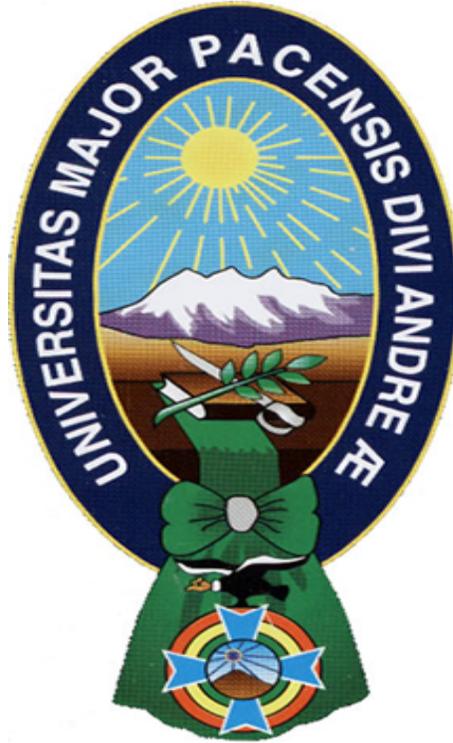


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES ECOTIPOS DE MACA
(*Lepidium meyenii* Walp), A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA
LOCALIDAD DE TABLACHACA YACO PROVINCIA LOAYZA**

SERGIO MAMANI QUISPE

LA PAZ - BOLIVIA

Septiembre, 2010

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES ECOTIPOS DE MACA
(*Lepidium meyenii* Walp), A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA
LOCALIDAD DE TABLACHACA YACO PROVINCIA LOAYZA

Tesis de grado presentado como requisito
Parcial para optar el Título de
Ingeniería Agronómica

SERGIO MAMANI QUISPE

Asesores:

Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sanchez

Ing. M. Sc. Wilfredo Peñafiel Rodríguez

Tribunal Examinador:

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

Ing. Ramiro Mendoza Nogales

Ing. M. Sc. Rubén Trigo Riveros

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador:

2010

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación esta dedicado:

A mi querida y abnegada madre que en paz descanse, que aparte de darme la vida, siempre me apoyo como la mejor mama del mundo, y espero que desde donde este siga cuidándome como su hijo más querido.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos:

Al Ing. Wilfredo Peñafiel Rodríguez por sus consejos para la culminación del presente trabajo.

A la facultad de Agronomía por acogerme en sus aulas y a los docentes que contribuyeron en mi formación profesional.

A mis amigos por los momentos hermosos de estudiante, especialmente a mi gran amigo el profesor Edgar Ramos que me colaboro bastante en el trabajo de campo.

A mi familia en especial a mi querida madrecita Felicidad Quispe Chuquimia que en paz descanse, a mi padre Miguel Mamani Álvarez, mis hermanas Sonia, Rose Mari, Rosalía y mi hermanito Miguel Ángel Mamani Quispe.

Mil gracias.....

INDICE GENERAL

	Pág.
INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Origen y Distribución del Cultivo de Maca.....	3
2.2 Principales Países Consumidores de Maca.....	4
2.3 Importancia y Composición Química de la Maca.....	5
2.4 Usos y Aplicaciones de la Maca.....	8
2.5 Origen Etimológico de la Maca.....	9
2.6 Sistemática y Clasificación taxonómica de la Maca.....	9
2.6.1 Clasificación Sistemática.....	9
2.6.2 Descripción Botánica del Cultivo.....	10
2.6.2.1 Tallos.....	10
2.6.2.2 Hojas.....	10
2.6.2.3 Flores.....	10
2.6.2.4 Frutos.....	10
2.6.2.5 Semilla.....	11
2.6.2.6 Raíz.....	11
2.7 Ciclo Biológico de la Maca.....	12
2.8 Condiciones Agroclimáticas para la Maca.....	13
2.9 Resistencia del Cultivo de Maca a Factores Climáticos Adversos.....	14
2.10 Manejo Agronómico de la Maca.....	14
2.10.1 Preparación del Terreno.....	14
2.10.2 Fertilización del Cultivo de Maca.....	15
2.10.3 Limpieza del Terreno.....	16
2.10.4 Rastreado y Nivelado.....	16
2.10.5 Densidad de Siembra.....	16
2.10.6 Época de Siembra.....	18
2.10.7 Método de Siembra.....	18
2.10.8 Tapado y Compactado.....	19
2.10.9 Cosecha.....	19
2.11 Clasificación y Ecotipos de Maca.....	20
2.12 Labores Culturales.....	20
2.12.1 Deshierbe.....	20
2.12.2 Raleo.....	21
2.12.3 Riego.....	21
2.13 Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Maca.....	21
2.14 Porcentaje de Emergencia Plántulas de Maca.....	22

2.15	Altura de Planta.....	23
2.16	Número de Hojas.....	24
2.17	Área Foliar.....	24
2.18	Diámetro de hipocótilo.....	25
2.19	Rendimiento.....	26
2.20	Contenido de Materia Seca de Hipocótilos de Maca.....	30
2.21	Costos de Producción del Cultivo de Maca.....	30
2.22	Evaluación Económica del cultivo de Maca.....	31
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1	Ubicación Geográfica.....	31
3.2	Características Ecológicas.....	32
3.2.1	Clima.....	32
3.2.2	Suelo.....	33
3.2.3	Vegetación.....	33
3.3	Materiales.....	34
3.3.1	Material de Gabinete.....	34
3.3.2	Material de Campo.....	34
3.4	Metodología.....	34
3.4.1	Procedimiento Experimental.....	34
3.4.1.1	Preparación del Terreno.....	34
3.4.1.2	Siembra.....	36
3.4.1.3	Labores Culturales.....	36
3.4.1.4	Cosecha.....	37
3.4.2	Diseño Experimental.....	37
3.4.3	Modelo Lineal.....	38
3.4.4	Tratamientos Combinados.....	38
3.4.5	Dimensiones del Área Experimental.....	39
3.4.7	Variables de Respuesta.....	40
3.4.8	Evaluación Económica del Cultivo de Maca.....	42
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	44
4.1	Porcentaje de Emergencia en el Cultivo de Maca.....	44
4.2	Altura de Planta en el Cultivo de Maca.....	46
4.3	Número de Hojas por Planta en el Cultivo de Maca.....	48
4.4	Área Foliar por Planta en el Cultivo de Maca.....	49
4.5	Diámetro de Hipocótilo Fresco.....	51
4.6	Peso de Hipocótilo Fresco.....	53
4.7	Rendimiento de Hipocótilo Fresco.....	55
4.8	Porcentaje de Materia Seca en Cultivo de Maca.....	57
4.9	Análisis Económico del Cultivo de Maca.....	58
5.	CONCLUSIONES.....	61
6.	RECOMENDACIONES.....	62
7.	BIBLIOGRAFIA.....	63

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Resumen de precipitación promedio registrada (periodo 1998 – 2007).....	32
Cuadro 2. Temperatura máxima, mínima, promedios registrada durante el (periodo 1998 – 2007).....	32
Cuadro 3. Cantidad de semilla aplicada a cada tratamiento.....	38
Cuadro 4. Características del área experimental.....	39
Cuadro 5. Análisis de varianza del Porcentaje de Emergencia en plantas de maca a los 25 días después de la siembra.....	44
Cuadro 6. Desvió estándar para el Porcentaje de Emergencia de la maca.....	45
Cuadro 7. Análisis de varianza para altura de planta en el cultivo de maca.....	46
Cuadro 8. Promedios y desvió estándar de altura en plantas de cultivo de maca.....	46
Cuadro 9. Prueba de Tukey en la determinación de la altura de planta en maca por efecto de la densidad de siembra.....	47
Cuadro 10. Análisis de varianza para el Número de hojas en plantas de maca.....	48
Cuadro 11. Promedios y desvió estándar de número de hojas por planta de maca.....	48
Cuadro 12. Prueba de Tukey para el número de hojas por planta de maca	49
Cuadro 13. Análisis de varianza de Área foliar en plantas de maca.....	49
Cuadro 14. Promedios y desvió estándar en área foliar por planta de maca.....	50
Cuadro 15. Prueba de Tukey para el área foliar por planta de maca.....	50
Cuadro 16. Análisis de varianza de Diámetro de hipocótilo fresco en plantas de maca.....	51
Cuadro 17. Promedios y desvió estándar en diámetro de hipocótilo fresco de maca.....	51
Cuadro 18. Prueba de Tukey para el diámetro de hipocótilo fresco de maca....	52
Cuadro 19. Análisis de varianza de Peso de hipocótilo fresco en plantas de maca.....	53
Cuadro 20. Promedios y desvió estándar en peso de hipocótilo fresco de maca.....	53
Cuadro 21. Prueba de Tukey para el peso de hipocótilo fresco de maca.....	54
Cuadro 22. Análisis de varianza de rendimiento de hipocótilo fresco en plantas de maca.....	55
Cuadro 23. Promedios y desvió estándar en rendimiento de hipocótilo fresco de maca.....	55
Cuadro 24. Prueba de Tukey Factor (B) (densidad de siembra) en rendimiento de hipocótilo fresco en plantas de maca.....	56
Cuadro 25. Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca de maca..	57

Cuadro 26. Prueba de Tukey para el porcentaje de materia seca de maca.....	57
Cuadro 27. Análisis de costos totales de producción en cultivo de maca.....	58
Cuadro 28. Costos de producción por tratamiento en cultivo de maca.....	59
Cuadro 29. Rendimiento promedio por tratamiento de maca fresca e ingreso bruto.....	59
Cuadro 30. Ingreso neto por tratamiento en cultivo de maca.....	60
Cuadro 31. Relación beneficio costo por tratamiento en cultivo de maca.....	60

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Croquis de Campo del experimento del cultivo de maca.....	39

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en condiciones de campo abierto en la localidad de Tablachaca comunidad Checa Municipio Yaco Tercera Sección Provincia Loayza departamento de La Paz, que se encuentra a 180 km al sur oeste de la ciudad de La Paz, situado a 17° 10' 36,25" de latitud Sur, 67° 20' 14,91" longitud Oeste y a una altitud de 4320,8 msnm cuya precipitación promedio es de 385,05 mm.

Se considero un diseño de bloques al azar con dos factores de estudio (tres ecotipos y cuatro densidades de siembra). Debido a que el experimento demanda el manejo de factores en parcela grande y factores que se manejan en parcela pequeña, también se utilizo este diseño porque existe pendiente (0,05% promedio) en el área de estudio.

La preparación del terreno se realizó los meses de marzo a noviembre; ubicando el área de 601,25 m², para luego situar los bloques [4 bloques de 16x9m] y la distribución de tratamientos dentro los bloques [48 tratamientos de 4x3m] con la ayuda de marbetes.

La siembra se realizó el 25 de noviembre por el método al voleo, empezando por el bloque uno y tratamiento uno (A1xb1), se uso tres ecotipos (amarillo, blanco cremoso, morado) según el factor A, en el factor B se empleo cuatro densidades de siembra (2, 3, 4, 5) kg/ha.

En cuanto a las conclusiones se tiene: En el porcentaje de emergencia a los 25 días; altura de planta; número de hojas; área foliar; diámetro de hipocótilo fresco; peso de hipocótilo fresco; las diferencias no son significativas entre los tres ecotipos (amarillo, blanco cremoso, morado). En el porcentaje de materia seca el ecotipo amarillo tuvo el mayor contenido de materia seca al final de los 45 días de secado al sol.

En el caso de la densidad de siembra, la mayor aceptación tuvo la densidad de (2 kg/ha), al influir en altura de planta, número de hojas, área foliar, diámetro y peso de hipocótilo fresco.

Para el caso de la interacción AxB las diferencias no son significativas, de la que se recomienda el ecotipo amarillo versus 3 kg/ha (A1xb2), ya que hablando económicamente es el que dio mayor producción y por ende mayores ingresos. Esto en la obtención de hipocótilo fresco.

En cuanto a la relación beneficio costo (B/C) todos los tratamientos salieron positivos, sin embargo el mayor índice se obtuvo con el ecotipo amarillo a una densidad de 3 kg/ha (B/C = 3.25), mostrando un mayor rendimiento por metro cuadrado.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la maca es uno de los cultivos menos conocidos y estudiados, cuyo nombre científico es *Lepidium meyenii* Walp; el cual pertenece a la familia de las crucíferas, este cultivo aparentemente se encontraba en un proceso de extinción, sin embargo sus características agronómicas de adaptación a condiciones extremas de altura y de clima, resistiendo heladas, granizadas y vientos fuertes: sus cualidades biológicas de alto contenido de calcio y fósforo que son escasos en la alimentación de la población campesina; su contenido en calorías y carbohidratos necesarios para mantener y recuperar las energías, y su aporte en la regulación de los ciclos endocrinológicos de varones y mujeres; Indican la necesidad de recuperar y ampliar su cultivo, para poder contar con un producto de alto valor biológico al alcance de las familias campesinas, para que pueda superar las tasas de desnutrición especialmente del binomio madre - niño.

En Bolivia aproximadamente hace diez años se esta reintroduciendo el cultivo de maca y actualmente en el departamento de La Paz se esta produciendo maca en la comunidad de Chiarumani de la provincia Aroma, localidad de Jachapampa Municipio de Malla Provincia Loayza, comunidades de Laurani y Huaylloma del municipio de Yaco, en Potosí, en el municipio de Icla (Chuquisaca). Así mismo los productores están organizados en la Asociación Nacional de Productores de Maca (PROMACA, 2007).

El hipocótilo de la maca se comercializa en distintas formas según su uso e industrialización y de acuerdo al consumidor (SAMA, 2003), según la comparación económica de maca con los cultivos de papa donde la papa en épocas de cosecha varia de 8 a 15 Bs./arroba en cambio la arroba de maca fluctúa entre 75 a 100 Bs./arroba, por lo que se recomienda el cultivo de maca, para los productores es rentable el cultivo de maca en estado seco por el precio que varia de 1,0 a 1,5 \$us/kg, considerando que el rendimiento mínimo puede ser de 3000 kg/ha de hipocotilos secos (UNAM – CINTDES, 2002).

Los problemas más importantes que enfrenta en la región el cultivo de maca es: en primer lugar la falta de semilla de calidad es decir en Bolivia no existe semilla certificada, por otro lado la emilla que hay tiene un precio elevado inaccesible para el campesino; en segundo lugar la escasez de conocimiento por parte de los agricultores en el manejo agronómico de este cultivo; por ultimo la negativa del campesino a la introducción del mencionado cultivo por que este es altamente esquilante por tanto el suelo recupera su fertilidad en largo tiempo.

La agricultura en el Municipio de Yaco como en el resto del sector rural del país es de subsistencia, los pobladores de esta zona se dedican a la producción mixta, es decir agricultura y ganadería en pequeña escala, los principales cultivos son: papa, maíz, haba, arveja, oca, izaño, paraliza, quinua, cebada, avena forrajera, trigo y recién hace tres años algunos agricultores esta experimentando con la maca, sin embargo casi la totalidad de agricultores no conocen las bondades de este cultivo ya sea en su contenido nutricional y su rentabilidad.

La finalidad del presente trabajo es aportar a la investigación con los efectos de la densidad de siembra, utilizando 2, 3, 4 y 5 kg/ha en tres ecotipos de maca (amarillo, blanco cremoso y morado). Para la investigación se toma en cuenta la fase vegetativa desde la emergencia de la semilla hasta la cosecha de los hipocótilos comerciales.

Objetivo General

- Evaluar el comportamiento productivo de tres ecotipos de Maca bajo diferentes densidades de siembra en la localidad de Tablachaca Yaco Provincia Loayza del departamento de La Paz.

Objetivos Específicos

- Evaluar el desarrollo agronómico de tres ecotipos de Maca.
- Evaluar el proceso productivo de la Maca a cuatro diferente densidades de siembra.
- Analizar la relación beneficio costo de los tratamientos por cada factor.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Origen y Distribución del Cultivo de Maca

Se ha encontrado evidencia antropológica del cultivo de la maca en el Perú desde el año 1600 a.C. Considerada por los Incas como un regalo de los dioses, además de cultivarla como alimento la utilizaban en ceremonias religiosas para danzas y rituales. Los españoles al llegar a América, se sorprendieron cuando visitaron a Chinchaycocha ubicado a 4.150 m.s.n.m, oyeron hablar de las propiedades sorprendentes de esta raíz que los naturales llamaban maca (Aliaga, 1999).

Solís (1996), sostiene que la maca es una especie genuinamente andina, propia del Perú profundo y herencia de nuestros antepasados, el piso ecológico donde crece y desarrolla esta especie es la región Puna, desde los 4000 hasta los 5000 m.s.n.m.

González (1995), da a conocer que la maca es un milenario cultivo andino, que prospera entre los 4000 y 5000 m.s.n.m., teniendo como principal centro de producción vigente la meseta de Bombón entre los departamentos de Junín y Pasco, históricamente fue cultivada a lo largo de toda la alta sierra peruana, soportando duras condiciones del suelo y clima en esta región.

Mújica, Canahua, Apaza, Jacobsen, (1999), indican que el cultivo de maca tiene una amplia adaptación que va desde el centro del país hasta el altiplano del Perú, Bolivia y Argentina.

Castro de León (1986), dice que la maca es un cultivo de la región Andina y es poco lo que se conoce o se sabe sobre los orígenes de la domesticación de esta planta, sin embargo algunos indicios remontan su cultivo a la etapa de los primeros pobladores de Cuzco, Puno y Junín.

2.2 Principales Países Consumidores de Maca

Alfaro y Llica (2001); SAMA (2003), mencionan que la comercialización y exportación de la maca ha despertado interés y potencial económico positivo. Los principales países consumidores son:

- Estados Unidos con 3800 kg el mes de abril
- Japón con 1500 kg el mes de octubre
- Italia con 5800 kg el mes de enero
- Portugal con 2900 kg el mes de octubre
- España con 1200 kg el mes de febrero

La recuperación y promoción del cultivo de maca, es de suma importancia hoy en día para elevar el nivel nutricional del hombre, que en épocas pasadas la cultivaban en grandes extensiones para la dieta alimenticia del habitante andino (Gómez, 2000).

Los principales productores de maca son: Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y Chile; de esta producción total la mayor parte son exportados con valor agregado (Sullca, 2003).

A nivel nacional se produce en los Departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y Tarija; En La Paz cultivan las provincias de Camacho, Gualberto Villarroel, Loayza, Aroma e Ingavi (SAMA, 2003).

En la gestión 2004 – 2005, un total de 18 comunidades de La Paz, Oruro, Potosí y Cochabamba, cultivaron un total de 140 toneladas de Maca orgánica, con rendimientos que varían de 13 a 15 t/ha. (www.organic-bio.com/es/.../16585-NATURALCOS/ 2007).

2.3 Importancia y Composición Química de la Maca

Macacura (1999), citado por Calle (2008), señala que la maca procesada se constituye en una excelente alternativa de exportación, frente a la opción de venderlos únicamente como materia prima. En la industria se utiliza para la producción de harina, almidón, para obtener extractos y otros; en el mercado nacional este producto se expende en tiendas naturalistas, boticas y farmacias en diversas presentaciones como pastillas, jugos, extractos, dulces y otros. Esta poderosa raíz puede emplearse directamente en la elaboración de budines, mazamorras, mermeladas y galletas.

El principal Exportador es Perú en sus representaciones medicinales en forma de pastillas, capsulas de hierro (Tapia, 1997), la maca ofrece un potencial de desarrollo agrícola, industrial, económico en las zonas rurales andinas.

Aguilar (1998), citado por Calle (2008), señala que la maca cuenta con ciertas propiedades actuando como: energizantes y revitalizantes además de ser un afrodisíaco, etc. Así mismo se recomienda en la desnutrición, convalecencia, perdida de memoria, cansancio y debilidad mental, fortalece el sistema inmunológico, prolonga la vida del ser humano.

La maca es considerada un poderoso reconstituyente físico, mental y sexual, fuente de aminoácidos, Vitaminas B1, B2, B12, C, E, caroteno y otros minerales. Contiene vitaminas como la: tiamina, riboflavina, y ácido ascórbico. Los carbohidratos provienen de la celulosa de la maca y de la lignina. Las proteínas y aminoácidos en la maca incluyen ácido aspártico, ácido glutámico, serina, histidina, glicina, treonina, cistina, alanina, arginina, tirosina, fenilalanina, valina, metionina, isoleucina, licina (Angulo, 1988; Cooper, 1989) y Montaña (1986, 2006), citado por Gutiérrez (2007).

Montaña (2006), citado por Calle (2008), menciona que la composición química en 100 g de maca es la siguiente:

- Energía 325 kcal
- Proteínas desde 10 a 17 g
- Grasa de 0,80 a 0,90 g
- Fibra de 4,95 a 5,45 g
- Carbohidratos de 62,60 a 62,82 g
- Vitaminas: B1, B2, B12, C, D3, E, P
- Minerales: Calcio, Fósforo, Zinc, Magnesio, Hierro, Potasio, Sodio, Cobre, Boro y Manganeso
- Otros aminoácidos esenciales, alcaloides y otros elementos indispensables para la conservación de la salud

El valor nutricional de las raíces cocidas de la maca contiene entre 13 y 16% de proteínas y son ricas en aminoácidos esenciales. Las raíces frescas contienen muy altas cantidades de hierro y Yodo. Es de gran importancia por sus propiedades farmacéuticas. El valor nutricional del hipocótido seco de la maca es alto, se acerca a los encontrados en los cereales y granos como: el maíz, arroz y trigo. La maca fresca tiene un 80% de agua, la maca seca tiene un 59% de carbohidratos, 10,2% de proteínas, 8,5% de fibra (Montaña, 1986), citado por (Calle, 2008).

Espinoza (1986), señala que el nitrógeno origina un desarrollo vigoroso de la planta favoreciendo un buen macollo y rendimiento del grano en la semilla con más alto contenido de proteínas. El fósforo también es fundamental para el desarrollo de los tejidos vegetales, acelerando el crecimiento y favoreciendo un buen desarrollo radicular de la planta; el potasio interviene en la formación de carbohidratos, produce efectos favorables para una mayor resistencia a la sequía y helada, el fósforo y potasio no tienen efecto residual.

Dini (1994), señala que la maca tiene una importante cantidad de aminoácidos esenciales y más altos niveles de hierro y calcio que la papa blanca. Los alcaloides también se encuentran presentes pero aun deben ser determinados.

El contenido de albúmina y globulina constituyen las principales fracciones proteicas de la maca. Así, para la variedad clara en forma cruda tiene 74,01%, seguido de la glutenina con 15,30%, la prolamina con 10,68%. Para la variedad oscura en forma cruda, el contenido de albúmina y globulina es de 70,02%, seguido de la prolamina con 14,65%, la glutelina con 13,32%. El valor de la glutelina y prolamina es inferior a la quinua, 22,47 y 36,13%, respectivamente (Jeri, 1990).

Collazos (1993), establece la siguiente composición química en 100 g de la maca

- Calorías	314,0 kcal
- Humedad	15,30 g
- Proteína	14,00 g
- Grasa	1,60 g
- Carbohidratos	64,40 g
- Fibra	2,25 mg
- Cenizas	2,00 mg
- Calcio	247,00 mg
- Fósforo	183,00 mg
- Hierro	14,70 mg
- Tiamina	0,20 mg
- Riboflavina	0,35 mg
- Acido ascórbico	2,50 mg

2.4 Usos y Aplicaciones de la Maca

Espinoza (1986), se refiere a que en los EE.UU. la NASA ha utilizado la maca en la dieta de los astronautas, porque según informes del mismo organismo conserva en un excelente estado físico, mantiene la lucidez y los reflejos para cumplir tan importante y riesgosa misión.

Vilches (1986), trabajó con ganado ovino, alimentándolos con concentrados y agua de maca, cuyos resultados han sido positivos en su mayoría, por cuanto los borregos no han necesitado de excitantes para su reproducción a determinada fecha.

2.5 Origen Etimológico de la Maca

Sooukup (1980), señala que etimológicamente la palabra *Lepidium*, proviene del griego “Lepidion” que quiere decir “pequeña escama” en alusión al fruto, nombre mencionado por Dioscorides. La palabra maca significa “de arriba” según la etimología Chibcha (Ma; de; Ca; arriba).

2.6 Sistemática y Clasificación Taxonómica de la Maca

2.6.1 Clasificación Sistemática

La maca es un producto andino considerado como la “Reina de los cultivos Andinos”, pertenece a la familia de las crucíferas, son plantas anuales y bienales o perennes, cubiertos de pelos simples, bifurcados, naviculares, estrelladas raramente glandulares (Soukup, 1980). La clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino:Vegetal
División:Magnoliophyta
Clase:Magnoliopsida
Subclase:Arquiclamideas
Orden:Rohedales
Familia:Cruciferaeae
Género:*Lepidium*
Especie:*Meyenii*
Nombre científico:*Lepidium meyenii* Walp
Nombres comunes:maca, ginseng peruano, miano.

2.6.2 Descripción Botánica del Cultivo

2.6.2.1 Tallos

La maca presenta un tallo subterráneo, de tamaño reducido de 5 mm de longitud, se presenta en forma de un disco más o menos cónico, caulescente, es decir el tallo es conspicuo (Castro y Hutchinson, 1990).

2.6.2.2 Hojas

Las hojas son pinnatificadas o bipinnatificadas, las hojas apicales ligeramente partidas. Se presentan arrochetadas y esparcidas al ras del suelo, lo cual permite soportar los duros golpes ocasionados por las heladas nocturnas y la insolación quemante del medio día (Palomino, 1991; Garay, 1998).

2.6.2.3 Flores

Según Tello (1991) y Hutchinson (1990), las flores son axilares, hermafroditas, actinomorfas, de un color verde claro no vistoso, aproximadamente miden 3 cm de largo por 2 mm de diámetro; con granos de polen mas o menos aovados de color amarillo.

2.6.2.4 Frutos

Los frutos de la Maca son silicuas, las que se caracterizan por solo tener dos semillas por fruto y miden aproximadamente 2 mm; las silicuas están separadas por un tabique el cual divide al fruto en dos partes iguales. Los hipocótilos conocidos como maca son producto de la acumulación de sustancias de reserva por parte de la planta, las cuales varían en cuanto al color y forma (Palomino, 1991).

2.6.2.5 Semilla

Es de tamaño pequeño, similar a la de algunas hortalizas como la zanahoria, nabo, rabanito, apio y otros, su coloración es de color rojizo, de forma mas o menos ovoideo elíptica, de cutícula fácilmente permeable al agua, el embrión se encuentra presente en uno de los extremos de la semilla (Salazar, 1981).

UNALM (2007) indica que la semilla de la maca es de tipo ovoidal de aproximadamente de 2 mm, varía su color de amarillo a marrón.

2.6.2.6 Raíz

La raíz es tuberosa se parece al rabanito y su color es amarillo, o morado, o también puede ser amarillo con varias bandas moradas, el tamaño de esta parte carnosa es variable pudiendo alcanzar su diámetro de 5 a 6 cm, y una longitudinal de 4 a 7 cm de largo; esta raíz recibe el nombre de hipocótilo (León, 1964).

Su raíz engrosada tiene forma de rabanito, mide hasta 8 cm de diámetro y posee un color blanco a rojizo - morado, y un sabor algo picante.

(http://www.peruecologico.com.pe/raiz_maca.htm/20/04/07).

Una raíz engrosada, succulenta que tiene la forma y el tamaño de un rabanito, estos hipocótilos, que son parte comestible de la planta varían entre 2 y 5 cm de tamaño y pueden ser de colores blanco o amarillo, blanco rojizo, blanco-amarillo, blanco-morado, plomo claro. morado-plomo o amarillo-plomo, su pulpa es de color amarillo claro y sabor agradable, ligeramente dulce.

(<http://www.ciedperu.org/productos/maca.htm/20/04/07>).

2.7 Ciclo Biológico de la Maca

Según Aliaga (1999); bajo condiciones de la Sierra Alta (Puna) se comporta como una especie bienal, su ciclo de vida lo cumple en más de un año. Durante este tiempo, que va de semilla a semilla se tiene un lapso de 2 meses, donde los hipocótilos son conservados bajo el suelo, para después de pasado la temporada de heladas sean trasplantadas para cumplir su ciclo reproductivo.

a) Primer año: Fase vegetativa o producción de hipocótilos (macas). La fase vegetativa de la maca dura entre 8 y 9 meses aproximadamente, es donde se producen las macas comerciales, las que después de desecarlas al sol se comercializan en el mercado o también pueden ser transformadas por los propios agricultores en diferentes derivados (Aliaga, 1999).

El mismo autor dice que la fase vegetativa o producción de hipocótilos se inicia cuando terminan las heladas (entre septiembre a noviembre) y comienzan las primeras lluvias, puesto que la maca es un cultivo que se maneja bajo secano. Esta etapa se caracteriza principalmente por expansión y crecimiento de hipocótilo (maca) y la raíz.

b) Segundo año: Fase reproductiva o producción de semillas. Palomino (1991), indica que en esta etapa, que dura entre 4,5 y 6 meses, es donde se produce la semilla botánica que va a servir para las campañas agrícolas siguientes. Se inicia en la misma época que la fase vegetativa, con la diferencia de que aquí ya no es siembra de semilla sexual, si no que se trasplantan hipocótilos brotados.

2.8 Condiciones Agroclimáticas para la Maca

Garay (1998), El cultivo de maca requiere las siguientes condiciones.

- Altitud: de 3.825 a 4.500 m.s.n.m.
- Temperatura: requiere una media de 7°C, máxima de 15°C, mínima de -9°C.
- Precipitación, de 500 a 900 mm/año y un promedio de 625 mm en el tiempo de su crecimiento vegetativo.
- Topografía, requiere de inclinación moderada de 1 a 20%.
- Clima, semiárido y frío característico de nuestro altiplano, mejor un ambiente húmedo.
- Requiere suelos profundos y sueltos de buen drenaje, ricas en materia orgánica y medianamente húmedos.
- Clase de textura, el cultivo requiere suelos franco, franco-arcilloso, franco-limoso.
- pH neutro de 6,7 a 7,3, pudiendo soportar un pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino.
- La duración del ciclo vegetativo de la maca es de 6 a 8 meses generalmente desde octubre hasta mayo, el cultivo de maca necesita de suelos vírgenes para su desarrollo.

Fernández, Villena, Pérez y Zamalloa (1999), exteriorizan que el suelo debe tener una humedad adecuada, para esto se debe elegir suelos con sistema de riego. Además para la instalación del cultivo de maca deben ser de preferencia suelos francos; por otra parte, se debe evitar suelos pedregosos debido a que estos limitan el normal desarrollo del cultivo.

Tello, Hernan, y Calderon (1991), mencionan que el cultivo de la maca está limitado a la zona agroecológica de la puna de la región central de los Andes en el Perú, en altitudes de 4 000 y 4 400 m. La puna se caracteriza por la presencia de períodos con temperaturas por debajo de 0 °C, denominados heladas, aun en plena época de

crecimiento de los cultivos; pero la maca soporta bastante bien estas temperaturas, al igual que la papa amarga. Cuando se sembró la maca en otras latitudes, como en Berlín, Alemania (52° latitud Norte) en 1990, no llegó a formar hipocótilos. Este resultado parece confirmar el concepto de que la maca es una planta de días cortos.

La Universidad Nacional Agraria La Molina (2007), indica que la maca esta adaptada a condiciones muy frías donde otro cultivo no podría prosperar, estas zonas se caracterizan por tener temperaturas promedio entre 4 y 7 °C, alta irradiación solar, heladas frecuentes, vientos fuertes y suelos de pH 5,0 a 7,0.

2.9 Resistencia del Cultivo de Maca a Factores Climáticos Adversos

Mantari (1978) citado por Calle (2008), realizó un estudio comparativo de resistencia a factores climáticos adversos en la meseta de Bombón (Junín), en un nivel altitudinal de 3950 m.s.n.m. con diferentes especies de plantas: papas amargas, papas dulces, maca, cebada, avena y centeno. De todas las especies las únicas que sobrevivieron y respondieron en forma favorable a temperaturas muy bajas y prolongadas, sequías, granizada y nevadas fueron la papa amarga y la maca.

2.10 Manejo Agronómico de la Maca

2.10.1 Preparación del Terreno

La preparación del terreno debe efectuarse inmediatamente después del cultivo anterior en los meses de abril y mayo, pasado la época de lluvias, en caso de terrenos descansados y vírgenes aprovechar la humedad existente en el suelo para facilitar la aradura, dejando el terreno volteado, permitiendo la incorporación de malezas, rastrojos y otros residuos orgánicos (Alfaro y Llica, 2001).

Si las plántulas al germinar encuentran suelo compacto y terrones grandes y secos, se debilitan y mueren antes de emerger, ya que los primeros días de germinación se alimentan de las reservas que tiene la semilla (Sullca 2003).

2.10.2 Fertilización en el Cultivo de Maca

El cultivo de maca, como cualquier crucífera precisa de ciertos niveles de fertilización debido a que absorbe una gran cantidad de nutrientes del suelo (Chakarrunas Trading, S.R.L. 2000), por tanto se recomienda abonar con estiércol de ovino y bovino de 5 a 10 ton/ha, con NPK de 60 – 60 – 60 que responden muy bien al rendimiento del cultivo de maca (Tapia, 1997).

En el cultivo de maca se tiene la tendencia de obtener un producto ecológico sin la aplicación de fertilizantes químicos; se incorpora al terreno bastante materia orgánica, especialmente estiércol de corral, estiércoles de ganado, vacuno, camélido, ovino y otros; es recomendable la utilización de suelos vírgenes (León 1984 y Garay 1998).

Tello (1991), afirma que con la aplicación de fertilizantes a los cultivos de maca, puede duplicarse e incluso triplicar sus rendimientos, siempre y cuando sean aplicados en dosis correctas los nutrientes que aportan el fertilizante, va permitir que el cultivo se desarrolle con mayor rapidez, sea mas verde, mas alto y rinda mas.

Llica (2002), citado por Calle (2008), recomienda para el altiplano incorporar de 7 a 10 ton/ha de estiércol de ovino y camélido bien descompuesto en parcelas con más de cinco años sin ser cultivadas, así obtener mayores rendimientos, teniendo hipocótilos de mayor tamaño, la cual es determinada por el diámetro y longitud de hipocótilos de maca.

2.10.3 Limpieza del Terreno

El terreno debe ser un lugar sin piedras, terrones y malezas que dificultan el desarrollo del cultivo y que constituyen focos de infección de plagas y enfermedades (Tito y Chávez, 2002).

2.10.4 Rastreado y Nivelado

La roturación y rastreado consiste en mullir bien los terrones empleando rastra de disco o en forma manual con herramientas tradicionales, durante los meses de septiembre a octubre, a fin de favorecer la emergencia y crecimiento uniforme del cultivo; el nivelado se realiza con la finalidad de favorecer una buena distribución de la humedad y semilla (Alfaro y Llica, 2001).

El nivelado del terreno coadyuva a la germinación, emergencia uniforme y un mejor establecimiento del cultivo (INADE, 1999; citado por Calle, 2008).

2.10.5 Densidad de Siembra

Para la densidad de siembra se toma en cuenta la calidad de semilla; para tal fin se recomienda utilizar 2,5 a 3 kg/ha de semilla con poder germinativo mayor a 85% y pureza no menor a 90% (Tito y Chávez, 2002).

La densidad de siembra recomendada es de 1,5 a 2,0 kg de semilla por hectárea. (<http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/28/05/07>).

USAID/Save the Children (2007) mencionan que la densidad de siembra adecuada de la maca es de 3 kg/ha y la forma de realizarlo es mezclar la semilla con tierra en una relación de 1:10, esto quiere decir una parte de semilla y 10 partes de tierra, la siembra se debe realizar al voleo y preferentemente en las horas de la mañana cuando no exista viento.

El experimento realizado durante la campaña agrícola 1999 y 2000 en la estación experimental de Illpa Puno a 3815 msnm, con el objetivo de determinar la época, densidad de siembra y niveles de abonamiento para la producción de Maca, los tratamientos fueron: Tres fechas de siembra, con frecuencia de 30 días (iniciado el 22 de Octubre de 1999); Tres densidades de siembra (2; 3 y 4 kg/ha de semilla) y seis niveles de estiércol de ovino (0; 2; 4; 6; 8; y 10 ton/ha). El diseño experimental fue parcelas subdivididas con tres repeticiones. Del análisis de resultados se concluye que el mejor rendimiento de hipocotilos frescos (3,27 ton/ha), se obtuvieron con las interacciones de la segunda época de siembra (12 de Noviembre de 1999), con 3 kg/ha de semilla botánica y 6 ton/ha de estiércol de ovino.

(<http://www.inia.gob.pe/webinia/editaExperimento.asp/28/05/07>).

Castro de León (1990), Moreno (1996) y Garay (1997), citado por Rebisso (1999) mencionan que hasta hoy no es posible hablar de densidades óptimas de siembra debido a que no se cuenta con semillas de buena calidad. Si estimamos que un gramo de buena semilla (80% de germinación), contienen un promedio de 2000 unidades y que la densidad óptima es de 100 plantas por metro cuadrado, necesitamos 600 gramos para sembrar una hectárea.

Fernández, Villena, Pérez y Zamalloa (1999), consideran que con semillas de 95% de germinación es posible sembrar un promedio de 4,5 semillas en un área de 100 centímetros cuadrados, esta práctica se recomienda en las primeras veces que una persona realiza una siembra y sobre todo cuando el área a sembrar es importante, ya que el precio de la semilla es bastante alto.

Faiguerbaum (1993), menciona que lograr establecer una adecuada densidad de plantas por hectárea, es uno de los factores que tiene mayor incidencia en los rendimientos finales de cualquier cultivo. Además indica que la elección de una determinada densidad de siembra para cada variedad o grupo de variedades semejantes, se basa en el porte de la planta, el cual depende de sus propias características y ciclo vegetativo, la cual puede ser modificada por la época de siembra,

fertilidad del suelo, disponibilidad de temperatura, humedad y la competencia de malezas.

Scout y Aldrich (1985), señalan que la elección de una mayor o menor densidad, depende del grado de fertilidad, humedad del suelo y formación de la variedad escogida.

2.10.6 Época de Siembra

La maca se siembra los meses de octubre a noviembre, pudiendo adelantarse o retrasarse de acuerdo a las condiciones agronómicas de las zonas y presencia de precipitaciones pluviales (Alfaro y Llica, 2001).

La época de siembra más adecuada es en los meses de octubre a diciembre, pudiendo adelantarse o retrasarse de acuerdo a las zonas y presencia de precipitaciones pluviales (Ocsa, 2003).

En la zona alto andina se realiza la siembra en los meses de septiembre a noviembre (Primer Curso Nacional de la Maca, 1999).

La época de siembra esta condicionada por las precipitaciones pluviales en áreas sin riego (<http://www.inia.gob.pe/webinia/editaExperimento.asp/28/05/07>).

2.10.7 Método de Siembra

La distribución de las semillas de maca se realiza al voleo, derramando homogéneamente, de preferencia por las mañanas cuando no hay vientos, es necesario mezclar la semilla con arena o tierra seca y cernida, en una proporción de 1;5 es decir una parte de semilla y cinco partes de tierra para asegurar una siembra uniforme (Alfaro y Llica, 2001).

Cuando el área a sembrar es grande, la siembra es al voleo, pero cuando se realiza trabajos de investigación la siembra debe ser en líneas con distancias de 10 a 15 cm, entre plantas y 15 a 30 cm entre surcos para evitar la competencia por nutrientes y agua entre plantas, también facilita el manejo para toma de datos (INADE, 1991), citado por Calle (2008).

Para colocar la semilla puede usarse sola (si hay experiencia) o se puede mezclar ésta con igual cantidad del cernido de guano de corral (puede ser tierra fina o arena) para que no se movilice con el viento y se distribuya mejor. Se siembra al voleo en las primeras horas de la mañana. (<http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/28/05/07>).

2.10.8 Tapado y Compactado

El tapado y compactado tiene la finalidad de poner en contacto la semilla con el suelo y agua, para favorecer una germinación rápida y uniforme, esta actividad se logra haciendo pasar varias veces con rebaño de ovejas sobre el área sembrada, también se puede utilizar ramas de arbustos, rastrillos y otros (Sullca, 2003).

Luego de la siembra se tapa o introduce por medio de la pisada de ovejas de un lugar a otro del terreno sembrado, algunas veces se usan ramas, escobas u otros materiales (<http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/28/05/07>).

2.10.9 Cosecha

Arbizu (1991), indica que entre los meses de mayo y junio los hipocótilos alcanzan su máximo volumen. A diferencia de las papas u otras tuberosas andinas las plantas se cosechan cuando la mayoría de las hojas están aún verdes.

2.11 Clasificación y Ecotipos de Maca

Actualmente no se habla de variedades sino de ecotipos, esto de acuerdo a su coloración; amarilla, blanca, morada, crema, gris, plomo, los de color amarillo, crema y morado son los más apreciados en el mercado, siendo el plomo el menos aceptado, debido a su dificultad en el proceso de cocción (Andina Real, Exporter, 2002).

La clasificación de los hipocótilos para su comercialización se realiza de acuerdo al diámetro, midiendo en zona suberificada de la raíz, se clasifican en las siguientes categorías (UNAN – CIDES, 2002).

- a) **Grandes**, hipocótilos frescos mayores a 5 cm de diámetro.
- b) **Medianos**, hipocótilos frescos de 3 a 4,9 cm de diámetro.
- c) **Pequeños**, hipocótilos frescos menores a 2,9 cm de diámetro.

En la actualidad todavía no existen variedades, solamente hay ecotipos. Hasta estos momentos se ha colectado hasta 13 de acuerdo a la coloración de los hipocótilos, que varían de un color blanco hasta negros (UNALM, 1991).

Diversos estudios sobre la maca indican que en ésta no hay variedades, sino únicamente ecotipos, los cuales son, principalmente: Amarillo (ciello), blanco cremoso (yurai), rojo (puca), morado (milagro), negro (yana) y plomo (macapo). (<http://www.ciedperu.org/productos/maca.htm/20/04/2007>).

2.12 Labores Culturales

2.12.1 Deshierbe

El desmalezado se recomienda realizar manualmente y depende de la incidencia de malezas; así evitar la competencia de nutrientes, luz, agua y espacio durante todo el periodo del cultivo (Alfaro y Llica, 2001).

Una vez emergidas las plantas se deben eliminar cuidadosamente las malezas, esta generalmente se realiza hasta dos o mas veces (Tito y Chávez, 2002).

2.12.2 Raleo

Esta labor se realiza cuando hay mayor densidad de plantines, para permitir un mejor desarrollo de las raíces, debiendo efectuarse conjuntamente con el deshierbe o un mes después del deshierbe (Tito y Chávez, 2002).

El raleo se realiza a los tres meses en lugares donde hay mayor número de plantas que no permiten el buen crecimiento de las mismas (Sandoval y Giurfa, 2000).

2.12.3 Riego

En la actualidad en las zonas donde se cultiva la maca, no se acostumbra regar, ya que el desarrollo de su ciclo vegetativo, coincide generalmente con la época de lluvias (Sullca, 2003). En aquellas zonas con infraestructura de riego, se debe regar a fin de mantener el cultivo con humedad suficiente; el número de riego. Así como el volumen de agua a emplearse por cada riego, depende de una serie de factores tales como: estructura del suelo, textura del mismo, cantidad de materia orgánica y las condiciones del medio ambiente (Gómez, 2000).

2.13 Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Maca

Según Ocsa (2005), las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de la maca son:

a) Gorgojo de los Andes (*Prennotrypes* sp). El daño a la planta es causado por gusanos de color blanco que ataca a la raíz introduciéndose y formando galerías, los adultos consumen el follaje y reducen la capacidad fotosintética de las plantas.

b) Mosca de la raíz. El daño es ocasionado en estado larval, lo que hacen por efecto de su alimentación a través de sus mandíbulas con las que mastican el tejido preferentemente el de la raíz, muy pocas veces a la altura de la corona.

Se recomienda las siguientes prácticas agronómicas y culturales.

- Buena preparación del terreno, inmediatamente finalizado el periodo de la lluvia.
- Realizar deshierbes frecuentes dentro y en los márgenes del campo de cultivo, para eliminar las malezas que se comportan como hospederas alternantes.
- Evitar el mono cultivo.
- Realizar cosechas oportunas.

La enfermedad es causada por el hongo (*Pernospora parasitica*), afecta principalmente al follaje, causando la muerte de la planta, si el ataque ocurre en los primeros estadios del desarrollo de la planta. El síntoma inicial en plantas jóvenes que provienen de semilla sexual es un amarillamiento de las hojas mas extremas, las que luego se secan prematuramente pero permanecen adheridos a la planta por largo tiempo, en la cara existe presencia de pelusillas blancas grisáceas (Sullca 2003).

Se recomienda la siembra en suelos descansados, así como la rotación de cultivos y la utilización de semilla certificada.

2.14 Porcentaje de Emergencia de Plántulas de Maca

Rebisso (1999) menciona que en la siembra realizada el mes de octubre y mediante la evaluación realizada a los 20 días, con una precipitación en esos días de 4,54 mm/día, tuvo una emergencia de 64,7%.

Lázaro (2007), indica que la emergencia de las plántulas de maca fue a los 16 días en un porcentaje de 75,33%.

Calle (2008), indica que en un proceso de almacigado con una densidad de siembra de 3 kg/ha de semilla, al cabo de 20 días la emergencia de plántulas fue completa y uniforme.

Bernal (1986), citado por Gutiérrez (2007), sostiene que una adecuada cantidad de agua suministrada en el suelo favorece a la semilla para iniciar su germinación y posteriormente la emergencia.

2.15 Altura de Planta

Calle (2008), indica que el te de estiércol de camélido tiene el mayor efecto con respecto al te de ovino y bovino, en el crecimiento en altura de planta de maca, la cual fue de 12 cm, en cambio el testigo que no tienen aplicación alguna de fertilizante, con un suelo de pH 6,09; Conductividad eléctrica de 4,07 $\mu\text{s}/\text{cm}$; Nitrógeno total 0,22 %; Carbono orgánico 2,2 %; Materia orgánica 3,7%, la planta tuvo un crecimiento de 5,1 cm de altura.

Según Tello y Colb (1992) y Aliaga (1999), citado por Lázaro (2007) menciona que el tallo de la maca es acaule y no tiene altura significativa.

Durante la fase vegetativa la roseta se constituye solamente de hojas y tiene un promedio de 30 cm de diámetro, y durante la fase reproductiva está formada por hojas e inflorescencias compuestas que pueden alcanzar un promedio de 60 cm incluso algunos ejemplares pueden llegar a medir más de 80 cm de diámetro (Huguet, 1999), citado por Lázaro (2007).

Rodrigues (1999), citado por Calle (2008), menciona que una concentración óptima de nutriente sumado a las características del sustrato y las condiciones ambientales, favorecen un buen crecimiento de las plantas.

2.16 Número de hojas

Las hojas son arrosetadas, compuestas, con vaina ensanchada, pecíolo largo con la cara superior aplanada. Limbo compuesto, tiene un largo de 6 a 9 cm.; las basales son pinatífidas y las caulinares algo reducidas.

(<http://www.inkanat.com/es/maca/macadescripcion.html/05/10/07>)

Según León (1964), menciona que la raíz es un eje carnoso derivado del hipocótilo cuya parte superior termina en una superficie plana de la que brotan de 6 a 15 hojas; mientras que la inferior es cónica y se alarga en una raíz ancha y fuerte de donde nacen las raicillas.

La Maca (*Lepidium meyenii* Walp) es una hierba pequeña con 12 a 20 hojas radicales (http://www.peruecologico.com.pe/raiz_maca.htm/20/04/07).

2.17 Área Foliar

Las hojas son arrosetadas, pecioladas, compuestas bipinnatisectas, con foliolos opuestos y dimorfitas: en la fase vegetativa son grandes (10 – 15 cm de largo) y muy reducidas (menor de 5 cm) en la fase reproductiva (Tello 1991; Aliaga 1999).

Planta herbácea de la familia de las crucíferas con hojas basales extremas miden fuertemente pecioladas, llegando a medir este mas de 10 cm de largo. Se inclinan hacia el suelo en forma arrosetada, el limbo es bipinnatífido de 8 - 13 cm de largo y de 2 a 3 cm de ancho en la parte distal, las caulinares reducidas, alternas, esparcidas, las bases miden 5 cm de largo y son bipinnatífidas, las intermedias miden 3 cm de largo bipinnatífidas, las apicales ligeramente partidas, miden de 1 a 2 cm, de largo (<http://www.natureperu.com/docs/macashheetsp.html/11/10/07>)

Las hojas de la maca son arrosetadas, compuestas, con vaina ensanchada, pecíolo largo con la cara superior aplanada, limbo compuesto, tiene un largo de 6 – 9 cm; las basales son pinatífidas y caulinares algo reducidas. Durante la fase vegetativa la roseta

es solamente de hojas y tiene un promedio de 15 centímetros de diámetro (<http://www.fao.org/inpho/content/documents/11/10/07>).

El área foliar de la planta de maca se desarrolla en función a varios factores sin embargo uno de los principales el contenido de nutrientes del suelo conjuntamente a la humedad adecuada para su absorción, es decir si un suelo es fértil y con buen contenido de materia orgánica, la planta va tener un desarrollo foliar adecuado, por lo cual también influirá en la formación de hipocótilos. Una planta con una cantidad promedio de veinte hojas desarrolla un área foliar de 120 cm² (<http://www.fao.org/inpho/content/documents/11/10/07>).

2.18 Diámetro de Hipocótilo

Soto (2001) menciona que la raíz (hipocótilo) de maca es de forma globosa, redondeada, axonomorfa y nabiforme. Tienen colores variados, desde amarillo claro, rosado vietna, hasta morado y negro, con un tamaño que varía desde 3 cm hasta 6 cm de diámetro transversal y desde 4 cm hasta 7 cm de diámetro longitudinal.

Los hipocótilos, que son la parte comestible de la planta, varían entre 2 y 5 cm de tamaño y pueden ser de colores blancos o amarillos, blancos rojizos, blanco-amarillos, blanco-morado, plomo claro, morado-plomo o amarillo-plomo. (<http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/11/10/07>).

Raíz (hipocótilo), de forma globosa redondeada, axonomorfa y napiforme. Tiene colores que varían desde el amarillo claro hasta el negro; pasando por el marrón, el morado, etc. con tamaños de 3-6 cm de diámetro transversal y de 4-7 cm longitudinal, parecido a un rábano (cono invertido). La raíz es lo principal en la elaboración de productos. No existe una verdadera diferencia en el sabor o en la composición química según el color de la raíz (<http://www.inkanat.com/es/maca/macadescripcion.html/11/10/07>).

Planta herbácea anual, glabra, de raíz tuberosa, engrosada, napiforme de 3 a 6 cm de diámetro y 5 a 14 cm de longitud. El tallo principal es sumamente reducido, casi

imperceptible y de él nacen varias ramas secundarias, postradas, decumbentes de hojas dimorfas (<http://www.inkanat.com/es/maca/macadescripcion.html/20/04/07>).

Rebisso (1999), al evaluar en cinco fechas el crecimiento radicular, encontró que no existen diferencias estadísticas significativas, entre bloques, niveles y ecotipos para ninguna de las fechas.

Sullca (2003), citado por Calle (2008), dice que el diámetro y tamaño de hipocótilos esta relacionado con factores adafoclimaticos, tipo de suelo, manejo, tipo de fertilización y calidad de semilla.

Calle (2008), indica que el diámetro de hipocótilo es de 5,31 cm con aplicación de te de estiércol de llama en una dosis de 60 L/ha, mientras el testigo sin ninguna aplicación de fertilizante tubo un diámetro de 2,34 cm.

Lázaro (2007), menciona con respecto al diámetro transversal de la maca al momento de la cosecha fue de 2,7 cm; sin embargo en los lugares que contenían restos de ceniza, la planta tenia un mejor desarrollo radicular y foliar, alcanzando un diámetro de hasta 5 cm.

2.19 Rendimiento

Rebisso (1999) menciona que los rendimientos promedios obtenidos con un precipitación promedio de 3,33 mm/día en toda la face productiva de los hipocotilos de maca fue de 1,35 kg/m².

Fernández et al., (1999), mencionan que el rendimiento de hipocótilo fresco por el método de siembra en línea a una densidad de 3 kg/ha fue de 1,63 kg/m², y por el método de siembra al voleo fue de 1,34 kg/m².

Cortez (2000) menciona que los rendimientos promedios de Maca, en los ecotipos variegado y crema en la zona meseta de bombón (Junín y Pasco), es de 7000 kilogramos por hectárea, con un distanciamiento entre plantas de 8 cm.

USAID/save the children (2007) menciona que a través de la implementación de parcelas de producción de maca de alto potencial genético, permite obtener rendimientos que van desde 3 ton/ha hasta 8 ton/ha.

Mayta (1973), revela que actualmente en las áreas dedicadas a esta planta se siguen usando técnicas de cultivo tradicionales y anticuadas lo que se traduce en una baja productividad de 11 a 12 sacos por yugada (1,7 kg/ha), razón por la cual no existen datos estadísticos de su producción.

A nivel de investigación, se ha obtenido rendimientos que varían de 0.8 a 19.6 ton/ha, dependiendo de factores como fertilización, condiciones edáficas y climáticas. Actualmente se produce aún en pequeñas cantidades y el promedio de producción es de 3 ton/ha, pudiendo alcanzar más de 20 ton/ha (Garay, 1998).

Ortiz, Mujica, Canahua y Apaza (1999), sostienen que el trabajo realizado en la zona agroecológica Suni, distrito de San José, provincia de Azángaro, altitud de 3950 m.s.n.m., donde el suelo es de textura franca, materia orgánica y nitrógeno alto, fósforo medio y potasio alto, en el sistema waru waru con una fertilización de 80 – 100 kg de nitrógeno y fósforo/ha se obtuvo 17793 kg; con una formulación de 120 – 80 kg de nitrógeno y fósforo/ha se obtuvo 13275 kg; con 120 – 100 kg de nitrógeno y fósforo/ha 12653 kg y con 80 – 80 kg de nitrógeno y fósforo/ha se produjo 10824 kg por hectárea.

García (1989), afirma que su trabajo de investigación realizado en Junín, a 1846 msnm, zona sub húmeda y fría, con temperaturas promedios de 4 a 5 °C y una precipitación pluvial anual de 800 mm, suelo de textura franco – arenoso, pH 4,9, nitrógeno total 0,30, materia orgánica 6,31%, fósforo disponible 4,21 ppm y potasio disponible 83,85 ppm se

tuvo un rendimiento de 15 ton/ha, con una formulación de 50 – 100 – 50 kg de nitrógeno, fósforo y potasio.

Tello et al., (1991), manifiestan que la productividad de la maca es alto, pudiendo llegar hasta 25 ton/ha de maca fresca, y el peso de la maca seca puede alcanzar de 4,46 a 6 ton/ha como máximo. Los mismos autores indican los siguientes parámetros agronómicos en sus distintas fases:

FASE VEGETATIVA

(Producción de hypocótilos)

- Producción biológica

Peso fresco	1901 g/m ²
Peso seco	265 g/m ²

- Rendimiento de hypocótilos

Peso fresco	14,69 ton/ha
Peso seco	4,46 ton/ha
Peso fresco por planta	18,1 g
Peso seco por planta	5,4 g

- Índice de cosecha

En base a peso fresco	0,77
En base a peso seco	0,78
Densidad	105 plantas/m ²
Duración del cultivo	260 - 280 días.
Tasa de crecimiento	7,0mm/día m ²

FASE GENERATIVA

(Producción de semilla)

- Producción biológica

Peso seco	110 g/m ²
Rendimiento de semilla	14,1 g/m ²
Rendimiento de semilla por planta	3,52 g
Peso fresco por planta aproximado	100 g
Peso seco por planta	27,5 g
Índice de cosecha	0,13
Densidad	4 plantas/m ²
Duración del ciclo	190 - 210 días
Peso de mil semillas	0,54 g

Tello et al., (1991), mencionan que un aspecto fundamental a destacar es el alto rendimiento de hypocótilos (14,69 ton/ha peso fresco), que corresponde a una

extracción aproximada de 100 kg/ha de nitrógeno. Esto por otro lado podría ser la principal causa del agotamiento del suelo motivo por el cual el agricultor deja el terreno en descanso por varios años, después de un año de cultivo.

El rendimiento mínimo es de 8 ton/ha de raíz fresco manejado a nivel de agricultores y 2,5 ton/ha de raíz seco (Sullca, 2003).

En un sistema de producción de técnicas adecuadas se puede obtener 1-1,5 kg/m² en peso fresco, en seco hasta 0,5 kg/m², es decir 15 ton/ha de raíces frescas, y 5 ton/ha de raíz seca Calle (2008).

Tapia (1997), menciona que el rendimiento promedio a nivel de agricultores es de 5 ton/ha de hipocótilos frescos, aproximadamente 1,5 ton/ha de hipocótilo seco.

Calle (2008), indica que un suelo con 22% de nitrógeno, pH 6,9 y 3,7 % de Materia orgánica tiene un rendimiento de 1030,2 kg/ha y con la aplicación de te de estiércol de llama se produjo 2294,5 kg/ha.

Tito y Chávez (2002), indican los mayores rendimientos se obtuvieron cuando el suelo presenta mayor a 15% de materia orgánica.

Lázaro (2007), obtuvo un rendimiento en el cultivo de maca de 5,68 ton/ha, esto sin aplicación de fertilizantes tanto a la planta como al suelo.

Garay (1997) menciona que los rendimientos del cultivo de maca a nivel investigación varían de 0,8 a 19,6 ton/ha, dependiendo de factores como fertilización, condiciones edáficas y climáticas.

2.20 Contenido de Materia Seca de Hipocótilos de Maca

Fernández, Villena, Pérez y Zamalloa (1999), mencionan que el hipocótilo fresco producido a una densidad de 2 kg/ha en un agroecosistema Waru Waru tuvo un peso de 35 g, después del secado en estufa por 72 horas a 75°C, tuvo un peso de 7,3 g, por lo cual el porcentaje de materia seca fue de 20,9%

Sullca (2003), indica que la relación del secado es de 3,2: 1 es decir para obtener un kilo de hipocótilos secos con una humedad aproximada de 14%, se requiere 3,2 kilos de maca fresco.

2.21 Costos de Producción del Cultivo de Maca

Perrin (1979), define costo de producción como el desembolso o gastos de dinero que se hace en la adquisición de los insumos o recursos empleados para producir bienes y servicios, sin embargo el término costo es más amplio ya que significa el valor de todos los recursos que participan en el proceso productivo de un bien en cantidades y en un periodo de tiempo determinado.

El mismo autor menciona que los costos más comunes que enfrenta una unidad de producción agrícola son: la compra de semillas, fertilizantes, pesticidas, maquinaria, equipos y pago de mano de obra. Las labores culturales que se requieren son:

- Preparación del terreno
- Siembra
- Fertilización
- Control fitosanitario
- Deshierbe, aporque, raleo y riego
- Cosecha.

2.22 Evaluación Económica del Cultivo de Maca

Según Perrin (1979), los indicadores para la evaluación económica son:

- **Ingreso bruto (IB)**, también denominado ingreso total (IT), y resulta de multiplicar la producción total (qt) por el precio del producto unitario, (pq).

- **Ingreso Neto (IN)**, son las utilidades o ganancias que resultan de la diferencia existente entre el ingreso bruto (IB) y Costo Total de producción.

- **Relación beneficio costo (RBC)**, se define como el indicador o ganancia bruta por unidad monetaria invertida, se estima dividiendo el ingreso bruto (IB) y el costo total (CT). Si la relación es mayor que la unidad existe beneficio; si es igual a uno los beneficios son iguales a los costos de producción y la actividad no es rentable, valores menores que uno, indican pérdida y la actividad no es productiva.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación Geográfica

La localidad de Tablachaca perteneciente a la Comunidad Checa Municipio de Yaco, Provincia Loayza del Departamento de La Paz, se encuentra a 180 km al sur oeste de la ciudad de La Paz, situado a 17° 10' 36,25" de latitud Sur, 67° 20' 14,91" longitud Oeste y a una altitud de 4320,8 msnm (Google Eard, 2007).

3.2 Características Ecológicas

3.2.1 Clima

La localidad de Tablachaca corresponde a las tierras altas (Cordilleras, praderas altoandinas y puna o altiplano) del municipio de Yaco, que tiene un clima seco y frío (Zonozig, 1998), citado por Plan de Desarrollo Municipal Tercera Sección Yaco 2007-2011 (2006).

El municipio de Yaco no cuenta con una estación meteorológica por lo cual se considero a la estación de Patacamaya. Según datos del SENAMHI (1998 - 2007), (Cuadro 1 del Anexo), la precipitación promedio de la zona es de 385,05 mm/año.

Cuadro 1. Resumen de precipitación promedio registrada (periodo 1998 – 2007)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación (mm)	104,82	76,4	57,54	18	4,55	6,01	5,62	5,04	17,53	22,78	19,53	47,23	385,05

Fuente: En base a información de SENAMHI (1998 – 2007)

El Cuadro 1 muestra que la máxima precipitación promedio se registra en los meses de Enero de 104,82 mm/mes y la mínima promedio registrada en Mayo de 4,55 mm/mes.

Cuadro 2. Temperaturas promedio registrada (periodo 1998 – 2007)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temp. Mínima(°C)	3,32	2,47	2,22	-3,01	-7,98	-9,36	-9,09	-5,78	-3,27	-2,13	-1,64	1,12
Temp. Máxima(°C)	19,95	19,7	19,8	20,28	19,78	18,69	18,4	19,67	19,7	21,47	21,1	22,17
Temp. Promedio(°C)	11,63	11,1	11	8,63	5,9	4,66	4,65	6,94	8,21	9,67	9,73	11,64

Fuente: En base a información de SENAMHI (1998 – 2007)

El Cuadro 2, muestra que la temperatura promedio máxima alcanzada los últimos diez años es de 22,17 °C del mes de Diciembre, mientras que la temperatura promedio mínima es el mes de Junio con -9,36 °C.

La temperatura mínima extrema fue de -12,5 °C registrada en Junio de 2003 y la máxima extrema fue de 29,8 °C registrada en Diciembre del año 2003 (Cuadro 2 y 3 del Anexo).

3.2.2 Suelo

Los suelos de la localidad de Tablachaca corresponde a la zona Altoandino o puna alta del municipio de Yaco, el mismo que presenta complejo de tierras Challa, clasificación taxonómica Orthents, Ochrepts, Ustalfs, Ustolls, Hemist; clase de capacidad de uso mayor IV – VIII, son suelos fríos muy poco o moderadamente profundos, en pendientes casi planas a muy escarpadas, con piedras y afloramientos rocosos, color pardo oscuro, pardo grisáceo, pardo rojizos, textura franco arenoso a franco arcilloso, muy escasa a bien drenadas; bajos y altos contenidos de nutrientes; fuertemente ácidos o neutros (Zonozig, 1998), citado por Plan de Desarrollo Municipal Tercera Sección Yaco 2007-2011 (2006).

La parcela experimental muestra una textura Franco – Franco arcilloso, conductividad eléctrica 0,113 $\mu\text{s}/\text{cm}$, nitrógeno total 0,23%, fósforo asimilable 16,94 ppm, potasio 1,34 meq/100 gr de suelo, 4,31 % de Materia Orgánica, el relevamiento tiene una pendiente de 0,05%, pH 5.20 (Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear, 2008).

3.2.3 Vegetación

La cobertura vegetal de Tablachaca es escasa, principalmente esta compuesto por Chillihua (*Festuca dolichophylla*), Yareta (*Pycnophyllum molle*), en los lugares húmedos esta el Chiji (*Ray grass*), Sillu sillu (*Lochemila pinnata*) (Zonozig, 1998), citado por Plan de Desarrollo Municipal Tercera Sección Yaco 2007 – 2011 (206).

El suelo de la parcela experimental estaba cubierto con Qachu Yareta (*Pycnophyllum molle*), Junco (*Juncos* sp), Deyuxia (*Deyeuxia vicunarum*), Chillihua (*Festuca dolichophylla*) (Rojas, 2000).

3.3 Materiales

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el siguiente material:

3.3.1 Material de Gabinete

- Material de escritorio.
- Equipo de computación y software.
- Diskets.

3.3.2 Material de Campo

- Libreta de campo
- Picotas y rastrillos
- Cinta métrica y flexómetro
- Estacas de madera y pita
- Regla graduada y Calibrador Vernier
- Cámara fotográfica
- Estiércol de ovino, 601,25 kg
- Semilla de maca de los ecotipos Amarillo, Blanco cremoso y Morado.

3.4 Metodología

3.4.1. Procedimiento Experimental

3.4.1.1 Preparación del Terreno

- **Roturado.** La roturación del terreno en un área de 601,25 m² se realizó en el mes de marzo volteando el suelo con una picota de manera que la cobertura vegetal quede enterrada, lo que favorece la descomposición de la vegetación, con esta actividad se proporciona una mayor aireación al suelo, permitiendo una mayor actividad microbiana.

- **Análisis de suelo.** Se procedió a tomar 10 submuestras de todo el área experimental, para luego formar una muestra homogénea y representativa, posteriormente se llevo al laboratorio del IBTEN de la ciudad de Viacha, esto con objeto de determinar las características físicas químicas del suelo y poder evaluar el efecto de estas sobre la humedad y la producción.

- **Abonamiento.** La aplicación de estiércol de ovino se lo hizo en el mes de septiembre a una dosis de 10 ton/ha, esto para facilitar su descomposición y de esta forma los nutrientes estén disponibles para cuando la planta lo necesite.

- **Desterronado y mullido.** Inmediatamente incorporado el estiércol de ovino se realizó el desterronado y mullido del suelo, con la finalidad de cubrir el estiércol, desmenuzar los terrones y recoger la vegetación que no se descompuso, para esto se utilizo las tradicionales picotas.

- **Nivelación y demarcación de bloques y unidades experimentales.** Utilizando un rastrillo se realizo la nivelación del terreno, con la finalidad de evitar el encharcamiento del agua en algunos lugares depresionados, ya que ello ocasionaría la asfixia del embrión y/o de las raicillas, la propagación de enfermedades fungosas. Seguidamente con una cinta métrica, estacas y una pita se realizó la medición de los bloques y unidades experimentales.

- **Instalación de Sistema de Riego por Aspersión.** Previamente medido la presión del agua potable mediante un manómetro, se procedió a la instalación de tuberías plásticas de media pulgada y dos aspersores para el riego de la parcela experimental.

3.4.1.2 Siembra

- **Pesaje de semillas, arena fina y sorteo de tratamientos.** En una balanza del laboratorio de Química Analítica de la Facultad de agronomía se procedió al pesaje de las semillas de cada ecotipo y su respectiva arena fina para la mezcla con semilla en una relación de 1:10, para los diferentes tratamientos. Seguidamente se procedió al pesado de 100 semillas de cada ecotipo en la cual no hubo variación alguna pesando 0,077 g.

- **Mezcla de la semilla con arena y siembra.** Determinado la densidad de siembra para cada tratamiento con los respectivos ecotipos, se realizó la mezcla de las semillas con arena fina en una relación de 1: 10, es decir 1 kg de semilla con 10 kg de arena, posteriormente con el método al voleo se realizó la siembra de cada una de las unidades experimentales.

- **Tapado de las semillas.** Luego de la distribución de las semillas se realizó el tapado respectivo, para esto se utilizó un rastrillo, evitando la compactación del suelo ya que esto provoca la muerte de plantines en la etapa de emergencia.

- **Marbeteado de bloques y unidades experimentales.** Inmediatamente después de completar la siembra se realizó el marbeteado respectivo de los bloques y unidades experimentales de los distintos tratamientos.

3.4.1.3 Labores culturales

- **Riego.** Luego del marbeteado se realizó un riego superficial por aspersión, con la finalidad de favorecer la germinación y la emergencia de las plantas, los próximos riegos se lo hizo cuando no caía lluvia.

- **Deshierbe y raleo.** Posterior a los 30 días de la siembra se procedió al primer deshierbe, esto con la finalidad de evitar la competencia de agua, nutrientes, luz y

espacio entre las plantas de maca y malezas, a los 45 días después de la siembra se realizó el raleo haciendo que la distancia entre plantas sea aproximadamente de 10 cm, tres meses después de la siembra se efectuó el último deshierbe.

3.4.1.4 Cosecha

- **Cosecha de hipocótilos.** Se realizó la cosecha de hipocótilos de cada unidad experimental una vez que se observó que la mayoría de las plantas presentaban el amarillamiento notorio de sus hojas, lo cual significa la madurez de los hipocótilos.

3.4.2 Diseño Experimental

En el estudio experimental se consideró un diseño de Bloques al Azar con arreglo Bifactorial, comparando dos factores de estudio (Ecotipos de Maca y Densidades de Siembra). Debido a que el experimento demanda manejo de factores en parcela grande y factores que se manejan en parcela pequeña, se utilizó el diseño de bloques por que existe una pendiente (0.05%) en el área de estudio (Calzada, 1979).

Factor A: Ecotipos

A1: Amarillo

A2: Blanco Cremoso

A3: Morado

Factor B: Densidades de siembra

B1: 2 kg/ha

B2: 3 kg/ha

B3: 4 kg/ha

B4: 5 kg/h

3.4.3 Modelo Lineal Fleites y Hernández (1987)

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \phi_k + \tau\phi_{jk} + \varepsilon\varepsilon_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} = Observación cualquiera

μ = Media general

β_i = Efecto del i – esimo bloque

τ_j = Efecto del J – esimo factor A

ϕ_k = Efecto del k – esimo factor B

$\tau\phi_{jk}$ = Efecto de la Interacción de Ax B

$\varepsilon\varepsilon_{ijk}$ = Error experimental.

3.4.4 Tratamientos Combinados (4x3)

Los tratamientos que se aplicaron se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Cantidad de semilla aplicada a cada tratamiento

Nº	Tratamiento	Semilla de maca (gr)
1	A1xB1 (Amarillo a 2 kg/ha)	2,4
2	A1xB2 (Amarillo a 3 kg/ha)	3,6
3	A1xB3 (Amarillo a 4 kg/ha)	4,8
4	A1xB4 (Amarillo a 5 kg/ha)	6
5	A2xB1 (Blanco cremoso a 2 kg/ha)	2,4
6	A2xB2 (Blanco cremoso a 3 kg/ha)	3,6
7	A2xB3 (Blanco cremoso a 4 kg/ha)	4,8
8	A2xB4 (Blanco cremoso a 5 kg/ha)	6
9	A3xB1 (Morado a 2 kg/ha)	2,4
10	A3xB2 (Morado a 3 kg/ha)	3,6
11	A3xB3 (Morado a 4 kg/ha)	4,8
12	A3xB4 (Morado a 5 kg/ha)	6

3.4.5 Dimensiones del Área experimental

La parcela experimental de la investigación tuvo un área de 601,25 m², con 48 unidades experimentales.

Cuadro 4. Características del área experimental de cultivo de maca

DESCRIPCIÓN	CARACTERITICAS
Número de tratamientos	12
Número de bloques	4
Número de unidades experimentales	48
Área total del ensayo	601,25 m ²
Área de la unidad experimental	12 m ²
Pasillos	0,50 m
Fecha de siembra	25 de noviembre
Clase de terreno	Franco - Franco Arcilloso
Color de semilla	Amarillo y marrón

3.4.6 Croquis del Experimento de Cultivo de Maca

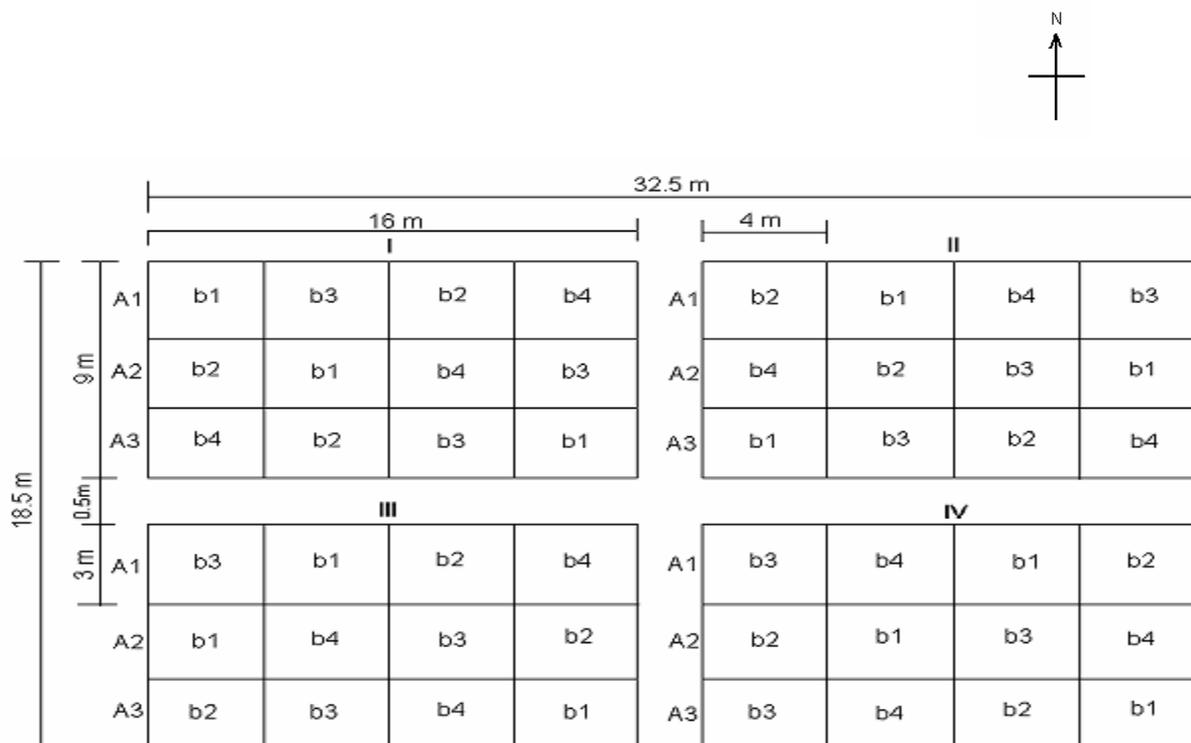


Figura 1. Croquis de Campo de Cultivo de Maca

3.4.7 Variables de Respuesta

En el transcurso del experimento se tomaron los siguientes registros.

- **Porcentaje de emergencia.** La medición se realizó a los 25 días después de la siembra, para esto se demarco 1 m² dentro de cada unidad experimental con cuatro palos delgados y una pita, seguidamente se registro cuantas plantas contenían en esa área. En el trabajo de gabinete se determino el porcentaje de emergencia mediante la regla de tres

- **Altura de planta.** Se marco con marbetes, 5 plantas muestreadas al azar dentro la unidad experimental y con la ayuda de una regla graduada en cm se procedió a la medición de cada planta, desde la base del cuello de la planta hasta la punta de la hoja mas larga, seguidamente se registro el dato en la libreta de campo, para luego promediar la altura de las cinco plantas y determinar la altura de planta del tratamiento, el mismo procedimiento se ejecuto en las 48 unidades experimentales. Esta actividad se realizo a los 197 días después de la siembra.

- **Número de hojas.** En cada una de las 5 plantas marcadas anteriormente dentro de cada unidad experimental se realizo el siguiente procedimiento: Se cuenta una por una las hojas de la planta, luego se anota la cantidad de hojas de la planta, de la misma forma se procede en las restantes 4 plantas, finalmente en la libreta de campo se promedia y se registra el número de hojas por planta del tratamiento. Esta actividad se efectuó a los 200 días después de la siembra.

- **Área foliar.** En una de las 5 plantas marcadas anteriormente en cada unidad experimental se realizó el siguiente procedimiento: Se retira cada hoja de la planta desde la base del pecíolo, seguidamente se herboriza durante 5 días. Posterior a esto se procedió a calcar la hoja en un papel milimétrico para determinar y anotar el área foliar de la hoja, se siguió la misma acción en las restantes hojas de la planta, finalmente se suma el área foliar de toda las hojas y se registró como el área foliar por

planta del tratamiento. El mismo procedimiento se efectuó en las 48 unidades experimentales.

- **Diámetro de hipocótilo fresco.** Se cosechó las 5 plantas marcadas anteriormente en cada unidad experimental, posteriormente con la ayuda de un calibrador se midió el diámetro transversal uno por uno los 5 hipocótilos, finalmente se promedió y se registró el diámetro de hipocótilo por planta del tratamiento. El mismo procedimiento se siguió en las 48 unidades experimentales. Esta actividad se realizó a los 204 días después de la siembra.

- **Peso de hipocótilo fresco.** Las 5 plantas cosechadas anteriormente, se cortó el follaje se las lavo y escurrió el agua en el sol, luego en una balanza analítica se pesó en gramos una por una los 5 hipocótilos, seguidamente se promedió el peso de hipocótilo fresco del tratamiento y finalmente se registra en la libreta de campo. El mismo procedimiento se realizó en las 48 unidades experimentales.

- **Rendimiento por unidad de superficie a la cosecha (kg/m²).** Se cosechó 1 m² de la unidad experimental, seguidamente se eliminó el follaje de las plantas, posteriormente se lavo en un recipiente de agua los hipocótilos para retirar la tierra existente y se los escurrió el agua secándolos al sol, el paso siguiente fue pesar en kg el conjunto de hipocótilos, finalmente se registra en la libreta de campo el peso de hipocótilo fresco del tratamiento constituyéndose este en el rendimiento de la unidad experimental.

- **Porcentaje de materia seca de hipocótilo.** Se procedió al secado en el sol cada grupo de hipocótilos pesados en la anterior variable, por un lapso de 45 días, posterior a ese tiempo se pesó en gramos el conjunto de hipocótilos de cada unidad experimental en una balanza analítica, finalmente registro el peso de hipocótilo seco del tratamiento de cada unidad experimental. En trabajo de gabinete se determinó el porcentaje de materia seca.

3.4.8 Evaluación Económica del Cultivo de Maca

La evaluación económica se realizó empleando los siguientes indicadores:

- **Costos de Producción.** Los costos de producción que enfrentaron el presente trabajo de investigación son: mano de obra, material y estiércol de ovino, costo Bs. 2710,62. La semilla de 57,01 g para cada ecotipo costo. Bs. 48,46, desglosando estos costos se determino el costo de producción por tratamiento.

Por ejemplo para el Tratamiento: Amarillo a 2 kg/ha (A1xB1): el costo de mano de obra, material y fertilizante en 1m² es de 4,51 Bs.

El costo de la semilla de cualquier ecotipo es de 0,85 Bs. Cada gramo, por tanto: 0,85 Bs/g x 0.2 g = 0,17 Bs. es el costo de la semilla del tratamiento para 1m²

4,51 Bs. + 0,17 Bs. = **4,68 Bs.** es el costo de producción del tratamiento (A1xB1).

- **Ingreso bruto (IB) o Ingreso Total (IT).** El ingreso bruto se determino mediante el rendimiento promedio de cada tratamiento y el precio comercial de la maca fresca en el mercado nacional: Por ejemplo el rendimiento promedio para el tratamiento (A1xB1):

Rendimiento de (A1xB1) en el bloque 1 = 1,20 kg/m²

Rendimiento de (A1xB1) en el bloque 2 = 1,26 kg/m²

Rendimiento de (A1xB1) en el bloque 3 = 1,30 kg/m²

Rendimiento de (A1xB1) en el bloque 4 = 1,32 kg/m²

Rendimiento promedio del tratamiento (A1xB1) es de (5,08/4) = **1,27 kg/m²**

Finalmente para determinar el ingreso bruto se utilizo la formula: **IB = IT = qt * pq**

Donde: IB = Ingreso Bruto

qt = Producción Total

pq = Precio del producto unitario

El precio de kg de maca fresca en el mercado nacional es de **Bs.8**

Ingreso Bruto del tratamiento (A1xB1) es: **1,27 * 8 = 10,16 Bs.**

- **Ingreso Neto (IN)**. Para determinar el ingreso neto se utilizo la siguiente formula:

$$\mathbf{IN = IB - CT}$$

Donde: IN = Ingreso neto

IB = Ingreso bruto

CT = Costo total de producción

Por ejemplo el Ingreso Neto para el Tratamiento (A1B1) es: **10,16 – 4,68 = 5,48 Bs.**

- **Relación beneficio costo (RBC)**. El indicador de beneficio costo se determino empleando la siguiente formula:

$$\mathbf{RBC = IB / CT}$$

Donde: RBC = Relación beneficio costo

IB = Ingreso bruto

CT = Costo total de producción

Por tanto el beneficio costo para el tratamiento (A1xB1) es: **10,16/4,68 = 2,17**

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En las evaluaciones realizadas de las variables agronómicas (porcentaje de emergencia, altura de planta, número de hojas, área foliar), productivas (diámetro, peso, rendimiento de hipocótilo fresco y porcentaje de materia seca) y económica del cultivo de maca, mediante la siembra a campo abierto de tres ecotipos (amarillo, blanco cremoso y morado) a cuatro densidades (2 kg/ha, 3 kg/ha, 4 kg/ha y 5 kg/ha), después de 204 días que duro la fase vegetativa de la planta, se llegó a los resultados que se presentan a continuación.

4.1 Porcentaje de Emergencia en el Cultivo de Maca

Para el análisis estadístico del porcentaje de emergencia a los 25 días después de la siembra de las plantas de maca se utilizó el análisis de varianza.

Cuadro 5. Análisis de varianza del Porcentaje de Emergencia en plantas de maca a los 25 días después de la siembra

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F (5%)	
Bloque	3	37,2	12,4	1,62	0,2032	NS
Ecotipo	2	23,5	11,8	1,54	0,2292	NS
Densidad	3	22,6	7,5	0,99	0,4110	NS
Ecotipo x densidad	6	37,5	6,3	0,82	0,5638	NS
Error Experimental	33	252,2	7,6			
Total	47	373,0				
CV (%)	3,12					

Ref. FV: fuentes de variación; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: efe calculado; Pr>F (0.05): efe tabulado al 5%; NS: no significativo al 0.05 de probabilidad; *: Significativo al 0.05 de probabilidad CV: coeficiente de Variación.

El Cuadro 5 muestra el Análisis de Varianza (5%) del porcentaje de emergencia a los 25 días después de la siembra, la diferencia entre bloques, ecotipo, densidad y la interacción de ecotipo por densidad no son significativas. El coeficiente de variación es de 3,12 % lo que indica que los datos son confiables.

Cuadro 6. Desvió estándar para el Porcentaje de Emergencia de la maca

Ecotipo	Nº	Porcentaje de emergencia (%)	Desvió estándar
Amarillo	16	89,71	3,16
Blanco cremoso	16	88,15	3,21
Morado	16	88,30	1,75

El Cuadro 6 muestra los promedios de porcentaje de emergencia a los 25 días después de la siembra de los ecotipos amarillo, blanco cremoso y morado con 89,71, 88,15, 88,30% respectivamente, son estadísticamente similares; sin embargo, el ecotipo amarillo es el que tiene mayor porcentaje de emergencia.

Al respecto Lázaro (2007), indica que la emergencia de plántulas de maca a los 16 días fue de 75,33%. Probablemente este porcentaje aumente al cabo de 25 días y llegue a ser similar al los porcentajes obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Así mismo Calle (2008), indica que en un proceso de almacigado con un densidad de siembra de 3 kg/ha de semilla, al cabo de 20 días la emergencia de plántulas fue completa y uniforme. Esto probablemente se debió a que en un proceso de almacigado las condiciones ambientales y de suelo son bien controlados, ya que las áreas de almacigo son pequeñas en comparación con las parcelas de siembra directa en campo abierto.

4.2 Altura de Planta en el Cultivo de Maca

Para el análisis estadístico de altura de planta a los 197 días posterior a la siembra, se utilizó el análisis de varianza.

Cuadro 7. Análisis de varianza para altura de planta en el cultivo de maca

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F (5%)	
Bloque	3	3,5	1,2	0.13	0.9386	NS
Ecotipo	2	9,5	4,8	0.56	0.5783	NS
Densidad	3	11831,9	3943,9	460.49	<.0001	*
Ecotipo x densidad	6	53,8	8,9	1.05	0.4136	NS
Error Exp.	33	282,6	8,6			
Total	47	12181,4				
CV (%)	3,7					

Ref. FV: fuentes de variación; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: efe calculado; Pr>F (0.05): efe tabulado al 5%; NS: no significativo al 0.05 de probabilidad; *: Significativo al 0.05 de probabilidad CV: coeficiente de Variación.

En el Cuadro 7 se observa el Análisis de Varianza al (5%) de altura de planta, la diferencia entre bloques y ecotipos no es significativa, la diferencia entre densidades de siembra es significativa, la diferencia de la interacción de ecotipo por densidad no es significativa, lo que indica que estos factores son independientes en altura de planta. El coeficiente de variación es de 3,7 %, lo que indica una baja dispersión en las observaciones alrededor de la media aritmética, es decir los datos son confiables.

Cuadro 8. Promedios y desvió estándar de altura en plantas de cultivo de maca

Ecotipo	Nº	Altura de planta (cm)	Desvió estándar
Amarillo	16	12,7	5,1
Blanco cremoso	16	12,9	5,4
Morado	16	12,8	5,7

En el Cuadro 8 se observa los promedios y desvió estándar de altura de planta, los ecotipos amarillo (A1) con 12,7 cm, blanco cremoso (A2) 12,9 cm y morado (A3) con 12,8 cm, estadísticamente son similares.

Cuadro 9. Prueba de Tukey en la determinación de la altura de planta en maca por efecto de la densidad de siembra

Densidad (kg/ha)	Promedios (cm)	Desvío estándar	Tukey (5%)
2	19,1	1,0	a
3	16,0	0,8	b
4	10,4	1,1	c
5	5,6	0,6	d

En el Cuadro 9 se observa los promedios y la prueba de Tukey (5%) de altura de planta, la densidad de 2 kg/ha (B1) es superior estadísticamente con 19,1 cm, a la densidad 3 kg/ha con 16 cm, a la densidad 4 kg/ha con 10,4 cm y a la densidad de 5 kg/ha con 5,6 cm. Así mismo, la densidad de 3 kg/ha es superior a las densidades de 4 kg/ha y 5 kg/ha.

Al respecto Calle (2008), obtuvo una altura de planta de 12 cm con aplicación de te de estiércol de camélido y 5,1 cm el testigo sin aplicación de ningún fertilizante, con un suelo de pH 6,9; Conductividad eléctrica de 4,07 $\mu\text{s}/\text{cm}$; Nitrógeno total 0,22%; Materia orgánica 3,7%.

La diferencia en altura de planta de maca entre el trabajo de investigación realizada el 2008 y la actual, probablemente se debe a la diferencia en el contenido de nutrientes de ambos suelos y su posterior fertilización. Ya que el presente trabajo se efectuó en suelo virgen, de pH 5,20; Conductividad eléctrica de 0,113 $\mu\text{s}/\text{cm}$; Nitrógeno total 0,23%; Materia orgánica 4,31%, además se fertilizó con estiércol de ovino a una dosis de 10 ton/ha.

4.3 Número de Hojas por planta en el Cultivo de Maca

Para el análisis estadístico de número de hojas por planta en cultivo de maca a los 204 días posterior a la siembra, se utilizó el análisis de varianza.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el Número de hojas en plantas de maca

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F (5%)	
Bloque	3	1,4	0,5	0,37	0,7780	NS
Ecotipo	2	0,0	0,0	0,00	1,0000	NS
Densidad	3	578,7	192,9	149,50	<,0001	*
Ecotipo x densidad	6	4,5	0,7	0,58	0,7426	NS
Error Exp.	33	42,6	1,3			
Total	47	627,2				
CV (%)	7,0					

Ref. FV: fuentes de variación; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: efe calculado; Pr>F (0.05): efe tabulado al 5%; NS: no significativo al 0.05 de probabilidad; *: Significativo al 0.05 de probabilidad CV: coeficiente de Variación.

En el Cuadro 10 se observa el Análisis de Varianza al (5%) de número de hojas por planta, la diferencia de bloques, ecotipo y la interacción de ecotipo por densidad no son significativas, en cambio la diferencia de densidades de siembra es significativa.

El coeficiente de variación es de 7,0 % lo que indica que los datos son confiables.

Cuadro 11. Promedios y desvió estándar de número de hojas por planta de maca

Ecotipo	Nº	Número de hojas	Desvió estándar
Amarillo	16	16,1	3,8
Blanco cremoso	16	16,1	3,4
Morado	16	16,1	3,9

En el Cuadro 11 se observa los promedios y desvió estándar de número de hojas por planta, los ecotipos amarillo (A1), blanco cremoso (A2) y morado (A3) estadísticamente son similares.

Cuadro 12. Prueba de Tukey para el número de hojas por planta de maca

Densidad (kg/ha)	Promedios	Desvío estándar	Tukey (5%)
2	21,0	1,8	a
3	17,4	0,9	b
4	14,4	1,1	c
5	11,7	0,9	d

En el Cuadro 12 se observa los promedios y la prueba de Tukey (5%) de número de hojas por planta, la densidad 2 kg/ha (B1) es superior estadísticamente con 21,0 hojas, a la densidad 3 kg/ha (B2) con 17,4 hojas, a la densidad 4 kg/ha (B3) con 14,4 hojas y a la densidad 5 kg/ha (B4) con 11,7 hojas. Así mismo la densidad de 3 kg/ha (B2) es superior a las densidades de 4 kg/ha (B3) y 5 kg/ha (B4).

Al respecto la Maca (*Lepidium meyenii* Walp) es una hierba pequeña con 12 a 20 hojas radicales (http://www.peruecologico.co.pe/raiz_maca.htm/20/04/07).

4.4 Área foliar por planta en el Cultivo de Maca

Para el análisis estadístico de área foliar por planta en un cultivo de maca, se utilizó el análisis de varianza.

Cuadro 13. Análisis de varianza de Área foliar en plantas de maca

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F (5%)	
Bloque	3	3,5	1,2	0,13	0,9386	NS
Ecotipo	2	9,5	4,8	0,56	0,5783	NS
Densidad	3	11831,9	3943,9	460,49	<,0001	*
Ecotipo x densidad	6	53,8	8,9	1,05	0,4136	NS
Error Exp.	33	282,6	8,6			
Total	47	12181,4				
CV (%)	3,7					

Ref. FV: fuentes de variación; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: efe calculado; Pr>F (0.05): efe tabulado al 5%; NS: no significativo al 0.05 de probabilidad; *: Significativo al 0.05 de probabilidad CV: coeficiente de Variación.

En el Cuadro 13 se observa el Análisis de Varianza al (5%) de área foliar, la diferencia entre bloques y ecotipos no es significativa, la diferencia entre densidades de siembra es significativa, la diferencia de la interacción de ecotipo por densidad no es

significativa, lo que indica que estos factores son independientes en área foliar por planta. El coeficiente de variación es de 3,7 %, lo que indica una baja dispersión en las observaciones alrededor de la media aritmética, es decir los datos son confiables.

Cuadro 14. Promedios y desvío estándar en área foliar por planta de maca

Ecotipo	Nº	Área foliar (cm ²)	Desvío estándar
Amarillo	16	79,4	16,3
Blanco cremoso	16	79,2	15,6
Morado	16	78,4	17,4

En el Cuadro 14 se observa los promedios y desvío estándar de área foliar por planta, los ecotipos amarillo (A1) con 79,4 cm², blanco cremoso (A2) con 79,2 cm², morado (A3) con 78,4 cm², estadísticamente son similares.

Cuadro 15. Prueba de Tukey para el área foliar por planta de maca

Densidad (kg/ha)	Promedios (cm ²)	Desvío estándar	Tukey (5%)
2	97,5	1,3	a
3	90,8	2,4	b
4	68,7	4,4	c
5	59,0	2,3	d

En el Cuadro 15 se observa los promedios y prueba Tukey (5%) de área foliar por planta, la densidad de 2 kg/ha (B1) es superior estadísticamente con 97,5 cm², a la densidad 3 kg/ha (B2) con 90,8 cm², a la densidad 4 kg/ha (B3) con 68,7 cm², a la densidad 5 kg/ha (B4) con 59,0 cm². Así mismo la densidad de 3 kg/ha es superior a las densidades de 4 kg/ha y 5 kg/ha.

Así mismo una planta de maca con una cantidad promedio de 20 hojas desarrolla un área foliar de 120 cm² (<http://www.fao.org/inpho/content/documents/11/10/07>).

El área foliar encontrado en el presente trabajo de investigación es de hojas herborizadas, por eso probablemente sea menor a 120 cm².

4.5 Diámetro de Hipocótilo Fresco

Para el análisis estadístico de diámetro de hipocótilo fresco, se utilizó el análisis de varianza.

Cuadro 16. Análisis de varianza de Diámetro de hipocótilo fresco en plantas de maca

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F (5%)	
Bloque	3	0,2	0,06	1,22	0,3190	NS
Ecotipo	2	0,1	0,04	0,77	0,4719	NS
Densidad	3	20,9	6,99	131,48	<,0001	*
Ecotipo x densidad	6	0,2	0,03	0,54	0,7751	NS
Error Exp.	33	1,8	0,05			
Total	47	23,2				
CV (%)	7,09					

Ref. FV: fuentes de variación; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: efe calculado; Pr>F (0.05): efe tabulado al 5%; NS: no significativo al 0.05 de probabilidad; *: Significativo al 0.05 de probabilidad CV: coeficiente de Variación.

En el Cuadro 16 se observa el Análisis de Varianza al (5%) de diámetro de hipocótilo fresco, la diferencia entre bloques y ecotipos no es significativa, la diferencia entre densidades de siembra es significativa, la diferencia de la interacción de ecotipo por densidad no es significativa, lo que indica que estos factores son independientes en diámetro de hipocótilo fresco. El coeficiente de variación es de 7,09 %, lo que indica una baja dispersión en las observaciones alrededor de la media aritmética, es decir los datos son confiables.

Cuadro 17. Promedios y desvió estándar en diámetro de hipocótilo fresco de maca

Ecotipo	Nº	Diámetro de hipocótilo fresco (cm)	Desvió estándar
Amarillo	16	3,22	0.74046719
Blanco cremoso	16	3,22	0.66655207
Morado	16	3,31	0.73888993

En el Cuadro 17 se observa los promedios y desvió estándar de diámetro de hipocótilo fresco, estadísticamente son similares los ecotipos amarillo (A1) con 3,22 cm, blanco cremoso (A2) con 3,22 cm, morado (A3) con 3,31 cm.

Cuadro 18. Prueba de Tukey para el diámetro de hipocótilo fresco de maca

Densidad (kg/ha)	Promedios (cm)	Desvío estándar	Tukey (5%)
2	4,13	0,25	a
3	3,56	0,18	b
4	2,92	0,23	c
5	2,37	0,23	d

En el Cuadro 18 se observa los promedios y prueba Tukey (5%) de diámetro de hipocótilo fresco, la densidad de 2 kg/ha (B1) es superior estadísticamente con 4,13 cm, a la densidad 3 kg/ha (B2) con 3,56 cm, a la densidad 4 kg/ha (B3) con 2,92 cm, a la densidad 5 kg/ha (B4) con 2,37 cm. Así mismo la densidad de 3 kg/ha es superior a las densidades de 4 kg/ha y 5 kg/ha.

Los diámetros transversales encontrados en las densidades de 2 y 3 kg/ha, están dentro el rango de 3 y 6 cm mencionados por Soto (2001)

Así mismo Lázaro (2007), indica que el diámetro transversal de la maca al momento de la cosecha es de 2,77 cm. Sin embargo en lugares con restos de ceniza el diámetro alcanzo hasta 5 cm. Por lo cual se deduce que a una mayor cantidad de nutrientes mayor el desarrollo del hipocótilo.

Los diámetros de hipocótilo fresco de 5,31 cm con la aplicación de te de estiércol de camélido en una dosis de 60 L/ha, 2,34 cm sin la aplicación de fertilizante alguno obtenido por Calle (2008), es diferente a 4,13 cm obtenido en el presente trabajo de investigación, esta diferencia se debe probablemente a la cantidad de nutrientes proporcionado por el suelo y fertilizantes utilizados en ambos trabajos.

4.6 Peso de Hipocótilo Fresco

Para el análisis estadístico de peso de hipocótilo fresco, se utilizó el análisis de varianza.

Cuadro 19. Análisis de varianza de Peso de hipocótilo fresco en plantas de maca

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F (5%)	
Bloque	3	0,9	0,3	0,91	0,4461	NS
Ecotipo	2	0,5	0,2	0,68	0,5145	NS
Densidad	3	310,4	103,5	295,28	<,0001	*
Ecotipo x densidad	6	1,1	0,2	0,53	0,7791	NS
Error Exp.	33	11,6	0,4			
Total	47	324,5				
CV (%)	3,72					

Ref. FV: fuentes de variación; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: efe calculado; Pr>F (0.05): efe tabulado al 5%; NS: no significativo al 0.05 de probabilidad; *: significativo al 0.005 de probabilidad; CV: coeficiente de Variación.

En el Cuadro 19 se observa el Análisis de Varianza al (5%) de peso de hipocótilo fresco, la diferencia entre bloques y ecotipos no es significativa, la diferencia entre densidades de siembra es significativa, la diferencia de la interacción de ecotipo por densidad no es significativa, lo que indica que estos factores son independientes en peso de hipocótilo fresco. El coeficiente de varianza es de 3,72%, lo que indica una baja dispersión alrededor de la media aritmética, es decir los datos son confiables.

Cuadro 20. Promedios y desvió estándar en peso de hipocótilo fresco de maca

Ecotipo	Nº	Peso de hipocótilo fresco (g)	Desvió estándar
Amarillo	16	16,1	2,8
Blanco cremoso	16	15,9	2,5
Morado	16	15,8	2,7

En el Cuadro 20 se observa los promedios y desvió estándar de peso de hipocótilo fresco, estadísticamente son similares los ecotipos amarillo (A1) con 16,1 g, blanco cremoso (A2) con 15,9 g y morado (A3) con 15,8 g.

Cuadro 21. Prueba de Tukey para el peso de hipocótilo fresco de maca

Densidad (kg/ha)	Promedios (g)	Desvío estándar	Tukey (5%)
2	19,1	0,5	a
3	17,4	0,6	b
4	14,7	0,5	c
5	12,5	0,6	d

En el Cuadro 21 se observa los promedios y prueba Tukey (5%) de diámetro de hipocótilo fresco, la densidad de 2 kg/ha (B1) es superior estadísticamente con 19,1 g, a la densidad 3 kg/ha (B2) con 17,4 g, a la densidad 4 kg/ha (B3) con 14,7 g, a la densidad 5 kg/ha (B4) con 12,5 g. Así mismo la densidad de 3 kg/ha es superior a las densidades de 4 kg/ha y 5 kg/ha.

Al respecto Tello et al., (1991), mencionan en sus parámetros agronómicos de cultivo de maca, el peso fresco por planta de maca es de 18,1 g.

El hipocótilo fresco de 35 g obtenido por Fernández et al., (1999) en un agro ecosistema Waru Waru a una densidad de siembra de 2 kg/ha, es mayor a 19,1 g. Probablemente esta diferencia sea por que el agroecosistema Waru Waru es un método de siembra en línea que mantiene la humedad del suelo, por lo cual el desarrollo del hipocótilo es favorecido, consiguientemente su peso será mayor.

4.7 Rendimiento de Hipocótilo Fresco

Para el análisis estadístico de rendimiento de hipocótilo fresco, se utilizó el análisis de varianza.

Cuadro 22. Análisis de varianza de rendimiento de hipocótilo fresco en plantas de maca

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F (0.05)	
Bloque	3	0,008	0,003	0,51	0,6770	NS
Ecotipo	2	0,002	0,0009	0,17	0,8406	NS
Densidad	3	5,4	1,8	353,00	<,0001	*
Ecotipo x densidad	6	0,02	0,004	0,74	0,6238	NS
Error Exp.	33	0,2	0,005			
Total	47	5,6				
CV (%)	5,28					

Ref. FV: fuentes de variación; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: efe calculado; Pr>F (0.05): efe tabulado al 5%; NS: no significativo al 0.05 de probabilidad; *: significativo al 0.05 de probabilidad; CV: coeficiente de Variación.

En el Cuadro 22 se observa el Análisis de Varianza al (5%) de rendimiento de hipocótilo fresco, la diferencia entre bloques y ecotipos no es significativa, la diferencia entre densidades de siembra es significativa, la diferencia de la interacción de ecotipo por densidad no es significativa, lo que indica que estos factores son independientes en rendimiento de hipocótilo fresco. El coeficiente de variación es de 5,28%, lo cual esta dentro los límites permisibles para este tipo de experimento.

Cuadro 23. Promedios y desvió estándar en rendimiento de hipocótilo fresco de maca

Ecotipo	Nº	Rendimiento de hipocótilo fresco (kg/m ²)	Desvió estándar
Blanco cremoso	16	1,36	0,36
Amarillo	16	1,35	0,37
Morado	16	1,34	0,33

En el Cuadro 23 se observa los promedios y desvió estándar de rendimiento de hipocótilo fresco, estadísticamente son similares los ecotipos blanco cremoso (A2) con 1,36 kg/m², amarillo (A1) con 1,35 kg/m² y morado (A3) con 1,34 kg/m².

Cuadro 24. Prueba de Tukey Factor (B) (densidad de siembra) en rendimiento de hipocótilo fresco en plantas de maca

Densidad (kg/ha)	Promedios (kg/m ²)	Desvío estándar	Tukey (5%)
3	1,91	0,09	a
2	1,29	0,04	b
4	1,18	0,07	c
5	1,03	0,05	d

En el Cuadro 24 se observa los promedios y prueba Tukey (5%) de rendimiento de hipocótilo fresco, la densidad de 3 kg/ha (B2) estadísticamente es superior con 1,91 kg/m², a la densidad 2 kg/ha (B1) con 1,29 kg/m², a la densidad 4 kg/ha (B3) con 1,18 kg/m², a la densidad 5 kg/ha (B4) con 1,03 kg/m². Así mismo la densidad de 2 kg/ha es superior a las densidades de 4 kg/ha y 5 kg/ha.

Al respecto Garay (1997) menciona que los rendimientos del cultivo de maca a nivel investigación varían de 0,08 a 1,96 kg/m², dependiendo de factores como fertilización, condiciones edáficas y climáticas.

Así mismo Calle 2008 indica que con técnicas adecuadas se puede obtener de 1 a 1,5 kg/m² en peso fresco de maca.

Por otro lado Tello et al., (1991) manifiestan que en una producción biológica de maca el peso de hipocótilo fresco puede llegar a 1,91 kg/m².

4.8 Porcentaje de Materia Seca en Cultivo de Maca

Para el análisis estadístico de porcentaje de materia seca, se utilizó el análisis de varianza.

Cuadro 25. Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca de maca

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F (0.05)	
Bloque	3	4,48	1,49	0,86	0,4711	NS
Ecotipo	2	615,17	307,59	177,22	<,0001	*
Densidad	3	8,05	2,68	1,55	0,2211	NS
Ecotipo x densidad	6	14,24	2,37	1,37	0,2565	NS
Error Exp.	33	57,28	1,74			
Total	47	699,22				
CV (%)	4,70					

Ref. FV: fuentes de variación; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: efe calculado; Pr>F (0.05): efe tabulado al 5%; NS: no significativo al 0.05 de probabilidad; *: significativo al 0.05 de probabilidad; CV: coeficiente de Variación.

En el Cuadro 25 se observa el Análisis de Varianza al (5%) de porcentaje de materia seca, la diferencia entre bloques no es significativa, la diferencia entre ecotipos es significativa, la diferencia de la densidad de siembra e interacción de ecotipo por densidad no es significativa, lo que indica que estos factores son independientes en porcentaje de materia seca. El CV es de 4,70%, lo cual indica que esta dentro los límites permisibles para este tipo de experimento.

Cuadro 26. Prueba de Tukey para el porcentaje de materia seca de maca

Ecotipo	Promedios (%)	Desvío estándar	Tukey (5%)
Amarillo	33,1	1,2	a
Blanco cremoso	26,3	1,8	b
Morado	24,8	1,0	b

En el cuadro 26 se observa los promedios y la prueba de Tukey (5%), de porcentaje de materia seca, el ecotipo amarillo (A1) es superior estadísticamente con 33,1%, al ecotipo blanco cremoso (A2) con 26,3% y al ecotipo morado (A3) con 24,8%. Así mismo el ecotipo blanco cremoso es superior al ecotipo morado.

Al respecto Fernández et al., (1999), indican que con hipocótilos secados en estufa a 75°C durante 72 horas se obtuvo 20,9% de materia seca, este porcentaje es menor a los tres porcentajes obtenidos en el presente trabajo de investigación, probablemente sea por la diferencia en el método de secado de hipocótilos.

Por otro lado se sabe, que la producción de materia seca maca esta claramente relacionado con el valor nutritivo y la capacidad industrial del cultivo

4.9 Análisis Económico del Cultivo de Maca

Para un mejor entendimiento se hace necesario realizar un análisis económico donde se pueda observar la relación beneficio costo de los tratamientos por cada factor.

Cuadro 27. Análisis de costos totales de producción en cultivo de maca

Actividad	Unidad	Costo (Bs.)	Total	Costo (Bs.)
Roturado	m ²	0,54	601,25 m ²	324,67
Fertilizado	kg	0,83	60,125 kg	50,1
Desterronado y nivelado	m ²	0,62	601,25m ²	372,77
Instalación de sistema de riego por aspersión	día	30	1 día	30
Compra de Aspersores	1	85	3	255
Siembra	m ²	0,83	576 m ²	478,08
Labores culturales				
Riego	día	10	60 días	600
Deshierbe y raleo	día	40	12 días	480
Cosecha	día	40	3 días	120
Total				2710,62
Análisis F. Q. de suelo	muestra			170
Semilla Ecotipo amarillo	g	0,85	57,01 g	48,46
Semilla Ecotipo blanco	g	0,85	57,01 g	48,46
Semilla Ecotipo morado	g	0,85	57,01 g	48,46
Costo total de investigación				3026

Cuadro 28. Costos de producción por tratamiento en cultivo de maca

Tratamientos				
	Amarillo 2kg/ha	Amarillo 3kg/ha	Amarillo 4kg/ha	Amarillo 5kg/ha
	Amarillo 0,2 g/m ²	Amarillo 0,3 g/m ²	Amarillo 0,4 g/m ²	Amarillo 0,5 g/m ²
Costo/Tra. (Bs.)	4,68	4,76	4,85	4,93
	Blanco 2 kg/ha	Blanco 3 kg/ha	Blanco 4 kg/ha	Blanco 5 kg/ha
	Blanco 0,2 g/m ²	Blanco 0,3 g/m ²	Blanco 0,4 g/m ²	Blanco 0,5 g/m ²
Costo/Tra. (Bs.)	4,68	4,76	4,85	4,93
	Morado 2 kg/ha	Morado 3kg/ha	Morado 4kg/ha	Morado 5 kg/ha
	Morado 0,2 g/m ²	Morado 0,3 g/m ²	Morado 0,4 g/m ²	Morado 0,5 g/m ²
Costo/Tra. (Bs.)	4,68	4,76	4,85	4,93

En el Cuadro 28 se observa que el mayor costo de producción fue con la densidad de siembra de 5 kg/ha con los tres ecotipos (Amarillo, Blanco cremoso, morado), con 4.93 Bs/m². Esto lógicamente por que se utilizo mayor cantidad de semilla que los otros tratamientos.

Cuadro 29. Rendimiento promedio por tratamiento de maca fresca e ingreso bruto

Tratamientos	Rendimiento (kg/m ²)	Ingreso Bruto (Bs.)
Amarillo 2 kg/ha	1,27	10,16
Amarillo 3 kg/ha	1,94	15,52
Amarillo 4 kg/ha	1,20	9,60
Amarillo 5 kg/ha	1,00	8,00
Blanco cremoso 2 kg/ha	1,30	10,40
Blanco cremoso 3 kg/ha	1,93	15,44
Blanco cremoso 4 kg/ha	1,16	9,28
Blanco cremoso 5 kg/ha	1,04	8,32
Morado 2 kg/ha	1,29	10,32
Morado 3 kg/ha	1,86	14,88
Morado 4 kg/ha	1,16	9,28
Morado 5 kg/ha	1,05	8,40

En el Cuadro 29 se observa que el mayor rendimiento promedio de hipocótilo fresco es el ecotipo amarillo (A1) a una densidad de siembra de 3 kg/ha (B2) con 1,94 kg/m² y por ende el mayor ingreso bruto 15,52 Bs y el menor ingreso bruto se obtuvo con el ecotipo amarillo a una densidad de siembra de 5 kg/ha (B4) de 8,0 Bs.

Cuadro 30. Ingreso neto por tratamiento en cultivo de maca

Tratamientos	Ingreso Bruto (Bs.)	Costo total (Bs.)	Ingreso Neto (Bs.)
Amarillo 2 kg/ha	10,16	4,68	5,48
Amarillo 3 kg/ha	15,52	4,76	10,76
Amarillo 4 kg/ha	9,60	4,85	4,74
Amarillo 5 kg/ha	8,00	4,93	3,07
Blanco cremoso 2 kg/ha	10,40	4,68	5,72
Blanco cremoso 3 kg/ha	15,44	4,76	10,68
Blanco cremoso 4 kg/ha	9,28	4,85	4,43
Blanco cremoso 5 kg/ha	8,32	4,93	3,39
Morado 2 kg/ha	10,32	4,68	5,64
Morado 3 kg/ha	14,88	4,76	10,12
Morado 4 kg/ha	9,28	4,85	4,43
Morado 5 kg/ha	8,40	4,93	3,47

En el Cuadro 30 se observa el mayor Ingreso Neto de Bs 10,76 se obtuvo con el acotipo Amarillo (A1) con densidad de siembra de 3 kg/ha (B2) y el menor Ingreso de Bs 3,07 con el ecotipo Amarillo (A1) con densidad de siembra de 5 kg/ha (B4).

Cuadro 31. Relación beneficio costo por tratamiento en cultivo de maca

Tratamientos	Ingreso Bruto/Costo total	Relación B/C
Amarillo 2kg/ha	10,16/4,68	2,17
Amarillo 3kg/ha	15,52/4,76	3,26
Amarillo 4 kg/ha	9,60/4,85	1,98
Amarillo 5 kg/ha	8,00/4,93	1,62
Blanco cremoso 2kg/ha	10,40/4,68	2,22
Blanco cremoso 3kg/ha	15,44/4,76	3,24
Blanco cremoso 4kg/ha	9,28/4,85	1,91
Blanco cremoso 5kg/ha	8,32/4,93	1,69
Morado 2 kg/ha	10,32/4,68	2,21
Morado 3 kg/ha	14,88/4,76	3,13
Morado 4 kg/ha	9,28/4,85	1,91
Morado 5 kg/ha	8,40/4,93	1,70

En el Cuadro 31 se observa que la mayor relación beneficio costo de 3,26 se obtuvo con el ecotipo Amarillo (A1) sembrando a una densidad de 3 kg/ha (B2), lo que significa que por cada Boliviano invertido se gana 2,26 Bs. La menor relación beneficio costo fue de 1,62 que se obtuvo con el ecotipo Amarillo (A1) a una densidad de siembra de 5 kg/ha, lo que significa que por cada Boliviano invertido se gana 0,62 Bs.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos, la presente investigación ha llegado a las siguientes conclusiones.

- La emergencia a los 25 días después de la siembra, estadísticamente los tres ecotipos tuvieron similar comportamiento, sin embargo el ecotipo Amarillo (A1) fue mayor con 89,71%

- En el desarrollo de altura de planta a los 197 días después de la siembra, en los tres ecotipos (Amarillo, Blanco cremoso y Morado) fue equivalente. En cuanto a la densidad de siembra la mayor altura alcanzada fue la densidad de 2kg/ha (B1) con 19,1 cm.

- En número de hojas por planta a los 200 días después de la siembra, los tres ecotipos tuvieron similar número de hojas, con relación a la densidad de siembra, la más apropiada fue de 2 kg/ha (B1) que alcanzo 21 hojas por planta.

- El área foliar por planta a los 200 días después de la siembra fue similar en los tres ecotipos. Con respecto a la densidad de siembra el mayor área foliar fue alcanzado por la densidad de 2 kg/ha (B1) con 97, 5 cm².

- El mayor diámetro de hipocótilo fresco por planta a los 204 días posterior a la siembra fue el de 2 kg/ha (B1) con 4,13 cm en los tres ecotipos (Amarillo, Blanco cremoso y Morado).

- El peso de hipocótilo fresco a los 204 días después de la siembra fue similar en los tres ecotipos. En función a la densidad de siembra el mayor peso de hipocótilo fresco fue de 19,1 g/planta, alcanzado por la densidad de 2 kg/ha (B1).

- El rendimiento por m² de hipocótilo fresco fue similar en los tres ecotipos. La densidad de siembra más apropiada fue la de 3 kg/ha (B2), obteniéndose 1,94 kg/m².

- El mayor porcentaje de materia seca por m² fue la del ecotipo Amarillo (A1) con 33,1%.

- La mayor relación B/C en el presente trabajo se logro con el ecotipo Amarillo (A1) con 3,26 a una densidad de siembra de 3 kg/ha (B2) y el ecotipo Amarillo (A1) a una densidad de siembra de 5 kg/ha (B4) obtuvo la menor relación B/C con 1,62.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar las variables agronómicas (porcentaje de emergencia, altura de planta, número de hojas y área foliar) en el método de siembra al voleo en unidades experimentales más pequeñas, esto con el fin de aumentar su precisión.

- Continuar con las investigaciones de este cultivo en lo que se refiera a diámetro, peso y rendimiento de hipocótilo fresco, con semilla de calidad es decir certificada.

7. BIBLIOGRAFIA

ALAHÑA, C. N. 2005. Estudio Morfológico Fisiológico de los cultivos Quinoa, Cañahua, Tarwi, Oca, Ullucu, Isaño y Maca, para entender los mecanismos de adaptación a factores abióticos adversos. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero en Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. P 68.

ALFARO, G. Y LLICA, A. 2001. Seminario sobre producción y transformación del cultivo de maca, Agosto. La Paz – Bolivia.

ALIAGA, C. R. 1999. Avances sobre investigación de la maca (*Lepidium meyenii Walpers*). Informe centro internacional de la papa (CIP) Proyecto de Biodiversidad de raíces y tuberosas Andinas, Marzo. Lima – Perú. P3.

ANGULO, B. A. 1988. Valor Nutritivo de los Alimentos Andinos. Curso Regional de Cultivo Andinos, Micro Región, Pasco – Perú.

ANDINA REAL EXPORTER. 2002. Análisis de Maca (en líneas). Lima Perú. Disponible. <http://www.análisisde maca/análisis.htm>.

AOPEB. 1999. Asociación de Organizaciones Productores Ecológicos de Bolivia. Normas Básicas para la Agricultura Ecológica en Bolivia. 5^{ta} Edición, La Paz Bolivia. pp 1 – 70.

ARBIZU, C. 1991. Avances de los Trabajos Colaborativos del Centro Internacional de la Papa (CIP) en Raíces y Tuberosas Andinas.

CALLE, T. B. M. 2008. Evolución agronómica de la Maca (*Lepidium meyenii Walp*), bajo los efectos de fertilización orgánica en la localidad de Jesús de Machaca _ Prov. Ingavi. Tesis Lic. Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.

CALZADA, B. J. 1970. Métodos Estadísticos para la Experimentación. 3º Edición. Lima Perú. PP 44.

CASTRO DE L. 1990. Un cultivo andino en extinción: el caso de la maca. Perú Indígena, Vol.12. N°28. Lima – Perú. PP85, 94.

CASTRO DE LEON, M. 1986. Estudio de la Maca Instituto Indigenista Peruano. Lima – Perú.

CORTEZ, J. I, 2000. Revista de trabajos de investigación, Instituto Geográfico del Perú, “Estudio de necesidades hídricas de dos ecotipos de maca en valle de Mantaro”. Lima – Perú. PP 23 – 28.

COLLAZOS, H. C. 1993. Composición de los Alimentos Peruanos. Ministerio de Salud – Instituto de Nutrición. Lima – Peru.

DINI, A. 1994. Chemical Composition of *Lepidium meyenii*, Food Chem. Italia.

CHACON, G. 1979, 1989. La importancia de maca, La Maca (*Lepidium peruvianum Chacon*) y su hábitat. Revista Peruana de biología, Universidad Mayor de San Marcos. Lima Perú. P 201 – 207.

CHAKURUNAS TRADING S: R: L: 2002. Morfología de la maca (en líneas), Lima – Perú. Disponible <http://www.wilkesweb.net/chks-cultura.hym>.

ESPINOZA, M. 1986. Cultivo de Amaranthus. UNA, La Molina, Lima Perú.

FAIGUENBAUM, H. 1993. Cultivo de Maní. Revista del Campesino. Chile. PP 22, 23.

FERNANDEZ, M.; VILLENA, J.; PEREZ, P. Y ZAMALLOA, N. 1999. Investigación sobre la Maca en el altiplano de Puno. Tomo I. programa Interinstitucional de Waru Waru – Piwa. Convenio INADE/PELT – COSUDE. Puno – Perú.

FLEITES, L. G.; HERNÁNDEZ, P. N.; MARTÍNEZ, C. C. 1987. Probabilidades y Estadística. Editorial Pueblo y Educación. Playa, ciudad de la Habana. PP 335 - 341

GARCIA, L. 1989. Efecto de la Densidad de Siembra por tres Formulaciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el Cultivo de la Maca (*Lepidium meyenii Walp*). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Centro del Perú.

GARAY, O. 1998. Cultivo de la Maca. Serie Folleto. E, I: N° 03 – 95, INIA, Lima - Perú

GOMEZ, P. 2000. Manual del cultivo de maca. Producción, comercialización y exportación de la Maca (*Lepidium meyenii Walp*). Arequipa. Ministerio de Agricultura, Dirección regional agraria Arequipeña – Perú. P 4 – 9.

GONZALES, A. 1995. La Maca, su cultivo y Usos. Boletín. Instituto Peruano de Desarrollo Hombre tierra. Lima – Perú. P 16.

GUTIERREZ, Y. W. 2007. Comportamiento Agronómico del Cultivo de Maca (*Lepidium meyenii Walp*) con la aplicación de fertilizantes orgánicos foliares a diferentes densidades de siembra. En la provincia Ingavi La Paz. Tesis Lic. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andes. Facultad de Agronomía.

HUTCHINSON, J. 1990. The Families of Flowering Plants. Editorial Oxford. Editorial Inglaterra. INADE. 1990. Investigación sobre Maca en el altiplano de Puno. Editorial Aquarium impresores. Puno – Perú.

IBTEN (Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear). 2008. Análisis Físico Químico de Suelos.

JERI, C., H. 1990. Estudio Bioquímico de la Maca, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional "Daniel Alcides Carrión".

LÁZARO, CH. Z. C. 2007. Evaluación de la Aplicación de Biol en el cultivo de Maca (*Lepidium meyenii* Walp). Tesis Lic. Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.

LEON, I. 1984. Plantas alimenticias andinas. Instituto interamericano de Ciencias Agrícolas. Zona Andina. Lima – Perú. P 43, 46.

MAYTA, A. 1973. Estudio de la Maca y su Valor Nutritivo. Tesis. Facultad de Educación, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú

MONTALDO, A. 1987. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. 1º Edición Editorial IICA. San José Costa Rica. PP 234.

MUJICA, A.; CANAHUA, A.; APAZA, V. y JACOBSEN, J. 1999. Adaptación de la maca (*Lepidium meyenii* Walpers) a diferentes Agro Ecosistemas. En 1º Curso Internacional de la Maca. (16 – 18 de Jul. 1999). Junín – Perú.

OCHOA, T. R. 1988. Diseños Experimentales. Editorial Ochoa S. A. Universidad Mayor de San Andrés. PP 90.

OCSA, W. 2003. Producción y cultivo de Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón). Centro agroecológico Walipini. Boletín Técnico. La Paz - Bolivia. P 27.

OCSA, W. 2005. Producción y cultivo de Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón). Centro agroecológico Walipini. Boletín Técnico. La Paz - Bolivia.

ORTIZ, J.; MUJICA, A.; CANAHUA, A. y APAZA, V. 1999. Cultivo de Maca en Puno (*Leoidium meyenii* Walpers). Boletín Técnico. Puno – Perú. P 21.

PALOMINO, E.1991. Producción de maca (*Lepidium meyenii* Walpers). Es un sistema andino marginal. En aportes para el manejo ecológico de cultivos. Lima Perú. P 144, 148.

PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL TERCERA SECCIÓN YACO (2007 – 2011). 2006. Consultoria Rural S.R.L. La Paz – Bolivia. P 14

PERRIN, R. 1979. Formulación y recomendaciones a partir de datos agronómicos CYMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), folleto de información N° 27, México DF.

PRIMER CURSO NACIONAL DE MACA. 1999. Organizadores: ECO, Universidad Daniel A. Carrión, PRONA, Asociación de Productores de Maca. Perú.

PROMACA. 2007. Asociación Nacional de Productores de Maca. La Paz – Bolivia. P 27

PULGAR. 1973. Las 8 regiones naturales del Perú. Editorial Universo. 2ª edición. Lima – Perú.

PULGAR, V. 1978. La Maca y el uso Agrícola de la Puna, Diario Expreso, 4 de Julio de 1978. Lima – Perú.

REBISSO, R. 1999. Comportamiento del Cultivo de Maca (*Lepidium meyenii* Walp) en agroecosistema Waru waru en el Altiplano de Puno. Impreso Alberto Tapia Puno Perú. P 78 a 79.

ROJAS, P. F. 2000. Catálogo de plantas. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.

RODRIGUEZ, F., 1989. Fertilizantes – Nutrición Vegetal. De AGT Editor, S: A: México D. F., pp 123 – 125.

SAMA. 2003. 1º Curso práctico en cultivo de maca y su comercialización. La Paz – Bolivia.

SALAZAR, V. 1981. La altiplanicie de Junín en la historia “Edición Mundo nuevo”. Lima – Perú.

SANDOVAL CH, L. y GIURFA M, A. 2000. Crea tu propia Microempresa. Librería editorial MACRO S. R. L. Perú. P 121.

SEMTA (Servicios Múltiples de Tecnología Apropriadas). 1994. Plan de Desarrollo de la Micro región Yaco. Cuarta sección Municipal de la Provincia Pacajes. La Paz – Bolivia. 70 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (1998 – 2007). Datos Climáticos de la localidad de Patacamaya Provincia Aroma. La Paz - Bolivia.

SCOOT, W. y ALDRICH, S. 1985. Producción Moderna de la Sosa, Centro Regional de Ayuda Técnica. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires Argentina. PP 23, 35.

SOLIS, H., R. 1996. Producción de la Maca en la meseta de Bombón. Impreso en los talleres de Imprenta Ríos. Huancayo – Perú. P 163.

SOTO, P. J. R. 2001. Producción de Maca, Kiwicha y Camu-camu. Editorial Ordóñez, 1º Edición, Lima Perú, PP 18.

SOUKUP, J. 1980. “Biota”, Vol. B. N° 49 Lima – Perú, Diciembre 1980.

SULLCA, R. 2003. Proyecto producción ecológica de maca. La Paz – Bolivia. P 44.

TAPIA, M. E. 1997. Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la Alimentación, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2º Edición. Santiago de Chile. PP 113 – 118.

TELLO, A. 1991. La maca (*Lepidium meyenii* Walpers) Cultivo alimenticio principal para las zonas alto andinas. Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz – Bolivia. P 9, 11.

TELLO, J., HERNAN, M. Y CALDERÓN, A. 1991. La Maca (*Lepidium meyenii* Walp), Cultivo Alimenticio Potencial para las Zonas Alto Andinas, Trabajo presentado en el VII Congreso Internacional de Cultivo Andinos. La Paz – Bolivia. PP 8, 17.

TITO, S. Y CHAVEZ, H. 2002. Manual de producción de la Maca (*Lepidium peruvianum* Chacon). Jardín Botánico Purana Churiquimbaya. Sorata – Bolivia. P 35.

USAID/SAVE THE CHILDREN. 2007. Programa de Seguridad Alimentaría. Componente Generación de Ingresos y Manejo de Recursos Naturales. Proyecto “Cadena de Valor de la Maca”. Municipio Yaco, Provincia Loayza, La Paz. PP 11 – 14.

UNAN – CINTDES. 2002. Maca para exportación y semilla de maca para mercado interno La Paz – Bolivia.

Universidad Nacional La Molina (UNALM). 1991. Programa de Investigación de Proyección Social en Raíces y Tuberosas. Lima – Perú.

Universidad Nacional La Molina (UNALM). 2007. Programa de Investigación de Proyección Social en Raíces y Tuberosas. Lima – Perú.

VILCHEZ, J. 1986. El cultivo de la Maca. Copia mimeográfica, Centro de Pasco, Perú.

ANEXOS

Cuadro 1. Datos de precipitación pluvial (SENAMHI), 2008. Estación Meteorológica Patacamaya Provincia Aroma.

PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	83,1	120,9	55,6	29	0,2	26,3	0	0,4	0,9	15,8	16,7	4,1
1999	77,1	75,6	121,2	32,5	0,3	0	0	1,6	51,5	45,5	1	26,2
2000	149	59,7	78,8	0	12	18,5	0	5,6	2	35,4	10,8	81,6
2001	185	35,8	96,3	3,4	1	15,3	10,5	13,2	4,4	61,3	7,7	38,8
2002	80,6	31,8	31,8	33	0	0	7	0	2,8	25,6	27,1	77,2
2003	75,6	72,4	34	12,1	10,8	0	3	5,6	22,4	0	7,5	58,2
2004	133	79,3	15,1	12,8	0	0	23	21,6	0	4,8	16	35,7
2005	68,2	95,3	8,4	6,6	0	0	0	1,2	48,1	14,6	30,7	54,8
2006	151	77,41	28	22,8	4,5	0	0	0	25,3	20,7	41,4	36,4
2007	45,6	115,7	106,2	27,8	16,7	0	12,7	1,2	17,9	4,1	36,4	59,3

Cuadro 2. Datos de temperaturas máximas (SENAMHI), 2008. Estación Meteorológica Patacamaya Provincia Aroma.

TEMPERATURAS MÁXIMAS (°C)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	20.8	18.9	19.9	19.6	18.7	16.5	17.5	18.2	19.3	18.9	19.1	19.4
1999	17.7	15.2	14.8	16.2	17.1	15.7	15	16.4	16	15.6	18.9	18.7
2000	14.9	15.1	16.9	18.5	17.9	15.6	15.4	16.5	18.5	17	19.9	17.5
2001	15	17,01	17,5	20	19,5	19,5	19	19,5	19,5	22	22	21
2002	21,1	19,5	22	20,5	20,5	19,5	18,5	20,2	22,5	22	24	24
2003	22,5	21,5	21,8	22	20,5	20,4	21,5	23	22,4	28,5	28,2	29,8
2004	23	26,5	21	22	21,8	19,4	18,5	19,4	20	23	22,5	24,2
2005	22	20	22,3	22	21	20,1	20,6	20,5	20,3	22,2	22,4	22,5
2006	20	20,4	22,2	20,5	20	19,2	19,5	21	20	22,5	22	22,6
2007	22,5	23,1	20	21,5	20,8	21	18,5	22	18,5	23	22	22

Cuadro 3. Datos de temperaturas mínimas (SENAMHI), 2008. Estación Meteorológica Patacamaya Provincia Aroma.

TEMPERATURAS MÍNIMAS(°C)												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	6.2	5.2	4.7	1.2	-4.3	-4.4	-4.9	-3.8	-2.3	1.5	2.4	5.3
1999	5.5	5.5	5.6	2.2	-2.4	-6.3	-5	-3.3	1.6	1.8	0.7	3.1
2000	4.8	4.3	4.1	-0.1	-3.8	-5.3	-7.5	-3.7	-1.7	2.9	-0.4	3.5
2001	3	2	2	-3	-10	-12,5	-9	-7	7,4	-2,5	-2	-4
2002	1,5	2	2	-4	-7,5	-10,5	-11,5	-7,5	-6	1	-2	-1,8
2003	3	2,5	0,5	-7,2	-8,4	-12,5	-11,5	-9,01	-8,5	-6,5	-2,8	-0,9
2004	3,2	0,4	0,5	-4,8	-9,6	-11,5	-8,1	-5,2	-2,4	-7,1	-3,3	1,5
2005	3	1,5	-1	-6,9	-13,1	-11,5	-10,4	-9	-9,5	-4,5	-3	1,5
2006	0,5	0	1,3	-4,5	-11,7	-10	-12	-9,3	-9	-2,5	1	2
2007	2,6	1,3	2,5	-3	-9	-9,1	-11	0	-2,3	-5,4	-7	1

Cuadro 4. Base de datos de las variables de campo del cultivo de Maca.

Nº	FA	FB	BLO	%em25	AltPla(cm)	Nºhoj	Afo(cm ²)	Dhip(cm)	Phip(gr)	Rto(kg/m ²)	%Msec
1	FA1	Fb1	I	92,70	18.2	22	98.47	4.2	19.30	1.20	31.80
2	FA1	Fb2	I	93,55	14.7	16	91.22	3.7	17.48	1.86	33.33
3	FA1	Fb3	I	88,44	11.6	16	75.39	2.8	15.25	1.30	32.36
4	FA1	Fb4	I	88,89	5.7	12	57.35	2.0	10.98	0.95	31.87
5	FA2	Fb1	I	91,65	17.8	19	99.56	3.8	18.99	1.29	29.10
6	FA2	Fb2	I	85,41	15.9	18	85.46	3.3	16.99	1.92	27.97
7	FA2	Fb3	I	83,11	12.2	15	70.31	2.7	14.31	1.26	26.17
8	FA2	Fb4	I	87,78	6.6	13	58.89	2.5	12.98	0.97	25.23
9	FA3	Fb1	I	87,04	19.2	20	97.35	4.5	19.98	1.25	24.17
10	FA3	Fb2	I	85,41	16.2	18	89.48	3.5	17.95	1.96	26.24
11	FA3	Fb3	I	88,66	10.1	14	69.15	3.0	15.07	1.23	24.47
12	FA3	Fb4	I	88,33	5.1	11	53.46	2.4	12.66	1.02	23.27
13	FA1	Fb1	II	92,74	17.5	19	97.35	3.9	18.50	1.26	33.02
14	FA1	Fb2	II	88,96	16.6	17	88.85	3.8	18.03	1.97	34.51
15	FA1	Fb3	II	91,56	10.8	14	72.48	3.1	14.85	1.25	33.34
16	FA1	Fb4	II	86,11	5.8	12	58.42	2.7	13.17	0.99	32.21
17	FA2	Fb1	II	91,65	20.8	21	97.36	4.1	18.75	1.27	28.27
18	FA2	Fb2	II	88,28	16.9	16	89.56	3.4	17.45	1.99	27.65
19	FA2	Fb3	II	94,22	9.6	15	74.56	3.3	15.87	1.07	26.86
20	FA2	Fb4	II	90,00	5.2	10	58.72	2.1	11.89	1.06	25.65
21	FA3	Fb1	II	86,5	19.3	22	95.56	4.3	19.45	1.28	24.42
22	FA3	Fb2	II	87,17	16.7	17	91.84	3.7	18.25	1.93	24.98
23	FA3	Fb3	II	90,67	9.5	16	68.36	2.9	14.50	1.09	23.23
24	FA3	Fb4	II	88,25	5.6	11	59.45	2.7	12.77	1.03	24.52
25	FA1	Fb1	III	89,76	20.3	20	98.36	4.4	19.74	1.30	35.05
26	FA1	Fb2	III	88,96	15.3	19	94.38	3.6	17.10	1.98	31.23
27	FA1	Fb3	III	82,89	10.4	13	65.36	3.2	14.17	1.10	32.34
28	FA1	Fb4	III	85,56	6.8	12	61.36	2.3	12.74	1.08	34.82
29	FA2	Fb1	III	84,91	18.8	21	96.56	3.9	18.85	1.29	28.67
30	FA2	Fb2	III	86,85	15.2	18	90.12	3.5	16.56	1.95	23.15
31	FA2	Fb3	III	85,56	10.8	15	65.46	3.1	14.20	1.13	27.36
32	FA2	Fb4	III	88,89	5.4	13	59.56	2.6	13.00	1.09	26.15
33	FA3	Fb1	III	88,40	19.4	22	97.44	4.0	19.05	1.31	24.32
34	FA3	Fb2	III	88,60	16.8	17	93.74	3.4	16.50	1.91	25.72
35	FA3	Fb3	III	90,89	11.8	13	60.32	2.9	14.77	1.17	25.75
36	FA3	Fb4	III	87,78	5.5	12	61.44	2.5	12.44	1.14	26.67
37	FA1	Fb1	IV	87,59	18.5	23	95.35	3.8	18.05	1.32	34.36
38	FA1	Fb2	IV	92,19	16.5	18	91.26	3.3	17.75	1.95	33.96
39	FA1	Fb3	IV	94,22	8.7	14	64.75	2.5	13.95	1.15	32.76
40	FA1	Fb4	IV	91,11	5.6	11	60.54	2.2	12.25	1.00	31.87
41	FA2	Fb1	IV	89,49	19.7	21	97.46	4.3	19.20	1.34	26.05
42	FA2	Fb2	IV	90,04	15.6	17	90.75	3.8	17.90	1.86	25.07
43	FA2	Fb3	IV	89,78	10.2	15	71.25	2.8	14.50	1.19	23.98
44	FA2	Fb4	IV	82,78	5.3	11	61.54	2.3	12.75	1.04	24.07
45	FA3	Fb1	IV	90,03	19.9	22	99.32	4.4	19.55	1.33	24.18
46	FA3	Fb2	IV	86,81	15.2	18	92.46	3.7	17.15	1.65	25.16
47	FA3	Fb3	IV	91,56	9.3	13	67.54	2.8	14.88	1.17	25.97
48	FA3	Fb4	IV	86,67	4.9	12	57.32	2.2	12.07	1.02	23.89

Ref: FA: Ecotipo; FB: Densidad de siembra; BLO: Bloque; %Em25: Porcentaje de emergencia a los 25 días; Alt pla: Altura de planta; Nºhoj: Número de hojas; Afo: Área foliar; Dhip: Diámetro de hipocotilo; Phip: Peso de hipocotilo; Rto: Rendimiento de Hipocotilo fresco; %Msec: Porcentaje de materia seca.



Figura 1. Roturado de la parcela experimental



Figura 2. Muestra de suelo de la parcela experimental



Figura3. Fertilizado con estiércol de ovino a la parcela experimental



Figura 4. Desterronado y mullido de la parcela experimental



Figura 5. Nivelado de la parcela experimental



Figura 6. Demarcado de la parcela experimental



Figura 7. Deshierbe de cultivo de maca



Figura 8. Medición de altura de planta de cultivo de maca



Figura 9. Determinación de número de hojas de planta de maca



Figura 10. Determinación de área foliar de planta de maca



Figura 11. Cosecha de hypocótilos de maca



Figura 12. Cosecha de hypocótilos de maca



Figura 13. Determinación de diámetro de hipocótilo de maca



Figura 14. Ecotipos (Blanco cremoso, Morado y Amarillo) de maca