procesos	Manganeso	Zinc	Hierro	Cobre
Liofilizado	4.42±0.98 ^a	9.16±1.77 ^b	3.16±0.79 ^a	0.42±0.11 ^a
Pre gelatinizado	2.33±0.12 ^a	36.81±1.42 ^a	2.84±0.70 ^a	0.86±0.09 ^b
Atomizado	0.15±0.02 ^b	3.44±0.06 ^c	1.87±0.16 ^a	0.21±0.03 ^a

Los valores corresponden a los promedios de 5 repeticiones por ecotipo y el error estándar de la media.

Para el Zinc se realizó el ANVA (anexo 31), donde se encontró diferencia estadística significativa, realizada la prueba de Tuckey $p < 0,05$. se determinó para el pre gelatinizado (36,81 mg/100g), siendo estadísticamente superior a los demás procesos, seguido por el liofilizado (9,16 mg/100g), mientras que el atomizado (3,44 mg/100g), es estadísticamente diferente al liofilizado y pre gelatinizado. Los datos encontrados fueron comparados con los valores de materia prima (2,78 mg/100gr), como se aprecia en la figura 17.

Fenema (1992), cita que una manera de incrementar el contenido de los minerales de manera desfavorable es mediante la contaminación que puede ser producto del tipo de agua empleada en el proceso (agua dura), alterando de esta manera los valores nutricionales del alimento.

Para el hierro se realizó el análisis de varianza (anexo 32), donde no se encontró diferencia estadística entre los procesos y realizada la prueba de Tuckey $p < 0,05$; el liofilizado obtuvo 3,16 mg/100g, seguido por el pre-gelatinizado con 2,84 mg/100g y por último el atomizado con 1,87 mg/100g. Estos datos al compararlos con los iniciales (maca fresca) 10,31 mg/100g, se presenta en la figura 18.

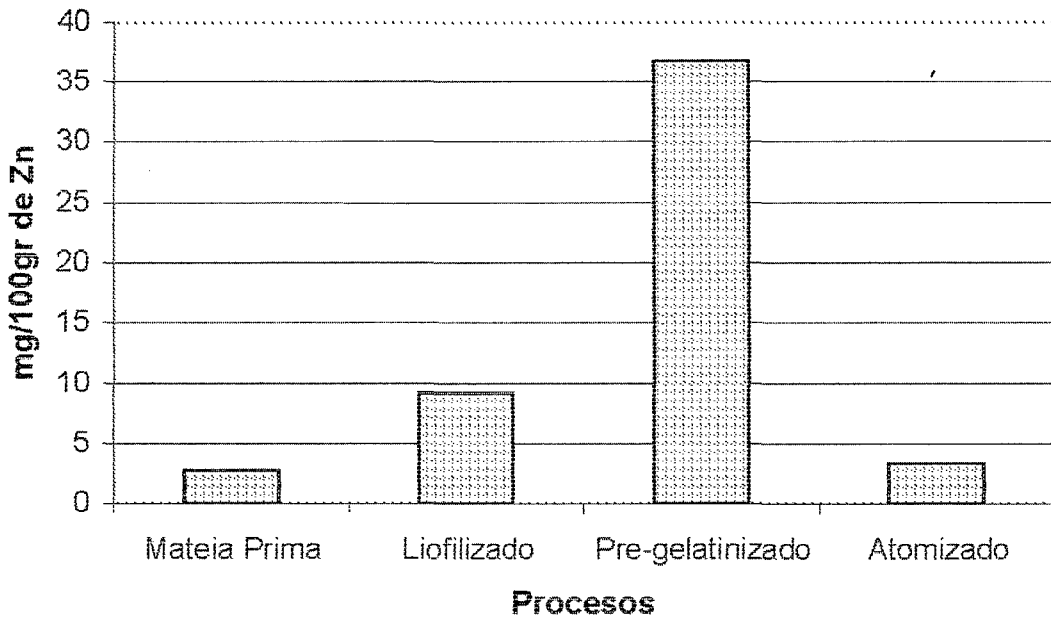


Figura 17: Contenido de zinc en maca fresca y procesada.

El hierro es un elemento que puede ser alterado fácilmente por diferentes procesos, esto posiblemente puede haber sucedido en la maca, además esto se puede explicar por lo reportado por Fenema (1992), quien indica que el hierro es componente estructural de las proteínas; además Cheftel (1977), indica que las proteínas a temperaturas mayores de 100°C se desnaturalizan originando otros compuestos, lo que posiblemente pudo pasar durante el procesos de atomizado y los otros procesos.

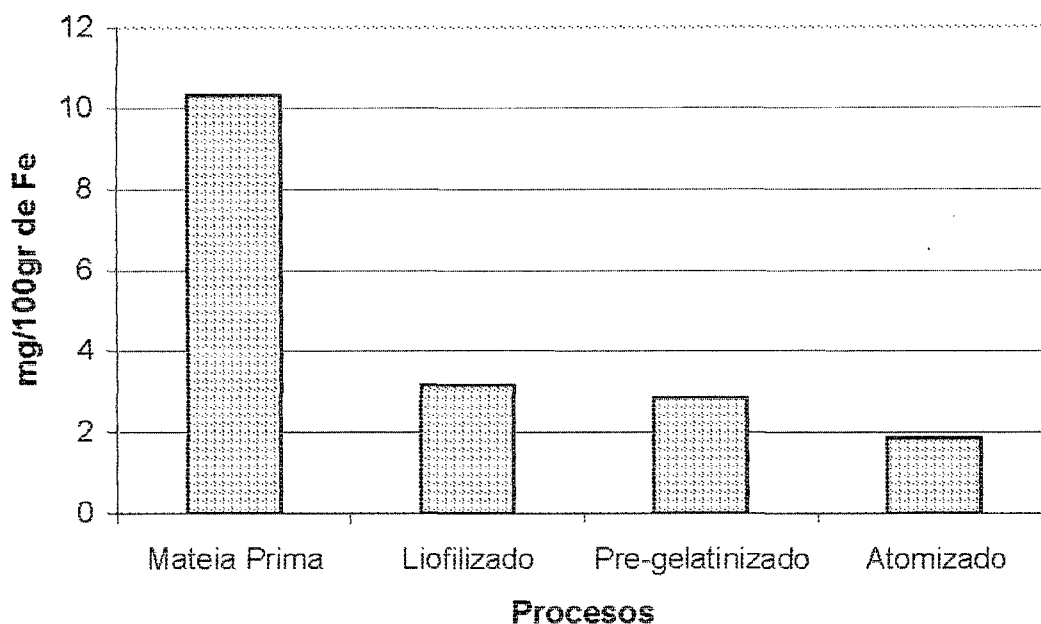


Figura 18: Contenido de hierro en maca fresca y procesada.

El análisis realizado a los resultados del contenido de cobre al cual se le realizó el ANVA (anexo 33), mostró diferencia estadística altamente significativa, luego de realizar la prueba de Tuckey $p < 0,05$; se encontró que el pre-gelatinizado (0,86 mg/100g) es estadísticamente superior, seguido por el liofilizado (0,42 mg/100g) y por último el atomizado (0,21 mg/100g), siendo estadísticamente inferior a los demás. En la figura 19 se presenta la maca fresca 0.68 mg/100gr. Generalmente los micro elementos se contaminan fácilmente con trazas de material utilizado, agua o utensilios de proceso Fenema(1992).

Para el atomizado Fenema (1992) reporta que el cobre forma parte de los citocromos de las células vegetales cumpliendo una función específica,

además Mafart (1998), sostiene uno de los procesos previos al atomizado es la extracción acuosa (alta temperatura) ocasionando daño a nivel de tejido celular como de disolución de nutrientes, Aliaga reporta en su trabajo que para el atomizado emplea una extracción hidroalcohólica (remojo de maca en alcohol), donde Cheftel (1977) sostiene que el alcohol desnatura proteínas y malogra a las células y sus componentes.

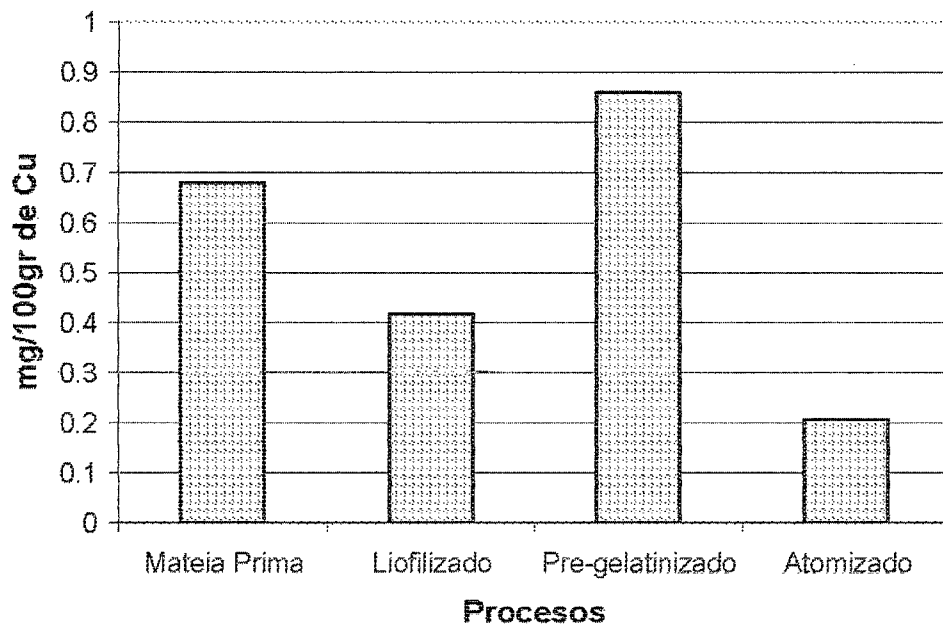


Figura 19: Contenido de cobre en maca fresca y procesada.

V. CONCLUSIONES

Como resultado del estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. De los ecotipos de maca evaluados negro, morado, rojo y amarillo, el ecotipo amarillo fue el que presentó las mejores características químico proximal y contenido de minerales.
2. El ecotipo amarillo presentó las siguientes características; humedad 10,23%, proteína 12,08%, fibra 4,77%, grasa 0,36%, ceniza 5,19%, carbohidratos 68.11%; el contenido en macro minerales fue: calcio 238,31 mg/100g, fósforo 317,68 mg/100g, potasio 945,57 mg/100g, magnesio 75,73 mg/100g y sodio 18,20 mg/100g; en cuanto al contenido de micro minerales: manganeso 3,85 mg/100g, zinc 2,78 g/100g, hierro 10,31 mg/100g y cobre 049 mg/100g; aparte de eso se determinó el contenido de nitritos que fue de 137,66 uM y de vitamina C 0,755 mg/100g .
3. La maca liofilizada presento las mejores características con los siguientes resultados: humedad 1,3%, proteína 12,7%, fibra 4,1%, grasa 0,57%, ceniza 4,5%, carbohidratos 78.1%. Macro minerales tales como calcio 503,7 mg/100g, fósforo 321,6 mg/100g, potasio 3788,6 mg/100g, magnesio 138,7 mg/100g, sodio 30,4 mg/100g. Micro minerales: manganeso 4,42 mg/100g, zinc 9,16 mg/100g, hierro 3,16 mg/100g y cobre 0,42 mg/100g. Se encontraron trazas de nitritos.

VI. RECOMENDACIONES

Se plantean las siguientes recomendaciones

1. Promover el desarrollo de nuevas líneas de procesamiento para la maca.
2. Evaluar el comportamiento nutricional y efecto de los procesos.
3. Evaluar la capacidad antioxidante tanto in Vitro como in vivo de la maca.
4. Tener cuidado en la calidad de agua empleada en los procesos; además del estado de las maquinarias.

VII. BIBLIOGRAFÍA










- ALIAGA C, J. 1990.** Obtención y Caracterización del Almidón Pre gelatinizado a partir de Maca (*Lepidium meyenii Walp.*). Tesis Ingeniería en Industrias Alimentarias. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 104 pp.
- ALIAGA, R. 1999.** Guía para el Cultivo, Aprovechamiento y Conservación de la Maca (*Lepidium meyenii Walpers.*). Convenio Andrés Bello. Colombia. Vol. 1 N°1. 50pp.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1995.** Official methods of analysis of A.O.A.C. 15 Ed. Washington D.C. Vol. 2. 815pp.
- BADUI, S.D 1994.** Química de los Alimentos. México: Alambra . 635 pp.
- CASTRO de L. M. 1990.** Un cultivo andino en extinción: El caso de la Maca en el Perú Indígena. Perú. Vol. 12. No.28. Instituto Indigenista Peruano. 145pp.
- COLLAZOS, CH; WHITE, P; WHITE H, VINAS, E; ALVISTOR, E; URQUIETA, R; VASQUEZ, C; DIAS, C Y QUIEROZ, A. 1962.** La composición de los Alimentos Peruanos. 3^{era} Ed. Perú: Instituto de Nutrición del Perú. 60pp.
- CHACÓN , G. 1997.** Importancia del *Lepidium peruvianum Chacón* (maca) en la alimentación del ser humano y animal. Lima: UNMSM. 125pp.
- CHEFTEL, J, C. 1977.** Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Vol. II. Zaragoza: Acribia. 403 pp.



- DINI, A. 1994. Chemical Composition of *Lepidium meyenii*. In: Food Chemistry .Vol. 49. 347-349pp.
- FELLOWS, P. 1994. Tecnología del procesado de los Alimentos: Principios y Prácticas. Zaragoza: Acribia . 533 pp.
- FENNEMA, O. 1992."Química de los Alimentos". Zaragoza: Acribia. 1093 pp.
- HUAMANÍ, G. 1986. Introducción a la ingeniería de los alimentos . Zaragoza: Acribia . 325 pp.
- KREBS, J. CH. 1985. Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia. 2^{da} Ed. México: Mc Graw-hill.733 pp.
- LOU A. 1986. Micro elementos en Agricultura. 2^{da} Ed. Zaragoza: Acribia. 190pp.
- MAFART, P.1994. Ingeniería industrial Alimentaria. Vol. 1. Zaragoza: Acribia. 256pp.
- MUNSELL S.C.CH. 1994. Macbeth division of kollmoger instruments corporation. New York :New Windsor.159 pp.
- OBREGÓN V. 1999. Maca planta medicinal y nutritiva del Perú. Lima: Instituto de Fitoterapia Americano. 200 pp.
- ORDÓÑEZ, J y CAMBERO, M. 1998. Tecnología de Alimentos: componentes de los alimentos. Vol. I y II. Madrid: Síntesis. 350pp.
- ORTIZ J, R y FERNÁNDEZ M, A. 1999. Adaptabilidad del cultivo de maca (*lepidium meyenii walp*),en los agro sistemas de waru waru y pampa en el altiplano de puno. I Curso Internacional de Maca. Lima-Perú.

- PALOMINO E. M. 1999.** Caracterización agronómica de diferentes morfotipos de Maca (*Lepidium Sp.*) fase vegetativa, en su habitat natural. Curso Internacional de la Maca. Lima-Perú.
- PULGAR V. 1970.** Diccionario de Huanuqueñismos. Perú: Concytec. 145pp.
- QUIROZ C. 1999.** Genética de la Maca y especies relacionadas. I Curso internacional de Maca. Lima-Perú.
- RODRÍGUEZ, A. J. 1986.** Tecnología de la liofilización de los productos vegetales. Tesis Ingeniería Química. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 103 pp.
- VOHELLE, J. 1969.** Frió Industrial y domestico. Zaragoza: Aedos. 168 pp.
- ZAVALETA, A. 1992.** Edafología: El suelo en relación con la producción. Lima: Concytec. Lima – Perú. 190 pp.

ANEXO

Anexo 1. Cuadro de Tamaños y Formas

FORMAS DE HIPOCOTILO		COLOR Y PORCENTAJE EN QUE SE ENCUENTRAN EN LA POBLACIÓN					
DESCRIPCION	VISTA FRONTAL	AMARI LLO	MORA DO	CREM A-MORA DO	AMARI LLO -MORA DO	CREM A	NEGRO
<p>"Jukucha" (Ratón). Hipocotilo circular achatado donde predomina mas el ancho que largo, es decir el diámetro mayor es aproximadamente el doble de la longitud del hipocotilo con una larga y delgada raíz que puede presentar algunas raicillas delgadas que emergen de ella.</p>		73%	58%	56%	44%	82%	57%
<p>"Kimsa kucha" (Triángulo). Hipocotilo en forma triangular, como una larga raíz principal de donde pueden emerger pequeñas raicillas.</p>		21%	-	6%	-	-	36%
<p>"Sunkasapa" (Barbudo). Hipocotilo de forma circular achatada sin una raíz principal pero con numerosas raíces que emergen de la base del hipocotilo.</p>		3%	5%	-	-	-	7%
<p>"Uchuk chupa" (Rabo pequeño). Hipocotilo circular achatado con presencia de una pequeña porción de raíz principal trunca, de donde emergen numerosas raíces secundarias.</p>		0,6%	-	-	-	18%	-
<p>"Rapra" (Ara de ave). Hipocotilo de forma circular donde el diámetro mayor es similar a la longitud de hipocotilo con numerosas raíces que emergen de los lados del hipocotilo.</p>		0,4%	3%	2%	-	-	-
<p>"T'mña" (Chato). Hipocotilo de forma elíptica muy chato, raíz principal muy larga y delgada de donde pueden emerger raíces secundarias.</p>		-	11%	-	-	-	-
<p>"Reysa" (Redonda). Hipocotilo circular con una raíz principal larga y raicillas que emergen de esta.</p>		-	16%	-	20%	-	-
<p>"Raku chupa" (Rabo grueso). Hipocotilo claviforme semejante a una zanahoria, donde la raíz muy gruesa se presenta como una prolongación del hipocotilo.</p>		1%	-	-	-	-	-
<p>"Aqochinchay" (Cometa). Hipocotilo de forma triangular sin una raíz principal sino que presenta numerosas raíces que emergen del vértice.</p>		5%	2%	10%	-	-	-

<p>"Wira" (Gordo). Hipocotilo casi rectangular con una larga raíz delgada, pudiendo presentar raíces secundarias. Generalmente son hipocotilos de gran tamaño.</p>		-	33%	26%	-	-	-
<p>"Achka chupa" (Muchos rabos). No tienen forma definida y presentan deformación de las raíces. Se le encontró en un 1% de la población de hipocotilos de color morado y crema marado.</p>		1%	1%	-	-	-	-
TOTAL		100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Palomino(1999)

Anexo 2. Análisis de varianza de la evaluación de humedad en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	1.663	0.5542	13.016	**
Error experimental	76	3.236	0.04258		
TOTAL	79	4.899			

Anexo 3. Análisis de varianza de la evaluación de proteína en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	3.262	1.087	4.906	*
Error experimental	16	3.546	0.2216		
TOTAL	19	6.808			

Anexo 4. Análisis de varianza de la evaluación de fibra en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	1.964	0.6548	2.739	N.S
Error experimental	16	3.825	0.2391		
TOTAL	19	5.790			

Anexo 5. Análisis de varianza de la evaluación de grasa en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	0.6696	0.2232	27.066	**
Error experimental	16	0.1319	0.008246		
TOTAL	19	0.8015			

Anexo 6. Análisis de varianza de la evaluación de ceniza en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	1.663	0.5542	13.016	**
Error experimental	76	3.236	0.04258		
TOTAL	79	4.899			

Anexo 7. Análisis de varianza de la evaluación de carbohidratos en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	192.78	64.260	44.874	**
Error experimental	16	22.912	1.432		
TOTAL	19	215.69			

Anexo 8. Análisis de varianza de la evaluación de calcio en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	9870.5	3290.2	12.965	**
Error experimental	24	6090.5	253.77		
TOTAL	27	15961			

Anexo 9. Análisis de varianza de la evaluación de fósforo en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	117613	39204	36.893	**
Error experimental	35	37193	1062.7		
TOTAL	38	154806			

Anexo 10. Análisis de varianza de la evaluación del potasio en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	141369	47123	26.410	**
Error experimental	24	42824	1784.3		
TOTAL	27	184193			

Anexo 11. Análisis de varianza de la evaluación de magnesio en ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	347.55	115.85	2.097	N.S
Error experimental	28	1547.2	55.256		
TOTAL	31	1894.7			

Anexo 12. Análisis de varianza en la evaluación de sodio de los ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	3077.9	1026.0	22.903	**
Error experimental	32	1433.5	44.796		
TOTAL	35	4511.4			

Anexo 13. Análisis de varianza en la evaluación de manganeso de ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	13.771	4.590	24.537	**
Error experimental	36	6.735	0.1871		
TOTAL	39	20.506			

Anexo 14. Análisis de varianza en la evaluación de zinc de los ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	0.8439	0.2813	1.909	N.S
Error experimental	36	5.304	0.1473		
TOTAL	39	6.148	6.148		

Anexo 15. Análisis de varianza en la evaluación de fierro de los ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	174.51	58.169	5.339	*
Error experimental	29	315.98	10.896		
TOTAL	32	490.48			

Anexo 16. Análisis de varianza en la evaluación de cobre de los ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	0.2814	0.09379	6.446	*
Error experimental	36	0.5238	0.01455		
TOTAL	39	0.8051			

Anexo 17. Análisis de varianza en la evaluación de nitritos de los ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	29417	9805.6	21.546	**
Error experimental	16	7281.7	455.10		
TOTAL	19	36698			

Anexo 18. Análisis de varianza en la evaluación de vitamina C de los ecotipos de maca.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	3	0.3975	0.1325	8.498	*
Error experimental	15	0.2339	0.01559		
TOTAL	18	0.6313			

Anexo 19. Análisis de varianza de la evaluación de humedad en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	491.10	245.55	290.90	**
Error experimental	26	21.947	0.8441		
TOTAL	28	513.04			

Anexo 20. Análisis de varianza de la evaluación de proteína en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	40.154	20.077	38.461	**
Error experimental	6	3.132	0.5220		
TOTAL	8	43.287			

Anexo 21. Análisis de varianza de la evaluación de fibra en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	29.705	14.853	129.30	**
Error experimental	6	0.6892	0.1149		
TOTAL	8	30.395			

Anexo 22. Análisis de varianza de la evaluación de grasa en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	3.925	1.968	43.329	**
Error experimental	6	0.2718	0.04530		
TOTAL	8	4.197			

Anexo 23. Análisis de varianza de la evaluación de ceniza en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	33.78	16.869	1531.2	**
Error experimental	26	0.2868	0.01103		
TOTAL	28	34.068	16.8800		

Anexo 24. Análisis de varianza de la evaluación de carbohidratos en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	73.284	36.642	56.602	**
Error experimental	6	3.884	0.6474		
TOTAL	8	77.169			

Anexo 25. Análisis de varianza de la evaluación de calcio en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	1610436	805218	127.84	**
Error experimental	9	56688	6298.7		
TOTAL	11	1667125			

Anexo 26. Análisis de varianza de la evaluación de fósforo en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	164859	82430	49.371	**
Error experimental	11	18366	1669.6		
TOTAL	13	183225			

Anexo 27. Análisis de varianza de la evaluación del potasio en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	6505876	3252938	9.168	*
Error experimental	11	3902813	354801		
TOTAL	13	1.04x10⁷			

Anexo 28. Análisis de varianza de la evaluación de magnesio en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	19562	9781.1	17.603	**
Error experimental	12	6667.7	555.64		
TOTAL	14	26230			

Anexo 29. Análisis de varianza en la evaluación de sodio en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	4286.6	2143.3	2.190	*
Error experimental	9	8807.4	978.60		
TOTAL	11	13094			

Anexo 30. Análisis de varianza en la evaluación de manganeso en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	45.538	22.769	13.966	**
Error experimental	12	19.564	1.630		
TOTAL	14	65.102			

Anexo 31. Análisis de varianza en la evaluación de zinc en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	3185.9	1592.9	184.55	**
Error experimental	12	103.57	8.631		
TOTAL	14	3289.4			

Anexo 32. Análisis de varianza en la evaluación de fierro en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	4.534	2.267	1.197	N.S
Error experimental	12	22.719	1.893		
TOTAL	14	27.253			

Anexo 33. Análisis de varianza en la evaluación de cobre en maca procesada.

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L	SC	C.M	F.C	Sig.
TRATAMIENTOS	2	1.113	0.5567	15.903	***
Error experimental	12	0.4201	0.03501		
TOTAL	14	1.533			

Anexo 34. Composición química de Maca Wiracocha.

Componente	mg/100gr
Humedad	10.5
Proteína	11.9
Cenizas	4.5
Grasas	1.1
Fibra	2.3
Carbohidratos	69.0
Calcio	287.2
Fósforo	301.7
Hierro	13.8
Cobre	5.9
Zinc	3.8
Sodio	13.6
Potasio	612.1
Kcal.	329.9

Fuente: ARIOMAR E.I.R.L