

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**  
**YANAHUANCA**



**ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE 5 ECOTIPOS DE MACA**  
**(*Lepidium meyenii* Walp.) SEGÚN LOS SISTEMAS DE**  
**FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN**  
**CONDICIONES DE NINACACA, PASCO**

**Presentada por el Bachiller:**

**GABY CARHUAZ ROJAS**

**RUTH NOEMI CUELLAR CHUQUIYAURI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO**  
**AGRÓNOMO**

**YANAHUANCA - PERU**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**  
**YANAHUANCA**



**ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE 5 ECOTIPOS DE MACA (*Lepidium meyenii*  
Walp.) SEGÚN LOS SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y  
ORGÁNICA EN CONDICIONES DE NINACACA, PASCO.**

Presentado por:

Bach. CARHUAZ ROJAS, Gaby

Bach. CUELLAR CHUQUIYAURI, Ruth Noemí

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JURADOS**

\_\_\_\_\_  
Ing. Manuel Jorge CASTILLO NOLE  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Mg. Fidel DE LA ROSA AQUINO  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Mg. Josué Hernán INGA ORTIZ  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Ing. Fernando J. ALVAREZ RODRIGUEZ  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A mis padres Antonio CARHUAZ MEZA y Edelia ROJAS VERTIZ quienes me instruyeron con sus buenos modales para seguir avanzando profesionalmente, que nunca desistieron en apoyarme, aun sin importar que muchas veces parecía que me iba a rendir, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

Gaby CARHUAZ ROJAS

A quienes me han heredado el Tesoro más valioso que puede dársele a un Hijo: Amor a quienes, sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, quienes son mis Padres, donde la ilusión de su existencia ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos los desvelos ni aun con las riquezas más grande del mundo.

Ruth CUELLAR CHUQUIYAURI

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis Padres y Familias por su apoyo moral y económico para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos dentro de la investigación.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Escuela de Formación Profesional de Agronomía Filial Yanahuanca, a los Docentes y Administrativos quienes contribuyeron en mi formación Profesional.

A la Universidad Peruana Cayetano Heredia representado por el Dr. Gustavo F. Gonzales Rengifo por haber financiado con los análisis de laboratorios de la investigación.

Al Ing. Fernando J. ALVAREZ RODRIGUEZ, por su acertado trabajo en la asesoría de la presente investigación.

A mis señores jurados Ing. CASTILLO NOLE, Manuel J. Mg. DE LA ROSA AQUINO, Fidel y al Mg. INGA ORTIZ, Josué H. por su valiosa contribución y sugerencia al trabajo de investigación.

A todas las personas que de una y otra forma colaboraron para la culminación del presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Distrito de Ninacaca, Provincia de Pasco, Región Pasco en condiciones de campo, los objetivos fueron determinar el efecto principal del contenido de metabolitos de 5 ecotipos de maca (*Lepidium meyenii* Walp.), en dos sistemas de fertilización orgánica y química, así como otras características agronómicas, bajo condiciones de campo. Se estudiaron 5 ecotipos de maca: Morado, blanco, amarillo, plomo y mezcla y dos fertilizantes: orgánico, químico, para lo cual se usó un experimento factorial en diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones, el manejo Agronómico fue homogéneo para las 5 ecotipos las evaluaciones fueron periódicas y permanentes. En condiciones de campo se encontró lo siguiente: Donde estadísticamente se resaltó la mayor altura de planta con respecto a la fertilización química, los ecotipos Morado y mezcla con 1,94 y 1,87 cm mostraron mayor altura, en la interacción AxB para el nivel 0,05 los tratamientos T2, T1, T8, T10 y T7 sobresalieron y para el nivel de 0,01 los tratamientos T2 y T1 mostraron mayor altura de planta. Para el número de hojas la fertilización química obtuvo 28,42, mientras que el ecotipo amarillo mostro mayor número de hojas con promedio de 28,77, en la interacción AxB al nivel de 0,05 el tratamiento T10 y T8 obtuvieron mayor número de hojas con promedio de 32 y 31,17 respectivamente, y al nivel de 0,01 el tratamiento T10 obtuvo 32 hojas. En el diámetro del hipocotilo la fertilización química obtuvo 2,83 cm en promedio mostrando mayor diámetro, mientras que el ecotipo amarillo mostro mayor diámetro con 2,97 cm en promedio, en la interacción AxB al nivel de 0,05

y 0,01 el tratamiento T8 obtuvo mayor diámetro con 3,39 cm en promedio. En cuanto al tamaño del hipocotilo la fertilización química mostro mayor tamaño con 2,74 cm en promedio, mientras que el ecotipo mezcla obtuvo mayor tamaño con 3,14 cm en promedio. En la interacción AxB al nivel de 0,05 y 0,01 el tratamiento T6 mostro mayor tamaño del hipocotilo con 3,36 cm en promedio. Para el peso del hipocotilo la fertilización química mostro mayor peso con 11,79 g mientras que el ecotipo amarillo obtuvo mayor peso con 13,17 g en promedio. En la interacción AxB al nivel de 0,05 y 0,01 el tratamiento T10 mostro mayor peso del hipocotilo. En el rendimiento la fertilización química mostro mayor rendimiento con 1961,78 kg/ha, mientras que el ecotipo amarillo obtuvo 2193,06 kg/ha. La interacción AxB al nivel de 0,05 y 0,01 el tratamiento T10 mostro mayor rendimiento con 2825 kg/ha de maca.

Palabras claves: Materia orgánica, ecotipos, Compostaje, metabolitos.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad aún no se aprovecha el gran potencial de los cultivos andinos, por lo que resulta importante dedicar esfuerzo para lograr el desarrollo de la región andina y para ello es necesario utilizar sus recursos.

La maca, conocida como *Lepidium meyenii*, es una planta herbácea de cosecha anual que originalmente se cultiva en los andes centrales del Perú en altitudes que comprenden los 3800 a 4800 msnm. Tradicionalmente, la maca es

empleada como alimento y también como medicamento natural, debido a que se le atribuyen propiedades tales como revitalizante, afrodisíaco y potenciador de la fecundidad. Los usos de la maca como Medicina natural, se sustentan en investigaciones preclínicas en las que se le han demostrado efectos farmacológicos tales como inmunomodulación, antioxidante, antimutagénica, estrogénica y progestágena. A su vez, estos efectos se deben a la presencia de componentes fitoquímicos en la planta (metabolitos secundarios), tales como alcaloides, flavonoides y esteroides. Estas características de la planta, hacen que la maca pase de ser un alimento tradicional a un producto comercial y en tal sentido, hoy en día, su expendio en el Perú se ha incrementado, hecho que se refleja en la exportación de la misma, que para el 2010 alcanzó un valor de 6 millones 179 mil 011,80 dólares. (ViraPharm®, 2016) La maca es una crucífera alto andina, que crece entre los 3,500 y 4500 m.s.n.m. Originaria de la meseta del Bombón, en el departamento de Junín y Pasco; por sus cualidades medicinales y su alto valor nutritivo, es una planta de alto interés. En el cultivo de la maca, no se habla de variedades sino de morfotipos que están definidos por su coloración siendo el “Amarillo Cello” el que se produce en mayor cantidad (Garay, 1992).

Actualmente, los resultados de algunas investigaciones sobre sus excelentes cualidades nutritivas, han incrementado el interés por el surgimiento de esta raizhipocotilo andino, puesto que es un poderoso reconstituyente y por su variada composición de nutrientes: proteínas, vitaminas y minerales es el producto ideal para combatir una serie de malestares que el organismo presenta

en sus diversas etapas de crecimiento como también para conservar muchos años de vida (Solís, 1997). El cultivo de la maca es lo que llamamos en la actualidad “alimento funcional”, porque sirve, no sólo para la nutrición, sino también como fuente inhibidora de toxinas o promotora de efectos deseables en el organismo (Vílchez, 2001). La maca es reconocida por su alto porcentaje de proteínas, ácidos grasos, carbohidratos y calcio (superando a la quinua, kiwicha y tarwi), así como por su alto contenido en fósforo, fierro, aminoácidos, glucosinolatos (benzylglucosinolat) fibra y fracciones esteroideas (Quintanilla, 2000). En la raíz de maca existen 18 o 19 aminoácidos, resaltando que 7 de ellos son esenciales y su contenido es más alto que en las papas y zanahorias. El contenido de ácidos grasos insaturados, como linoleico y oleico es de 52,7% a 60,3% de ácidos grasos totales (Dini et al., 1994; Wang et al., 2007). Los minerales encontrados por 100 g de materia seca de maca destacan: calcio 247 mg, fósforo 183 mg y hierro 14,7 mg (García et al., 2009).

El padre Bernabé Cobo, un Jesuita español que visitó el Perú entre 1603 y 1629 fue el primero que describió y publicó acerca de la Maca en su libro “Historia del Nuevo Mundo”, en 1653. Él refiere que esta planta crece en las áreas más frías y agrestes de la sierra, donde ninguna otra planta para el sustento humano puede crecer. Bernabé Cobo también se refirió al uso de la Maca para la fertilidad y observó que la población en estos lugares era mayor que otras en similares condiciones ambientales donde no se consumía la Maca (Gonzales, 2005).



La investigación tuvo como objetivo general: Determinar el efecto en el contenido de metabolitos de 5 ecotipos de maca (*Lepidium meyenii* Walp.) según los sistemas de fertilización química y orgánica en condiciones de Ninacaca, Pasco; y como objetivos específicos fue: a) Evaluar características agronómicas y la morfología de los ecotipos de maca bajo fertilización química y orgánica. b) Evaluar el rendimiento por ecotipo t/ha bajo fertilización química y orgánica. c) Conocer la cantidad de metabolitos mediante fertilización química y orgánica.

# **CAPÍTULO I**

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.1. Origen.**

La maca es una crucífera alto andina, que crece a entre los 3,500 y 4500 m.s.n.m. Originaria de la meseta del Bombón, en los departamentos de Junín y Pasco; por sus cualidades medicinales y su alto valor nutritivo, es una planta de alto interés económico, cuyo cultivo se ha extendido a otras regiones de nuestro país. Es la raíz principal engrosada, napiforme de 4-5 cm. de diámetro por 5-8 cm. de longitud y por su característica de ser raíz reservante se le conoce también como hipocotilo (Beltran 1997). Debido a que el hipocotilo va a dar lugar al tallo y la radícula a la raíz y esta presenta diferentes matices de colores y formas muy variadas, es necesario un estudio más detallado para precisar bien si es una raíz, raíz hipocotilo ó simplemente hipocotilo (Chacón, 1997). En el cultivo de la maca, no se habla de variedades sino de morfotipos que están definidos por su coloración siendo el “Amarillo Ccello” el que se produce en mayor cantidad (Garay, 1992).

Según, León (1964) refuerza la presencia de maca alrededor del lago de Junín y amplía el hábitat del cultivo a regiones como jarpa, a lo este de Huancayo.

Según las referencias históricas indican que posiblemente el Perú sea el país principal donde se encontró la maca (*Lepidium meyenii, walp.*) (Garay 1990)

Según, León (1964) refuerza la presencia de maca alrededor del lago de Junín y amplía el hábitat del cultivo a regiones como Jarpa, al este de Huancayo.

Según, Salazar (1984), en sus relatos indica que los altiplanos de Junín y Bombón por su elevada altitud geográfica hay carencia de cereales y tubérculos en la cual los habitantes de esos lugares supieron reemplazarlos perfectamente por otros autóctonos como la maca (*Lepidium mellenii*). Según, Rostworowski (1975) describe la maca como planta de ecología de puna que tiene un interés especial por supuestas virtudes, también describe que la maca es un rezago de forma más antigua de la agricultura de las altas regiones andinas.

## **1.2. Clasificación taxonómica**

Garay, (1997) quien sostiene la clasificación taxonómica o botánica del haba de la siguiente manera:

División	:	fanerógamas o antofitas
Subdivisión	:	angiospermas
Clase	:	dicotiledóneas
Subclase	:	arquidamides
Orden	:	Readales

Familia	:	crucífera
Género	:	Lepidium
Especie	:	meyenii
Nombre común	:	maca, macca,
Nombre científico	:	<i>Lepidium meyenii</i>

### **1.3. Descripción botánica**

#### **1.3.1. Planta:**

La maca (*Lepidium meyenii*), es una planta herbácea, bienal, que se encuentra distribuido en los suelos ecológicos Suni y Puna en las zonas centrales de los Andes Peruanos (Dptos.) de Junín y Pasco entre altitudes de 3700 a 4500 m.s.n.m. Según, Aliga (1995), Tello, (1991), Jhons, (1988).

#### **1.3.2. Raíz e hipocotilos**

Es una planta que presenta rosetas externas de hojas y un órgano subterráneo reservante y succulento formado por una parte de tejido del tallo (hipocotilos) y la raíz pivotante verdadera con raicillas que es parte comestible. Según, León (1964), Tello et al (1991), King (1988).

Kramer (1974) sostiene que, el crecimiento pujante de las raíces y su funcionamiento como superficies absorbentes, depende de muchos factores en el ámbito de la teoría que los rodea, especialmente las que afectan a la resistencia mecánica contra la extensión de las raíces.

### **1.3.3. Hoja**

Las hojas son compuestas y presentan dimorfismo: en plantas vegetativas son grandes pecioladas y numerosas y en las plantas reproductivas son pequeñas e irregulares. Según, (Tello et al 1991, León 1964).

### **1.3.4. Flores**

Las flores son pequeñas y blancuzcas, completas y hermafroditas, de perianto persistente, cáliz cóncavo y pétalos dispuestos en forma de cruz, que se caracterizan por ser parcialmente cleistogamias y autogamas y cuya fórmula floral es  $XK_4 C_4 A_2 G (2)$ . Según, (Aliaga, 1995)

### **1.3.5. Inflorescencia**

La inflorescencia básicamente está formada por racimos compuestos (Panícula). Según, Aliaga (1995)

### **1.3.6. Fruto**

El fruto es silícula que contiene dos semillas de forma ovoide, lisas, de color amarillo o pardo. Según, Aliaga (1995)

## **1.4. Ecotipos**

En este cultivo no se puede hablar de variedades sino de ecotipos, porque están definidos por su coloración:

Amarillo	: amarillo, ccello
Blanco cremoso	: blanco, yuraj
Rojo	: rojo, puca
Morado	: morado, milagro
Negro	: yana
Plomo	: plomo, maccapa
Rojo con blanco cremoso	: orcon
Rojo con amarillo	: acacllu pichu

De estos ecotipos, los de color amarillo y morado son preferidos y el plomo es poco aceptado debido a su difícil cocción. Garay, (1997)

## **1.5. Características edafoclimaticas**

### **1.5.1. Suelo**

Es un cultivo exigente en la calidad de los suelos, deben ser de francos a francos arcillosos. No se pueden recomendar suelos arcillosos e inundables. Según, (Garay 1997)

### **1.5.2. Altitud**

La maca se da bien en zonas de 38000 a 4200 metros de altura. Pero se desarrolla mejor en las zonas altas de las mesetas y con buenas lluvias. Según, (Garay 1997).

### **1.5.3. Temperatura**

El piso ecológico donde prospera la maca es correspondiente a la puna, caracterizado por temperaturas máximas promedio que varían de 11,5 a 12,8 °C; temperatura mínima de 4,9 a 1,8 °C Por lo que este cultivo soporta bajas temperaturas a excepción del estado de plantas (cuando las plantas no llevan todavía las primeras hojas verdaderas) donde este factor puede dañar toda la siembra, hasta perder el cultivo en su totalidad. Según, (Garay 1997)

### **1.5.4. Precipitación**

La precipitación pluvial varía de 900 a 1000 mm anuales, lo que ocurre durante todo el periodo vegetativo del cultivo. En este sentido más importante la frecuencia o distribución uniforme de las lluvias entre los meses de octubre y mayo. Los estados más críticos se pueden considerar: el periodo de germinación hasta que la plántula alcance de 2 a 4 hojas verdaderas y el momento del llenado del hipocotilo. Según, (Garay 1997)

### **1.5.5. Radiación solar**

Las horas del sol varían de 110 a 190 horas mensuales, siendo las más bajas durante el periodo de crecimiento (diciembre a marzo) y los más altos en la etapa de llenado del hipocotíleo (abril a julio). Según, Oscar Garay Canales 1997.

### **1.5.6. Humedad**

En trabajos realizados para identificar los sistemas productivos de la maca en la región central del país, se concluye que las temperaturas frías y los suelos húmedos favorecen la cantidad del producto.

## **1.6. Manejo agronómico**

### **1.6.1. Preparación de Terreno**

La maca puede sembrarse en terrenos vírgenes (purun) o en terrenos descansados durante cuatro o cinco años. Al no contar con estos se pueden utilizar los callpares que antes estuvieron cultivados con maca o papas amargas (shiri o maunas). Así se aprovecha los terrenos casi desintegrados y el abono residual, especialmente el estiércol de ovino que demora para llegar a descomponer en su totalidad. La preparación de la tierra debe hacerse con las últimas lluvias (marzo a abril) o con las primeras precipitaciones pluviales (agosto a setiembre), limpiando, roturando y desterronando el terreno completamente con el recojo y quema de residuos vegetales. Según, (Garay 1997)

### **1.6.2. Siembra**

La época de siembra varía de acuerdo a las condiciones de humedad (lluvias) de cada zona. Así puede sembrarse desde el 30 de agosto hasta noviembre, siendo las mejores fechas en setiembre y octubre. (Garay 1997)



### **1.6.3. Densidad de semilla**

Se utilizan 100 gramos para 200 a 300 m<sup>2</sup> o el equivalente de 1,5 a 2 kg/ha.

### **1.6.4. Formas de Siembra**

Luego de tener listo, se prepara la semilla mezclando esta con una cantidad igual de guano de corral (cernido), arena o tierra fina a fin de evitar que el viento se los lleve. Así se asegura una distribución uniforme en el campo. Si el productor ya tiene experiencia, se puede usar para esta actividad la semilla sola, sin mezcla alguna. Garay (1997)

### **1.6.5. Sistema de Siembra**

El sistema de siembra es al voleo, actividad que se cumple por lo general de seis a nueve de la mañana para que el viento no dificulte la labor Garay (1997); el tapado se realiza con ramas o rastrillo, también se ayuda con el pasado ligero de ovinos. Un sistema de siembra tecnificado podría incluir la siembra en surcos, aun poco utilizada. Tapia y Frías (2007)

### **1.6.6. Fertilización**

El cultivo se caracteriza por ser muy extractivo de nutrientes, responde bien a niveles de 100-40-20 de NPK. Garay (1997)

Solís (1996), afirma que, con la aplicación de fertilizantes al cultivo de maca, puede duplicar e incluso triplicar sus rendimientos, así mismo, va a permitir que el

cultivo se desarrolle con mayor rapidez, sea más verde, más alto y rinda más Se ha comprobado que responde bien al fertilizante, pudiéndose aplicar 60 – 60 – 60 Kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio.

### **1.7. Materia orgánica y compostaje**

Domínguez (1997), sostiene que la materia orgánica está constituida por todo residuo vegetal de naturaleza orgánica en sus diferentes estados de descomposición, su contenido de nitrógeno varía de 3 a 6 %. Fassbender y Bornemisza (1972), menciona que la materia orgánica de los suelos está constituida de dos fracciones: materia orgánica húmica y no húmica.

Fassbender y Bornemisza (1987), sostiene que la materia orgánica es fuente principal de los elementos fósforo, potasio, azufre, entre otros como el nitrógeno, por lo que los suelos que presentan elevado contenido de materia orgánica tendrán este elemento en su mayor disponibilidad, independiente de otros factores.

Garay (1997), menciona que a la maca se le debe aplicar materia orgánica de un promedio de 2-5 T/Ha Son residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo. Según, (FAO 2013)

Además de los factores climáticos (temperatura, vientos, radiación solar) en el momento de las aplicaciones, también pueden deberse a la constitución genética que determina su propio requerimiento nutricional, hábito de crecimiento de la planta, el origen de los estiércoles para la elaboración de los fertilizantes orgánicos foliares influyeron en la calidad de los mismos, que no han sido identificados en el trabajo. La calidad del estiércol varía en función de los siguientes puntos: clase del animal que ha producido el estiércol, su estado de descomposición y tipo de alimentación de los animales (Paterson, 1978).

#### **1.7.1. Compostaje:**

La FAO (2000), define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (Portal Terminológico de la FAO, FAOTERM3).

Biocenosis (1998), La composta es el material orgánico que se obtiene como producto de la acción microbiana controlada sobre residuos orgánicos tales como hojas, rastrojos, zacates, cascaras, basuras orgánicas caseras, subproductos maderables (aserrín y virutas), ramas, estiércol,, y residuos industriales de origen orgánico; son estos residuos, en forma separada o bien mezclados, se forman pilas o montones, que por acción de los microorganismos dan origen a un material (materia orgánica) de gran utilidad para los suelos agrícolas ya que mejora la estructura y fertilidad de estos.

### **1.7.2. Importancia de la composta**

Mejora la sanidad y el crecimiento de las plantas

Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Es fuente importante de nutrimentos para la planta.

Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo y la capacidad de intercambio de cationes en el mismo.

Es una fuente de alimentos para los microorganismos.

Amortigua los cambios del pH en el suelo.

Disminuye los cambios bruscos de temperatura.

Las plantas pueden absorber más nitrógeno como consecuencia de la relación C/N en el suelo.

Logra descomposición parcial o casi completa de algunos agros tóxicos.

Según, Santos (1999), Algunos factores importantes en la elaboración de una composta son:

#### **a). Químico (materiales en proceso)**

pH (grado de acidez o alcalinidad) capacidad de intercambio catiónico contenido de nutrimentos contenido de sales solubles

#### **b). Físicos (composta terminada)**

Granulometría Densidad Porosidad Aireación

Capacidad de retención de agua. Con base a los contenidos de nutrimentos de las compostas, de la fertilidad y las necesidades del cultivo, se recomienda

aplicar de 3 a 4 toneladas de la composta 1 se estarían agregando 96,8 kg de nitrógeno, 40,8 kg de fosforo y 35,2 de potasio, mismo que se pudieran descontara de las cantidades totales por aplicar.

El contenido en nutrientes del compost tiene una gran variabilidad ya que depende de los materiales de origen.

**Cuadro 1: Contenido de N, P, K en el compost**

Nutriente	% en compost
Nitrógeno	0,3% - 1,5% (3g a 15g por Kg de compost)
Fósforo	0,1% - 1,0% (1g a 10g por Kg de compost)
Potasio	0,3% - 1,0% (3g a 10g por Kg de compost)

Fuente: Jacob, 1961, Martínez 2013.

Para la toma de decisiones a la hora de aplicar compost como fertilizante orgánico, así como para aplicación en nutrientes integrada con fertilizantes minerales, se debe tener en cuenta:

Necesidades del cultivo en cuanto a fertilizantes (análisis de suelo y foliar)

Acceso y disponibilidad de ambos fertilizantes localmente.

Costes de ambos fertilizantes

Necesidades de materia orgánica del suelo

## **1.8. Labores culturales**

### **1.8.1. Desahijé**

Es una labor que no se acostumbra realizar, sin embargo, se recomienda practicarla. Es más oportuna cuando las plantas tienen de 4 a 6 hojas y con distanciamiento de 8 a 10 centímetros entre plantas. Esta actividad es más importante en los lugares donde se a amontonado la semilla por mala distribución y emergen muchas plántulas. No descuidar el campo cuando hay presencia de papa silvestre, es mejor desahijar el cultivo para tener macas más grandes. Según, (Garay 1997)

### **1.8.2. Deshierbo**

La maca como todo cultivo requiere de terrenos limpios, porque las malezas, especialmente la papa silvestre, compiten con ellas por os nutrientes, agua y luz. El problema mayor es cuando se siembran callpares, y pierde importancia en terrenos vírgenes. Cuando esta labor es necesaria, se hace al inicio del llenado de la raíz, Se usan para ello cuchillos, puntas o clavos y picos pequeños. Según, (Garay 1997)

### **1.8.3. Cosecha**

La cosecha es a los 8 a 10 meses, dependiendo de la variedad y se puede esperar una producción de entre 6 a 15 T/Ha de material fresco. Se debe proceder a cosechar las raíces en forma manual con bastante cuidado, para no dañarlas. Según, (Tapia y Frías 2007)

#### **1.8.4. Metabolitos**

##### **a. Metabolitos Primarios**

RAE (2001), Un metabolito es cualquier molécula utilizada, capaz o producida durante el metabolismo.

Misawa, (1985). Los cultivos celulares vegetales no siempre producen sustancias cualitativa- y cuantitativamente iguales a las elaboradas por las plantas madres. La producción y el perfil de compuestos químicos pueden ser inestables, debido a que dentro de la planta entera las células vegetales tienen un entorno bioquímico y fisiológico diferente al de las células que crecen en medios de cultivo. Además, como muchos de los metabolitos se sintetizan integrados a los eventos de diferenciación, algunas veces se necesita de algún grado de organización en los cultivos para que el metabolito se sintetice.

Alvarado (2015), La maca presenta los siguientes metabolitos secundarios: alcaloides, glucosinolatos, taninos, saponinas, flavonoides y antocianinas. Igualmente se han descrito la presencia de uridina, el ácido málico prostaglandinas, Macaenos y Macaminas. Los principales glucosinolatos presentes en la maca son el glucotropaeolina y el parametoxibencilglucosinolato. Se considera que estos constituyentes, tienen propiedades anticancerígenas debido a que al descomponerse por hidrólisis, generan isotiocianatos los cuales presentan efectos cito tóxicos. Estudios clínicos demuestran algunas propiedades biológicas de la maca amarilla, la maca negra y la maca roja. Asimismo, se ha

mostrado diferencias entre ellas, pues la maca negra tiene mejores efectos en el conteo de espermatozoides, la memoria y el aprendizaje, el control de la glucosa y la resistencia física, en tanto que la maca roja tiene efectos sobre la hiperplasia benigna de próstata; sin embargo, existen muchas otras variedades que aún requieren ser evaluadas. Estudios realizados demuestran que la maca roja actúa en la reducción de tamaño de la próstata ventral en ratas adultas normales y también en ratas tratadas con el enantato de testosterona. Por lo tanto, es probable que la maca Roja pueda tener implicaciones importantes en el tratamiento de la hiperplasia prostática benigna.

Los metabolitos primarios son aquellos que los procesos químicos intervienen directamente en la supervivencia, crecimiento y reproducción de las plantas. (Mosquera 2014)

El mecanismo por el cual microorganismo realiza reacciones metabólicas necesarias para que pueda crecer y mantenerse vivo, reacciones anabólicas y catabólicas necesarias para el mantenimiento y crecimiento de la célula es conocido como metabolismo primario (Owen, 1989). Industrialmente los metabolitos primarios son de interés para la elaboración de aminoácidos, nucleótidos, vitaminas, solventes y ácidos orgánicos. La mayoría de estos metabolitos son elaborados por fermentación microbiana en lugar de síntesis química, debido a que las fermentaciones son procesos económicamente más competitivos y biológicamente útiles. (De Baets; et al, 2000)



Las células vivientes derivan la energía a través del metabolismo empleado en las reacciones de óxido-reducción (redox). La oxidación de fuentes de carbono, como por ejemplo la glucosa, y el traslado de electrones involucra dos caminos la biosíntesis y el metabolismo de energía. Solo una pequeña parte de los electrones se usan en el suministro del nuevo material celular (biosíntesis). La gran mayoría se pasa a los aceptadores terminales de electrones o directamente a las reacciones del redox. (Demain, 1996)

#### **b. Metabolitos Secundarios**

Un aspecto metabólico que distingue al reino vegetal (plantas y hongos) es que tienen la capacidad de producir sustancias que no intervienen en su desarrollo. Son sustancias que no participan en el desarrollo, sino que aportan al individuo que las produce una ventaja para responder a estímulos del entorno. (Mosquera 2014)

El metabolismo secundario incluye aquellos procesos metabólicos que tienen lugar después de terminado el crecimiento, a través de vías biocinéticas específicas que no tienen función estructural ni de reserva. (De Baets et al., 2000)

Los metabolitos secundarios no son necesarios para la biosíntesis celular, no tienen por tanto un papel directo en el metabolismo energético en consecuencia, no se conoce con claridad la razón de su existencia. (Estrohl, 1997). Algunos de estos compuestos principalmente los antibióticos son útiles para el organismo

puesto que pueden inhibir a otros organismos de su entorno. Además, tienden a ser sintetizados como familias de compuestos relacionados. (Demain 1996)

El primer análisis químico de los metabolitos secundarios presentes en la Maca (variedad amarilla) fueron realizados por Gloria Chacón en 1961 y reporta la presencia de alcaloides, glucósinolatos, taninos y escasas saponinas. (Gonzales, 2006)

En 1994 Yllesca realizó un estudio comparativo de las tres variedades más conocidas de la Maca (amarilla, negra y roja), y reporta que las tres variedades contenían taninos, fenoles, alcaloides, esteroides, saponinas, flavonoides y glicósidos. (Cabieses, 1997)

Gonzales y colaboradores realizaron el análisis cualitativo del extracto acuoso de la Maca roja y reportan la presencia de alcaloides, esteroides, taninos, saponinas y glicosidos cardiotonicos (Gonzales, et. al, 2008). Además, se ha reportado en los hipocótilos de la maca otros compuestos químicos como la uridina, el ácido málico, prostaglandinas, Macaenos y Macamidias. (Gonzales, 2006)

Los principales glucosinolatos encontrados en los hipocótilos de la maca fueron los glucosinolatos aromáticos como el bencilglucosinolato (glucotropaeolin) y p-metoxibencilglucosinolato (Piacente, et. al, 2002 y Li & Quirós, 2001). Además,

se ha identificado otros glucosinolatos como 5-metilsulfonilpentilglucosinato (glucoalisina), p- hidroxibencilglucosinato (glucosinalbina) y trazas de otros (pent-4- enilglucosinato, etc.) (Li & Quirós, 2001). En la figura 1 se presentan las estructuras de estos compuestos.

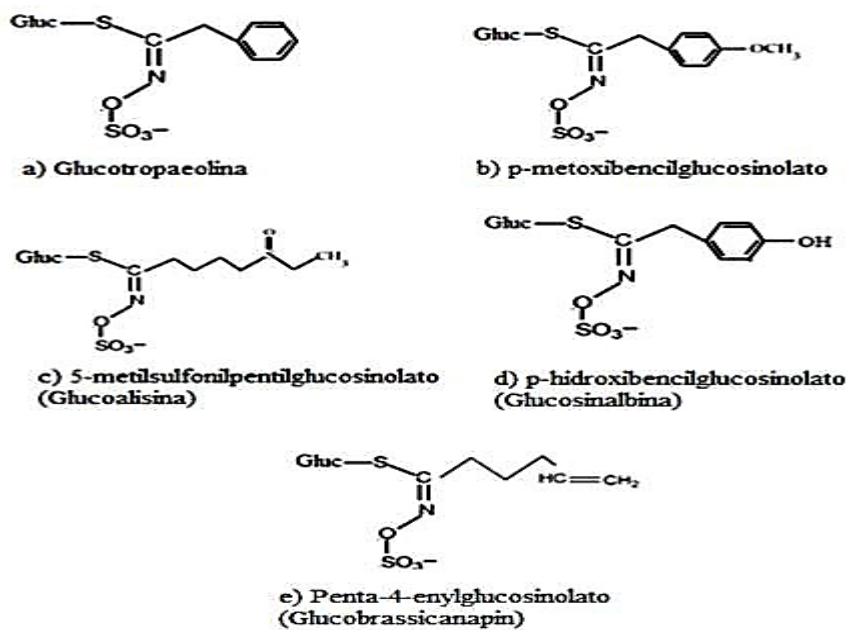


Figura 1: Estructura de metabolitos secundarios

## 1.9. Glucosinolatos de la maca

### 1.9.1. Actividades biológicas de los Glucosinolatos

Estudios epidemiológicos recientes han demostrado que la ingesta en la dieta de cantidades considerables de vegetales con glucosinolatos, como coles, coles de Bruselas, brócoli, coliflor, rábano, colinabo, nabo y berro, proporcionan una protección natural frente a los agentes cancerígenos, al disminuir el riesgo de desarrollar cánceres en el páncreas, hígado, colo rectal y próstata. La actividad está relacionada con los isotiocianatos, la cual se forma después de su ingesta

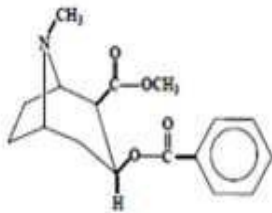
con la participación de la flora microbiana comensal, la cual posee enzimas como la mirosinasa. (Gutierrez & Montaña, 2002)

El mecanismo citotóxico de estos compuestos no está completamente entendido; aunque parece que estos componentes, podrían ser inhibidores de la acción cancerígena por neutralización de un amplio número de agentes carcinógenos o por la supresión de la actividad proliferativa de las células neoplásicas. Así, en el primer caso, los glucosinolatos y sus productos derivados podrían tener uno de las siguientes acciones: Impedir que las moléculas carcinógenas alcancen el objetivo, evitar la interacción con las moléculas cancerígenas reactivas, o activar las enzimas hepáticas importantes para la protección contra varios agentes carcinógenos, tales como la quinona reductasa, glutatión s-transferasa, y transferasa glucuronosil UDP. En el segundo caso, debilitar los efectos de los cambios genéticos que ocurrieron en las primeras etapas de la transformación neoplásica. (Piacente, et. al, 2002)

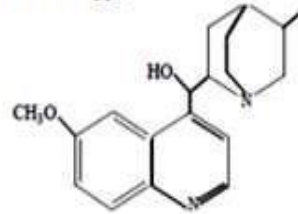
#### **1.10. Alcaloides de la maca**

De la raíz de la Maca se han aislado tres alcaloides: dos de tipo imidazólico, Denominados lepididina A y lepidilina B y un derivado de la dihidropiridina, denominado Macaridina. (Castaño, 2008)

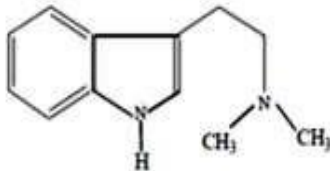
a) Cocaína (hojas de coca, *Erythoxylum spp.*)



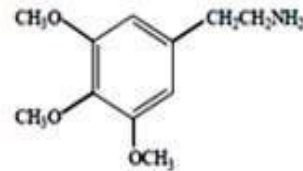
b) Quinina (corteza del árbol de la quina, *Cinchona spp.*)



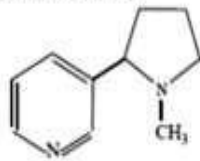
c) N,N-Dimetiltriptamina (DMT) (hojas de Chacrana, *Psychotria viridis*)



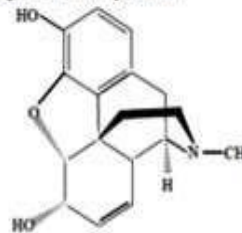
d) Mescalina (cactus "San Pedro", *Echinopsis pachanoi*)



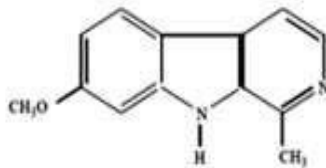
e) Nicotina (hojas de tabaco, *Nicotiana tabacum*)



f) Morfina (del opio; amapola, *Papaver somniferum*)



g) Hamina (Tallos de "Ayahuasca", *Banisteriopsis caapi*)



h) Serotonina (presente en el cerebro humano, hongos mexicanos, *Psilocybe mexicana*)

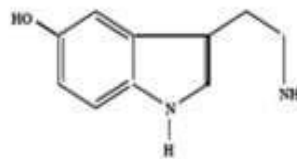


Figura 2: Contenido de alcaloides en maca

### 1.10.1. Fitoesteroides de la maca

Cinco fitoesteroides han sido aislados de la Maca:  $\beta$ -sitosterol, brasicasterol, campesterol, estigmasterol (figura 8e) y ergosterol (Castaño, 2008). Todos ellos llevan como base la estructura del ciclopentanoperhidrofenantreno. (Gonzales, 2006)

Algunos autores han propuesto que los alcaloides presentes en la maca pueden contribuir a la acción sobre la fertilidad y la acción anticancerígena de la maca, sin embargo, no se ha comprobado hasta el momento. (Castaño, 2008)

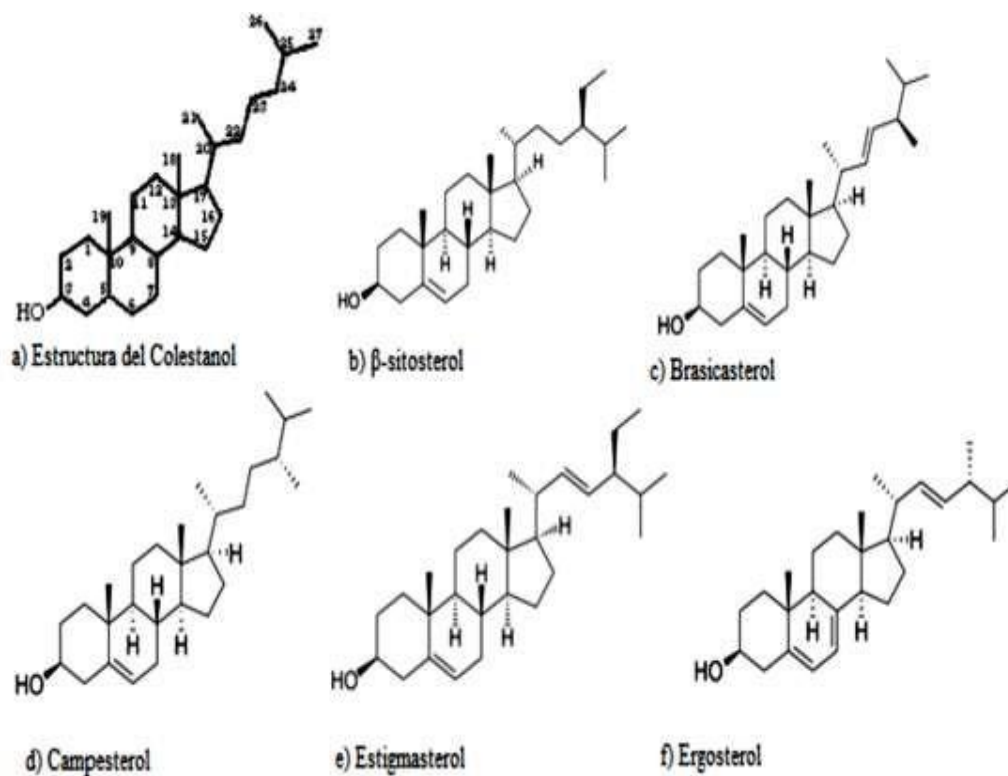


Figura 3: Fitoesteroides en maca

## 1.11. Flavonoides de la maca

### 1.11.1. Flavonoides

Los flavonoides presentes en la maca son el flavonol y la quercetina (Gonzales, 2006)

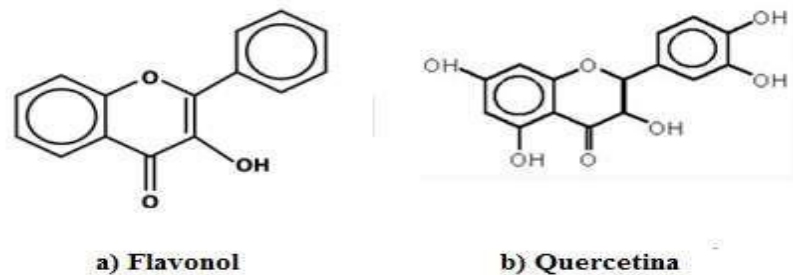


Figura 4: Contenido de flavonoides en maca

### 1.11.2. Macaenos y Macamidas

Se denominan Macaenos y Macamidas a ciertos ácidos grasos poliinsaturados y sus correspondientes amidas presentes en la raíz de Maca, tales como el ácido 5-oxo-(6E, 8E)-octadienoico y su correspondiente Macamida que se presentan en la figura 12. Además, en las raíces de la maca se han encontrado otras Macamidas, como se indican en la tabla 1 (Castaño, 2008)

El contenido de estos compuestos varía mucho en diferentes muestras de Maca. En Maca seca el contenido de Macaenos oscila entre 0.09% y 0.45% y el de Macamidas entre 0.06% y 0.52% (Castaño, 2008)

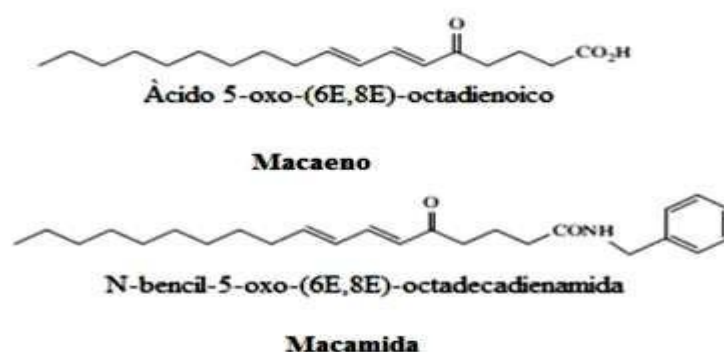


Figura 5: Macaenos y macamidas en maca

Lapa (2015) manifiesta que la DRA

## Cuadro 2: Macamidas presentes en la Maca

N-Bencil-pentadecanamida	N-(3-Metoxibencil)-9Z-octadecanamida
N-Bencil-hexadecanamida	N-Bencil-(15Z)-tetracosenamida
N-(3-metoxibencil)-hexadecanamida	N-Bencil-9-oxo-(12Z)-octadecenamida
N-Bencil-heptadecanamida	N-Bencil-9-oxo-(12Z,15Z)-octadecadienamida
N-Bencil-octadecanamida	N-Bencil-(9Z,12Z)-octadecadienamida
N-Bencil-13-oxo-(9E,11E)-octadecadienamida	N-(3-Metoxibencil)-(9Z-12Z)-octadecadienamida
N-Bencil-5-oxo-(6E,8E)-octadecadienamida	N-Bencil-(9Z,12Z,15Z)-octadecatrienamida
N-Bencil-(9Z)-octadecenamida	N-(3-Metoxibencil)-(9Z,12Z,15Z)-octadecatrienamida

### 1.11.3. Actividades biológicas de los Macaenos y Macamidas

Algunos autores sugieren que este grupo de compuestos son biológicamente activos y participan en la mejora de la actividad sexual (Castaño, 2008). Se considera que de todos los componentes de la Maca los únicos que tiene una elevada solubilidad en pentano son los Macaenos y Macamidas. En estudios se ha demostrado las propiedades neuroprotectoras del extracto de pentano, pero el mecanismo de acción es desconocido. (Hui, et. al, 2013)

### 1.11.4. Rendimiento de la Maca

Ramiro (2013) en su trabajo de investigación encontró que el peso del hipocotilo de la maca fue de 12.94 g con una densidad con una densidad de 3,5 kg/ha.

Lapa (2015) manifiesta que los rendimientos del cultivo de la Maca por hectárea según el cuadro a nivel de las regiones productoras del país se



diferencian significativamente. La región Junín registra rendimientos significativos en relación a las otras regiones que fluctúan entre 6 y 8 t/ha, en donde Huánuco también en los años de producción los rendimientos muestran de 7.8 a 8 t/ha. La Libertad de 4.5 a 6 t/ha. Huancavelica de 4 a 5.8 toneladas por hectárea. El rendimiento por debajo de las 6 toneladas según el cuadro se puede observar que es proveniente del ámbito de la región Pasco y Puno.

<b>RENDIMIENTO Kilos por Ha.</b>					
<b>REGIONES</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
Cuzco	3 350	3 500	4 000	4 000	-
Huancavelica	5 085	4 050	4 976	5 616	5 834
Huánuco	7 833	8 200	8 333	-	-
Junin	6 228	7 752	8 557	8 708	8 092
La Libertad	6 172	6 182	6 131	4 500	-
Pasco	3 041	2 923	2 888	5 507	3 151
Puno	3 800	3 833	4 143	3 500	3 692

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. Tipo de investigación**

Experimental-aplicada

#### **2.2. Ubicación geográfica características meteorológicas.**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el fundo Linda Pampa del distrito de Ninacaca (Pasco), a 32 km de la ciudad de Cerro de Pasco. Los terrenos han sido de propiedad de la Señora Reyna Gloria LOYOLA HUARICAPCHA, ubicado en el margen izquierdo de la carretera central.

##### **2.2.1. Ubicación Política.**

Región : Pasco

Provincia : Pasco

Distrito : Ninacaca

Fundo : Linda Pampa

### **2.2.2. Ubicación geográfica.**

Longitud Oeste: 76° 04' 56.4"

Latitud Sur : 10° 52' 30.9"

Altitud : 4194 msnm

### **2.2.3. Características Agroecológicas.**

El distrito de Ninacaca pertenece a la zona de vida Paramo muy húmedo sub alpino tropical, de acuerdo a la clasificación de Holdridge.

El distrito de Ninacaca se caracteriza por presentar un clima predominantemente frío con vegetación de porte bajo, la época de lluvias corresponde entre los meses de diciembre a mayo. La temperatura máxima varía de 16 a 18 °C en los meses de septiembre a octubre y la mínima de -7 a 10 °C en los meses de mayo a julio; durante el resto del año la temperatura alcanza un promedio de 12 °C. Ubicada a una altitud de 4140 msnm.

## **2.3. Métodos**

### **2.3.1. Análisis del suelo**

Se realizaron análisis de suelos antes de la siembra y después de la cosecha, a fin de determinar las diferencias bajo la influencia del cultivo de maca. Para el análisis de suelo se tomó 6 sub muestras a 25 cm de profundidad, correspondiendo a la capa arable del suelo. De las sub muestras representativa, éstas han sido enviados al laboratorio de suelos de la Universidad

Nacional Agraria La Molina, los mismos que se presentan en el capítulo de resultados.

#### 2.4. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), Con arreglo factorial de dos factores. Cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 12345$  ecotipos de maca

$j = 12$  sistemas de fertilización

$k = 123$  bloques

#### Dónde:

$Y_{ijk}$  = La  $k$ -ésima observación del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésimo factor.

$\mu$  = Estima a la media poblacional

$\rho_k$  = Efecto del bloque  $k$

$\alpha_i$  = Efecto de los ecotipos de maca.

$\beta_j$  = Efecto de los sistemas de fertilización

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre los factores A y B.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio de variación o error del modelo E(b).

### 2.4.1. Análisis de varianza ANVA

Las fuentes de variación que se utilizaron para determinar la suma de cuadrados, los cuadros medios y los componentes de varianza.

Esquema del análisis de varianza del experimento factorial de dos factores en Diseño de Bloques Completamente al azar (DBCA) para las diferentes características evaluadas.

**Cuadro 3: Análisis de varianza en un diseño factorial**

FV	GI	SC	CM	Fcalc.
Repet	(r-1)	SC Rep	CM Rep	
Trat	(t-1)	SCTrat	CMTrat	
A	(a-1)	SC(A)	SC(A) / (a-1)	
	(b-1)	SC(B)	SC(B) / (b-1)	CM(A) / CM(Error)
B	(a-1)(b-1)	SC(AB)	SC(AB) / (a-1)(b-1)	CM(B) / CM(Error)
			SC(Error) / (ab-1)(r-	CM(AB) / CM(Error)
A	(ab-1)(r-1)	SC(Error)	1)	
Total	rab-1	SC(Total)		

### 2.4.2. Prueba estadística

Para la contratación de la hipótesis se usaron las pruebas estadísticas de Tukey.

Prueba de Tukey:

$$t_{\alpha} = [gl \times E_{exp}] \times sd$$

Dónde:

$$sd = \sqrt{\frac{CME}{b}}$$

### 2.4.3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio, se muestran a continuación:

#### Factor A: ecotipos de maca

**a1:** mezcla

**a2:** morado

**a3:** plomo

**a4:** blanco

**a5:** amarillo

#### Factor B: sistemas de fertilización

**b1:** Fertilización química

**b2:** Fertilización orgánica.

Al combinar los factores A y B se tiene 10 tratamientos.

**Cuadro 4: Tratamientos o combinaciones en estudio**

Tratamientos.	Ecotipos de maca mas sistema de fertilización (química y orgánica)	Sistemas de fertilización
T1 (A1 B1) (T)	Mezcla+ Materia orgánica	<b>MO 5 Tn/ha</b>
T2 (A2 B1)	Morado + Materia orgánica	
T3 (A3 B1)	Plomo + Materia orgánica	
T4 (A4 B1)	Blanco + Materia orgánica	
T5 (A5 B1)	Amarillo +Materia orgánica	
T6 (A1 B2) (T)	Mezcla + Fertilizante	<b>100-60-40</b>
T7 (A2 B2)	Morado + Fertilizante	
T8 (A3 B2)	Plomo + Fertilizante	
T9 (A4 B2)	Blanco + Fertilizante	
T10 (A5 B2)	Amarillo + Fertilizante	

(T)= testigo

## **2.5. Indicadores que se evaluaron**

### **2.5.1. Desarrollo vegetativo de la maca**

- a. Altura de planta.
- b. Número de hojas.
- c. Diámetro de hipocotilo
- d. Tamaño de hipocotilo

### **2.5.2. Rendimiento del Cultivo de Maca**

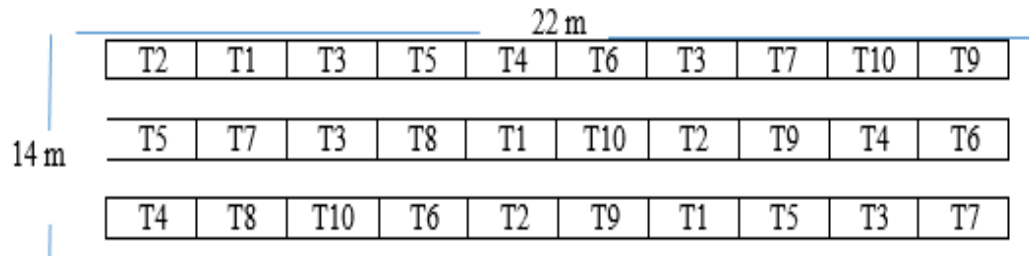
- a. Peso del hipocotilo
- b. Rendimiento de hipocotilo por tratamiento

### **2.5.3. Contenidos de metabolitos primarios.**

- ✓ porcentaje de proteínas de c/ecotipo
- ✓ porcentaje de grasa
- ✓ porcentaje de carbohidratos totales
- ✓ porcentaje de fibra cruda
- ✓ porcentaje de cenizas
- ✓ porcentaje de energías (Kcal/100g)

## 2.6. Croquis del campo experimental

Figura 6: Croquis del campo experimental



### 2.6.1. Características del experimento

#### a. Parcela Experimental

Número de repeticiones	: 3
Número de tratamientos ecotipos	: 10
Ancho de calles	: 1m
Ancho de pasadizos	: 1 m
Área total del experimento	: 308 m <sup>2</sup>

#### b. Unidad experimental

Largo de bloques	: 10m
Ancho de bloques	.....: 3m
Siembra en línea	
Distanciamiento entre surco	: 0.30 m
Área de cada unidad experimental	..: 6 m <sup>2</sup>
Área neta de unidad experimental	: 180 m <sup>2</sup>



## **2.7. Variables**

### **a. Variable independiente**

Sistema de fertilización orgánica y química

### **b. Variable dependiente**

Desarrollo vegetativo y rendimiento de 5 ecotipos de maca

Contenido de metabolitos primarios en 5 ecotipos de maca.

## **2.8. Población y muestra**

La población estuvo conformada por todas las plantas de maca que consta la parcela, en ella se tiene 30 unidades experimentales. Cada unidad experimental representa una población sujeta a evaluación.

La muestra fue tomada aleatoriamente, eligiendo como muestra dos a tres plantas por cada surco considerándose en promedio 10 plantas por tratamiento, dejando los surcos de los extremos, por estar sujeta a variaciones.

## **2.8 Datos meteorológicos**

En Villa de Pasco no existe estación meteorológica, la estación del SENAMHI más cercana se encuentra en Carhuamayo, sin embargo, no está funcionando por lo que no se cuenta con datos, sin embargo, de acuerdo a la zona de vida Paramo muy húmedo sub alpino tropical la precipitación promedio corresponde a 1 254,8 mm anuales.

## **2.9 Conducción del experimento**

### **2.9.1 Preparación del Terreno**

El terreno se preparó con una remoción total del terreno, con tractor después se desterronado (desmenuzado), con una trilladora, luego se realizó la mullición del suelo con pico y nivelando con rastrillo. Fecha: 15/11/2014

### **2.9.2 Marcado del terreno experimental**

Se realizó el marcado de terreno, trazaron las parcelas, las calles y finalmente los surcos de todo el campo experimental, de acuerdo a las medidas de las disposiciones experimentales y la identificación de las parcelas con ayuda de estacas, wincha, yeso, cordel y jalones, usando. Fecha: 18 /12/ 2014

### **2.9.3 Siembra**

La siembra se realizó manualmente, 2 semillas por golpe de cada ecotipo, seguido de tapado con rastrillo, con una capa de 2 a 3 cm de profundidad La siembra se realizó el día 19 de diciembre del 2014

### **2.9.4 Fertilización**

En la preparación del terreno se incorporó materia orgánica (compost) y NPK posteriormente se realizó la fertilización:

- a. Química: Se aplicó una dosis de fertilización de 100 – 60 - 40, que es la dosis recomendada para el cultivo de maca en sierra. Equivalentes a, 4.500 kg. por parcela.

- b. Orgánico: Se aplicó una dosis de 5 t/ha de materia orgánica que equivale a 45 kg para un área neta de 180 m<sup>2</sup>. por parcela 3 kg.

### **2.9.5 Riego**

Durante el período vegetativo debido a la presencia de lluvias no fue necesario aplicar riegos.

### **2.9.6 Control de Malezas**

Esta labor se realizó el 19 de marzo 2015 en momento oportuno con el objetivo de evitar la competencia con el cultivo. Las malezas que se han identificado de mayor población fueron: Ichu. Fecha: 19/03/2015

### **2.9.7 Control fitosanitario**

#### **a. Control de plagas**

Se registraron ataques de babosas con baja incidencia, para controlar se aplicó Halizan (metaldehído) se aplicó los cebos en toda la parcela al voleo; no revisten mucha significancia.

#### **b. Control de enfermedades**

Después de 30 días de la siembra se presentó el patógeno, *Alternaria sp*, que fue controlado a tiempo antes que produjeran daños considerables, se aplicó con Antracol (Propineb) a una dosis de 1.5 kg/ha con 3 aplicaciones cada 8 días para su control.

### **2.9.8 Cosecha**

Esta labor se realizó a partir del 16 de junio 2016 según iban madurando las ecotipos. Para evaluar el rendimiento se cosecharon un metro cuadrado de cada tratamiento.

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Altura de planta

En el cuadro N° 05, en el análisis de varianza de altura de planta, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento. La significancia para bloque es ( $F_c < F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, no existen diferencias altamente significativas entre los bloques, la significación para fertilización, ecotipos y fertilización \* ecotipos es ( $F_c > F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, existen diferencias altamente significativas entre los tipos de fertilización, ecotipos y fertilización \* ecotipos o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente estadísticamente en ambos niveles. Con coeficiente de variabilidad de 5,89 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Cuadro 5: Análisis de varianza de altura de planta**

F.V.	gl	SC	CM	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
					0,05
Bloques	2	0,01	0,003	0,33	ns 3,55
Fertilización	1	0,76	0,76	82,82	**4,41
Ecotipos	4	1,61	0,4	43,59	**2,93
Fertilización*Ecotipos	4	1,53	0,38	41,59	**2,93
Error	18	0,17	0,01		
Total	29	4,07			

C.V. 5,89 %

**Cuadro 6: Prueba de Tukey del factor fertilización en altura de planta**

Fertilización	Promedios (cm)	Significación
		0,05
Química	1,79	A
Orgánica	1,47	B

En el cuadro 06, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que la fertilización presenta diferencias estadísticas significativas. Sin embargo la fertilización química muestra diferencias estadísticas significativas con respecto a la fertilización orgánica.

Se observa que la fertilización química obtuvo en promedio 1,79 cm mostrando mayor altura con respecto a la fertilización orgánica con promedio de 1,47 cm de altura. Se puede confirmar que el cultivo de maca por ser extractivo de nutrientes responde bien a niveles de fertilización química de 100-40-20 tal como lo cita (Garay, 1997) y (Solís, 1996) permitiendo obtener mayor altura de planta.

**Cuadro 7: Prueba de Tukey del factor ecotipo en altura de planta**

Ecotipos	Promedios (cm)	Significación
		0,05
Morado	1,94	A
Mezcla	1,87	A
Amarillo	1,51	B
Blanco	1,43	B
Plomo	1,39	B

En el cuadro 07, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, los ecotipos morado y mezcla muestran diferencias estadísticas significativas con los demás ecotipos.

Se observa que los ecotipos morado y mezcla obtuvieron en promedio 1,94 y 1,87 cm mostrando mayor altura con respecto a los demás ecotipos, ocupando el último lugar el plomo con promedio de 1,39 cm

**Cuadro 8: Prueba de Tukey para la interacción fertilización \* ecotipo en altura de planta**

Fertilización	Ecotipos	Tratamientos	Promedios ( cm )	Significación
				0,05
Orgánica	Morado	T2 (A2 B1)	2,04	A
Orgánica	Mezcla	T1 (A1 B1) (T)	1,92	A
Química	Plomo	T8 (A3 B2)	1,87	A
Química	Amarillo	T10 (A5 B2)	1,87	A
Química	Morado	T7 (A2 B2)	1,84	A
Química	Mezcla	T6 (A1 B2) (T)	1,82	A B
Química	Blanco	T9 (A4 B2)	1,54	B C
Orgánica	Blanco	T4 (A4 B1)	1,32	C D
Orgánica	Amarillo	T5 (A5 B1)	1,16	D E
Orgánica	Plomo	T3 (A3 B1)	0,9	E

En el cuadro 08, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, al 0,05 los tratamientos T2, T1, T8, T10, T7 y T6 producen alturas similares, pero muestran diferencias estadísticas

significativas con los demás tratamientos y difiere del T3; de los testigos podemos señalar que el tratamiento T1 muestra diferencia significativa con el T6

Se observa que para el nivel de significancia 0,05 los tratamientos T2, T1, T8, T10 y T7 obtuvieron mayor altura con promedio de 2,04; 1,92; 1,7; 1,87 y 1,84 cm respectivamente, ocupando el último lugar el T3 (0,9 cm).

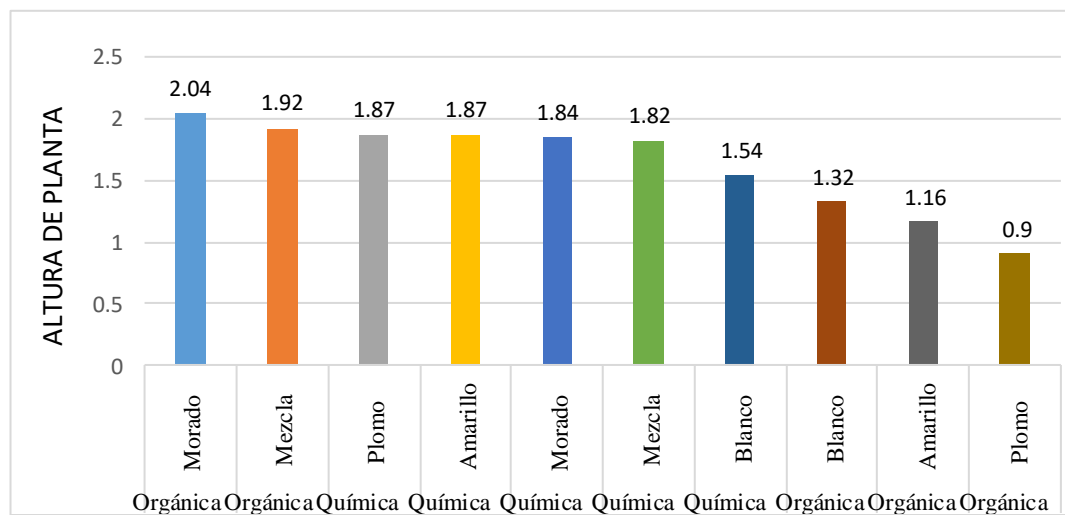


Figura 7: Altura de planta de ecotipos

### 3.2. Número de hojas

En el cuadro 09, en el análisis de varianza de altura de planta, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento. La significancia para bloques es ( $F_c < F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, no existen diferencias altamente significativas entre los bloques, la significación para fertilización, ecotipos y fertilización \* ecotipos es ( $F_c > F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, existen diferencias altamente significativas entre los tipos de fertilización, ecotipos y fertilización \* ecotipos o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente



estadísticamente. Con coeficiente de variabilidad de 3,79 % lo cual según Calzadas nos indica confiabilidad en los resultados.

**Cuadro 9: Análisis de varianza de número de hojas de los ecotipos de maca**

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Ft
					0,05
Bloque	2	2,37	1,18	1,2	ns 3,55
Fertilización	1	148,03	148,03	150,52	**4,41
Ecotipos	4	55,61	13,9	14,14	**2,93
Fertilización*Ecotipos	4	232,79	58,2	59,18	**2,93
Error	18	17,7	0,98		
Total	29	456,5			

C.V. 3.79 %

**Cuadro 10: Prueba de Tukey del factor fertilización en número de hojas**

Fertilización	Promedios (número)	Significación
		0,05
Química	28,42	A
Orgánica	23,97	B

En el cuadro N° 10, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que la fertilización presenta diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, la fertilización química muestra diferencias estadísticas significativas con respecto a la fertilización orgánica.

Se observa que la fertilización química obtuvo en promedio 28,42 mostrando mayor número de hojas con respecto a la fertilización orgánica con promedio de 23,97 hojas. Se puede confirmar que el cultivo de maca por ser extractivo de nutrientes responde bien a niveles de 100-40-20 tal como lo cita (Garay, 1997)

permitiendo conseguir mayor número de hojas frente a una fertilización orgánica, permitiendo su crecimiento y desarrollo de las hojas en la planta.

**Cuadro 11: Prueba de Tukey del factor ecotipo en número de hojas**

Ecotipos	Promedios (cantidad)	Significación
		0,05
Amarillo	28,77	A
Morado	26,35	B
Mezcla	25,59	B
Plomo	25,25	B
Blanco	25,02	B

En el cuadro 11, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, el ecotipo amarillo muestra diferencia estadísticas significativas con los demás ecotipos.

Se observa que el ecotipo amarillo obtuvo en promedio 28,77 mostrando mayor número de hojas con respecto a los demás ecotipos.

Estos resultados nos indica que existen factores como climáticos, el momento y sistema de fertilización, la constitución genética que determina su propio requerimiento nutricional, habito de crecimiento de la planta que influyen en la calidad de los mismos (**Paterson, 1978**).

**Cuadro 12: Prueba de Tukey para la interacción fertilización \* ecotipo en número de hojas**

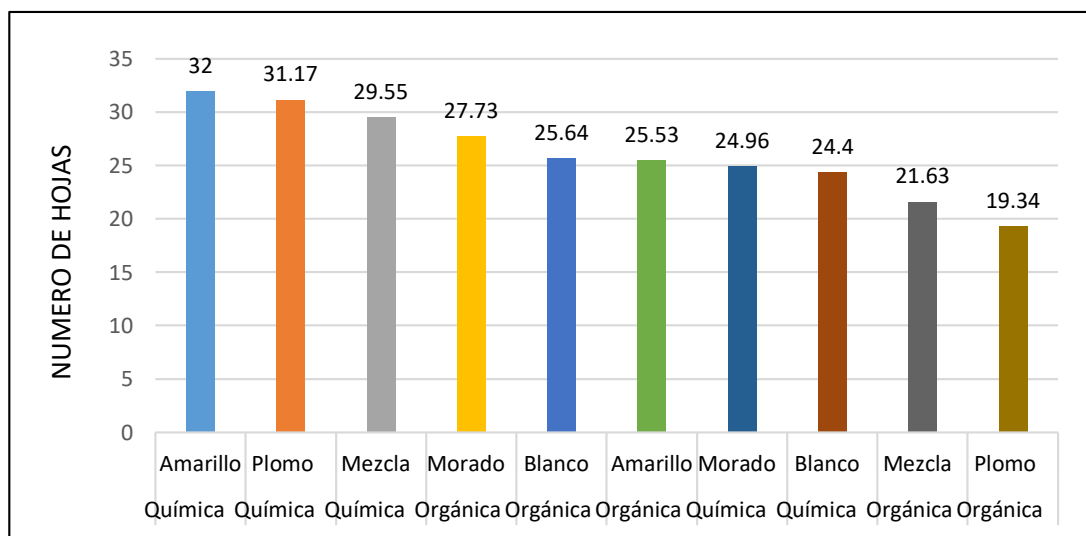
Fertilización	Ecotipos	Tratamientos	Promedio (cantidad)	Significación
				0,05
Química	Amarillo	T10 (A5 B2)	32	A
Química	Plomo	T8 (A3 B2)	31,17	A
Química	Mezcla	T6 (A1 B2) (T)	29,55	A B
Orgánica	Morado	T2 (A2 B1)	27,73	B C
Orgánica	Blanco	T4 (A4 B1)	25,64	C D
Orgánica	Amarillo	T5 (A5 B1)	25,53	C D
Química	Morado	T7 (A2 B2)	24,96	C D
Química	Blanco	T9 (A4 B2)	24,4	D E
Orgánica	Mezcla	T1 (A1 B1) (T)	21,63	E F
Orgánica	Plomo	T3 (A3 B1)	19,34	F

En el cuadro 12, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo los tratamientos T10, T8 y T6 producen número de hojas similares pero muestran diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos y difieren del T3; de los testigos el tratamiento T6 difiere del T1

Se observa que para el nivel de significancia 0,05 los tratamientos T10 y T8 obtuvieron mayor número de hojas con promedio de 32 y 31,17 respectivamente, difiriendo del T3 con 19,34 hojas en promedio.

Comparando los resultados de la investigación con lo obtenido por **Ramiro (2013)** que obtuvo un promedio general de 36,57 hojas por planta. Confirmamos que se encontró menor número de hojas que el autor citado. Estos resultados nos permite atribuir a la competencia por condiciones favorables de luz, nutrientes, agua, para su desarrollo, por la cual las plantas fisiológicamente no terminaron de

desarrollar completamente el número de hojas a lo mencionado por **Ruíz (1993)**, que indica que una alta población significa un efecto competitivo entre las plantas sembradas por luz, agua, nutrientes y espacio físico, tanto sobre la superficie como debajo, esta competencia se refleja en el tamaño de la planta, así como en el número de hojas por planta. Ver figura 08



**Figura 8: Número de hojas de los ecotipos**

### 3.3. Diámetro de hipocotilo

En el cuadro 13, en el análisis de varianza de diámetro de hipocotilo, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento. La significancia para bloques es ( $F_c < F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, no existen diferencias altamente significativas entre los bloques, la significación para fertilización, ecotipos, fertilización \* ecotipos es ( $F_c > F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, existen diferencias altamente significativas entre los tipos de fertilización, ecotipos y fertilización \* ecotipos o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio

diferente estadísticamente en ambos niveles. Con coeficiente de variabilidad de 11,08 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Cuadro 13: Análisis de varianza de diámetro del hipocotilo**

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Ft
					0,05
Bloque	2	0,2	0,1	1,31	ns 3,55
Fertilización	1	3,36	3,36	43,91	**4,41
Ecotipos	4	2,24	0,56	7,31	**2,93
Fertilización*Ecotipos	4	2,32	0,58	7,58	**2,93
Error	18	1,38	0,08		
Total	29	9,49			

C.V. 11.08 %

**Cuadro 14: Prueba de Tukey del factor fertilización en el diámetro del hipocotilo**

Fertilización	Promedios (cm)	Significación
		0,05
Química	2,83	A
Orgánica	2,16	B

En el cuadro 14, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que la fertilización presenta diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, la fertilización química muestra diferencia estadísticas significativas con respecto a la fertilización orgánica.

Se observa que la fertilización química obtuvo en promedio 2,83 cm mostrando mayor diámetro del hipocotilo con respecto a la fertilización orgánica con 2,16 cm en promedio. Se puede confirmar que el cultivo de maca por ser extractivo de

nutrientes responde bien a niveles de 100-40-20 tal como lo cita (Garay, 1997) permitiendo obtener mayor diámetro del hipocotilo.

**Cuadro 15: Prueba de Tukey del factor ecotipo en diámetro del hipocotilo**

Ecotipos	Promedios (cm)	Significación
		0,05
Amarillo	2,97	A
Plomo	2,57	A B
Morado	2,43	B
Blanco	2,36	B
Mezcla	2,15	B

En el cuadro 15, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, el ecotipo amarillo muestra diferencias estadísticas significativas con los demás ecotipos difiriendo con el ecotipo mezcla.

Se observa que el ecotipo amarillo obtuvo en promedio 2,97 mostrando mayor diámetro del hipocotilo con respecto a los demás ecotipos.

Se puede confirmar que el ecotipo amarillo sobresale con 2,97 cm en promedio, encontrándose un mayor diámetro del hipocotilo con respecto al autor **Ponce (1995)** quien reporto al ecotipo morado mejor en su investigación obteniendo 2,64 cm en promedio.

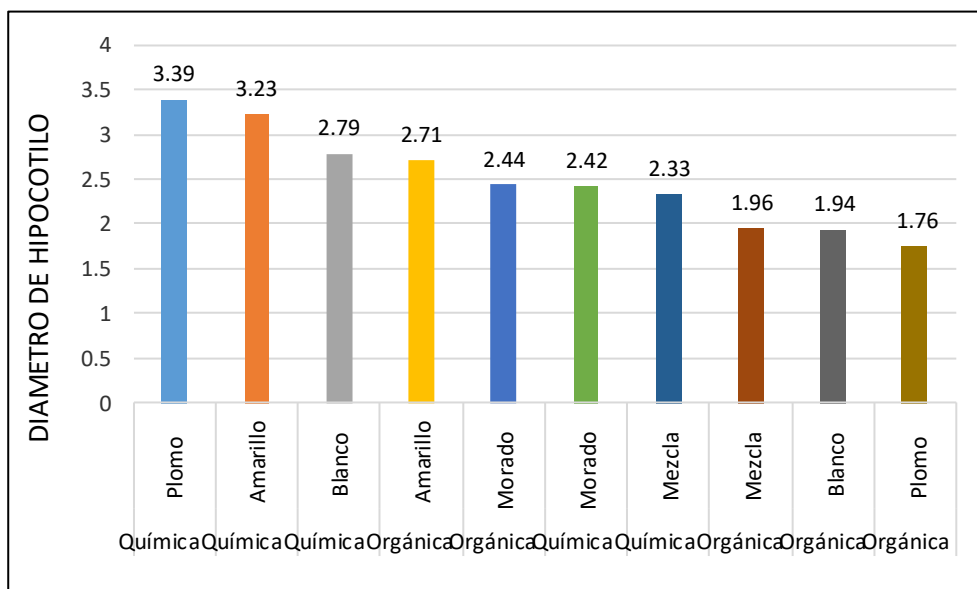
**Cuadro 16: Prueba de Tukey para la interacción fertilización \* ecotipo en diámetro del hipocotilo.**

Fertilización	Ecotipos	Tratamientos	Promedios ( cm )	Significación
				0,05
Química	Plomo	T8 (A3 B2)	3,39	A
Química	Amarillo	T10 (A5 B2)	3,23	A B
Química	Blanco	T9 (A4 B2)	2,79	A B C
Orgánica	Amarillo	T5 (A5 B1)	2,71	A B C D
Orgánica	Morado	T2 (A2 B1)	2,44	B C D E
Química	Morado	T7 (A2 B2)	2,42	B C D E
Química	Mezcla	T6 (A1 B2) (T)	2,33	C D E
Orgánica	Mezcla	T1 (A1 B1) (T)	1,96	D E
Orgánica	Blanco	T4 (A4 B1)	1,94	D E
Orgánica	Plomo	T3 (A3 B1)	1,76	E

En el cuadro 16, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, el tratamiento T8, T10, T9 y T5 obtuvieron diámetros similares y muestra diferencias estadísticas significativas con el T3; En caso de los testigos el tratamiento T6 difiere del T1

Se observa que para el nivel de significancia 0,05 el tratamiento T8 obtuvo mayor diámetro del hipocotilo con 3,39 cm en promedio, ocupando el último lugar el T3 (1,76 cm).

Comparando los resultados de la investigación con lo obtenido por **Ponce (1995)**, donde manifiesta que el diámetro del hipocotilo está entre el rango 1,9 a 3,2 cm siendo el promedio de 2,48 cm y **Ramiro (2013)** donde obtuvo 3,09 cm en promedio. Confirmamos que los autores citados consiguieron menor diámetro del hipocotilo con respecto al T8 (ecotipo plomo con fertilización química). Esto es debido a que se realizó la fertilización química, sin embargo existen otros factores que limiten un mayor diámetro como es las características genéticas de los ecotipos y condiciones del suelo y subsuelo, tal es así que **Kramer (1974)** sostiene que, el crecimiento pujante de las raíces y su funcionamiento como superficies absorbentes, depende de muchos factores en el ámbito de la teoría que los rodea, especialmente las que afectan a la resistencia mecánica contra la extensión de las raíces. Ver figura 09



**Figura 9: Diámetro de hipocotilo**



### 3.4. Tamaño del hipocotilo

En el cuadro 17, en el análisis de varianza de tamaño de hipocotilo, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento. La significancia para bloques es ( $F_c < F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, no existen diferencias altamente significativas entre los bloques; la significación para fertilización y fertilización \* ecotipos es ( $F_c > F_t$  al 0,05 y  $F_c <$  al 0,01) por lo tanto, existen diferencias significativas, mientras que ecotipos es ( $F_c > F_t$  en ambos niveles) por lo tanto existe diferencias altamente significativa, o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente estadísticamente en ambos niveles. Con coeficiente de variabilidad de 8,06 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Cuadro 17: Análisis de varianza del tamaño del hipocotilo**

F.V.	gl	SC	CM	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
					0,05
Bloque	2	0,1	0,05	1,17	ns 3,55
Fertilización	1	0,37	0,37	8,12	*4,41
Ecotipos	4	2,34	0,58	13	** 2,93
Fertilización*Ecotipos	4	0,65	0,16	3,61	* 2,93
Error	18	0,81	0,04		
Total	29	4,27			

C.V. 8,06 %

**Cuadro 18: Prueba de Tukey del factor fertilización en el tamaño del hipocotilo**

Fertilización	Promedios (cm)	Significación
		0,05
Química	2,74	A
Orgánica	2,52	B

En el cuadro 18, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que la fertilización presenta diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, la fertilización química muestra diferencias estadísticas significativas con respecto a la fertilización orgánica.

Se observa que la fertilización química obtuvo en promedio 2,74 cm mostrando mayor tamaño del hipocotilo con respecto a la fertilización orgánica con 2,52 cm en promedio. Se puede confirmar que el cultivo de maca por ser extractivo de nutrientes responde bien a niveles de 100-40-20 tal como lo cita (Garay, 1997) permitiendo conseguir mayor tamaño del hipocotilo.

**Cuadro 19: Prueba de Tukey del factor ecotipo en tamaño del hipocotilo**

Ecotipos	Promedios (cm)	Significación
		0,05
Mezcla	3,14	A
Morado	2,68	B
Plomo	2,56	B
Blanco	2,41	B
Amarillo	2,36	B

En el cuadro 19, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, el ecotipo mezcla muestra diferencias estadísticas significativas con los demás ecotipos difiriendo con el ecotipo amarillo que ocupa el último lugar.

Se observa que el ecotipo mezcla obtuvo en promedio 3,14 mostrando mayor tamaño del hipocotilo con respecto a los demás ecotipos.

**Cuadro 20: Prueba de Tukey para la interacción fertilización \* ecotipo en tamaño del hipocotilo**

Fertilización	Ecotipos	Tratamientos	Promedios (cm)	Significación
				0,05
Química	Mezcla	T6 (A1 B2) (T)	3,36	A
Orgánica	Mezcla	T1 (A1 B1) (T)	2,93	A B
Química	Plomo	T8 (A3 B2)	2,72	B C
Orgánica	Morado	T2 (A2 B1)	2,69	B C D
Química	Morado	T7 (A2 B2)	2,67	B C D
Química	Amarillo	T10 (A5 B2)	2,65	B C D
Orgánica	Blanco	T4 (A4 B1)	2,52	B C D
Orgánica	Plomo	T3 (A3 B1)	2,39	B C D
Química	Blanco	T9 (A4 B2)	2,3	C D
Orgánica	Amarillo	T5 (A5 B1)	2,07	D

En el cuadro 20, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, los tratamiento T6 y T1 testigos no muestran diferencias significativas en el tamaño del hipocotilo y muestran diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos y difiere del T5.

Se observa que para el nivel de significancia 0,05 el tratamiento T6 obtuvo mayor tamaño del hipocotilo con 3,36 cm en promedio. Ver figura 10

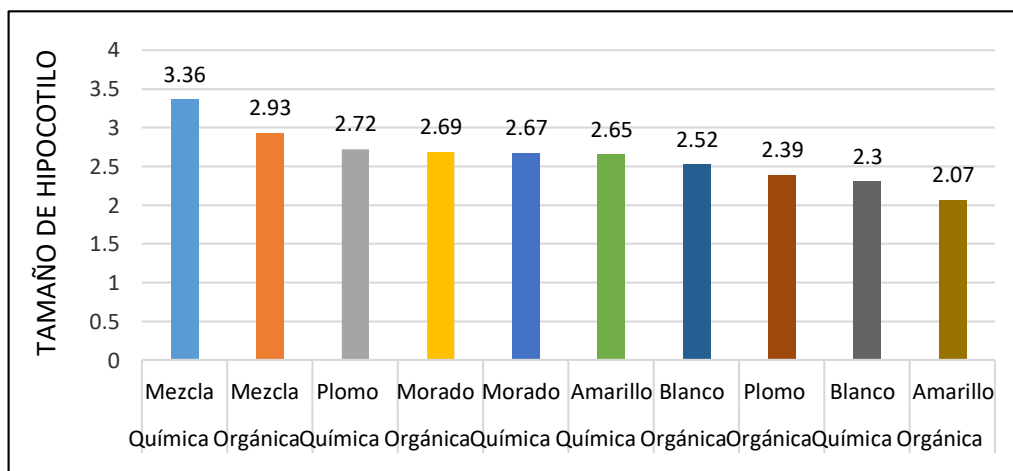


Figura 10: Tamaño de hipocotilo

### 3.5. Peso del hipocotilo

En el cuadro 21, en el análisis de varianza de peso del hipocotilo, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento. La significancia para bloques es ( $F_c > F_t$  al 0,05 y  $F_c < F_t$  al 0,01) por lo tanto, existe diferencias significativas entre los bloques, la significación para fertilización, ecotipos y fertilización \* ecotipos es ( $F_c > F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, existen diferencias altamente significativas, o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente estadísticamente en ambos niveles. Con coeficiente de variabilidad de 20,75 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

Cuadro 21: Análisis de varianza del peso del hipocotilo

F.V.	gl	SC	CM	F	Ft
					0,05
Bloque	2	30,66	15,33	4,32	* 3,55
Fertilización	1	221,3	221,3	62,38	** 4,41
Ecotipos	4	226,01	56,5	15,93	** 2,93
Fertilización*Ecotipos	4	70,58	17,64	4,97	** 2,93
Error	18	63,85	3,55		
Total	29	612,4			

C.V. 20,75 %

**Cuadro 22: Prueba de Tukey del factor fertilización en el peso del hipocotilo**

Fertilización	Promedios (g)	Significación
		0,05
Química	11,79	A
Orgánica	6,36	B

En el cuadro 22, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que la fertilización presenta diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, la fertilización química muestra diferencias estadísticas significativas con respecto a la fertilización orgánica.

Se observa que la fertilización química obtuvo en promedio 11,79 g mostrando mayor peso del hipocotilo con respecto a la fertilización orgánica con 6,36 g en promedio. Se puede confirmar que el cultivo de maca por ser extractivo de nutrientes responde bien a niveles de 100-40-20 tal como lo cita (Garay, 1997) permitiendo conseguir mayor peso del hipocotilo.

**Cuadro 23: Prueba de Tukey del ecotipo en el peso del hipocotilo**

Ecotipos	Promedios (g)	Significación
		0,05
Amarillo	13,17	A
Plomo	11,45	A
Blanco	7,44	B
Mezcla	7,37	B
Morado	5,96	B

En el cuadro 23, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, los ecotipos amarillo y plomo muestran

diferencias estadísticas significativas con los demás ecotipos difiriendo con el ecotipo morado.

Se observa que el ecotipo amarillo obtuvo en promedio 13,17 g mostrando mayor peso del hipocotilo con respecto a los demás ecotipos. **Ponce (1995)** manifiesta que el rango del peso del hipocotilo es de 10 a 30 g sobresaliendo el ecotipo plomo con 24,5 g en promedio. Comparando los resultados los ecotipos amarillo y plomo se encuentran dentro del rango del peso del hipocotilo, sin embargo, el peso promedio obtenido en el presente trabajo fue menor.

**Cuadro 24: Prueba de Tukey para la interacción fertilización \* ecotipo en peso del hipocotilo**

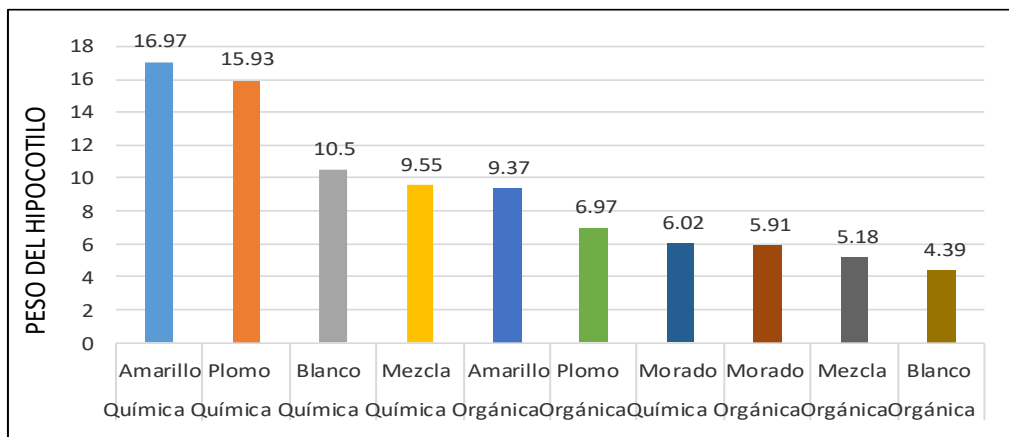
Fertilización	Ecotipos	Tratamientos	Promedios (g)	Significación
				0,05
Química	Amarillo	T10 (A5 B2)	16,97	A
Química	Plomo	T8 (A3 B2)	15,93	A B
Química	Blanco	T9 (A4 B2)	10,5	B C
Química	Mezcla	T6 (A1 B2) (T)	9,55	C D
Orgánica	Amarillo	T5 (A5 B1)	9,37	C D
Orgánica	Plomo	T3 (A3 B1)	6,97	C D
Química	Morado	T7 (A2 B2)	6,02	C D
Orgánica	Morado	T2 (A2 B1)	5,91	C D
Orgánica	Mezcla	T1 (A1 B1) (T)	5,18	C D
Orgánica	Blanco	T4 (A4 B1)	4,39	D

En el cuadro 24, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, el tratamiento T10 muestra diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos y difiere del T4; En caso de

los testigos al nivel de 0,05 el tratamiento T6 y T1 no muestran diferencias significativas.

Se observa que para el nivel de significancia 0,05 el tratamiento T10 obtuvo mayor peso del hipocotilo con 16,97 g en promedio. Comparando los resultados de la investigación con lo reportado por **Ramiro (2013)** donde obtuvo 12,94 g/planta en promedio, confirmamos que en el presente trabajo de investigación el peso de hipocotilo fue mayor con promedio de 16,97 g/planta. Sin embargo, **Ponce (1995)** manifiesta que el rango del peso del hipocotilo es de 10 a 30 g donde obtuvo 23,32 g/planta en promedio, superando los resultados reportado en el presente trabajo, pero encontrándose dentro del rango.

Estos resultados nos indican que existen factores ambientales que no siempre están en condiciones favorables en un medio natural y que los sistemas de fertilización no han repercutido en el peso del hipocotilo. Sin embargo a mayores densidades las plantas compiten más por nutrientes y agua, siendo estos factores influyentes en el tamaño, coloración y forma de la raíz (Valadez 1993). Ver figura



**Figura 11: Peso del hipocotilo**

### 3.6. Rendimiento

En el cuadro 25, en el análisis de varianza de rendimiento del hipocotilo, se refiere a la significación del valor “F” para tratamiento. La significancia para bloques es ( $F_c > F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, existe diferencias altamente significativas entre los bloques, la significación para fertilización, ecotipos y fertilización \* ecotipos es ( $F_c > F_t$  en ambos niveles) por lo tanto, existen diferencias altamente significativas, o que por lo menos uno de los tratamientos tiene promedio diferente estadísticamente en ambos niveles, con coeficiente de variabilidad de 18,41 % lo cual según Calzada nos indica confiabilidad en los resultados.

**Cuadro 25: Análisis de varianza del rendimiento del hipocotilo de maca**

F.V.	gl	SC	CM	F	Ft
					0,05
Bloque	3	4683775.18	1561258.39	20.18	** 3,55
Fertilización	1	4548890.52	4548890.52	58.79	** 4,41
Ecotipos	4	4724345.35	1181086.34	15.27	** 2,93
Fertilización*Ecotipos	4	1728265.42	432066.36	5.58	** 2,93
Error	17	1315267.88	77368.7		
Total	29	17000544.4			

C.V. 18,41 %

**Cuadro 26: Prueba de Tukey del factor fertilización en el rendimiento del hipocotilo**

Fertilización	Promedios (kg/ha)	Significación
		0,05
Química	1961,78	A
Orgánica	1060,22	B

En el cuadro 26, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que la fertilización presenta



diferencias estadísticas significativas. Sin embargo la fertilización química muestra diferencias estadísticas significativas con respecto a la fertilización orgánica.

Se observa que la fertilización química obtuvo en promedio 1961,78 kg/ha mostrando mayor rendimiento del hipocotilo con respecto a la fertilización orgánica con 1060,22 kg/ha en promedio. Se puede confirmar que el cultivo de maca por ser extractivo de nutrientes responde bien a niveles de 100-40-20 tal como lo cita (Garay, 1997) permitiendo conseguir mayor rendimiento del hipocotilo.

**Cuadro 27: Prueba de Tukey del ecotipo en el rendimiento del hipocotilo**

Ecotipos	Promedios (kg/ha)	Significación
		0,05
Amarillo	2193,06	A
Plomo	1907,78	A
Blanco	1232,78	B
Mezcla	1227,5	B
Morado	993,89	B

En el cuadro 27, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo el ecotipo amarillo y plomo muestra diferencias estadísticas significativas con los demás ecotipos difiriendo con el ecotipo morado que ocupó el último lugar.

Se observa que el ecotipo amarillo obtuvo en promedio 2193,06 kg/ha mostrando mayor rendimiento del hipocotilo con respecto a los demás ecotipos en estudio.

Sin embargo, **Lapa (2015)** manifiesta que el rendimiento del hipocotilo en Pasco es de 3151 kg/ha. Comparando los resultados los ecotipos en estudio presentaron un rendimiento menor.

**Cuadro 28: Prueba de Tukey para la interacción fertilización \* ecotipo en rendimiento del hipocotilo**

Fertilización	Ecotipos	Tratamientos	Promedios (kg)	Significación
				0,05
Química	Amarillo	T10 (A5 B2)	2825	A
Química	Plomo	T8 (A3 B2)	2654,45	A
Química	Blanco	T9 (A4 B2)	1734,44	B
Química	Mezcla	T6 (A1 B2) (T)	1591,67	B C
Orgánica	Amarillo	T5 (A5 B1)	1561,11	B C
Orgánica	Plomo	T3 (A3 B1)	1161,11	B C D
Química	Morado	T7 (A2 B2)	1003,33	B C D
Orgánica	Morado	T2 (A2 B1)	984,45	B C D
Orgánica	Mezcla	T1 (A1 B1) (T)	863,33	C D
Orgánica	Blanco	T4 (A4 B1)	731,11	D

En el cuadro 28, basados en la salida dada por la Prueba de Tukey para el nivel de significancia de 0,05 se puede confirmar que los ecotipos presentan diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, al 0,05 el tratamiento T10 y T8 muestran diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos y difiere del T4 que ocupó el último lugar; En caso de los testigos al nivel de 0,05 el tratamiento T6 y T1 muestran diferencias significativas.

Se observa que para el nivel de significancia 0,05 el tratamiento T10 obtuvo mayor rendimiento del hipocotilo con 2825 kg/ha en promedio ocupando el primer lugar. Comparando los resultados de la investigación con lo reportado por **Lapa (2015)** manifiesta que Pasco presenta un rendimiento de 3151 kg/ha

confirmamos que en el presente trabajo de investigación el rendimiento de la maca fue menor.

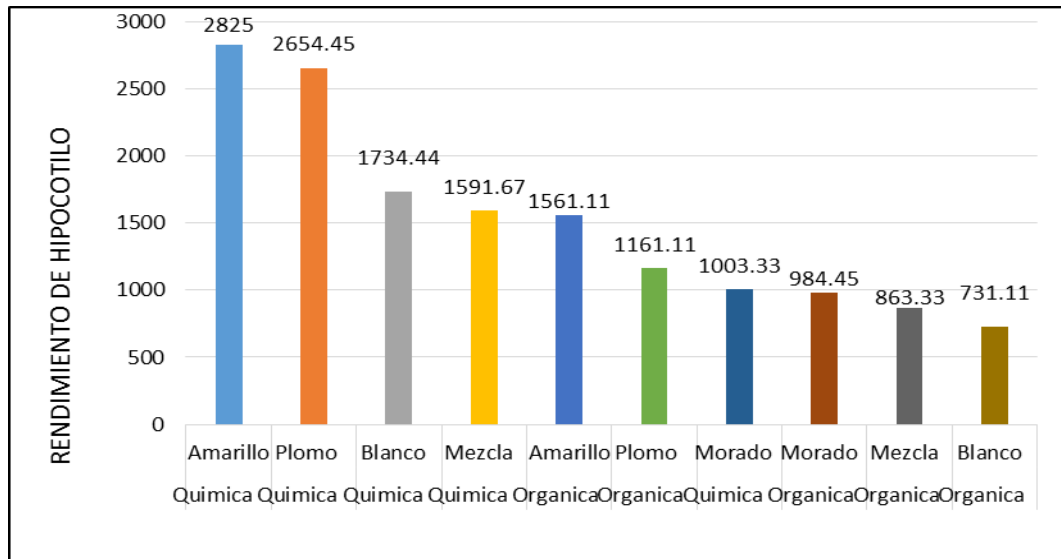


Figura 12: Rendimiento de la maca

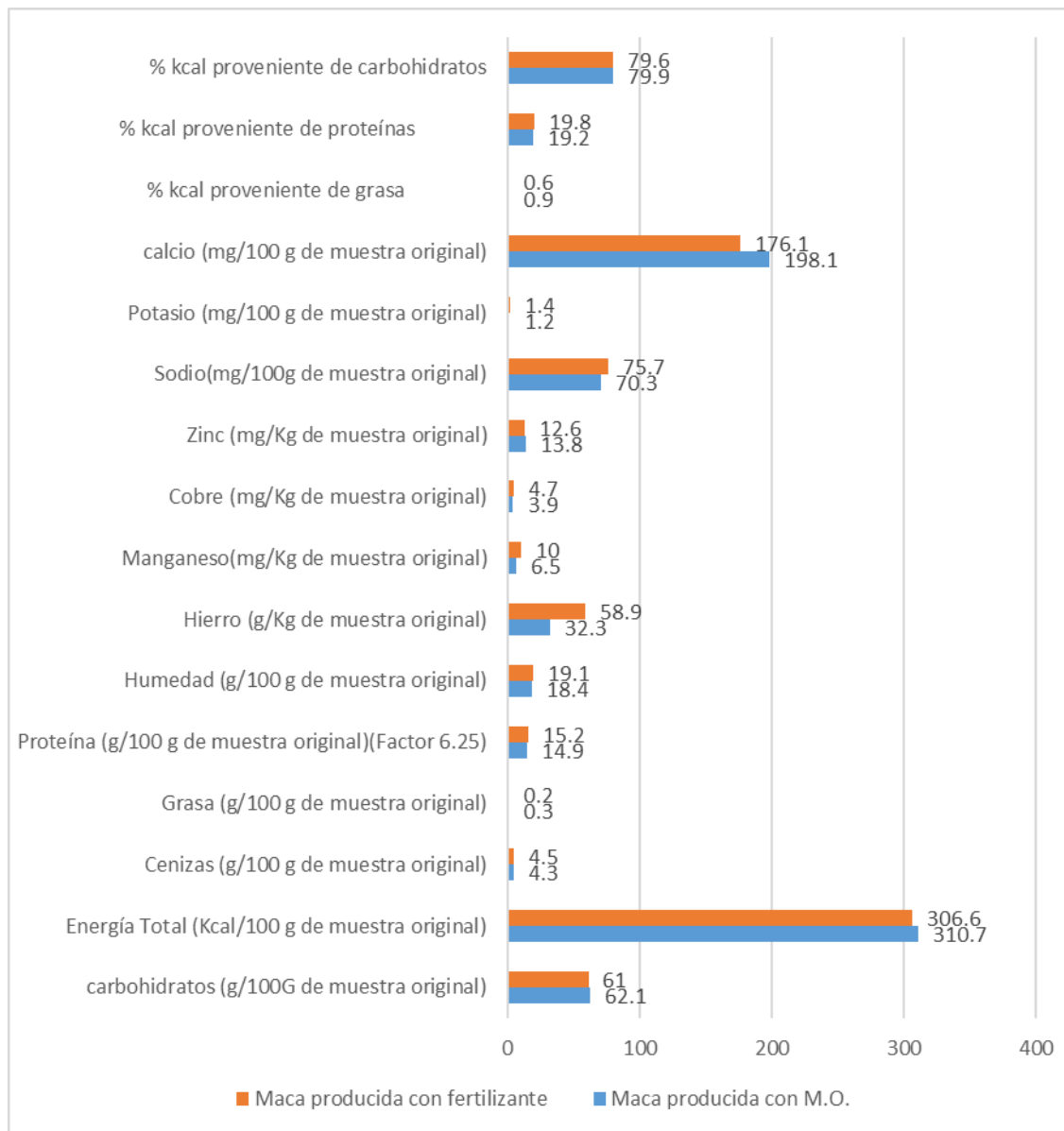
### 3.7 Metabolitos primarios

La maca presenta muchos metabolitos primarios y secundarios, sin embargo en nuestra investigación en la figura N° 12 se puede observar que los metabolitos primarios como son Calcio sobresale en cantidades cuando se conduce con fertilización organica, mientras que cuando se realiza una fertilización química podemos encontrar nivel mas alto de hierro y sodio. Estos metabolitos nos indica la gran importancia que tiene en nuestro organismo cuando es consumido la maca por ello describimos el aporte nutricional del calcio, hierro y sodio.

- **Calcio:** El calcio en la Maca es un elemento de vital importancia para el desarrollo de los seres vivientes. Este está concentrado en la planta en mayor

cantidad que en la leche. Es indispensable para la formación de los huesos, los dientes, el esqueleto y en la coagulación sanguínea, en el funcionamiento del corazón, de los nervios y del sistema sanguíneo.

- **Hierro:** Ayuda en la elaboración de la hemoglobina para evitar las anemias causadas por la falta de estos. Aun así, la excesiva cantidad de hierro puede ser nociva pues bloquea la buena absorción del fósforo en el organismo y puede llevar al raquitismo.
- **Sodio:** Junto con el potasio favorece al descenso de la presión arterial. Se descubrió que el aumento en la dieta diaria de la relación sodio-potasio ayuda a las personas hipertensas. Sin embargo, el incremento excesivo de esta relación podría dar lugar a una disminución de la susceptibilidad a los accidentes básculo-cerebrales que no dependen de la presión arterial. (Valentova et. al 2006)



**Figura 13: Metabolitos primarios de la maca 2017**

## CONCLUSIONES

1. La fertilización química resalta en toda su dimensión con mayor altura de planta, número de hojas, diámetro del hipocotilo, tamaño del hipocotilo, peso del hipocotilo y rendimiento del hipocotilo con respecto a la fertilización orgánica.
2. Los ecotipos morado y mezcla mostraron mayor altura, el ecotipo mezcla obtuvo mayor tamaño del hipocotilo; mientras que el ecotipo amarillo mostro mayor número de hojas, diámetro, peso y rendimiento.
3. La altura de planta fue mayor en la interacción AxB para el nivel 0,05 los tratamientos T2, T1, T8, T10 y T7 y para el nivel de 0,01 los tratamientos T2 y T1
4. El número de hojas obtenido en la interacción AxB al nivel de 0,05 el tratamiento T10 y T8 sobresalieron,
5. El diámetro del hipocotilo fue mayor en la interacción AxB al nivel de 0,05
6. El tamaño del hipocotilo fue mayor en la interacción AxB al nivel de 0,05
7. El peso y rendimiento del hipocotilo fue mayor en la interacción AxB al nivel de 0,05
8. Los metabolitos primarios que alcanzaron mayores valores fueron el calcio en la fertilización orgánica; mientras que el sodio y hierro en la fertilización química.

## **RECOMENDACIONES**

1. Ejecutar investigaciones sobre el manejo y comportamiento agronómico en diferentes altitudes.
2. Emplear semillas de calidad, que su procedencia sea confiable.
3. Establecer el cultivo en terrenos descansados con buena fertilidad con incorporación de abonos orgánicos.
4. Emplear ecotipos comerciados y que presente metabolitos con valores que ayuden en la nutrición humana.
5. De acuerdo a los resultados, se recomienda la siembra del ecotipo amarillo por alcanzar mayor rendimiento.

## ANEXO

**Cuadro 29: Evaluaciones altura de planta**

TRATAMIENTO	REPETICIONES			$\Sigma$	<b>PROMEDIO</b>
	I	II	III		
1	2.058	1.717	1.998	5.773	1.924
2	1.933	2.108	2.075	6.117	2.039
3	0.896	0.983	0.833	2.713	0.904
4	1.283	1.383	1.289	3.956	1.319
5	1.208	1.133	1.133	3.475	1.158
6	1.883	1.883	1.708	5.475	1.825
7	1.875	1.767	1.867	5.508	1.836
8	1.817	1.992	1.792	5.600	1.867
9	1.600	1.500	1.533	4.633	1.544
10	1.800	1.942	1.854	5.596	1.865

**Cuadro 30: Evaluaciones número de hojas por planta**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			$\Sigma$	<b>PROMEDIO</b>
	I	II	III		
1	20.96	21.50	22.42	64.877	21.626
2	27.75	26.95	28.50	83.200	27.733
3	19.34	18.50	20.17	58.007	19.336
4	25.35	26.67	24.89	76.907	25.636
5	26.42	23.75	26.42	76.583	25.528
6	31.33	29.25	28.08	88.667	29.556
7	25.75	24.95	24.17	74.862	24.954
8	31.17	31.00	31.33	93.498	31.166
9	23.58	24.50	25.12	73.200	24.400



**Cuadro 31: Evaluaciones diámetro del hipocotilo**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			$\Sigma$	PROMEDIO
	I	II	III		
1	2.31	1.85	1.73	5.893	1.964
2	2.33	2.08	2.92	7.325	2.442
3	1.75	1.57	1.95	5.267	1.756
4	1.92	1.88	2.01	5.810	1.937
5	2.67	2.87	2.60	8.137	2.712
6	2.58	2.30	2.12	6.995	2.332
7	2.13	2.73	2.41	7.258	2.419
8	3.66	3.08	3.42	10.152	3.384
9	2.62	2.70	3.05	8.367	2.789
10	3.22	2.82	3.64	9.673	3.224

**Cuadro 32: Evaluaciones tamaño del hipocotilo**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			$\Sigma$	PROMEDIO
	I	II	III		
1	3.22	2.78	2.78	8.783	2.928
2	2.82	2.38	2.88	8.075	2.692
3	2.51	2.23	2.43	7.177	2.392
4	2.45	2.43	2.68	7.558	2.519
5	1.88	2.28	2.06	6.217	2.072
6	3.24	3.30	3.53	10.067	3.356
7	2.79	2.30	2.93	8.025	2.675
8	2.63	2.86	2.68	8.177	2.726
9	2.37	2.07	2.47	6.900	2.300
10	2.53	2.90	2.52	7.950	2.650

**Cuadro 33: Evaluaciones peso del hipocotilo**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			$\Sigma$	PROMEDIO
	I	II	III		
1	6.08	5.02	4.44	15.538	5.179
2	6.70	5.11	5.91	17.713	5.904
3	8.17	7.25	5.48	20.900	6.967
4	3.43	4.52	5.21	13.160	4.387
5	8.22	10.22	9.66	28.095	9.365
6	8.28	9.22	11.15	28.653	9.551
7	4.91	5.22	7.93	18.053	6.018
8	15.22	13.38	19.18	47.778	15.926
9	8.38	8.63	14.48	31.497	10.499
10	14.07	15.22	21.63	50.912	16.971

**Cuadro 34: Rendimiento del cultivo de maca**

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			$\Sigma$	PROMEDIO
	I	II	III		
1	1013,33	836,67	740	15.538	5.179
2	1116,67	851,67	985	17.713	5.904
3	1361,67	1208,33	913,33	20.900	6.967
4	571,67	753,33	868,33	13.160	4.387
5	1370	1703,33	1610	28.095	9.365
6	1380	1536,67	1858,33	28.653	9.551
7	818,33	870	1321,67	18.053	6.018
8	2536,67	2230	3196,67	47.778	15.926
9	1396,67	1393,33	2413,33	31.497	10.499
10	2,333.33	2536,67	3605	50.912	16.971



**Figura 14: Evaluación del cultivo de la maca**



**Figura 15: Toma de muestra del suelo**



**Figura 16: Análisis de laboratorio del hipocófito**



**Figura 17: Cosecha de la maca**

## BIBLIOGRAFÍA

1. M., & otros. (2010). Estudio Botànico y Fitoquímico de las Hojas Secas de Maca de la Meseta de Bombòn, Junin-Perù. *Revista Horizonte Médico*, 10(1), 13.
2. GARAY O. 1992 Actas del VII congreso internacional sobre cultivos andinos. Editores D. Morales J. J. Vacher
3. Gonzales, G. (2005). Maca de la Tradición a la Ciencia (Primera Edición ed.). Lima, Perù: CONCYTEC.
4. Gonzales GF, Gonzales C, Gonzales-Castañeda C. *Lepidium meyenii* (Maca): a Plant from the Highlands of Peru – from tradition to science. *Res Complem Med*. 2009; 16(6):373-80. doi: 10.1159/000264618.
5. Cieza de León P: *Chronicle of Peru*. First Part. London: Hakluyt Society; 1553.
6. Cobo B. *History of the New World*. Madrid: Biblioteca de Autores Españoles; 1956.
7. Tello J, Hermann M, Calderón A. La maca (*Lepidium meyenii* Walp.) cultivo alimenticio potencial para las zonas altoandinas. *Bol Lima*. 1992;14:59-66.
8. 1992;14:59-66.
9. Gonzales GF, Miranda S, Nieto J, Fernandez G, Yucra S, Rubio J, et al. Red Maca (*Lepidium meyenii*) reduced prostate size in rats. *Reprod Biol Endocrinol*. 2005;3(1):5
10. Zhao J, Avula B, Chan M, Clément C, Kreuzer M, Khan IA. Metabolomic differentiation of maca (*Lepidium meyenii*) accessions cultivated under different conditions using NMR and chemometric analysis. *Planta Med*. 2012;78(1):90-101. doi: 10.1055/s-0031-1280117
11. Gonzales GF. *Maca de la Tradición a la Ciencia*. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2006.
12. Melnikovova I, Havlik J, Fernandez-Cusimamani E, Milella L. Macamides and fatty acid content comparison in maca cultivated plant under field conditions and greenhouse. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*. 2012;11(5):420-7.

13. Gonzales GF. Maca: Del alimento perdido de los Incas al milagro de los Andes: Estudio de seguridad alimentaria y nutricional. Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas. 2010;17(1):16-36.
14. Valerio LG, Gonzales GF. Toxicological aspects of the South American herbs cat's claw (*Uncaria tomentosa*) and Maca (*Lepidium meyenii*) : a critical synopsis. Toxicol Rev. 2005;24(1):11-35.
15. Eco. Marco A. Uscuchagua Magno (2013). El Informe “Evolución Económica del cultivo de La Maca 2008 - 2012”.
16. GARAY O. 1992 Actas del VII congreso internacional sobre cultivos andinos. Editores D. Morales J. J. Vacher
17. LEÓN, J.1964 Plantas alimenticias andinas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas Zona Andina. Lima - Perú. p. 43-46.
18. Obregón L. “Maca planta medicinal y nutritiva del Perú”, Instituto de Fitoterapia Americano. Lima – Perú. 1998.
19. MAYTA, (1973) y Lobatón, (1998). Maca, alimento nutritivo y funcional
20. CHACÓN, G.1989.La maca (*Lepidium peruvianum* Chacón) y su hábitat. Revista Peruana de Biología. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Lima-Perú, p. 201-207.
21. Lock, (1988) y Misawa, (1985). Córdova (1985) en este cultivo no se habla de variedades sino de ecotipos que están definidos por su coloración. Obregón (1998) y Solís, 1997 y Chacón (1997),
22. GARAY O. 1997 Cultivo de la maca. I curso nacional de la maca. Editorial INIA.
23. ALIAGA, C. R. 1995. Biología floral de la maca (*Lepidium. Meyenii* Walpers). Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima-Perú. 86 p.
24. KING, S.R. 1988. Economy botany of the ondean tuber complex: *Lepidium meyenii*, *Oxalis tuberosa*, and *Ullucus tuberosas*. Ph.D. Thesis. The City Uníversity of New.
25. TELLO, A.J. 1991. La maca (*Lepidium. Meyenii* Walpers) cultivo alimenticio potencial para las zonas altoandinas. Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz - Bolivia. p. 9,11.
26. JHONS, 1988. Cultivo de la Maca.

27. TAPIA M, FRIES A. M. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO Y ANPE. Primera Edición.
28. Córdova HE. La maca raíz nutritiva de los andes. Ministerio de Agricultura: Cerro de Pasco. 2003. 88 pp
29. FAO, 2000. Inocuidad y calidad de los alimentos en relación con la agricultura orgánica. XXII Conferencia Regional de la FAO para Europa; 2000; Oporto.
30. FAOTERM – Organic Agriculture 2000  
<http://termportal.fao.org/faooa/main/start.do>
31. BIOCENOSIS. 1998. Introducción a la Agricultura Orgánica. Gobierno del Estado de México. Secretaria de Ecología.
32. Trinidad Santos A. 1999. El papel de los Abonos Orgánicos en la productividad de los suelos. Symposium Internacional. Montecillo, Estado de Mexico.
33. Dini, A.; Migliuolo, G.; Rastrelli, L.; Saturnino, P.; Schettino, O. 1994. Chemical composition of *Lepidium meyenii*. Food Chemistry 49: 347–349.
34. Valentová, K.; Buckiová, D.; Kren, V.; Peknicová, J.; Ulrichová, J.; Simánek, V. 2006. The in vitro biological activity of *Lepidium meyenii* extracts Cell Biology and Toxicology 22: 91–99
35. Wang, Y.; Wang, Y.; McNeil, B.; Harvey, L.M. 2007. Maca: An andean crop with multipharmacological functions. Food Research International 40: 783–92.
36. García R.M.; Gómez-Sánchez P.I.; Espinoza B.C.; Bravo R.F.; Ganoza M.L. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima, Perú.
37. Castaño-Corredor, M. 2008. Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón): composición química y propiedades farmacológicas. Revista de Fitoterapia 8: 21-28.
38. Piacente, S.; Carbone, V.; Plaza, A.; Zampelli, A.; Pizza, C. 2002. Investigation of the tuber constituents of maca (*Lepidium meyenii* Walp.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 5621–5625.
39. Dini, I.; Terone, G.C.; Dini, A. 2002. Glucosinolates from maca (*Lepidium meyenii*). Biochemical Systematics and Ecology 30: 1087–1090.

40. Aliaga, R. et al. 2009. Fundamentos Técnicos para la Denominación de Origen y Zonificación de la maca en la Meseta del Bombón Junín – Pasco
41. Sifuentes P. G., Leon V. S., Paucar M. L. M. 2015. Estudio de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp.), cultivo andino con propiedades terapéuticas. *Scientia Agropecuaria* 6(2): 131–140. Sitio web: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>
42. Dmain, Al. (1996). Fungal secondary metabolism: regulation and functions In: SuttonB (ed) *A century of mycology*. Cambridge University Press Cambridge, USA, 23 pag 3-254.
43. De Baets, S., Vandedrinc, S., Vandamme, E. (2000). Vitaminas and related biofactors, microbial production. *Enciclopedia of microbiology Academic*, London, 4: Pag. 837-853
44. OWEN. P. (1991). *Biotechnology de la Fermentacion*. Editorial Acribia Zaragoza España... pp 27-45
45. W. Mosquera 2014. *Metabolitos Primarios y Secundarios de las Plantas*.
46. BAQUERIZO G. 1968. Estudio químico-bromatológico del *Lepidium meyenii* Walp (Maca) y del *Aiphanes var Deltoidea* Burret (Shica-Shica). Tesis Bachiller Medicina UNMSM.. Lima, Perú
47. CHACON ROLDAN, G. 1961. Estudio Fitoquímico de *Lepidium meyenii* walps, Universidad Nacional de San Marcos, Tesis. Bach. En Ciencias Biológicas, Lima- Perú.
48. MAYTA ALVARES, T.E., 1973. Estudio de la Maca, (*Lepidium meyenii* walp), y su Valor Nutritivo. Universidad Nacional del Centro del Perú, Tesis, Ciencias Biológicas, Huancayo-Perú, 65 pág.
49. RAE. 2001, “metabolito”, *Diccionario de la lengua española* (22.<sup>a</sup> edición), Real Academia Española, <http://lema.rae.es/drae/?val=metabolito>
50. LAPA CHANCA Anghel 2015 *Eficiencia de cobertores para el secado de maca (*Lepidium meyenii* w.) en comparación al método tradicional en la localidad de ondores provincia de Junin*” Tesis Universidad Nacional del Centro Facultad de Agronomía Perú.
51. Valentova, K., et al. “The in vitro biological activity of *Lepidium meyenii* extracts.” *Cell. Biol. Toxicol.* 2006 Mar; 22(2): 91-9.
52. KRAMER, P., 1974. *Relaciones Hídricas del suelo*. Edit. Edutex. D.F., Mex. 538 p.



53. PATERSON, J., 1978. Suelos y Abonos en Agricultura. ACRIBIA. Zaragoza, España. 260 p.
54. SOLIS, H., R. 1996. Producción de la Maca en la Meseta de Bombón. Impreso en los talleres de Imprenta Ríos. Huancayo-Perú. 163p.
55. RUIZ – DIAZ, T., 1993. Manual de Horticultura. La Paz-Bolivia. P. 60.
56. VALADEZ, J., 1993. Producción de Hortalizas. Edit. LIMUSA, D.F. México. P. 109-117.

## INDICIE

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	10
REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
1.1.    Origen.....	10
1.2.    Clasificación taxonómica.....	11
1.3.    Descripción botánica .....	12
1.3.1.  Planta:.....	12
1.3.2.  Raíz e hipocotilos .....	12
1.3.3.  Hoja .....	13
1.3.4.  Flores.....	13
1.3.5.  Inflorescencia .....	13
1.3.6.  Fruto .....	13
1.4.    Ecotipos .....	13
1.5.    Características edafoclimaticas.....	14
1.5.1.  Suelo.....	14
1.5.2.  Altitud .....	14
1.5.3.  Temperatura .....	15
1.5.4.  Precipitación.....	15
1.5.5.  Radiación solar .....	15
1.5.6.  Humedad .....	16
1.6.    Manejo agronómico .....	16
1.6.1.  Preparación de Terreno .....	16
1.6.2.  Siembra .....	16
1.6.3.  Densidad de semilla.....	17
1.6.4.  Formas de Siembra.....	17
1.6.5.  Sistema de Siembra .....	17
1.6.6.  Fertilización.....	17
1.7.    Materia orgánica y compostaje .....	18
1.7.1.  Compostaje:.....	19
1.7.2.  Importancia de la composta.....	20
1.8.    Labores culturales .....	22
1.8.1.  Desahijé.....	22
1.8.2.  Deshierbo .....	22
1.8.3.  Cosecha .....	22
1.8.4.  Metabolitos.....	23
1.9.    Glucosinolatos de la maca .....	27
1.9.1.  Actividades biológicas de los Glucosinolatos .....	27
1.10.   Alcaloides de la maca .....	28
1.10.1.  Fitoesteroles de la maca .....	29
1.11.   Flavonoides de la maca.....	30
1.11.1.  Flavonoides.....	30
1.11.2.  Macaenos y Macamidas .....	31
1.11.3.  Actividades biológicas de los Macaenos y Macamidas .....	32
1.11.4.  Rendimiento de la Maca .....	32
CAPÍTULO II .....	34
MATERIALES Y MÉTODOS .....	34
2.1.    Tipo de investigación.....	34

2.2.	Ubicación geográfica características meteorológicas. ....	34
2.2.1.	Ubicación Política. ....	34
2.2.2.	Ubicación geográfica. ....	35
2.2.3.	Características Agroecológicas. ....	35
2.3.	Métodos .....	35
2.3.1.	Análisis del suelo .....	35
2.4.	Diseño experimental .....	36
2.4.1.	Análisis de varianza ANVA .....	37
2.4.2.	Prueba estadística .....	37
2.4.3.	Tratamientos en estudio.....	38
2.5.	Indicadores que se evaluaron.....	39
2.5.1.	Desarrollo vegetativo de la maca .....	39
2.5.2.	Rendimiento del Cultivo de Maca.....	39
2.5.3.	Contenidos de metabolitos primarios. ....	39
2.6.	Croquis del campo experimental .....	40
2.6.1.	Características del experimento.....	40
2.7.	Variables.....	41
a.	Variable independiente .....	41
b.	Variable dependiente .....	41
2.8.	Población y muestra.....	41
2.8	Datos meteorológicos .....	41
2.9	Conducción del experimento .....	42
2.9.1	Preparación del Terreno .....	42
2.9.2	Marcado del terreno experimental.....	42
2.9.3	Siembra .....	42
2.9.4	Fertilización.....	42
2.9.5	Riego .....	43
2.9.6	Control de Malezas.....	43
2.9.7	Control fitosanitario .....	43
2.9.8	Cosecha .....	44
3.1.	Altura de planta .....	45
3.2.	Número de hojas.....	48
3.3.	Diámetro de hipocotilo .....	52
3.4.	Tamaño del hipocotilo .....	57
3.5.	Peso del hipocotilo.....	60
3.6.	Rendimiento.....	64
	CONCLUSIONES .....	70
	RECOMENDACIONES .....	71
	ANEXO.....	72
	BIBLIOGRAFÍA.....	77
	INDICIE.....	82
	ÍNDICE DE CUADROS.....	84
	ÍNDICE DE FIGURAS.....	85

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Contenido de N, P, K en el compost.....	21
Cuadro 2: Macamidas presentes en la Maca .....	32
Cuadro 3: Análisis de varianza en un diseño factorial .....	37
Cuadro 4: Tratamientos o combinaciones en estudio .....	38
Cuadro 5: Análisis de varianza de altura de planta .....	45
Cuadro 6: Prueba de Tukey del factor fertilización en altura de planta .....	46
Cuadro 7: Prueba de Tukey del factor ecotipo en altura de planta .....	46
Cuadro 8: Prueba de Tukey para la interacción fertilización * ecotipo en altura de planta.....	47
Cuadro 9: Análisis de varianza de número de hojas de los ecotipos de maca .....	49
Cuadro 10: Prueba de Tukey del factor fertilización en número de hojas.....	49
Cuadro 11: Prueba de Tukey del factor ecotipo en número de hojas .....	50
Cuadro 12: Prueba de Tukey para la interacción fertilización * ecotipo en número de hojas .....	51
Cuadro 13: Análisis de varianza de diámetro del hipocotilo.....	53
Cuadro 14: Prueba de Tukey del factor fertilización en el diámetro del hipocotilo .....	53
Cuadro 15: Prueba de Tukey del factor ecotipo en diámetro del hipocotilo .....	54
Cuadro 16: Prueba de Tukey para la interacción fertilización * ecotipo en diámetro del hipocotilo. .....	55
Cuadro 17: Análisis de varianza del tamaño del hipocotilo .....	57
Cuadro 18: Prueba de Tukey del factor fertilización en el tamaño del hipocotilo .....	57
Cuadro 19: Prueba de Tukey del factor ecotipo en tamaño del hipocotilo.....	58
Cuadro 20: Prueba de Tukey para la interacción fertilización * ecotipo en tamaño del hipocotilo	59
Cuadro 21: Análisis de varianza del peso del hipocotilo.....	60
Cuadro 22: Prueba de Tukey del factor fertilización en el peso del hipocotilo.....	61
Cuadro 23: Prueba de Tukey del ecotipo en el peso del hipocotilo.....	61
Cuadro 24: Prueba de Tukey para la interacción fertilización * ecotipo en peso del hipocotilo.....	62
Cuadro 25: Análisis de varianza del rendimiento del hipocotilo de maca.....	64
Cuadro 26: Prueba de Tukey del factor fertilización en el rendimiento del hipocotilo .....	64
Cuadro 27: Prueba de Tukey del ecotipo en el rendimiento del hipocotilo.....	65
Cuadro 28: Prueba de Tukey para la interacción fertilización * ecotipo en rendimiento del hipocotilo .....	66
Cuadro 29: Evaluaciones altura de planta .....	72
Cuadro 30: Evaluaciones número de hojas por planta .....	72
Cuadro 31: Evaluaciones diámetro del hipocotilo.....	73
Cuadro 32: Evaluaciones tamaño del hipocotilo .....	73
Cuadro 33: Evaluaciones peso del hipocotilo .....	74
Cuadro 34: Rendimiento del cultivo de maca .....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de metabolitos secundarios.....	27
Figura 2: Contenido de alcaloides en maca.....	29
Figura 3: Fitoesteroides en maca.....	30
Figura 4: Contenido de flavonoides en maca.....	31
Figura 5: Macaenos y macamidias en maca.....	31
Figura 6: Croquis del campo experimental.....	40
Figura 7: Altura de planta de ecotipos.....	48
Figura 8: Número de hojas de los ecotipos.....	52
Figura 9: Diámetro de hipocotilo.....	56
Figura 10: Tamaño de hipocotilo.....	60
Figura 11: Peso del hipocotilo.....	63
Figura 12: Rendimiento de la maca.....	67
Figura 13: Metabolitos primarios de la maca 2017.....	69
Figura 14: Evaluación del cultivo de la maca.....	75
Figura 15: Toma de muestra del suelo.....	75
Figura 16: Análisis de laboratorio del hipocotíleo.....	75
Figura 17: Cosecha de la maca.....	76