

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



TESIS DE GRADO

**RESPUESTA DE TRES ECOTIPOS DE MACA (*Lepidium meyenii*
Walp.) A CINCO NIVELES DE ESTIERCOL DE OVINO EN LA
COMUNIDAD YAMPUPATA (Provincia Manco Kapac – La Paz)**

SABINA QUISPE PAYE

LA PAZ – BOLIVIA

2007

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

RESPUESTA DE TRES ECOTIPOS DE MACA (*Lepidium meyenii* Walp.) A CINCO NIVELES DE ESTIERCOL DE OVINO EN LA COMUNIDAD YAMPUPATA (Provincia Manco Kapac – La Paz)

Tesis de Grado presentado como requisito parcial
para optar el título de Ingeniero Agrónomo

SABINA QUISPE PAYE

Tutor:

Ing. Agr. René Sullca Mamani

Asesores:

Ing. Agr. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera

Ing. Agr. René Calatayud Valdez

Comité Revisor:

Ing. Agr. M.Sc. Félix Rojas Ponce

Ing. Agr. M.Sc. Wilfredo Rojas

Ing. Agr. M.Sc. Félix Mamani Reynoso

APROBADA

PRESIDENTE:

DEDICATORIA

En especial es dedicado a mi esposo René e hijo Miguel Ángel Uriel, a mi Madre Tomaza, Padre Feliciano, hermanos (as) Amalia, Martín, Inés, Juan, Graciela y Oscar quienes me apoyaron moralmente para concluir con el trabajo de investigación.

Este trabajo de investigación es dedicado a todos los Ingenieros Agrónomos de Bolivia y a las familias del Altiplano, quienes son los directos responsables del manejo de los cultivos andinos.

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar sus agradecimientos a todas las personas e instituciones que directa e indirectamente colaboraron para la realización de la investigación y por haber proporcionado información, financiamiento y mano de obra.

- Resalto la colaboración de los asesores Ing. Agr. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera, Ing. Agr. René Calatayud Valdez, así mismo al Ing. Agr. René Sullca Mamani quien fue el tutor de la investigación.
- De la misma forma agradecer a los revisores Ing. Agr. M.Sc. Félix Rojas Ponce, Wilfredo Rojas y Félix Mamani Reynoso.
- Igualmente, van mis agradecimientos al Dr. Paul Johnston Asesor de B.Y.U. y Lic. Elizabeth García Coordinador del Instituto Benson Agricultore en Bolivia, por haber financiado económicamente el trabajo de gabinete de la mencionada investigación.
- También agradecer al Lic. M.Sc. Abner De la Cruz Gómez, por facilitar la información y semilla de maca para el experimento.
- Al mismo tiempo agradecer a mi Madre Tomaza Paye, hermanas Inés y Graciela por haber colaborado directamente en trabajo de campo y por el apoyo moral.
- Finalmente, agradecer a la Facultad de Agronomía de la UMSA por haberme permitido concluir mi estudio universitario y por formarme un profesional.

RESUMEN

El presente trabajo, se realizó en la Comunidad Yampupata del Municipio de Copacabana, Provincia Manco Kapac, La Paz, a una altitud de 4027 m.s.n.m., campaña agrícola 2003 – 2004. Con la finalidad de determinar y comparar las fases fenológicas (germinación, emergencia, primeras hojas verdaderas, macollamiento y cosecha comercial), rendimiento de hipocótilos (fresco y seco), clasificación de hipocótilos (diámetro, longitud, medianos y pequeños), como también la evaluación económica.

El ensayo experimental se instaló en la parte baja de la comunidad, propiedad de mi familia, dedica a la agricultura, realizando todas las actividades juntamente con ellos durante un año. El experimento tubo diseño de Parcelas Divididas con Bloques Completamente al Azar, teniendo como parcelas principales a tres ecotipos de maca (amarillo, morado y crema) y en las subparcelas a cinco niveles de estiércol de ovino (0.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 tn/ha), distribuidas en los cuatro bloques, 15 tratamientos, 60 unidades experimentales, con densidad de siembra 3 kg/ha y área total de 300 m².

En función a los resultados se consolida que vale la pena sembrar el ecotipo crema y amarillo debido a que se desarrollan positivamente en las condiciones de suelo y clima de la zona, el ecotipo crema bajo el efecto de 7.5 tn/ha de estiércol de ovino (a₃b₄) tuvo un rendimiento de 8055.06 kg/ha en 238 días (8 meses) desde la siembra hasta la cosecha; con índice de rentabilidad 3.75; en cambio el ecotipo morado con 0.0 tn/ha (testigo) de estiércol de ovino (a₂b₁) su rendimiento fue 4319.55 kg/ha obteniendo 1.74 índice de rentabilidad en ocho meses a la cosecha y el resto de los tratamientos fueron intermedios.

El ecotipo crema con 7.5 tn/ha estiércol de ovino, se comportó mejor a las condiciones de la comunidad (clima, suelo y manejo), el rendimiento e índice de rentabilidad fue superior al resto de los tratamientos, por tanto se recomienda implementar un plan de producción en el sector con los resultados obtenidos por la investigación.

INDICE GENERAL

I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.	3
2.2. Objetivos específicos.	3
2.3. Hipótesis.	3
III REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
3.1. Origen y distribución.....	4
3.2. Principales países productores de maca.....	4
3.3. Principales países consumidores.....	5
3.4. Importancia y sus usos.....	6
3.5. Clasificación sistemática.	9
3.6. Ecología del cultivo.	10
3.6.1. Clima.	10
3.6.2. Suelo.	10
3.6.3. Altitud.....	11
3.7. Manejo agronómico del cultivo de maca.	11
3.7.1. Preparación del terreno.	11
3.7.2. Limpieza del terreno.	11
3.7.3. Rastreado y nivelado.	11
3.7.4. Trazado de líneas.....	12
3.7.5. Densidad de siembra.....	12
3.7.6. Epoca de siembra.....	12
3.7.7. Método de siembra.....	12
3.7.8. Tapado y compactado.	13
3.8. Ecotipos.	13
3.9. Periodo vegetativo de maca.....	14
3.10. Fertilización.	14
3.10.1. Materia orgánica y estiércol.....	14

3.10.2. Importancia de los abonos orgánicos.....	16
3.10.3. Estiércol y composición.....	17
3.10.4. Experiencia en aplicación de estiércol de ovino.....	18
3.10.5. Composición.....	18
3.10.6. Fertilización en cultivo de maca.....	19
3.11. Rotación del cultivo.....	19
3.12. Labores culturales.....	20
3.12.1. Deshierbe.....	20
3.12.2. Raleo.....	20
3.12.3. Riego.....	20
3.12.4. Plagas y control.....	21
3.13. Rendimiento.....	21
3.14. Clasificación de maca.....	22
3.15. Cosecha y poscosecha.....	22
3.16. Secado.....	22
3.17. Conservación.....	22
IV MATERIALES Y METODOS	23
4.1. Localización de la investigación.....	23
4.1.1. Ubicación del Municipio de Copacabana.....	23
4.1.2. Características de Yampupata.....	24
4.2. Materiales.....	24
4.2.1. Material vegetal.....	24
4.2.2. Equipos y herramientas de campo.....	25
4.2.3. Materiales y equipos de gabinete.....	25
4.2.4. Insumos.....	25
4.3. Método.....	25
4.3.1. Procedimiento experimental.....	25
4.3.2. Diseño experimental.....	27
4.3.3. Factores en estudio.....	28

4.3.4. Croquis del experimento.....	28
4.3.5. Superficie del experimento.....	28
4.3.6. Variables de respuestas.....	31
4.3.7. Frecuencia de medición y observaciones.....	33
4.3.8. Análisis de datos.....	33
4.3.9. Tiempo de duración del experimento.....	33
V RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
5.1. Fases fenológicas.....	34
5.1.1. Días a la emergencia.....	35
5.1.2. Días a las primeras hojas verdaderas.....	36
5.1.3. Días a macollamiento.....	37
5.1.4. Días a la cosecha comercial.....	38
5.2. Rendimiento.....	38
5.2.1. Rendimiento de hipocótilos frescos.....	38
5.2.2. Rendimiento de hipocótilos secos.....	44
5.3. Clasificación.....	48
5.3.1. Diámetro de hipocótilos.....	48
5.3.2. Longitud de hipocótilos.....	51
5.3.3. Hipocótilos medianos.....	53
5.3.4. Hipocótilos pequeños.....	59
5.4. Evaluación económica.....	65
VII RECOMENDACIONES.....	71
VIII BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	72
BIBLIOTECAS CONSULTADAS.....	76
ANEXO	77

INDICE DE CUADROS

1 Principales países consumidores.....	5
2 Precios referenciales de raíces secas de maca (año 1998).....	5
3 Análisis bromatológico comparativo.....	7
4 Aminoácidos y ácidos grasos que contiene la maca.....	8
5 Fase fenológica del cultivo de maca.....	10
6 Ecotipos mas apreciados por los consumidores.....	13
7 Contenido de elementos nutritivos en diferentes tipos de estiércol de corral...	19
8 Croquis de las unidades experimentales.....	30
9 Variables de respuestas.....	31
10 Fases fenológicas en tres ecotipos de maca.....	35
11 Fases fenológicas de maca en cinco niveles de estiércol de ovino.....	36
12 Comparación de medias del rendimiento de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca y cinco niveles de estiércol de ovino.....	39
13 Análisis de varianza para rendimiento de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.....	40
14 Duncan para rendimiento de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca....	41
15 Duncan para rendimiento de hipocótilos frescos de maca en los cinco niveles de estiércol de ovino.....	42
16 Comparación de medias del rendimiento de hipocótilos secos en tres ecotipos de maca y cinco niveles de estiércol de ovino.....	44
17 Análisis de varianza para rendimiento de hipocótilos secos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.....	45
18 Duncan para rendimiento de hipocótilos secos en tres ecotipos de maca.....	46
19 Duncan para rendimiento de hipocótilos secos de maca en cinco niveles de estiércol de ovino.....	47
20 Comparación de medias del diámetro de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca y cinco niveles de estiércol de ovino.....	48

21	Análisis de varianza para diámetro de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.....	49
22	Duncan para diámetro de hipocótilos frescos en niveles de estiércol de ovino	50
23	Comparación de medias de longitud de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.....	51
24	Análisis de varianza para longitud de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.....	52
25	Comparación de peso fresco de hipocótilos medianos en tres ecotipos de maca y cinco niveles de estiércol de ovino.....	53
26	Análisis de varianza para peso fresco de hipocótilos medianos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.....	55
27	Duncan para peso fresco de hipocótilos medianos en ecotipos de maca....	55
28	Duncan para peso fresco de hipocótilos medianos en cinco niveles de estiércol de ovino.....	56
29	Análisis de efecto simple para peso fresco de hipocótilos medianos.....	58
30	Comparación de peso fresco de hipocótilos pequeños en tres ecotipos de maca y cinco niveles de estiércol de ovino.....	59
31	Análisis de varianza para peso fresco de hipocótilos pequeños en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.....	61
32	Duncan para peso fresco de hipocótilos pequeños en ecotipos de maca..	61
33	Duncan para peso fresco de hipocótilos pequeños en cinco niveles de estiércol de ovino.....	62
34	Análisis de efecto simple para peso fresco de hipocótilos pequeños.....	63
35	Comparación de costos de producción para cultivo de maca (\$us/ha/año), en tratamientos	66
36	Ingreso por la venta de maca por tamaño (mediano y pequeño) en tratamientos	67
37	Estado económico de pérdidas, ganancias y utilidades (\$us/ha/año) en tratamientos mayor y menor rendimiento.....	68

INDICE DE FIGURAS

1	Ciclo biológico y manejo agronómico del cultivo de maca.....	15
2	Unidad experimental y ubicaciones de los surcos.....	30
3	Fases fenológicas en tres ecotipos de maca.....	39
4	Fases fenológicas de maca en cinco niveles de estiércol de ovino.....	37
5	Promedio para rendimiento de hipocótilos frescos en cinco ecotipos.....	41
6	Promedio para rendimiento de hipocótilos frescos de maca en cinco niveles de estiércol de ovino.....	43
7	Promedio para rendimiento de hipocótilos secos en tres ecotipos.....	46
8	Promedio para rendimiento de hipocótilos secos de maca en cinco niveles de estiércol de ovino.....	47
9	Promedio de diámetro de hipocótilos en niveles de estiércol de ovino.....	50
10	Longitud de hipocótilos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.....	52
11	Promedio de peso fresco de hipocótilos medianos en ecotipos de maca	56
12	Promedio de peso fresco de hipocótilos medianos de maca en cinco niveles de estiércol de ovino.....	57
13	Efecto de la concentración de estiércol de ovino (tn/ha) en peso fresco de hipocótilos medianos.....	58
14	Peso fresco de hipocótilos pequeños en niveles de estiércol de ovino.....	60
15	Promedio para peso fresco de hipocótilos pequeños en ecotipos de maca....	62
16	Promedio peso fresco de hipocótilos pequeños en diferentes niveles de estiércol de ovino	63
17	Efecto de concentración del estiércol de ovino (tn/ha) en peso fresco de hipocótilos pequeños	64
18	Estado económico de perdidas, ganancias y utilidades (\$us/ha/año) en tratamientos con mayor y menor rendimiento.....	65
19	Relación beneficio costo para cultivo de maca en tratamientos con mayor y menor rendimiento.....	68

INDICE FOTOGRAFIAS

1 Ubicación de la parcela experimental.....	26
2 Distribución de siembra de los tratamientos.....	31
3 Fases fenológicas de maca en la primera etapa del cultivo.....	34
4 Rendimiento de hipocótilos frescos del ecotipo crema, después de la cosecha.....	39
5 Clasificación de hipocótilos de maca, por categoría según su diámetro (cm)..	53

INDICE DE ANEXO

1	Ubicación geográfica de la Comunidad Yampupata	77
2	Análisis químico de suelo del ensayo experimental.....	78
3	Análisis físico de suelo del ensayo experimental.....	78
4	Cationes cambio (meq./100 gr de suelo) del ensayo experimental.....	79
5	Datos del campo en rendimiento fresco de hipocótilos (gr/trat.).....	79
6	Comportamiento de la temperatura y precipitación.....	80
7	Datos del campo en rendimiento seco de hipocótilos (gr/trat.).....	81

I INTRODUCCION

Desde tiempos antiguos la maca *Lepidium meyenii* Walp. fue utilizada por los incas como alimento, para obtener energía y fortaleza física, actualmente la Comunidad Científica Internacional sigue estudiando sus virtudes. El cultivo de maca es conocido con los siguientes nombres comunes “maca, macamaca, maino” y otras según la zona o país.

En décadas de los 80, la ONU y FAO han declarado a la maca como especie en peligro de extinción, actualmente las regiones de Junín, Puno, Huancayo y Huancavelica del Perú se constituye como principal productor de maca; seguida por Bolivia, Ecuador, Colombia y Chile. En Bolivia se cultiva en altiplano Norte y Centro de La Paz, debido a que las zonas poseen todas las condiciones para su cultivo (UNAN - CINTDES¹, 2002).

La población boliviana, hoy en día se caracteriza por ser grandes consumidores de productos orgánicos que dejan beneficios a la salud del consumidor, por lo que constituyen mercados potenciales como La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y otras capitales de los departamentos dentro del ámbito nacional.

Los cultivos tradicionales del altiplano como: papa, quinua y otros tubérculos son de autoconsumo de la familia, lo excedente es comercializado en el mercado local, en donde los agricultores reciben bajos ingresos económicos por la constante fluctuación de precio, la falta de mercado seguro, manejo de los cultivos y sistemas de labranzas, factores bióticos y abióticos, situación que les lleva a los agricultores a que no tengan un mejor nivel de vida.

Sin embargo los agricultores del altiplano norte buscan alternativas en la diversificación de sus cultivos; es así que al cultivo de maca se considera como una opción por su gran potencial agrícola, agroindustrial, medicinal, por el precio en el

¹ Unidad de Análisis de Estudios y Proyectos Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas para el Desarrollo Económico y Social

mercado; en la nutrición es considerado como un especie reconstituyente afrodisíaco, vigorizante, estimulante de la fecundidad humana y animal.

La maca se adaptada a las condiciones extremas de altitud y de clima, tolerando las heladas, granizadas y sequías; esto nos indica que en el altiplano norte, existen grandes extensiones de tierras aptas para este cultivo, previo a un estudio de zonificación.

Cultivar en grandes extensiones, para los agricultores el factor limitante es: el alto costo de la semilla, no existen en Bolivia productores de semilla de maca, otros factores son la falta de investigación en sistemas de siembra, densidad, fertilización, sistemas de riego, cosecha, poscosecha y un manejo agronómico adecuado, pero si se realizo proyectos para su producción y exportación caso de UNAN-CINTDES, SAMA² y otros.

La finalidad del presente trabajo es aportar a la investigación con los ecotipos amarillo, morado y crema de maca bajo el efecto de 0.0, 2.5, 5.0, 7.5 10.0 tn/ha de estiércol de ovino. Para esta investigación se toma en cuenta la fase vegetativa, desde la emergencia de semilla hasta la cosecha de los hipocótilos comerciales, el cual comprende de cuatro etapas: descripción de las fases fenológicas, comparación de rendimientos de los hipocótilos (fresco y seco), clasificación de los hipocótilos (tamaño y categoría) y análisis de costos parciales (relación beneficio costo).

Al describir las fases fenológicas como primera aproximación se tiene la fase de germinación, emergencia, primeras hojas verdaderas, macollamiento y cosecha comercial. Los rendimientos 8055.06 y 7857.50 tn/ha de hipocótilo fresco, nos indica que las condiciones de suelo y clima del altiplano norte son favorables para su cultivo, además, la relación beneficio de 3.75 demuestra alta rentabilidad del cultivo por los precios atractivos en el mercado nacional.

² Asociación Privada Salud Agro & Medio Ambiente

II OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.

Investigar la respuesta de ecotipos amarillo, morado y crema de maca utilizando cinco niveles de estiércol de ovino (0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 tn/ha), para evaluar la productividad en la Comunidad Yampupata Provincia Manco Kapac del Departamento de La Paz.

2.2. Objetivos específicos.

- ✓ Describir las fases fenológicas de los ecotipos de maca.
- ✓ Comparar rendimientos en los tres ecotipos de maca bajo el efecto de cinco niveles de estiércol de ovino.
- ✓ Clasificar y comparar los hipocótilos de maca bajo el efecto de cinco niveles de estiércol de ovino.
- ✓ Realizar análisis de costos parciales para los tratamientos en estudio.

2.3. Hipótesis.

- ✓ Las fases fenológicas de los tres ecotipos de maca son similares.
- ✓ Los rendimientos en los tres ecotipos de maca bajo el efecto de cinco niveles de estiércol de ovino son diferentes.
- ✓ La clasificación de hipocótilos para los tres ecotipos de maca bajo el efecto de cinco niveles de estiércol de ovino no es similar.
- ✓ El análisis de costos parciales para los tratamientos en estudio son diferentes.

III REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1. Origen y distribución.

La maca es originario de los andes de Perú y Bolivia; que en ambos participaron en la alimentación de las poblaciones aborígenes antes de la Colonia; los españoles prohibieron su cultivo, de ahí la maca se refugia con vida silvestre en Los Andes de Bolivia (Alfaro y Llica, 2001).

Durante la época incaica domesticaron a la “Maca” y cultivaron en grandes extensiones, donde se dedicaron mayormente al cultivo en la zona alto andina (Gómez, 2000). La maca en el Imperio Incaico, se constituyó en alimento de nobles y servía de ofrenda para los Dioses, era un cultivo muy importante probablemente fue sembrada en mayores extensiones, que las que existen en la actualidad (Alfaro y Llica, 2001).

El mismo autor menciona que es originario de las cordilleras de los Andes, donde la altitud juega un rol en la determinación de los diversos tipos de climas; de acuerdo con el gradiente térmico positivo. El cultivo de maca por su adaptación y soportabilidad a condiciones de suelos y climas adversas, como frecuentes temperaturas bajas y granizadas, vientos fuertes, sequías prolongadas se considera planta típico de su origen (Sullca, 2003).

3.2. Principales países productores de maca.

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 países productores de maca como: Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y Chile; de la producción total la mayor parte son exportados con valor agregado (Sullca, 2003). A nivel nacional se produce en los Departamentos La Paz, Oruro, Potosí y Tarija; en La Paz cultivan las provincias de Camacho, Gualberto Villarroel, Loayza, Aroma e Ingavi (SAMA, 2003).

3.3. Principales países consumidores.

La comercialización y exportación de la maca hoy en día ha despertado mucho interés y es potencial económico positivo; los principales países consumidores son: Estados Unidos, Japón, España, Canadá, Francia, Alemania como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principales países consumidores.

Países	Cantidad (kg)
Estados Unidos	38000
Japón	15000
Italia	5800
Portugal	2900
España	1200
Alemania	900

Fuente: Alfaro y Llica (2001).

En mercado nacional el precio de maca fresca fluctúa entre 1.0 a 1.5 \$us/kg y en el mercado internacional 3.0 a 5.0 \$us/kg de materia seca, como en los países de Norteamérica, Europa y Asia; el cuadro 2 nos muestra algunos precios referenciales; la población boliviana, hoy en día se caracteriza por ser grandes consumidores de productos orgánicos que dejan beneficios en la salud del consumidor, por lo que constituyen mercados potenciales como La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y otros Departamentos del país (SAMA, 2003).

Cuadro 2. Precios referenciales de raíces secas de maca (año 1998).

Países	Mes	\$us/kg
Canadá	Abril	7.000
España	Febrero	7.800
EE.UU.	Enero	5.530
Japón	Octubre	7.750
Promedio		7.040

Fuente: Alfaro y Llica (2001); SAMA (2003).

3.4. Importancia y sus usos.

El cultivo de 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 cultivo de papa, donde el precio de papa en tiempo de cosecha, varía de 5 a 8 Bs/arroba, en cambio arroba de maca fluctúa entre Bs 75 a 100, por lo que recomienda cultivar maca; para los productores es rentable el cultivo de maca en estado seco, por el precio que varía de 1.0 a 1.5 \$us/kg, considerando que el rendimiento mínimo puede ser de 3.000 kg/ha de hipocótilo seco (UNAN-CINTDES, 2002).

Perú es el principal exportador de maca en sus presentaciones medicinales en forma de pastillas y cápsulas de hierro (Rea, 1997 y Tapia, 1997). La maca ofrece un potencial desarrollo agrícola, agroindustrial, económica y social de las zonas rurales andinas, por lo que puede ser industrializada como harina de maca instantáneo, almidón, licores, néctar, mermeladas, cápsulas, extractos concentrados y otros derivados (Sandoval y Giurfa, 2000).

La importancia económica radica por las siguientes propiedades: combate la impotencia y apatía sexual, antiestrés, antidepresivo, combate la fatiga y el síndrome de fatiga crónica aumentando la concentración, mejora el metabolismo estimulando el sistema nervioso central, así mismo aumenta la resistencia y vigor físico, fortalece el sistema inmunológico, combate la pérdida de memoria, prolonga la vida del ser humano por muchos años (Tito y Chávez, 2002).

La comparación bromatológico de maca con quinua, tarwi, trigo, frutas y hortalizas muestra superioridad en proteínas, minerales (Ca, P, y Fe), vitaminas, aminoácidos, ver cuadro 3 (Sullca, 2003); al comparar el contenido de macro, micronutrientes de maca con los alimentos comunes de origen vegetal y animal consumidos usualmente son superiores (Tito y Chávez, 2002).

Cuadro 3. Análisis bromatológico comparativo.

Composición	Maca	Quinua	Tarwi	Trigo	Frutas	Hortalizas
Calorías (kcal)	370.00	363.00	277.00	330.00	-	-
Proteínas (gr)	18.10	14.00	40.00	10.60	0.77	0.96
Carbohidratos	65.00	62.28	15.30	68.50	7.22	5.30
Humedad (gr)	8.96	12.20	30.30	9.30	69.81	77.80
Grasa (gr)	7.50	6.20	15.50	10.20	0.18	0.19
Fibra (gr)	6.55	5.70	2.20	2.70	1.37	1.10
Cenizas (gr)	5.00	2.60	1.50	-	-	-
Calcio (mg)	465.0	85.00	54.00	100.00	19.17	24.26
Fósforo (mg)	186.90	155.00	626.00	321.0	21.18	27.43
Hierro (mg)	36.70	4.20	2.30	2.50	0.50	0.64
Tiamina B1 (mg)	0.20	0.20	0.60	-	-	-
Niacina (mg)	0.91	-	210.00	-	-	-
Riboflavina (mg)	0.19	0.39	0.44	-	-	-
Vitamina C (mg)	-	2050	4.60	-	13.89	11.46
Vitamina B1(mg)	1.29	-	-	-	0.04	0.04
Vitamina B2 (mg)	0.60	-	-	-	0.05	0.04

Fuente: UMSS-Cochabamba, citado por Sullca (2003); Tito y Chávez (2002).

Es impresionante la cantidad y calidad de aminoácidos, ácidos grasos (Cuadro 4) y esteroides que contiene la maca; posee 7 de los 9 aminoácidos esenciales, que el organismo humano no sintetiza y que deben ser administrados en la dieta diaria. Incluye 2 de los 3 ácidos grasos esenciales, más del doble de hierro que contiene la lenteja y dos veces más que el calcio de la leche (ANDINA REAL EXPORTER 2002).

Cuadro 4. Aminoácidos y ácidos grasos que contiene la maca.

Aminoácidos	Mg x gr	Acidos grasos	mg x gr
Ácido Aspártico	91.7	11-Nonadecenoico	1.3
Ácido Glutámico	156.5	15-eicosenoico	2.3
Alanina	50.4	7-pentadecenoico	0.5
Arginina	21.9	9-heptadecenoico	1.5
Cisteina	63.3	Araquídico	1.6
Fenilalanina	33.1	Behénico	2.0
Glicina	----	Esteárico	6.7
Histidina	63.1	Heptadecanoico	1.8
HO Prolina	99.4	Láurico	0.8
Isoleucina	30.6	Lignocérico	0.4
Leucina	55.3	Linoleico	32.6
Lisina	79.3	Mirístico	1.4
Metionina	28.0	Nervónico	0.4
Prolina	47.4	Nonadecanoico	0.4
Sarcosina	91.0	Oléico	11.1
Serina	54.5	Palmítico	23.8
Tirosina	----	Palmitoleico	2.7
Treonina	26.0	Pentadecanoico	1.1
Triptófano	0.5	Tridecanoico	0.1
Valina	0.7	Tridecenoico	0.3

Fuente: ANDINA REAL EXPORTER (2002).

Además, el mismo autor indica que la maca contiene las siguientes esteroides: brasicasterol, ergosterol, ergostadienol, campesterol, sitosterol, y estigmasterol.

3.5. Clasificación sistemática.

La maca presenta la siguiente clasificación taxonómica:

División:	Fanerógamas
Clase:	Dicotiledónea
Orden:	Rohedales
Familia:	Cruciferae
Género:	<i>Lepidium</i>
Nombre científico:	<i>Lepidium meyenii</i> Walp
Nombre común:	Maca y macamaca

(Engler y Prantl, 1993 citada por Sandoval y Guirfa, 2000).

3.5.1. Descripción botánica.

La planta de maca crece en forma arrosetada y postrada sobre el suelo, esta es una característica para que la maca pueda prosperar bajo condiciones de clima extremo que se da en el altiplano mayor a 4000 m.s.n.m. (INADE, 1999).

Las **hojas** son pinnatificadas y caulinares algo reducidas, alternas, esparcidas; la base presenta el limbo doblemente partido y las intermedias pinnatipartidas y las apicales ligeramente partidas. **Flores**, con sépalos de 1.2 a 1.4 mm de color verde claro y blanco en los bordes, pétalos blancos de 1.4 a 1.6 mm de largo, **fruto** silícula y dehiscente (Mario Tapia, 1997).

Es una **planta herbácea**, perenne, bianual, de 12 a 20 cm de alto, tiene **follaje** en roseta y una **raíz** engrosada (Huguet, 1995). Los **tallos** son cortos y decumbentes, las **hojas** pinnatipartidas, renovándose continuamente desde el centro de la roseta, las **flores** están dispuestas en racimos y los **frutos** en silículas; la semilla es de tamaño pequeño similar a la semilla de nabo, apio y otros. La **raíz** de maca es conocida como hipocótilo, es tuberosa, de forma globosa, redondeada, el color de los hipocótilos varía de acuerdo a ecotipos (Tapia 1997).

3.5.2. Fase fenológica del cultivo de maca.

La maca es una planta de periodo vegetativo bianual, su ciclo vital es de 8 a 13 meses y presenta la siguientes fases fenológicas como se observan en cuadro 5 (Aliaga, 1999 citada por Gómez, 2000).

Cuadro 5. Fases fenológicas del cultivo de maca.

Fase vegetativo (hipocótilo)	Fase reproductivo (semilla)
1. Germinación	1. Rebrote de hipocótilos
2. Emergencia	2. Floración
3. Primeras hojas verdaderas	3. Fructificación
4. Macollamiento	4. Madurez fisiológica de la semilla
5. Madurez fisiológica de hipocótilos	

Fuente: Gómez (2000).

3.6. Ecología del cultivo.

3.6.1. Clima.

La maca como cultivo se desarrolla en zonas de climas fríos, a temperatura media de 7 °C, máxima 15 °C y mínima -9 °C; precipitaciones de 500 - 900 mm/año con promedios de 625 mm en la fase de crecimiento vegetativo (Gómez, 2000 y Tapia, 1997). El cultivo de maca requiere fotoperiodos cortos, es decir 13 horas luz, con una precipitación de 900 a 1000 mm/año y una temperatura mínima de -8 °C (Chakurunas Trading S.R.L., 2002).

3.6.2. Suelo.

La maca requiere suelos profundos, sueltos con buen drenaje, ricos en materia orgánica, medianamente húmedos y una pendiente de 1 – 20 %; la textura requerida es franco, franco arcilloso y franco limoso; con un pH neutro (7.0), pudiendo soportar un pH ligeramente ácido y alcalino (Alfaro y Llica, 2001).

El cultivo de maca es susceptible a encharcamiento, suelos arcillosos en estos casos el hipocótilo se deforma o presenta alargamiento de la raíz, además, el periodo

vegetativo se alarga (Sandoval y Giurfa, 2000). Se desarrolla en suelos con un pH ligeramente ácido a neutro de 5.5 a 7 (Chakurunas Trading S.R.L., 2002).

3.6.3. Altitud.

El cultivo de maca prospera satisfactoriamente en altitudes de 3800 a 4500 m.s.n.m. (Chakurunas Trading S.R.L., 2002); a sí mismo se adapta muy bien en altitudes desde 3325 m.s.n.m. cultivadas en estas alturas el contenido de nutrientes son bajos (Alfaro y Llica, 2001).

3.7. Manejo agronómico del cultivo de maca.

3.7.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno debe efectuarse inmediatamente después de la cosecha del cultivo anterior y en los meses de abril y mayo, pasando la época de lluvia, en caso de terrenos descansados, aprovechar la humedad existente en el suelo para facilitar y mejorar la aradura; dejando el terreno volteado, que permite la incorporación de malas hierbas, rastrojos y otros residuos orgánicos (Alfaro y Llica, 2001).

Esta demostrado si al germinar las plántulas encuentran suelo compacto y terrones grandes y seco, estas se debilitan y mueren antes de emerger, ya que durante los primeros días de germinación se alimenta de las reservas que tiene la semilla (Sullca, 2003).

3.7.2. Limpieza del terreno.

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

3.7.3. Rastreado y nivelado.

La roturación y rastreado consiste en mullir bien los terrenos empleando rastra de disco, en forma manual con herramientas tradicionales, durante los meses de

septiembre y 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 nivelación del terreno coadyuva a la germinación, emergencia uniforme y consecuentemente un mejor establecimiento del cultivo (INADE, 1999).

3.7.4. Trazado de líneas.

Consiste en trazar franjas de 1 a 1.5 m de ancho que tiene por finalidad de facilitar una distribución homogénea de semilla durante la siembra (Alfaro y Llica, 2001). Se recomienda trazar líneas de referencia en melgas o camellones para una adecuada distribución de las semillas (Sullca, 2003).

3.7.5. Densidad de siembra.

Para la densidad de siembra de maca se toma en cuenta la calidad de semilla; para tal fin se recomienda utilizar de 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 cantidad de semilla por hectárea es de 15 kg/ha con todas las impurezas y de 3.5 a 4 kg/ha semilla pura (Sandoval y Giurfa, 2000). Y la densidad de plantines es aproximadamente 20 a 25 plantas/m² (SAMA, 2003).

3.7.6. Epoca de siembra.

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

3.7.7. Método de siembra.

La distribución de semilla de maca se realiza al voleo, derramando uniformemente y de preferencia por las mañanas cuando no hay presencia de viento; es necesario mezclar la semilla botánica con arena o tierra seca, en una proporción de 1:5; es decir una parte de semilla y cinco partes de tierra, de esta manera asegurar una distribución uniforme (Alfaro y Llica, 2001).

La siembra se realiza al voleo, cuando el área a sembrar es bastante grande; cuando se realiza trabajos de investigación la siembra debe ser en líneas distanciadas de 10 a 15 cm entre plantas y 15 a 30 cm entre los surcos, para evitar la competencia por nutriente, agua entre plantas y además, facilita el manejo para toma de datos (INADE, 1999).

3.7.8. 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 sobre el área sembrada, también se puede utilizar ramas de arbustos, rastrillos y otros (Sullca, 2003).

3.8. Ecotipos.

Actualmente no se puede hablar de variedades si no de ecotipos, esto se define claramente por su coloración: amarillo, blanco cremoso, rojo, morado, negro, plomo, rojo con blanco y rojo con amarillo; de todos estos ecotipos las de color amarillo, cremoso y morado son los más apreciados en el mercado, siendo el plomo el menos aceptado, debido a su dificultad en el proceso de cocción ver cuadro 6 (Andina Real Exporter, 2002).

Cuadro 6. Ecotipos mas apreciados por los consumidores.

Ecotipos	Color de la pulpa	Pigmentación	Sabor
Amarillo	Amarillo claro	No tiene	Agradable Ligeramente dulce
Morado	Amarillo claro	Contenido de antocianina en eje de la planta	Agradable ligeramente dulce
Crema	Crema	No tiene	Agradable ligeramente dulce

Fuente: Andina Real Exporter (2002).

3.9. Periodo vegetativo de maca.

El cultivo de maca comprende de dos ciclos o periodos, que generalmente varía de acuerdo al ecotipo, manejo y región ver figura 1 (Sullca, 2003):

a) Ciclo vegetativo comprende desde la siembra hasta que los hipocótilos estén bien formados, periodo que varia de 6 a 9 meses de cultivo.

b) Ciclo reproductivo, que comprende desde el trasplante de hipocótilo hasta la presencia de la semilla botánica, que varia de 5 a 6 meses.

La duración del ciclo vegetativo o producción de hipocótilos es de 6 a 8 meses, generalmente desde octubre hasta mayo (Alfaro y Llica, 2001).

3.10. Fertilización.

La producción y el rendimiento de maca dependen de la fertilidad del suelo, que puede ser natural o mediante la incorporación de fertilizantes químicos; así mismo facilita el manejo del cultivo; el grado de fertilidad determina la productividad del suelo, esta cualidad tiene relación con la disponibilidad y la capacidad de retención de nutrientes y agua en el suelo (Solís, 1999).

3.10.1. Materia orgánica y estiércol.

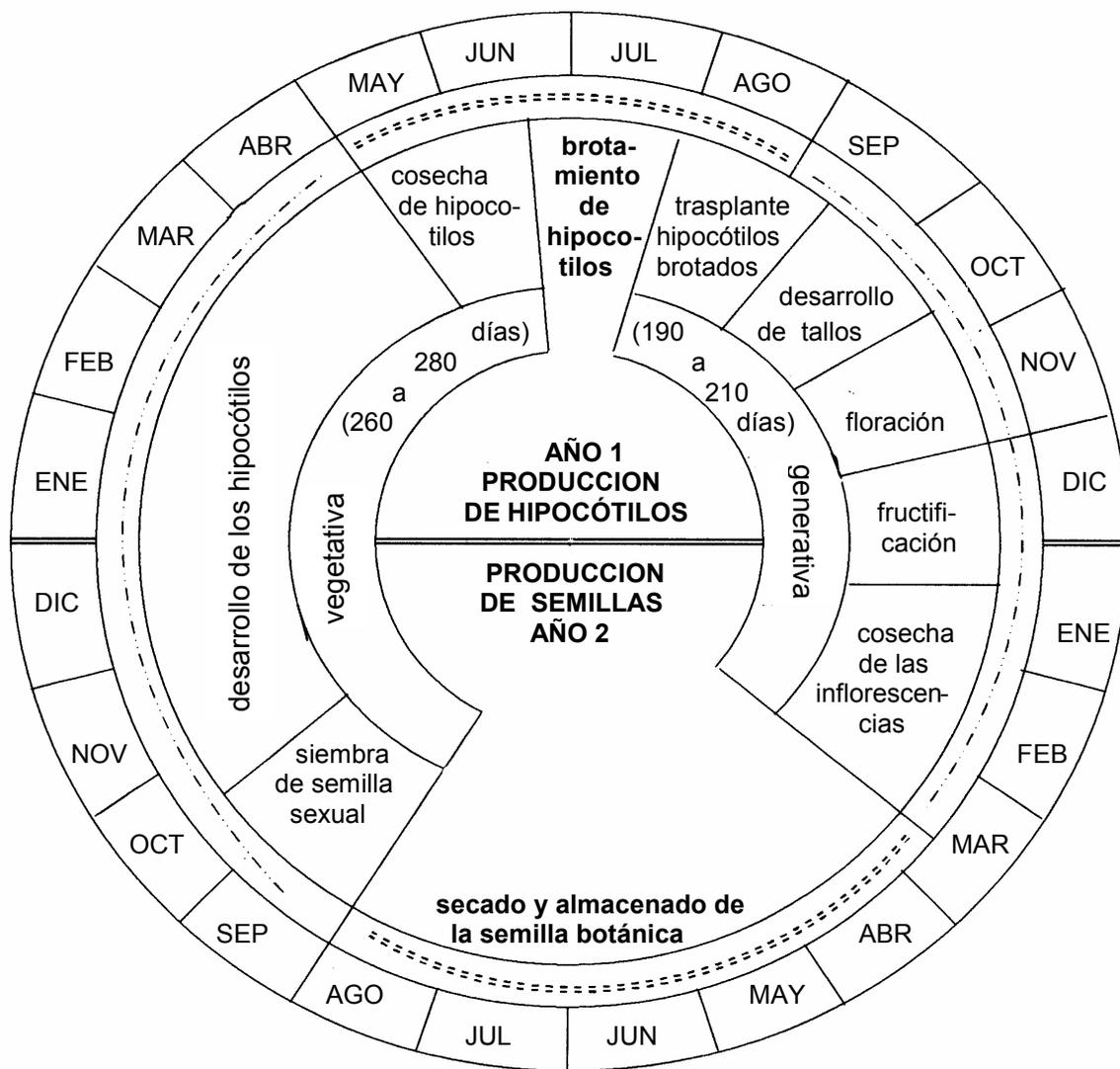
La materia orgánica presente en el suelo proviene de dos fuentes (INADE³, 1999):

a) Fuentes primarias, en primer lugar tenemos a las plantas mediante la incorporación natural de su sistema radicular (leguminosas), incorporación manual de residuos de cosechas, incorporación de abonos verdes; en segundo lugar tenemos a los organismos vivos y muertos que se encuentran en el suelo.

b) Fuentes secundarias, son de origen animal entre estos tenemos el compost, guano de las islas y estiércol procedentes de diferentes animales.

El mismo autor, además, indica la influencia de la materia orgánica sobre las propiedades del suelo:

³ Investigación sobre maca en el altiplano de Puno.



Epoca con precipitación
 Epoca sin precipitación

Figura 1. Ciclo biológico y manejo agronómico del cultivo de maca

1) Propiedades físicas:

- Mejora la estructura del suelo.
- En la densidad aparente, especialmente en suelos de textura fina haciéndola decrecer por el esponjamiento que este material ocasiona.
- En la densidad real, debida a que esta es muy baja con respecto a los minerales.
- Mejoramiento de la permeabilidad de los suelos.
- Mejora la capacidad de retención de agua.
- Incrementa la temperatura del suelo, capta y retiene mayor cantidad de radiación.
- Reducción de perdidas del material fino por erosión.
- Se reduce cohesión y plasticidad.

2) Propiedades químicas:

- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Fuente de nitrógeno natural, además de contener fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio y microelementos, son liberados a pH bruscas del suelo.
- Con la capacidad de tampón del suelo, evita variaciones bruscas en pH del suelo.
- En la producción de CO_2 al descomponerse para formar con el agua H_2CO_3 que es de gran importancia en los procesos de formación del suelo.

3) Procesos biológicos:

- Mejora la actividad microbiana.
- La acción estimulante en el crecimiento de las plantas, es mejor debido a la acción de los ácidos húmicos sobre diversos procesos metabólicos, en especial sobre la nutrición mineral.

3.10.2. Importancia de los abonos orgánicos.

Los suelos de Bolivia se caracterizan por presentar bajos niveles de materia orgánica. Los abonos orgánicos, estiércol de bovino y ovino incrementa el

rendimiento de los cultivos, mejorando la estructura, capacidad de retención de humedad, actividad microbiana, etc. de los suelos (Herbas, 1990). La materia orgánica es producido por la predescomposición de toda fuente primaria, secundaria que incluye la materia orgánica no humificada, formada por la biomasa vegetal y animal (Chilón, 1996).

Los abonos orgánicos ayudan a modificar las condiciones físicas del suelo al mejorar la capacidad de retención del agua, la aireación, el drenaje, la friabilidad, también proporciona la energía necesaria para el aumento de la actividad microbiana, protege a los cultivos de sales minerales y sustancias tóxicas por tener alta capacidad de adsorción que ejerce como “amortiguador” (Lampkin, 1998).

En tierras compactas y pobres en materia orgánica, se deben incorporar 3 - 4 kg/m² y 1 – 2 kg/m² en terrenos de mediana fertilidad, en ambos casos se recomienda la incorporación ocho meses antes de la siembra (Guereca, 1993). La disminución de la densidad aparente del abono es de suma importancia para el suelo, permitiendo condiciones físicas favorables y benéficos para la planta, como en suelos de altiplano que presentan bajo contenido de materia orgánica (Velásquez, 1995).

3.10.3. Estiércol y composición.

El estiércol debe considerarse primeramente como abono nitrogenado y en un nivel menor como abono potásico; las pérdidas de nutrientes en el estiércol ocurre cuando se deja secar en la superficie del suelo después de ser esparcido y antes de ser labrado, el 25 % de nitrógeno puede perderse por volatilización por día y 50 % en cuatro días (Tisdale et al, 1991).

El estiércol contiene nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y probablemente todos los oligoelementos; por lo tanto, el valor del estiércol es tan importante en suelos arenosos; el mantenimiento de materia orgánica y nitrógeno es un factor vital para la producción y propiedades físicas, químicas del suelo, también se considera como fertilizante nitrogenado en menor grado (Buckman et al., 1977).

3.10.4. Experiencia en aplicación de estiércol de ovino.

En la zona andina de Cochabamba con la aplicación de 13 tn/ha de estiércol de ovino, en cinco ensayos obtuvieron rendimientos mayores a 18.7 tn/ha (Augstburger, 1989). La aplicación de 10 a 20 tn/ha de estiércol de ovino a condiciones de Altiplano es altamente significativo, en cuatro clones de oca, especialmente para las categorías primera y segunda; por lo tanto, se indica que el estiércol de ovino tiene un efecto positivo sobre el rendimiento (Viza, 1980 citada por Callizaya 1998). La aplicación de estiércol de ovino con niveles apropiados incrementa tubérculos de papa y mejora las propiedades físicas-químicas del suelo (Bravo, 1995).

3.10.5. Composición.

Comparado 1000 kg de estiércol descompuesta, corresponden a 100 kg de humus, según su contenido de paja, puede tener sólo de 40 a 80 kg (Cros, 1981). Así mismo el estiércol debe considerarse primeramente como abono nitrogenado y en niveles menores como un abono potásico (Tisdale et al., 1991). El contenido de elementos nutritivos en abonos orgánicos varía de un lugar a otro y depende de la calidad del forraje que consumen los animales ver cuadro 7 (Augstburger, 1989).

El estiércol fresco de ovino contienen nitrógeno total (N) 2.0 %, anhídrido fosfórico total (P₂O₅) 1.5 % y potasio total (K₂O) 3.0 %, estas cifras son aproximadas (Jacob y Von Uexkiill, 1973 citada por Paja, 2000). El estiércol líquido de ovino contienen 8 % de sustancia orgánica, 1.6 % de nitrógeno (N), 0.1 % de anhídrido fosfórico (P₂O₅) y 2.3 % de potasio (K₂O); en cambio el estiércol de ovino sólido tiene una composición química de 3.0 % de sustancia orgánica, 0.6 % de nitrógeno (N), 0.4 % de anhídrido fosfórico (P₂O₅) y 0.3 % de potasio (K₂O) (Suquilanda, 1995).

Cuadro 7. Contenido de nutrientes en diferentes tipos de estiércoles de corral.

Tipos de estiércol	Nutrientes en % calculados al 100 % de M.S.							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	M. O.	pH	M S Real
Bovino	1.93	1.51	1.35	1.49	0.91	75.0	8.8	87.2
Ovino sin camada	1.73	1.23	1.52	1.10	0.50	68.8	7.8	92.8
Porcino	1.79	2.17	2.10	0.91	0.32	60.1	7.3	92.6
Caballo	1.38	1.69	1.66	0.33	0.27	91.7	7.1	92.9
Llama	1.53	0.89	1.28	0.99	0.30	86.4	7.9	92.3
Conejo de castilla	1.58	1.70	0.62	0.58	0.37	95.8	7.0	88.3
Cuy	2.49	1.92	1.81	1.09	0.22	86.3	6.7	93.3
Compost de vegetales	0.85	1.10	1.33	2.02	0.71	26.2	8.2	76.9
Mezcla típica de estiércol	1.52	1.23	1.03	1.00	0.45	50.0	8.0	92.6

Fuente: Augstburger (1989).

3.10.6. Fertilización en 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, por tanto se recomienda abonar con estiércol de ovino 4 a 5 tn/ha (Chakarunas Trading, S.R.L., 2002). Al incorporar estiércol de ovino, 3 a 5 tn/ha y 60-60-60 NPK respondieron muy bien al rendimiento en cultivo de maca (Tapia, 1997). La incorporación del estiércol bien descompuesto, se efectúa manualmente antes del rastreado los meses de septiembre a octubre, aplicando 5 a 10 tn/ha, de estiércol de ovino y vacuno en zonas con baja materia orgánica (Alfaro y Llica, 2001).

3.11. Rotación del cultivo.

Recomienda la siguiente rotación maca - quinua - cebada - haba - tarwi – maca, con este proceso se evita la esquilmación de nutrientes, además, se previene la ploriferación de enfermedades, insectos, malezas y otros microorganismos no benéficos (Sullca, 2003).

3.12. Labores culturales.

3.12.1. 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 emergida las plantas se deben eliminar cuidadosamente las malezas, esta generalmente se realiza hasta dos o más oportunidades (Tito y Chávez, 2002).

3.12.2. Raleo.

Esta labor se realiza cuando hay mayor densidad de plantines, así permitir mejor desarrollo de las raíces. Debiendo efectuarse conjuntamente con el deshierbe o después de un mes del deshierbe (Tito y Chávez, 2002). El raleo se debe realizar a los 4 meses en lugares donde hay mayor número de plantas, que no permiten el buen crecimiento de las mismas (Sandoval y Giurfa, 2000).

3.12.3. 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 importantes del medio ambiente (Gómez, 2000).

Las fases fenológicas críticas de requerimiento de agua son (INADE, 1999): a) Durante la germinación que ocurre de 3 a 4 días y la emergencia a 20 - 25 días después de la siembra, siempre y cuando se cuente con adecuada humedad del suelo ya que de ello dependerá la emergencia del cultivo. b) En periodo de establecimiento del cultivo que ocurre en 25 a 60 días de la siembra. c) En periodo de llenado de los hipocótilos que es a partir de los 90 a 105 días.

3.12.4. Plagas y control.

a) Gorgojo de los andes.

Prenotripes sp, es principal plaga, en estado larval, causando lesiones superficiales en la raíz, los daños no son similares que tubérculos de la papa, por el pH ácido del hipocótilo, las larvas no pueden hacer galerías. Prácticas agronómicas para el control: preparación adecuada del suelo, rotación del cultivo, realizar deshierbes oportunos, sembrar cultivo repelentes a los contornos (tarwi, isaño y otros) y cosecha oportuna.

b) Tizón veloso.

Hongo *Peramospora parasitaria*, su ataque es en las hojas, hasta puede causar la muerte de la planta, generalmente ataca en las primeras fases del cultivo, presentando un amarillamiento de las hojas; en envés de las hojas se observan una pelusilla blanca grisácea (Sullca, 2003).

Prevención y control; se recomienda lo siguiente: adecuada preparación del terreno, sembrar con semillas certificadas y en suelos descansados, adecuada rotación del cultivo, construir zanjas de infiltración, labores culturales oportunas, fumigar con extracto de locotos, tarwi, isaño y otras plantas.

3.13. Rendimiento.

En un sistema de producción técnicas adecuadas se puede obtener 4 - 5 kg/m² en peso fresco, en seco hasta 2 kg/m², es decir hasta 15 tn/ha de raíces frescas (Tapia, 1997). El rendimiento promedio a nivel de agricultores es 5 tn/ha de hipocótilo fresco, aproximadamente 1,5 tn/ha de hipocótilo seco (Ñaupari, 1999).

El rendimiento mínimo es de 8000 kg/ha de raíz fresco manejada a nivel de agricultores en las riveras del Lago Titicaca y 2500 kg/ha de raíz seco; con humedad aproximadamente de 14 %, la relación del secado es 3.2:1, es decir para obtener un kilo de hipocótilos secos se requiere 3.2 kilos de maca fresca (Sullca, 2003).

3.14. Clasificación de maca.

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

a) Grande, hipocótilos frescos mayores a 5 cm de diámetros.

b) Mediano, hipocótilos frescos de 3 a 4.9 cm de diámetros.

c) Pequeño, hipocótilos frescos menores a 2.9 cm de diámetros.

3.15. Cosecha y poscosecha.

Se recomienda realizar la cosecha de forma selectiva, una vez que haya completado su ciclo vegetativo, es decir cuando las hojas empiezan amarillarse, esta generalmente de 5 a 7 meses desde la siembra y se recomienda recoger en días soleados; posteriormente se efectúa con la selección por categorías primero, segunda y tercera de acuerdo al tamaño o peso de los hipocótilos (Sullca, 2003). La cosecha de maca varía de acuerdo al manejo del cultivo, suelo y clima; en climas secos se cosecha a los 8 meses después de la siembra (Tapia, 1997).

3.16. Secado.

Después de cosechar se debe exponer al sol por 45 días, para obtener hipocótilos secos; posteriormente extender en sombra las raíces sin hojas, durante 30 días, la cual tendrá aproximadamente 12 a 16 % de humedad; así mismo, se debe proteger de las lluvias, heladas y animales (Sullca, 2003). El secado consiste en exponer las raíces al sol, durante uno a seis meses en sombra (tinglado bajo techo) se triplica hasta cinco veces el tiempo de secado (Tito y Chávez, 2002).

3.17. Conservación.

Una vez secado y venteado se procede con almacenado y cuando las raíces tengan 10 % de humedad, se conserva en lugares secos y ventilados, en envases de yute, cajas de cartón, etc., pudiendo conservarse hasta 10 años (Alfaro y Llica, 2001).

IV MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización de la investigación.

4.1.1. Ubicación del Municipio de Copacabana.

Copacabana es la primera sección municipal de Provincia Manco Kapac del Departamento de La Paz, Republica de Bolivia, región a la que se accede a través de carretera Internacional La Paz – Copacabana – Kasani – Yunguyo Perú, vía asfaltada y transitable todo el año, a 155 km de la Ciudad de La Paz, cuenta con 43 comunidades. Según INE del Censo 2002, la población alcanza 13 mil habitantes, de los cuales la cuarta parte esta concentrada en la localidad de Copacabana.

La incidencia de la pobreza en Copacabana es 92.33 %, el municipio cuenta con 48.43 % de agua potable y 33.26 % con electricidad, la tasa de Analfabetismo es 67.05 % (hombres 18.57 % y mujeres 48.48 %). Con clima frío, teniendo temperaturas mínima -10 °C y 9 °C media, altitud 3815 m.s.n.m., tiene serranías sobre la orilla del Lago Titicaca, en cuya orilla se encuentra el Santuario de la Virgen de Copacabana. Los suelos son gravosos y rocosos con bajo contenido en materia orgánica. Población de origen Aymará, los idiomas principales son aymará y español (Atlas Estadístico de Municipios, 1999).

Las potencialidades de Copacabana son: turismo, la agricultura (Haba, papa, maíz, tarwi, papaliza, oca, cebada, otros), ganadería (ganados vacuno, ovino, porcino, aves y otros animales menores), para lo cual dispone suelos aptos en la perspectiva de diversificar e incrementar la producción. Además, la pesca, con diversidad de especies (pejerey, karachi, maury, ispi y criadero de truchas), así mismo se constituye como importante medio de comunicación. Entre sus recursos forestales cuenta con kollis, kishuaras, eucaliptos y otras especies en algunas zonas del municipio.

4.1.2. Características de Yampupata.

- La Comunidad Yampupata esta situada en el Municipio de Copacabana; a 19 km de la sede del Gobierno Municipal, ver anexo 1.
- Vías de transporte terrestre durante todo el año y lacustre (con infraestructuras de embarcación de pasajeros y carga).
- Se sitúa geodésicamente a los 16°11'40" de Latitud Sud y 69°05'34" de Longitud Oeste (IGM 1994).
- Altura de 4027 m.s.n.m. (IGM 1994).
- Las temperaturas fluctúan entre 12.5 °C como máxima y mínima -10 °C, con precipitación media anual de 535 mm, la evapotranspiración anual es 586 mm, esto debido a la influencia del Lago Titicaca (Costa 1996).
- Posee topografía muy variada con pendientes elevadas.
- Presenta suelo franco arcillo en la parte baja y franco limoso parte alta; suelo moderadamente drenado, color pardo oscuro en húmedo.
- Vegetación que presenta: papa, oca, papaliza, haba, maíz, cebada, tarwi, trigo, quinua, amaranto, avena, hortalizas, forestales (kolli, kishuara, eucalipto, pino, ciprés y otros), fauna silvestre.

4.2. Materiales.

4.2.1. Material vegetal.

El material vegetal utilizado es la semilla botánica de maca; proveedor de semilla UNAN - CINTDES 2003:

Ecotipo amarillo

Ecotipo crema

Ecotipo morado

4.2.2. Equipos y herramientas de campo.

- Flexo metro
- Lienzas
- Cinta métrica
- Vernier
- Chontillas
- Picota
- Pala
- Rastrillo
- Estacas
- Etiquetas
- Balanza analítica
- Cámara fotográfica
- Rollos de película y slide
- Libreta de campo
- Mochila fumigadora
- Aspersoras
- Politubo
- Bolsas plásticas

4.2.3. Materiales y equipos de gabinete.

Se utilizó materiales y equipo de escritorio necesario, para el procesamiento de datos del campo y gabinete.

4.2.4. Insumos.

Como fuente de materia orgánica, estiércol de ovino del lugar, la misma que estuvo bien descompuesta.

4.3. Método.

4.3.1. Procedimiento experimental.

1) Ubicación de la parcela experimental, el ensayo experimental se ubico en la parte baja de la comunidad, en terreno descansado hace cinco años, ver fotografía 1.

2) Preparación del terreno, la limpieza de las malezas y piedras se ha realizado de forma manual, utilizando picotas, rastrillo y azadón; la remoción del suelo fue hasta 20 cm de profundidad y posterior nivelado del terreno.

3) Muestras del suelo, se tomó antes de sembrar una muestra mixta y después de la cosecha, una muestra por tratamiento obteniendo de 20 cm de profundidad posteriormente se tamizo para evitar que tengan restos de raíces y terrones.



Fotografía 1. Ubicación de la parcela experimental (Quispe, 2004).

4) Demarcación de las unidades experimentales, con lienzas y estacas de madera se delimitaron las 60 unidades experimentales (tratamientos), en una dimensión de 16 x 20 m, en función al pendiente del terreno.

5) Abonado, una vez demarcada el área experimental por bloques, parcelas principales y subparcelas, se incorporó estiércol de ovino acorde a la distribución de los tratamientos.

6) Porcentaje de germinación, para determinar el porcentaje de germinación se conteo 100 semillas por ecotipo, para su posterior conteo, mediante la fórmula:

$$\% G = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de semilla germinada}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de semillas}} \times 100$$

Acorde a la formula se obtuvo 83 % de germinación en el ecotipo amarillo, 80 % de ecotipo morado y por ultimo 85 % de ecotipo crema.

6) Sistema de siembra, para su mejor distribución en la siembra se opto dejar hasta tres semillas de maca por golpe, con 82 % de germinación y 95 % de pureza, a una distancia entre plantas 15 cm y entre surcos 30 cm, en toda el área experimental, ver fotografía 2 y figura 2.

7) Desarrollo del cultivo, se efectuó las siguientes labores culturales:

- **Riego**, se aplicó por método de inundación en cuatro oportunidades hasta establecimiento del cultivo (diciembre 2003 y enero 2004) y ocho veces durante el desarrollo del hipocótilo; a partir 15:30 pm. hasta dejar en capacidad de campo, de forma homogénea en los cuatro bloques.
- **Control de malezas**, el deshierbe se realizó, de acuerdo a la incidencia de malezas, extrayendo manualmente en cuatro oportunidades.
- **Control fitosanitario**, no se presentó ningún tipo de insectos, enfermedades y animales silvestres por ser un cultivo nuevo en la comunidad o sector.
- **Cosecha**, la extracción de plantas se realizó de forma manual, cuando las hojas empezaron a amarillarse, lo cual ocurrió a los 238 y 239 días desde la siembra; posteriormente se seleccionaron por tamaños (medianos y pequeños), según el diámetro de los hipocótilos y parámetros del mercado.
- **Secado**, se extendió al sol durante 45 días y 21 días en sombra con una variación de 12 a 14 % de humedad.

8) Determinación de los cambios físicos y químicos del suelo, los cambios que manifiesta el suelo con respecto a las características físicas y químicas, antes de sembrar y después de la cosecha, con la incorporación de materia orgánica, se determinó en el laboratorio (anexo 2, 3 y 4).

4.3.2. Diseño experimental.

El diseño experimental es bloques al azar bajo un arreglo factorial, por estudiar dos factores, con el siguiente modelo estadístico (Calzada, 1970).

$$\tilde{Y}_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

\tilde{Y}_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general del experimento

β_k = Efecto del k-ésimo bloque

α_i = Efecto del i-ésimo nivel de ecotipos de maca

ϵ_{ik} = Error de parcela principal

γ_j = Efecto del j-ésimo nivel de estiércol de ovino

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = Interacción del i-ésimo nivel de ecotipo con el j-ésimo nivel de estiércol de ovino.

ϵ_{ijk} = Error experimental.

4.3.3. Factores en estudio.

Factor A. Ecotipos de maca (semilla botánica):

a_1 = Ecotipo amarillo

a_2 = Ecotipo morado

a_3 = Ecotipo crema

Factor B. Niveles de fertilización (estiércol de ovino):

b_1 = 0.0 tn/ha (testigo)

b_2 = 2.5 tn/ha

b_3 = 5.0 tn/ha

b_4 = 7.5 tn/ha

b_5 = 10.0 tn/ha

4.3.4. Croquis del experimento.

La distribución de los tratamientos (bloques, parcelas principales y subparcelas) se observan en el cuadro 8.

4.3.5. Superficie del experimento.

Area del experimento:

Area total del experimento	300 m ²
Ancho del experimento	16 m
Largo del experimento	20 m

Bloques:

Número de bloques	4.0
Ancho del pasillo entre bloques	0.3 m
Largo del bloque	20.0 m
Ancho del bloque	3.7 m

Parcelas:

Número total de parcelas grandes	12.0
Número de parcelas por bloque	3.0
Largo de las parcelas	6.6 m
Ancho de las parcelas	3.7 m
Area de las parcelas	24.4 m ²

Subparcelas:

Número total de subparcelas	60
Número de subparcelas por bloque	15
Ancho de las subparcelas	1.3 m
Largo de las subparcelas	3.7 m
Area de las subparcelas	4.8 m ²

Surcos:

Número total de surcos	240
Número de surcos por bloque	60
Número de surcos por parcela	20
Número de surcos por subparcela	4
Número de plantas por surco	24 plantas
Número de plantas por subparcela	96 plantas

Distancia de siembra:

Ver figura 2 y fotografía 2.

Entre surcos	30 cm
Entre plantas	15 cm

Densidad de siembra:

Ecotipo amarillo	40 gr de semilla
Ecotipo morado	40 gr de semilla
Ecotipo crema	40 gr de semilla

Cuadro 8. Croquis de distribución de las unidades experimentales



I	a ₂ b ₂	a ₂ b ₃	a ₂ b ₁	a ₂ b ₄	a ₂ b ₅	a ₁ b ₁	a ₁ b ₃	a ₁ b ₄	a ₁ b ₂	a ₁ b ₅	a ₃ b ₅	a ₃ b ₄	a ₃ b ₁	a ₃ b ₃	a ₃ b ₂
II	a ₁ b ₁	a ₁ b ₃	a ₁ b ₄	a ₁ b ₂	a ₁ b ₅	a ₃ b ₄	a ₃ b ₅	a ₃ b ₃	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₂ b ₄	a ₂ b ₅	a ₂ b ₃	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂
III	a ₂ b ₂	a ₂ b ₄	a ₂ b ₁	a ₂ b ₃	a ₂ b ₅	a ₁ b ₁	a ₁ b ₅	a ₁ b ₃	a ₁ b ₂	a ₁ b ₄	a ₃ b ₂	a ₃ b ₄	a ₃ b ₅	a ₃ b ₃	a ₃ b ₁
IV	a ₃ b ₅	a ₃ b ₃	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₃ b ₄	a ₂ b ₃	a ₂ b ₄	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂	a ₂ b ₅	a ₁ b ₂	a ₁ b ₃	a ₁ b ₄	a ₁ b ₅	a ₁ b ₁

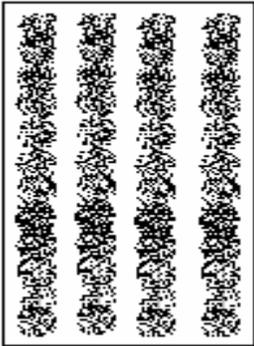


Figura 2. Unidad experimental y ubicación de los surcos



Fotografía 2. Distribución de plantines por tratamientos, con una distancia entre plantas 15 cm y entre surcos 30 cm (Quispe, 2004).

4.3.6. Variables de respuestas.

Cuadro 9. Variables de respuestas.

Variables	Unidad
1) Fases fenológicas:	
✓ Días a la emergencia	En días
✓ Días a las primeras hojas verdaderas	En días
✓ Días a macollamiento	En días
✓ Días a la cosecha de hipocótilos	En días
2) Rendimiento:	
✓ Rendimiento de hipocótilos frescos	kg/ha
✓ Rendimiento de hipocótilos secos	kg/ha
3) Clasificación:	
✓ Diámetro de hipocótilos	cm
✓ Longitud de hipocótilos	cm
✓ Hipocótilos medianos	gr
✓ Hipocótilos pequeños	gr
4) Evaluación económica:	R b/c (relación beneficio/costo)

1) Fases fenológicas:

- **Días a la emergencia**, expresadas en número de días desde la fecha de siembra hasta la emergencia, registrando al 50 % de emergencia por tratamiento.
- **Días a las primeras hojas verdaderas**, se tomaron los datos, cuando las hojas cotiledóneas en 50 % del tratamiento empiezan con proceso de amarillamiento, aparecen las primeras hojas verdaderas en todos los tratamientos.
- **Días a macollamiento**, se registro número de días desde la emergencia, hasta que el 50 % de las plantas del tratamiento presentan la fase de macollamiento.
- **Días a la cosecha de los hipocótilos**, se tomo los datos desde macollamiento, hasta que más del 50 % de las plantas por tratamientos, mostraran la etapa de amarillamiento de las hojas, considerándose como cosecha comercial, así completar la fase vegetativa.

2) Rendimiento:

- **Peso verde de los hipocótilos**, se hizo en momento de la cosecha por unidad experimental, posteriormente se tomo el peso, en balanza analítica, previo un lavado y secado de los hipocótilos.
- **Peso seco de los hipocótilos**, el secado consistió en extender los hipocótilos al sol durante 45 días y 21 días en sombra hasta obtener 14 % de humedad; variable que determina la pérdida de agua por el proceso del secado de los hipocótilos.

3) Clasificación:

- **Diámetro de los hipocótilos**, la medición se realizo con vernier en la altura de la zona suberificada del hipocótilo después de la cosecha, según el tamaño se clasificaron en medianos y pequeños, para tomar el peso de las mismas.
- **Longitud de los hipocótilos**, la medición se hizo con regla, desde el cuello vegetativo hasta la zona de crecimiento de los hipocótilos para su posterior secado.

- **Hipocótilos medianos**, una vez clasificado los hipocótilos por tamaño se procedió al pesado en gramos, para la cual se tomo en cuenta los parámetros entre 3 a 4.9 cm de diámetro.

- **Hipocótilos pequeños**, una vez clasificado los hipocótilos por tamaño se procedió al pesado en gramos, tomando los parámetros de 1.9 a 2.9 cm. de diámetro.

4) Evaluación económica:

- Para el análisis de los costos parciales se empleó la metodología sugerida por CIMMYT.

4.3.7. Frecuencia de medición y observaciones.

Todas las mediciones, observaciones, evaluaciones morfológicas, fenológicas y agronómicas fueron realizados de acuerdo a las fases fenológicas que se manifiesta en el experimento.

4.3.8. Análisis de datos.

Se realizo el análisis de varianza factorial para parcelas divididas (prob. a 5 % de nivel de significancia) para los variables en estudio con el programa SAS, en donde la población tuvo una distribución normal. La comparación de medias entre los tratamientos se realizo con la prueba Duncan a 5 % de nivel de significancia para cada variable estudiado y análisis de efectos simples para las interacciones. Además se hizo gráficos, que en la coordenada X están los tratamientos y en la Y las variables de respuesta.

4.3.9. Tiempo de duración del experimento.

El tiempo de duración del experimento fue de un año desde la preparación del terreno hasta el secado de los hipocótilos.

V RESULTADOS Y DISCUSIONES

En cultivo de maca se distinguen dos etapas: etapa vegetativa o producción de hipocótilos y la etapa generativa o producción de semilla. Los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación se tomo mayor énfasis en la producción de hipocótilos, desde el preparado del terreno hasta la cosecha, donde se pudo evaluar en cuatro partes: 1) describir las fases fenológicas, 2) rendimientos, 3) clasificación y 4) evaluación económica.

5.1. Fases fenológicas.

El ciclo del cultivo duró 8 meses y sus fases consisten desde la emergencia hasta la cosecha de hipocótilos comerciales (fotografía 3).

Tiempo en días					
0	3	17 - 18	31 - 32	69 - 73	238
					
semilla	germinación	emergencia	1° hojas verdaderas	Inicio de macollamiento	Cosecha comercial

Fotografía 3. Fases fenológicas de maca en la primera etapa del ciclo vegetativo (Quispe, 2004).

Para determinar las diferencias en los resultados de días a la emergencia, primeras hojas verdaderas, macollamiento, desarrollo de los hipocótilos y cosecha comercial, se efectuó análisis de varianza y prueba duncan a 5 %, la cual nos muestra que no existen diferencias significativas para los variables estudiados, considerando como parámetros en tiempo en días.

5.1.1. Días a la emergencia.

El cuadro 10 y figura 3 muestra la emergencia de las primeras hojas cotiledóneas al 50 % para el ecotipo amarillo que ocurrió a 17 días, mientras en ecotipos morado y crema emergieron a los 18 días, estos resultados obtenidos son similares en relación al tiempo para los tres ecotipos de maca, probablemente sea a las propiedades físicas y químicas del suelo, humedad del suelo y temperaturas homogéneas, por tanto el porcentaje de emergencia ocurrió con diferencia de un día.

Cuadro 10. Fases fenológicas en tres ecotipos de maca.

Ecotipos	Germi-nación	Días a la emergencia	Días a 1ra. hojas verdaderas	Días al macollamiento	Días a la cosecha comercial
Amarillo (a1)	3	17.50	31.29	69.40	239
Morado (a2)	3	18.10	32.20	73.05	239
Crema (a3)	3	18.45	32.49	71.40	238

Fuente: Elaboración propia.

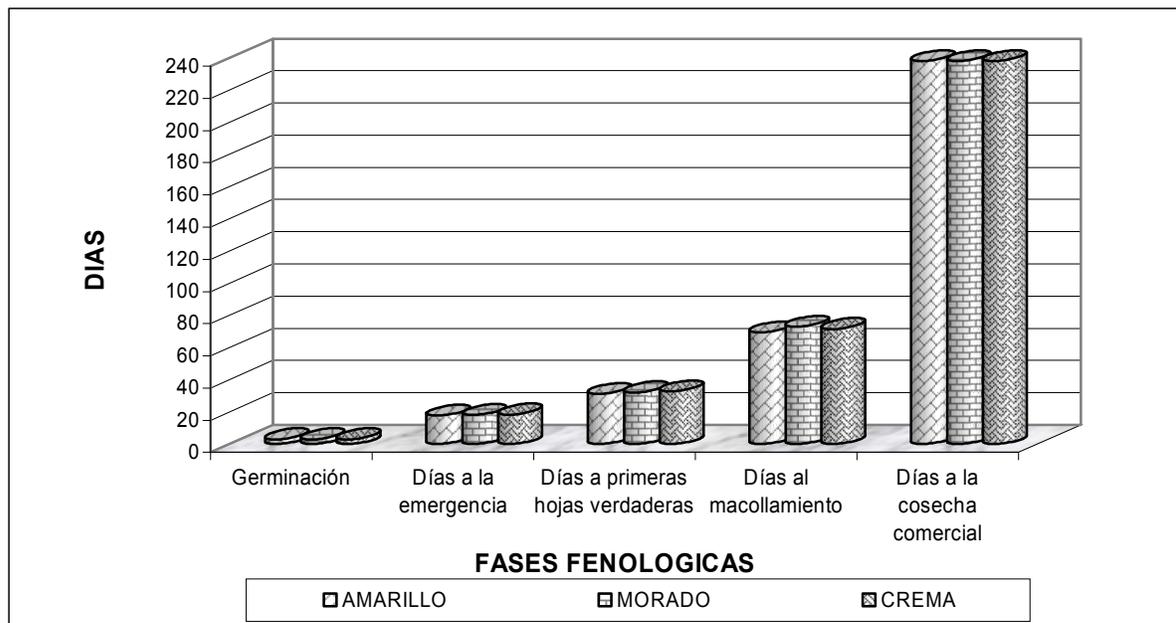


Figura 3. Fases fenológicas en tres ecotipos de maca.

Es crucial mantener a capacidad de campo suelo en periodo de germinación y emergencia de plántines, esta fase se caracteriza por la aparición de las hojas cotiledonales, que ocurre a los 18 días de la siembra y permanece entre 5 a 7 días en los tres ecotipos (amarillo, morado y crema). Al respecto Fernández (1999), señala que la emergencia se presenta entre 20 a 25 días la misma que permanece por 5 días y afirma que la misma esta afectada por las condiciones de semilla, textura del suelo, humedad y temperatura del suelo.

Del cuadro 11 y figura 4, así mismo se concluye que no existe estadísticamente ninguna diferencia entre los tratamientos para niveles de estiércol de ovino; esta sea debido a que en esta fase del cultivo el estiércol de ovino no influye, debido a que las plántulas desarrollan por las reservas nutritivas de las semillas. La germinación y emergencia depende por la viabilidad de las semillas y de los medios externos como agua, temperatura, luz e influencia de la naturaleza del suelo (Sullca, 2003).

5.1.2. Días a las primeras hojas verdaderas.

Los resultados del cuadro 10, nos permite apreciar que estadísticamente son iguales en periodo de aparición de las primeras hojas verdaderas (Figura 3), el ecotipo amarillo registró 31 días después de la siembra, los ecotipos morado y crema alcanzaron en 32 días. También el cuadro 11 y figura 4, muestra resultados del variable que estadísticamente no es significativo, al incorporar estiércol de ovino.

Cuadro 11. Fases fenológicas de maca en cinco niveles de estiércol de ovino.

Niveles de fertilización	Germi-nación	Días a la emergencia	Días a 1ras. hojas verdaderas	Días al macollamiento	Días a la cosecha comercial
0.0 tn/ha (b1)	3	18.50	32.52	72.42	239
2.5 tn/ha (b2)	3	18.16	32.33	71.83	239
5.0 tn/ha (b3)	3	18.08	31.29	70.92	239
7.5 tn/ha (b4)	3	17.83	31.46	71.50	238
10.0 tn/ha (b5)	3	17.18	31.55	70.58	238

Fuente: Elaboración propia.

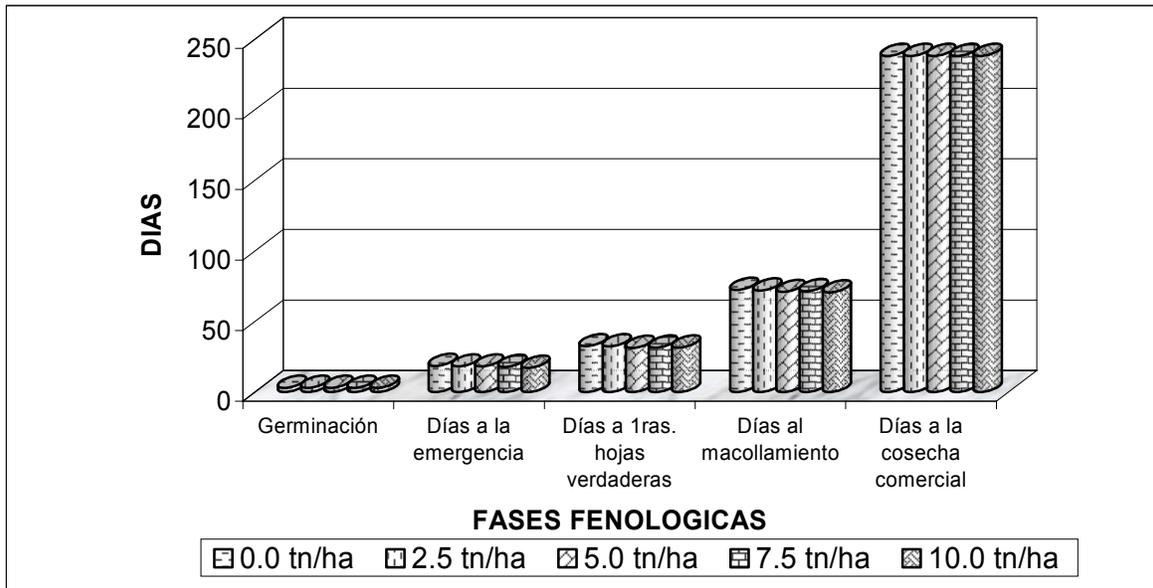


Figura 4. Fases fenológicas de maca en cinco niveles de estiércol de ovino.

La aplicación del estiércol de ovino sobre los ecotipos no influye en la aparición de las primeras hojas, ya que el desarrollo de los plantines es favorecido por nutrientes disponibles en la semilla, humedad y temperatura del suelo. Esta nos deja entender que el aporte de nutrientes del estiércol incorporado no es asimilado en esta fase.

Fernández (1999), indica que el cultivo de maca, precisa de ciertos niveles de fertilización, debido a que absorbe una gran cantidad de nutrientes del suelo, la disponibilidad de nutrientes por incorporación de abonos, ocurre después de un mes, así mismo, la descomposición integral de la materia orgánica ocurre hasta en cuatro años, por lo tanto se debe incorporar estiércol de animal constantemente al suelo.

5.1.3. Días a macollamiento.

Los resultados obtenidos para días de macollamiento se observan en cuadro 10 y figura 4, donde el ecotipo amarillo (a_1) registra 69 días después de la siembra, ecotipo morado (a_2) presenta a los 73 días y el ecotipo crema (a_3) en 71 días, esta demuestra que estadísticamente no existe diferencias entre los ecotipos en días de macollamiento. De la misma forma del cuadro 11 y figura 5, se concluyen que estadísticamente son similares entre 0.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 tn/ha estiércol de ovino.

Los resultados del experimento se corroboran con la investigación realizada por COSUDE (1999), fue no significativa para la dosis de estiércol, para lo cual menciona que el macollamiento esta influenciado por los nutrientes del suelo, considerando que el aporte del estiércol fue similar durante el periodo fenológico del cultivo, con dosis mayores de 5.0 tn/ha de estiércol.

5.1.4. Días a la cosecha comercial.

En cuadro 10, se presenta el desarrollo de los hipocótilos por ecotipos a diferentes niveles de estiércol, donde no presentaron diferencias en el mencionado ciclo. Para el desarrollo de los hipocótilos de maca no existen variaciones en madurez fisiológica entre los ecotipos, donde los efectos del estiércol de ovino no influyeron en el tiempo de madurez de los hipocótilos, por lo tanto se cosecharon simultáneamente en 238 y 239 días (8 meses) después de la siembra, ver cuadro 11 y figura 4.

Los resultados del experimento posiblemente se deben a que la disponibilidad de nutrientes fue similar en tiempo. Así mismo, podemos atribuir que el aporte de nutrientes del estiércol incorporado influye directamente al tamaño de la planta e hipocótilos, no así a días de madurez fisiológica. El ciclo productivo para el experimento es 8 meses en el sector de Copacabana. Para Fernández (1999) y Sandoval (2000), el ciclo de producción varía de 6 a 9 meses, el periodo de producción de los hipocótilos varía de acuerdo: manejo agronómico, factores abióticos, bióticos y ecotipos.

5.2. Rendimiento.

5.2.1. Rendimiento de hipocótilos frescos.

El promedio de rendimiento para hipocótilos frescos se observan en cuadro 12, fotografía 4 y anexo 5, donde el ecotipo crema con efecto de los niveles de estiércol 7.5 y 10.0 tn/ha (a_3b_4 y a_3b_5), logran alcanzar mayores rendimientos (8055.06 y 7857.50 kg/ha), el ecotipo morado sin la aplicación de estiércol (a_2b_1), 4319.55 kg/ha fue el menor y el resto de los tratamientos son intermedios.



Fotografía 4. Rendimiento de los hipocótilos frescos del ecotipo crema, después de la cosecha (Quispe, 2004).

Cuadro 12. Comparación de medias del rendimiento de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

Ecotipos	Niveles de fertilización	gr/hipocótilos muestreados	kg/ha
Amarillo (a1)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	888.72	5924.80
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	1040.07	6933.82
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	1020.72	6543.07
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	1092.50	7003.20
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	1100.09	7051.86
Morado (a2)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	673.85	4319.55
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	790.35	5066.35
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	954.69	6119.80
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	952.70	6107.05
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	840.90	5390.38
Crema (a3)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	940.35	6027.88
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	1160.45	7438.78
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	1019.87	6537.63
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	1256.77	8055.50
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	1225.59	7857.06

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza para rendimiento fresco (Cuadro 13), los resultados indican que no existen diferencias significativas entre bloques e interacciones, mientras estadísticamente son altamente significativos para los ecotipos y niveles de estiércol. Para diferenciar y corroborar los resultados del ecotipo, se procedió a realizar prueba duncan como se observa en cuadro 14.

Cuadro 13. Análisis de varianza para rendimiento de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	26364.00	8788.00	1.77 NS	0.250
Ecotipos	2	984520.00	492260.00	99.51 **	0.000
Error (A)	6	29680.00	4946.66		
Fertilizantes	4	546396.00	136599.00	24.21 **	0.000
Ecotipos * Fertilizantes	8	69424.00	8678.00	1.54 NS	0.178
Error (B)	36	20380.00	5641.11		
Total	59	1859464.00			

** Altamente significativo NS = No significativo al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

CV = 7.56 %.

Al comparar los promedios del rendimiento para hipocótilos frescos por ecotipo (Cuadro 14 y Figura 5), se concluye que el ecotipo crema (a_3) estadísticamente es diferente y superior en promedio al obtener 1130.49 gr/trat. al resto de los tratamientos, el ecotipo amarillo (a_1) registrando 1028.42 gr/trat. es diferente y mayor comparado con ecotipo morado (a_2) la cual alcanza 882.50 gr/trat., probablemente sea influenciado de manera directa por las condiciones de clima y suelo, por tanto se determina que ecotipo crema muestra un comportamiento positivo en el sector.

Cuadro 14. Duncan para rendimiento de hipocótilos frescos en diferentes ecotipos de maca.

Ecotipos	Promedio gr/trat.	Duncan
Crema (a3)	1130.49	a
Amarillo (a1)	1028.42	b
Morado (a2)	822.50	c

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

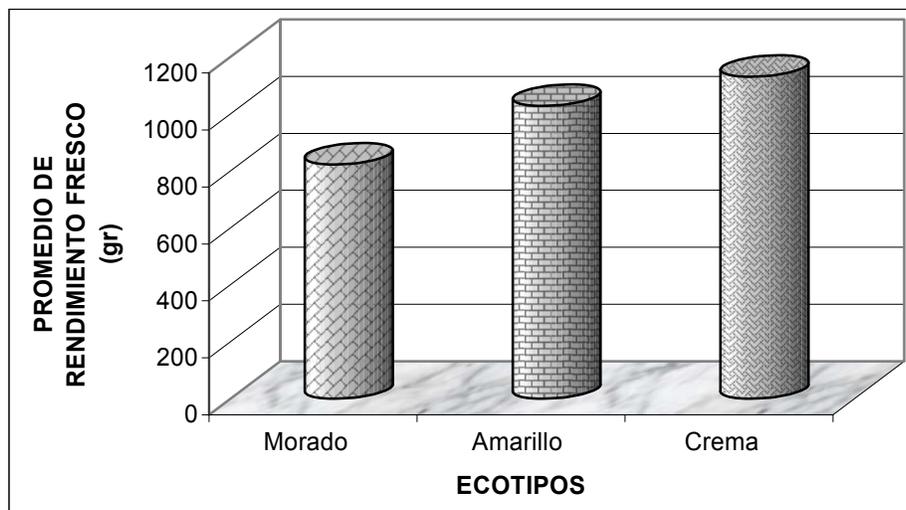


Figura 5. Promedio para rendimiento de hipocótilos frescos en diferentes ecotipos de maca.

El ecotipo crema en rendimiento fue superior, probablemente a diferentes factores como la temperatura del ambiente y suelo, precipitación y condiciones del suelo. Costa (1996), indica que la temperatura fluctúa entre 12.5 °C (máxima) a -10 °C (mínima), con suelo franco arcilloso en la parte baja franco limoso, precipitación media anual de 535 mm y altitud 3841 m.s.n.m. Según los resultados de otros estudios se puede atribuir que las condiciones de la zona son óptimas para el cultivo de maca.

Al respecto Gómez (2000) y Tapia (1997), afirman que el cultivo de maca se desarrolla mejor en zonas de climas fríos, con temperaturas medias de 7 °C, máxima 15 °C y mínima -9 °C; precipitación promedio de 625 mm en periodo de crecimiento vegetativo. Alfaro y Llica (2001), recomiendan cultivar en suelos de textura franco, franco arcilloso y franco limoso; de pH neutro, el cultivo puede soportar pH ligeramente ácido y alcalino.

El cuadro 15 y figura 6, muestra que los niveles de estiércol 7.5 y 10.0 tn/ha (b₄ y b₅), con promedios de 1090.12 y 1065.86 gr/trat. estadísticamente son similares y superiores comparados al resto de los niveles, sin embargo para tratamientos 5.0 y 2.5 tn/ha (b₃ y b₂) son iguales constituyéndose como intermedias con 998.43 y 996.96 gr/trat. el testigo 0.0 tn/ha (b₁) alcanzando 817.64 gr/trat. es diferente e inferior al resto de los niveles de estiércol de ovino.

Cuadro 15. Duncan para rendimiento de hipocótilos frescos de maca en diferentes niveles de estiércol.

Niveles de estiércol	Promedio gr/trat.	Duncan
7.5 tn/ha (b ₄)	1090.12	a
10.0 tn/ha (b ₅)	1065.86	a
5.0 tn/ha (b ₃)	998.43	b
2.5 tn/ha (b ₂)	996.96	b
0.0 tn/ha (b ₁)	817.64	c

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados probablemente sean por las cantidades 7.5 y 10.0 tn/ha de estiércol incorporado al suelo sean óptimas, descompuestas y disponibles para la asimilación del cultivo. Sin embargo el testigo al que no se adicionó estiércol de ovino, el desarrollo de la planta fue menor la cual influye al rendimiento, debido a que solo aprovechó los elementos nutritivos disponibles en el suelo.

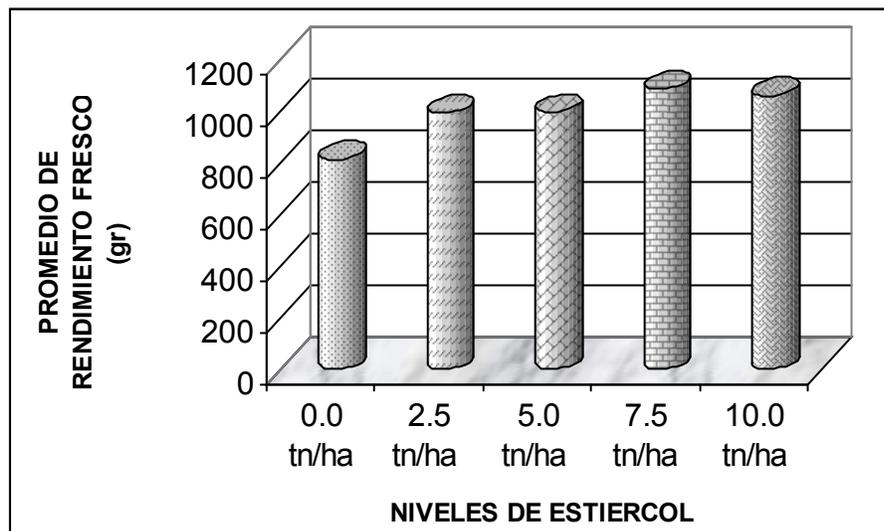


Figura 6. Promedio para rendimiento de hipocótilos frescos de maca en diferentes niveles de estiércol de ovino.

El análisis químico del suelo después de la cosecha (Anexo 2, 3 y 4), nos muestra que el P asimilable ha incrementado de 11.32 a 12.00 ppm, mientras que el NT sufrió una disminución de 0.07 a 0.06 % y la M. O. disminuyó de 1.76 a 1.74 %, esto sea posiblemente a la absorción del cultivo en mayor cantidad, lo cual ha permitido mantener su fertilidad. Mientras que Ca y Mg fueron absorbidos en mayor cantidad (1.24 a 1.01 Mg y 16.25 a 13.61 Ca) otros componentes químicos no han presentado mayores diferencias; posiblemente se deba a procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica, retiene nutrientes que han remplazado a la absorción del cultivo.

Los rendimientos mayores (7857 y 8055 kg/ha) alcanzados con el experimento son menores (Cuadro 12), comparados a los rendimientos obtenidos por Fernández (1999), donde registro 10241 kg/ha al incorporar 5 tn/ha y 9295 kg/ha con 7.5 tn/ha de estiércol de ovino, a estas diferencias se puede atribuir a las condiciones edafoclimáticas, calidad de semilla, manejo del cultivo y otros factores.

La Estación Meteorológica Isla del Sol (Anexo 6), en junio registro -5 °C temperatura mínima y la máxima de 13 °C en abril. Las precipitaciones 19.8 mm (diciembre 2003)

y 356.8 mm (enero 2004) a garantizado la emergencia del cultivo; las precipitaciones en los meses marzo, abril y mayo fueron menores teniendo como promedio 9.2 mm; junio, julio y agosto fue un periodo seco, pudiendo influir en el rendimiento de hipocótilos. Rebisso (1999), menciona que es vital la precipitación que recibe el cultivo en periodo de emergencia hasta el establecimiento del cultivo con ello se garantiza la humedad del suelo para optimizar los niveles de producción.

5.2.2. Rendimiento de hipocótilos secos.

El cuadro 16 y anexo 7, muestra la conversión del rendimiento de hipocótilos secos de tratamiento (1.56 m²) a hectárea, se aprecia que el contenido en materia seca para ecotipos amarillo, morado y crema, con efecto de los niveles de estiércol son diferentes en el proceso del secado por la pérdida de agua en los hipocótilos.

Cuadro 16. Comparación de medias del rendimiento de hipocótilos secos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

Ecotipos	Niveles de fertilización	gr/trat.	kg/ha
Amarillo (a1)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	272.95	1749.68
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	358.25	2296.47
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	304.69	1953.14
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	363.50	2330.12
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	328.70	2107.05
Morado (a1)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	213.22	1366.79
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	245.69	1574.93
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	260.37	1169.04
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	289.45	1855.45
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	244.67	1538.39
Crema (a3)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	267.10	1712.18
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	354.00	2269.23
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	335.89	2153.14
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	386.50	2477.56
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	345.60	2215.38

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del cuadro 17, indica que existen diferencias altamente significativas entre los ecotipos de maca y para niveles de estiércoles de ovino; esta probablemente sea por semillas de ecotipos diferentes, así como también por los efectos de los niveles del estiércol de ovino. Además, se puede atribuir a los factores; suelo, clima, manejo, en especial la humedad del suelo, la cual influye directamente sobre la materia seca, por ende la humedad varía de 75 a 80 % en materia verde de los hipocótilos.

Cuadro 17. Análisis de varianza para rendimiento de hipocótilos secos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	5996.00	1998.66	3.82 NS	0.077
Ecotipos	2	89211.50	44605.75	85.30 **	0.000
Error (A)	6	1337.49	522.92		
Fertilizantes	4	58276.51	14569.13	19.88 **	0.000
Ecotipos * Fertilizantes	8	7668.40	958.56	1.31 NS	0.270
Error (B)	36	22373.00	732.69		
Total	59	190667.00			

** Altamente significativo NS = No significativo al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

CV = 8.88 %.

En cuadro 18 y figura 7 se observan la prueba duncan, del cual se concluye que el ecotipo crema y amarillo estadísticamente son similares y superiores con promedios de 337.82 y 325.83 gr/trat. comparados con ecotipo morado que tuvo 250.68 gr/trat. en rendimiento de materia seca en hipocótilos de maca.

Cuadro 18. Duncan para rendimiento de hipocótilos secos en diferentes ecotipos de maca.

Ecotipos	Promedio gr/trat.	Duncan
Crema (a3)	337.82	a
Amarillo (a1)	325.83	a
Morado (a2)	250.68	b

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

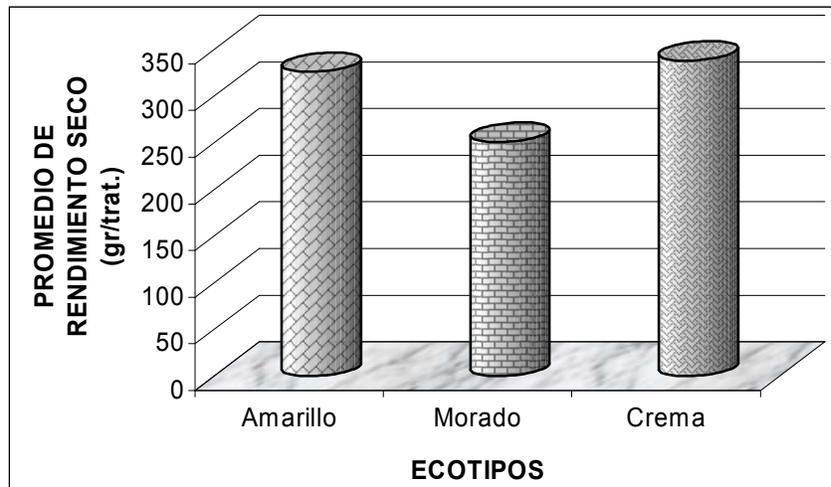


Figura 7. Promedio para rendimiento de hipocótilos secos en diferentes ecotipos de maca.

El secado de los hipocótilos al sol fue por 45 días y 21 días en la sombra, logrando alcanzar 12 a 14 % de humedad en hipocótilos, al finalizar el periodo del secado; por ello se puede señalar en términos generales que la relación varía de 3:1 a 3.2:1, esta significa por 3.2 kg de hipocótilo verde se obtiene un kg de hipocótilo seco.

En cuadro 19, la prueba duncan indica que al incorporar 7.5 tn/ha, de estiércol estadísticamente es diferente y superior al resto de los tratamientos, mientras 2.5, 10.0 y 5.0 tn/ha de estiércol son similares e intermedias, en cambio el testigo 0.0 tn/ha es inferior en rendimiento de materia seca en los hipocótilos como se observa en la figura 8.

Cuadro 19. Duncan para rendimiento de hipocótilos secos en diferentes niveles de estiércol de ovino.

Niveles	Promedio gr/trat.	Duncan
7.5 tn/ha (b4)	346.48	a
2.5 tn/ha (b2)	319.32	b
10.0 tn/ha (b5)	306.65	b
5.0 tn/ha (b3)	300.32	b
0.0 tn/ha (b1)	251.09	c

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

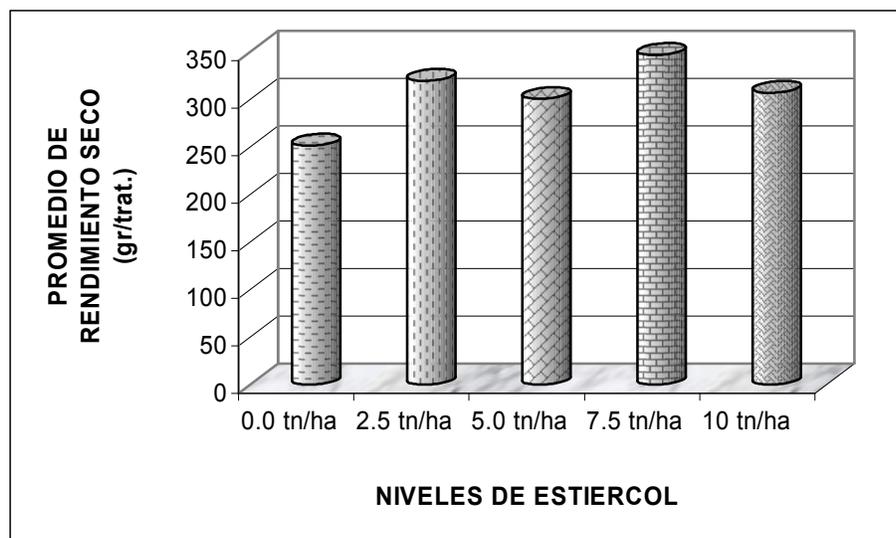


Figura 8. Promedio para rendimiento de hipocótilos secos de maca en diferentes niveles de estiércol de ovino.

Sandoval y Giurfa (2000), recomiendan para tener un producto de calidad es recomendable lavar los hipocótilos antes de quitar las hojas o macollos, luego secar durante 25 a 30 días al sol, posteriormente a una secadora, en este proceso de secado la maca fresca merma hasta 80 % de su peso verde.

En cambio Fernández (1999), indica que de un kg de maca fresca se obtiene 20.9 % materia seca, es decir de 35 gr de peso fresco se tiene 7.3 gr en seco. Sullca (2003), obtuvo relación 3:1 con humedad de 10 %, es decir de tres kilos de hipocótilo fresco se tiene un kilo de hipocótilo seco; al mismo tiempo indica el peso de materia seca varia de acuerdo al clima, altitud y ecotipo donde han sido cultivados.

5.3. Clasificación.

5.3.1. Diámetro de los hipocótilos.

En cuadro 20 se observa ecotipo crema con efecto del nivel de estiércol 7.5 tn/ha (a₃b₄) con mayor diámetro en hipocótilos (4.32 cm), en cambio ecotipo morado bajo el nivel 0.0 tn/ha de estiércol (a₂b₁) al registrar 2.90 cm de diámetro es menor al resto de los tratamientos. La diferencia para desarrollo del diámetro de los hipocótilos sea por diferentes ecotipos de semillas y niveles de estiércol incorporado al suelo.

Cuadro 20. Comparación de medias del diámetro de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

Ecotipos	Niveles de fertilización	Diámetro en cm
Amarillo (a1)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	3.40
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	3.47
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	3.82
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	4.02
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	4.10
Morado (a2)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	2.90
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	3.12
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	3.37
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	3.52
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	4.05
Crema (a3)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	3.57
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	3.35
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	4.27
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	4.32
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	4.20

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza para diámetro de hipocótilos (Cuadro 21), indica estadísticamente que no existen diferencias significativas entre los ecotipos. Mientras los resultados en niveles de estiércol muestran diferencias altamente significativas; probablemente sea influenciado directamente por la disponibilidad de nutrientes del estiércol incorporado antes de la siembra.

Cuadro 21. Análisis de varianza para diámetro de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	11.43	3.81	4.46 NS	0.057
Ecotipos	2	2.86	1.43	1.67 NS	0.264
Error (A)	6	5.12	0.85		
Fertilizantes	4	6.84	1.71	4.56 * *	0.005
Ecotipos * Fertilizantes	8	1.35	0.17	0.45 NS	0.882
Error (B)	36	13.48	0.37		
Total	59	41.07			

** Altamente significativo NS = No significativo al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

CV = 16.53 %.

Prueba duncan para diámetro de hipocótilos (Cuadro 22) muestra que los niveles de estiércol (10.0 y 7.5 tn/ha) estadísticamente son similares y superiores con promedios 4.17 y 3.96 cm de diámetro sobre los niveles 5.0, 2.5 y 0.0 tn/ha, las cuales son similares al registrar 3.82, 3.32 y 3.29 cm de diámetro; la superioridad en diámetro de hipocótilos sea influenciada directamente por la incorporación del estiércol en cantidades mayores como 10.0 y 7.5 tn/ha, donde pudo mejorar la textura del suelo, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes en el suelo, así facilitar el desarrollo de los hipocótilos (Figura 9).

Cuadro 22. Duncan para diámetro de hipocótilos frescos en diferentes niveles de estiércol de ovino.

Niveles	Promedio cm/trat.	Duncan
10.0 tn/ha (b5)	4.17	a
7.5 tn/ha (b4)	3.96	a
5.0 tn/ha (b3)	3.79	b
2.5 tn/ha (b2)	3.32	b
0.0 tn/ha (b1)	3.29	b

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

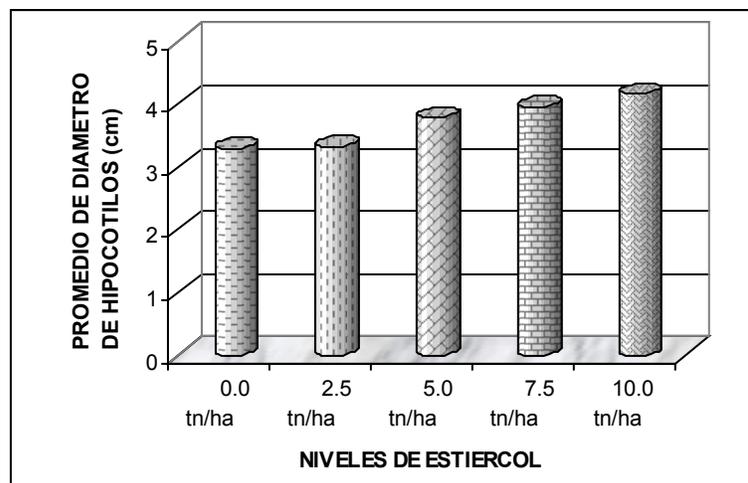


Figura 9. Promedio de diámetro para hipocótilos de maca en diferentes niveles de estiércol.

De acuerdo a las experiencias Llica (2001), recomienda para altiplano incorporar 7 a 10 tn/ha de estiércol de ovino y camélidos bien descompuesto en parcelas con mas 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 los hipocótilos de maca.

5.3.2. Longitud de hipocótilos.

En cuadro 23 y figura 10 se observa que ecotipo amarillo con efecto de 10.0 tn/ha estiércol de ovino (a_1b_5) presenta mayor longitud de hipocótilos (15.62 cm), mientras el ecotipo morado con 5.0 tn/ha de estiércol (a_2b_3) registra menor longitud 10.62 cm, mientras el resto de los tratamientos son intermedias; la diferencia en longitud para diferentes ecotipos de maca y niveles de estiércol de ovino no son muy notorias.

Cuadro 23. Comparación de medias para longitud de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

Ecotipos	Niveles de fertilización	Longitud en cm
Amarillo (a1)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	13.95
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	15.27
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	14.70
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	15.55
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	15.62
Morado (a2)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	12.60
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	14.12
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	10.62
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	13.52
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	13.90
Crema (a3)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	12.15
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	12.92
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	14.17
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	13.40
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	15.45

Fuente: Elaboración propia.

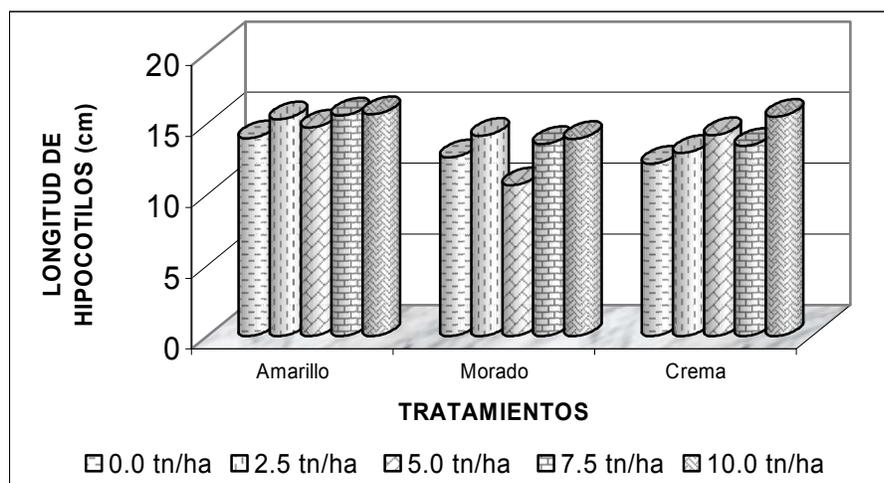


Figura 10. Longitud de hipocótilos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

Análisis de varianza realizada para longitud de hipocótilos (Cuadro 24), nos indica que no existen diferencias significativas entre los ecotipos y niveles de estiércol; por tanto se concluye que los ecotipos tienen el mismo desarrollo en longitud, la cual probablemente sea influenciado por las bajas precipitaciones en la zona, por esta razón los hipocótilos tienden alargarse de forma similar y los efectos del estiércol de ovino suministrado no son tan diferenciados en el desarrollo de las raíces.

Cuadro 24. Análisis de varianza para longitud de hipocótilos frescos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	54.64	18.21	0.55 NS	0.666
Ecotipos	2	44.45	22.22	0.68 NS	0.546
Error (A)	6	197.18	32.86		
Fertilizantes	4	34.01	8.50	1.03 NS	0.404
Ecotipos * Fertilizantes	8	31.79	3.97	0.48 NS	0.861
Error (B)	36	296.31	8.23		
Total	59	658.38			

NS = No significativo al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

CV = 20.69 %.

Rebisso (1999), al evaluar en cinco fechas el crecimiento radicular, encontró que no existen diferencias estadísticas significativas, entre épocas, densidades y ecotipos para ninguna de las fechas; el mencionado autor nos apoya a la investigación comparando entre los ecotipos de maca y niveles de estiércol de ovino en la investigación realizada en el altiplano norte de La Paz.

5.3.3. Hipocótilos medianos.

Cuadro 25 nos muestran promedios para peso fresco de hipocótilos medianos, en donde el ecotipo crema con efecto del nivel 7.5 tn/ha de estiércol (a₃b₄) alcanzando 784.07 gr/trat. se considera como mejor tratamiento, en cambio ecotipo morado con 0.0 tn/ha de estiércol al registrar 378.00 gr/trat. es menor, esto probablemente se deba al estiércol incorporado de forma deficiente (Fotografía 5); el resto de los tratamientos son intermedias respectivamente.

Cuadro 25. Comparación de peso para hipocótilos frescos medianos, en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

Ecotipos	Niveles de fertilización	Peso en gr
Amarillo (a1)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	568.02
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	624.05
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	643.22
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	761.34
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	670.75
Morado (a2)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	378.00
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	474.37
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	538.22
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	609.44
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	536.50
Crema (a3)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	583.40
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	707.57
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	727.77
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	784.07
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	724.40

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 5. Clasificación de hipocótilos de maca, por categoría según su diámetro en cm (Quispe, 2004).

Para determinar las diferencias entre los ecotipos y niveles de estiércol se realizó análisis de varianza (Cuadro 26), del cual se concluyen que estadísticamente es altamente significativo entre ecotipos de maca, niveles de estiércol de ovino y la interacción ecotipos y niveles. Esto nos corrobora que la desigualdad en el desarrollo del diámetro de los hipocótilos es influenciado directamente por diferentes ecotipos de maca (amarillo, morado y crema) y por el efecto de diferentes niveles del estiércol de ovino incorporado como 0.0 tn/ha (testigo), 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 tn/ha, por esta razón los hipocótilos son de tamaños diferentes.

Por las diferencias existentes entre los ecotipos (parcelas principales), se realiza análisis de prueba duncan (Cuadro 27), del cual se concluye que el ecotipo crema es diferente y superior al resto de los ecotipos teniendo como promedio 705.44 gr/trat., el ecotipo amarillo con 653.48 gr/trat. se constituye como intermedio, mientras, el ecotipo morado al registrar 507.31 gr/trat. es menor en peso fresco comprado con ecotipos crema y amarillo (Figura 11).

Cuadro 26. Análisis de varianza para peso fresco en hipocótilos medianos en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	270.00	90.00	0.61 NS	0.634
Ecotipos	2	422144.00	211072.00	1432.62 **	0.000
Error (A)	6	884.00	147.33		
Fertilizantes	4	275340.00	68835.00	953.10 **	0.000
Ecotipos * Fertilizantes	8	13442.00	1680.35	23.26 **	0.000
Error (B)	36	1600.00	72.22		
Total	59	714680.00			

** Altamente significativo NS = No significativo al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

CV = 10.37 %.

Cuadro 27. Duncan para peso fresco de hipocótilos medianos en diferentes ecotipos de maca.

Ecotipos	Promedio gr/trat.	Duncan
Crema (a3)	705.44	a
Amarillo (a1)	653.48	b
Morado (a2)	507.31	c

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

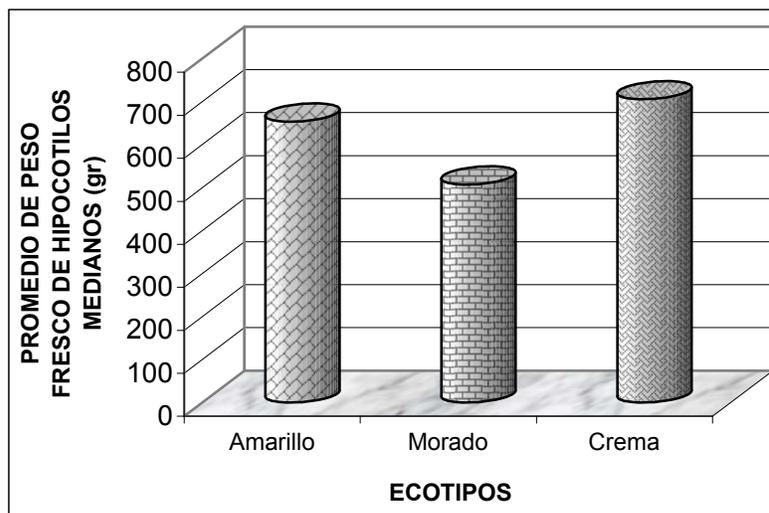


Figura 11. Promedio de peso fresco de hipocótilos medianos en diferentes ecotipos de maca.

En cuadro 28 y figura 12 se demuestra la incorporación de estiércol de ovino a razón 7.5 tn/ha, que estadísticamente es diferente y superior (718.29 gr/trat.) al resto de los niveles, en cambio 10.0 y 5.0 tn/ha son similares (643.88 y 636.40 gr/trat.) e intermedia entre los niveles de estiércol; así mismo el nivel 2.5 tn/ha al obtener 602.00 gr/trat. es diferente e inferior a los tres primeros tratamientos y mayor al testigo que logro alcanzar 509.80 gr de hipocótilo fresco por tratamiento.

Cuadro 28. Duncan para peso fresco de hipocótilos medianos en diferentes niveles de estiércol de ovino.

Niveles	Promedio gr/trat.	Duncan
7.5 tn/ha (b4)	718.29	a
10.0 tn/ha (b5)	643.88	b
5.0 tn/ha (b3)	636.40	b
2.5 tn/ha (b2)	602.00	c
0.0 tn/ha (b1)	509.80	d

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

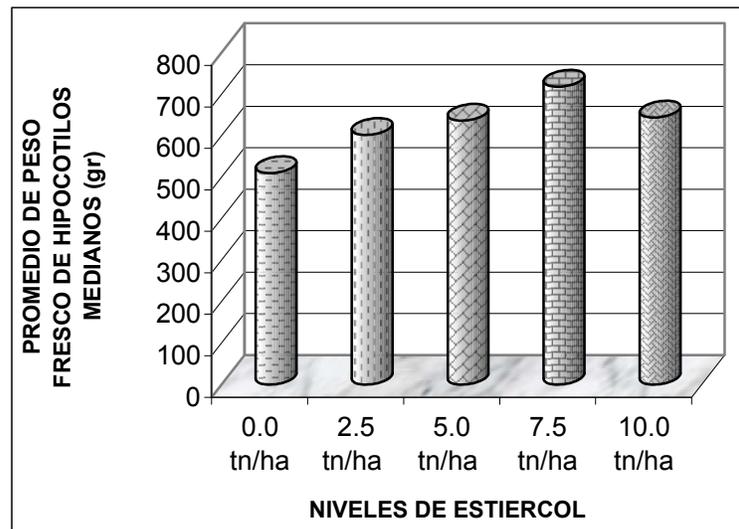


Figura 12. Promedio de peso fresco de hipocótilos medianos de maca en diferentes niveles de estiércol de ovino.

Tito y Chávez (2002), para obtener mayor rendimiento en cultivo con tamaños mayores a 5 cm de diámetro, se requieren suelos francos con bastante materia orgánica, superior al 15 %, de preferencia suelos de color negro o pardo oscuro. De acuerdo al análisis químico y físico del suelo, después del experimento el contenido de materia orgánica varía entre 1.74 a 1.76 % y el suelo, es franco arcillo arenoso probablemente por esta razón no se pudo obtener hipocótilos de tamaño mayor (> a 5 cm de diámetro). Sullca (2003), el diámetro y tamaño de los hipocótilos se debe a los factores edafo - climáticos, tipo de manejo y calidad de la semilla a sembrarse.

De acuerdo al cuadro 29, el análisis de efectos simples se observan que existen diferencias estadísticas entre ecotipos para todos los niveles de estiércol de ovino incorporado al suelo. A sí mismo, se obtuvieron efectos significativos entre los niveles de estiércol de ovino en los tres ecotipos estudiados, como se muestran mejor el análisis de la interacción estudiando en figura 13.

Cuadro 29. Análisis de efecto simple para peso fresco de hipocótilos medianos.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Ecotipos (est. 0.0 tn/ha)	2	1090928.68	545464.34	8175.15	3.26 **
Ecotipos (est. 2.5 tn/ha)	2	111682.58	55841.29	836.92	3.26 **
Ecotipos (est. 5.0 tn/ha)	2	72137.21	36068.60	540.58	3.26 **
Ecotipos (est. 7.5 tn/ha)	2	72114.53	36057.27	540.41	3.26 **
Ecotipos (est.10.0 tn/ha)	2	74943.73	37471.86	561.61	3.26 **
Estiércol (ecotipo amarillo)	4	80827.35	20206.84	302.85	2.63 **
Estiércol (ecotipo morado)	4	1106394.17	276598.54	4145.52	2.63 **
Estiércol (ecotipo crema)	4	87756.34	21939.09	328.82	2.63 **
Error	36	2402.00	66.72		

Fuente: Elaboración propia.

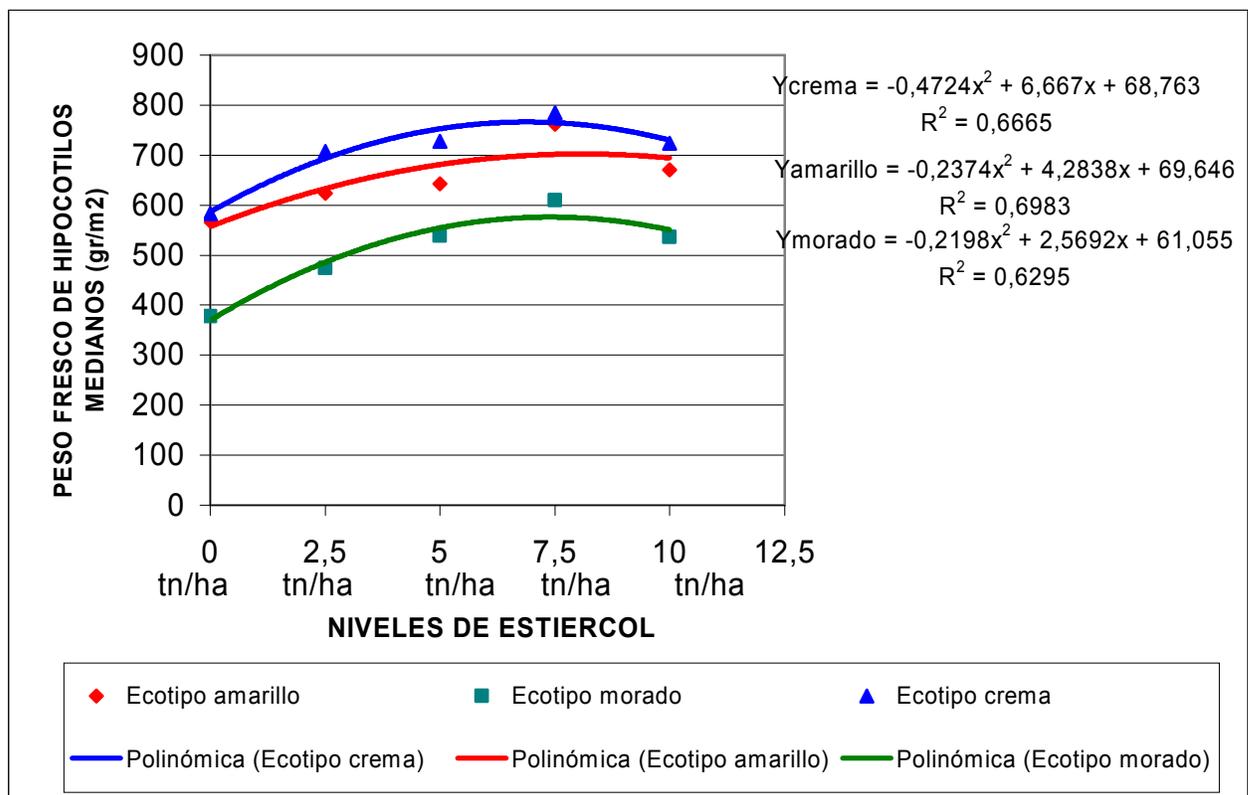


Figura 13. Efecto de la concentración de estiércol de ovino (tn/ha) en peso fresco de hipocótilos medianos.

La interacción de estiércol de ovino y ecotipos (Figura 13), muestra una tendencia cuadrática para todos los ecotipos con respecto a la adición de estiércol de ovino; es así que el ecotipo crema aumenta linealmente (6.6 gr/m^2) hasta aplicar 7.5 tn/ha estiércol de ovino, luego reduce en 0.47 gr/m^2 por el aumento de estiércol. Por lo tanto incrementos mayores de estiércol no necesariamente aumenta el diámetro de hipocótilos, el nivel de estiércol mas aconsejable es 7.5 tn/ha ; en cambio ecotipo amarillo aumenta linealmente en 4.2 gr/m^2 , así luego disminuir en 0.23 gr/m^2 .

Finalmente el ecotipo morado tiene un comportamiento diferente a los dos ecotipos anteriores ya que solo aumenta de forma lineal en 2.5 gr/m^2 . El efecto por la aplicación de estiércol en los ecotipos crema y amarillo fue significativo, mientras para el ecotipo morado estadísticamente no existe significancia.

5.3.4. Hipocótilos pequeños.

Cuadro 30. Comparación de peso fresco de hipocótilos pequeños en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

Ecotipos	Niveles de fertilización	Peso en gramos
Amarillo (a1)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	320.70
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	416.10
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	428.67
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	428.17
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	429.25
Morado (a2)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	295.60
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	316.17
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	316.52
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	343.10
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	304.39
Crema (a3)	0.0 tn/ha estiércol de ovino (b1)	314.20
	2.5 tn/ha estiércol de ovino (b2)	441.40
	5.0 tn/ha estiércol de ovino (b3)	392.05
	7.5 tn/ha estiércol de ovino (b4)	452.12
	10.0 tn/ha estiércol de ovino (b5)	425.40

Fuente: Elaboración propia.

El promedio para peso fresco de hipocótilos pequeños se presentan en cuadro 30, figura 14 y fotografía 5, del cual se concluye que el ecotipo crema con nivel 7.5 tn/ha de estiércol (a_3b_4), logra alcanzar 452.40 gr/trat., considerándose como mejor tratamiento, en cambio ecotipo morado con 0.0 tn/ha de estiércol (a_2b_1) al obtener 295.60 gr/trat. es menor, y el resto de los tratamientos son intermedias respectivamente.

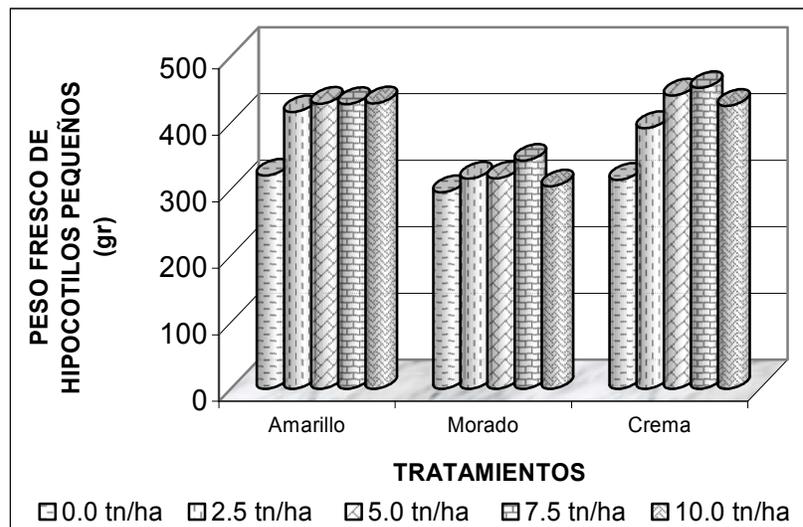


Figura 14. Peso fresco de hipocótilos pequeños en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

El análisis de varianza para peso fresco de hipocótilos (Cuadro 31), es altamente significativo entre los ecotipos de maca, niveles de estiércol de ovino y para las interacciones (ecotipos y niveles); probablemente el desarrollo en diámetro de hipocótilos sea influenciado directamente por tratarse de diferentes ecotipos (amarillo, morado y crema) y diferentes niveles de estiércol de ovino suministrado al suelo (0.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 tn/ha).

Para diferenciar entre los tratamientos se realizó la prueba duncan, donde se concluye que los ecotipos crema y amarillo con promedios 405.03 y 394.38 gr/trat. son diferentes y superiores al ecotipo morado que logró registrar 315.16 gr/trat. en peso fresco de hipocótilos como se observan en el cuadro 32 y figura 15.

Cuadro 31. Análisis de varianza para peso fresco de hipocótilos pequeños en tres ecotipos de maca a cinco niveles de estiércol de ovino.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	221.00	73.67	0.50 NS	0.697
Ecotipos	2	96446.53	48223.25	328.05 **	0.000
Error (A)	6	882.00	147.00		
Fertilizantes	4	68197.50	17049.37	225.53 **	0.000
Ecotipos * Fertilizantes	8	20601.52	2575.19	38.60 **	0.000
Error (B)	36	2402.00	66.72		
Total	59	188750.49			

** Altamente significativo NS = No significativo al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

CV = 12.20 %.

Cuadro 32. Duncan para peso fresco de hipocótilos pequeños en diferentes ecotipos de maca.

Ecotipos	Promedio gr/trat.	Duncan
Crema (a3)	405.03	a
Amarillo (a1)	394.38	a
Morado (a2)	315.16	b

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

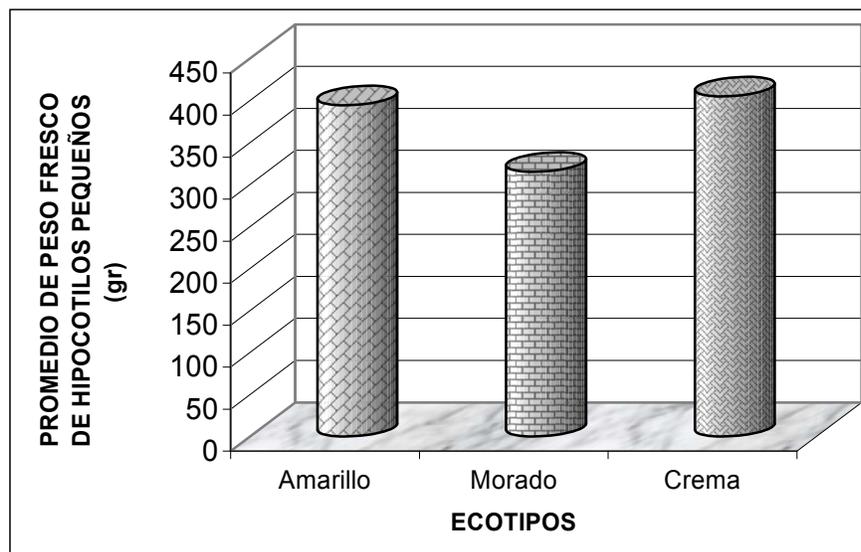


Figura 15. Promedio para peso fresco de hipocótilos pequeños en diferentes ecotipos de maca.

En cuadro 33 y figura 16 el prueba duncan para niveles 7.5 y 2.5 tn/ha de estiércol con promedios 404.13 y 394.89 gr/trat. estadísticamente son diferentes y superiores al resto de los niveles; en cambio al incorporar estiércol 10 tn/ha teniendo como promedio 386.35 gr/trat. es diferente al nivel 5.0 tn/ha que pudo registrar hasta 362.08 gr/trat. el nivel 0.0 tn/ha (testigo) con promedio 310.17 gr/trat. se constituye como tratamiento con menor peso fresco en hipocótilos de maca.

Cuadro 33. Duncan para peso fresco de hipocótilos pequeños en diferentes niveles de estiércol de ovino.

Niveles	Promedio gr/trat.	Duncan
b4 (7.5 tn/ha)	404.13	a
b2 (2.5 tn/ha)	394.89	a
b5 (10 tn/ha)	386.35	b
b3 (5.0 tn/ha)	362.08	c
b1 (0.0 tn/ha)	310.17	d

Promedios seguidos por las mismas letras son similares al 5 %.

Fuente: Elaboración propia.

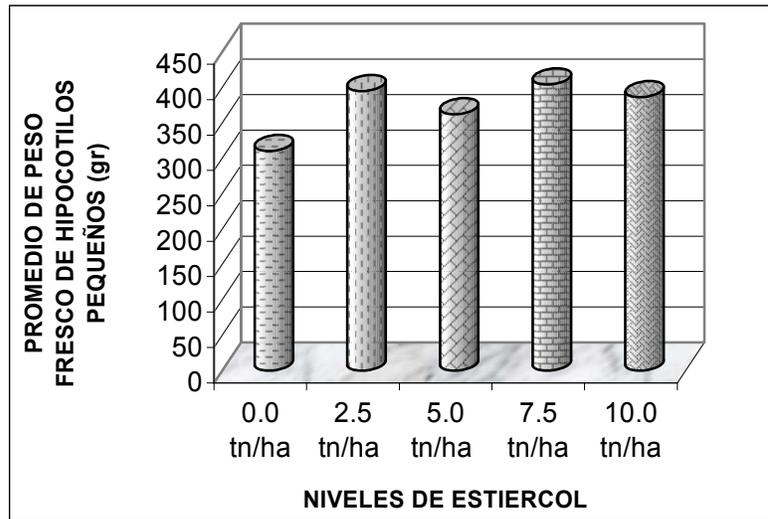


Figura 16. Promedio peso fresco de hipocótilos pequeños en diferentes niveles de estiércol de ovino.

Tito y Chávez (2002), indican los mayores rendimientos se obtienen cuando el suelo presenta mayor a 15 % de materia orgánica; en cambio para el experimento el porcentaje de materia orgánica fue menor (1,8 % antes de siembra y 1,7 % después de la siembra), por ende el peso fresco de los hipocótilos son menores tanto en tamaño y peso.

Cuadro 34. Análisis de efecto simple para peso fresco de hipocótilos pequeños.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Ecotipos (est. 0.0tn/ha)	2	344397.03	172198.51	2580.83	3.26 **
Ecotipos (est. 2.5tn/ha)	2	39811.81	19905.91	298.34	3.26 **
Ecotipos (est. 5.0 tn/ha)	2	12867.85	6433.92	96.43	3.26 **
Ecotipos (est. 7.5 tn/ha)	2	22683.37	11341.69	169.98	3.26 **
Ecotipos (est. 10.0 tn/ha)	2	39990.46	19995.23	299.68	3.26 **
Estiércol (Ecotipo amarillo)	4	33873.85	8468.47	126.92	2.63 **
Estiércol (Ecotipo morado)	4	348167.80	87041.95	1304.54	2.63 **
Estiércol (Ecotipo crema)	4	49515.86	12378.96	185.53	2.63 **
Error	36	2402.00	66.72		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de efectos simples se concluye que existen diferencias estadísticas entre ecotipos para todos los niveles de estiércol de ovino incorporado al suelo. A sí mismo se obtuvieron efectos significativos entre los niveles de estiércol de ovino en los tres ecotipos estudiados, como se observan en cuadro 34 y figura 17.

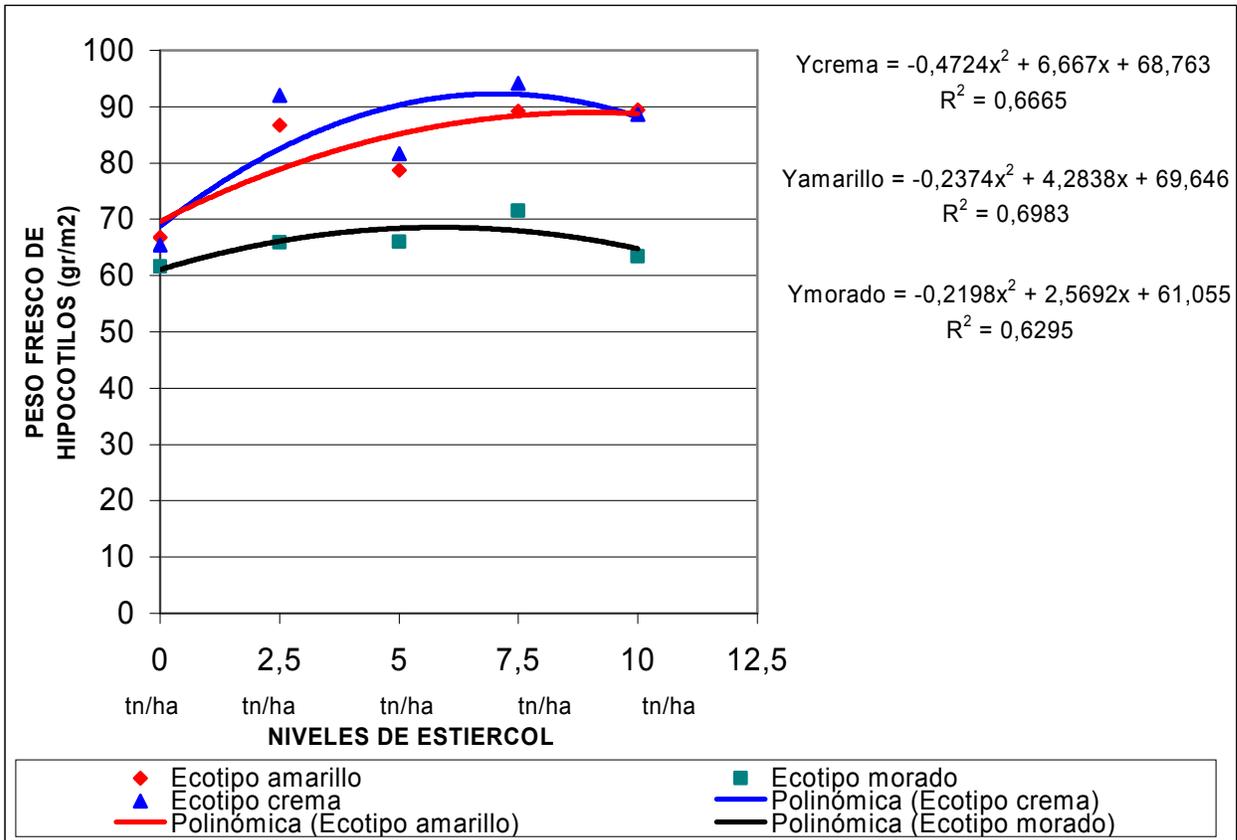


Figura 17. Efecto de concentración del estiércol de ovino (tn/ha) en peso fresco de hipocótilos pequeños.

En figura 17 se observa la interacción de estiércol de ovino y ecotipos, muestra una tendencia cuadrática para todos los ecotipos con respecto a la adición de estiércol; de esta manera el ecotipo crema aumenta linealmente (6.6 gr/m^2) hasta la aplicación del nivel 7.5 tn/ha de estiércol, luego reduce en 0.5 gr/m^2 por el aumento de estiércol de ovino. Por lo tanto incrementos mayores de estiércol de ovino no necesariamente aumenta el diámetro de los hipocótilos; por tanto el nivel mas aconsejable para el experimento para este sector es 7.5 tn/ha .

El ecotipo amarillo aumenta linealmente en 4.2 gr/m², para luego disminuir en 0.23 gr/m²; finalmente el ecotipo morado tiene un comportamiento diferente a los dos ecotipos anteriores ya que solo aumenta de forma lineal en 2.6 gr/m². Por lo tanto el efecto de la aplicación del estiércol en los ecotipos crema y amarillo fue significativo, mientras para el ecotipo morado estadísticamente no existe significancia.

5.4. Evaluación económica.

La evaluación económica se realizó en tratamientos con menor y mayor rendimiento por hectárea (Cuadro 35), donde el ecotipo crema con efecto de 7.5 tn/ha de estiércol de ovino (a₃b₄) su costo es superior en 7.3 % comparado con el ecotipo morado con nivel 0.0 tn/ha de estiércol de ovino (a₂b₁) ver figura 18, debido a que fue mayor la inversión en mano de obra y uso de estiércol para el experimento.

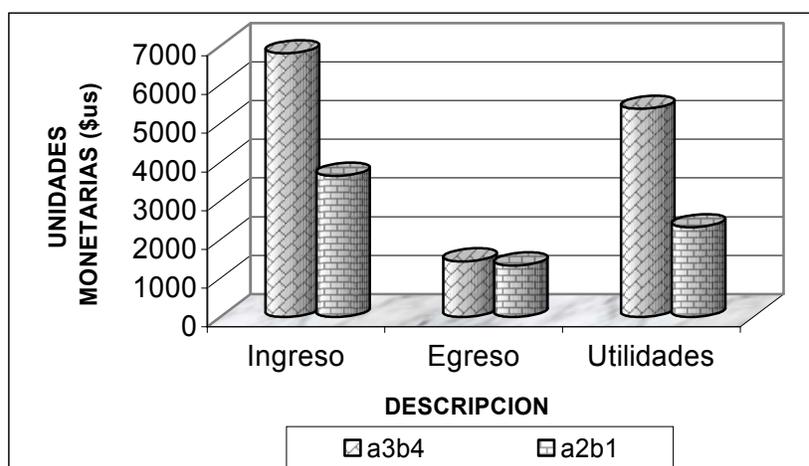


Figura 18. Estado económico de pérdidas, ganancias y utilidades (\$us/ha/año) en tratamientos con mayor y menor rendimiento.

En cuadro 36 se observan los ingresos por tratamiento (venta de hipocótilos frescos), donde ecotipo crema con nivel 7.5 tn/ha de estiércol de ovino (a₃b₄) logra alcanzar 6817.32 \$us/ha, por tanto es superior en 46.47 % comparado con el ecotipo morado con nivel 0.0 tn/ha de estiércol (a₂b₁) que registra 3647.47 \$us/ha, esta diferencia se debe a la cantidad mayor en tamaño mediano a₃b₄ (5227.13 kg/ha) y en tratamiento a₂b₁ es 2520.0 kg/ha, por el precio en el mercado nacional que fluctúa en 0.9 \$us/kg de maca fresca tamaño mediano y 0.7 \$us/kg en tamaño pequeño.

Cuadro 35. Comparación costos de producción en cultivo de maca (\$us/ha/año), tratamientos a₃b₄ y a₂b₁.

Descripción	Unidad	Tratamiento a ₃ b ₄			Tratamiento a ₂ b ₁		
		Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial
a). Preparación del terreno				182.5			182.0
Alquiler de terreno	Hectárea	1	100.0	100.0	1	100.0	100.0
Tracción animal	Jornal	4	12.0	48.0	4	12.0	48.0
Fertilización	Jornal	3	4.5	13.0	3	4.5	13.5
Nivelado	Jornal	2	8.0	16.0	2	8.0	16.0
Trazado de líneas	Jornal	1	4.5	4.5	1	4.5	4.5
b). Insumos				806.5			750.0
Semilla	Kilogramo	3	250	750.0	3	250.0	750.0
Estiércol	Tonelada	7.5	7.5	56.5	0.0	0.0	0.0
c). Herramientas y equipos				50.0			50.0
Picotas	Unidad	4	5.0	20.0	4	5.0	20.0
Palas	Unidad	4	5.0	20.0	4	5.0	20.0
Manguera	Metros	50	0.2	10.0	50	0.2	10.0
d). Siembra				45.0			45.0
Voleo de semilla	Jornal	4	4.5	18.0	4	4.5	18.0
Tapado, compactado de semilla	Jornal	2	4.5	9.0	2	4.5	9.0
Riego	Jornal	4	4.5	18.0	4	4.5	18.0

Continuación del cuadro 35.							
e). Labores culturales				106.0			106.0
Raleo y refallo	Jornal	4	4.5	18.0	4	4.5	18.0
Riego complementario	Jornal	10	4.5	45.0	10	4.5	45.0
Canales de drenaje	Jornal	4	4.5	18.0	4	4.5	18.0
Control de plagas	Estimado	-	-	25.0	-	-	25.0
f). Cosecha y poscosecha				246.0			197.7
Recojo	Jornal	12	4.5	54.0	10	4.5	45.0
Lavado	Jornal	2	4.5	9.0	2	4.5	9.0
Selección	Jornal	4	4.5	18.0	3.5	4.5	15.7
Secado	Jornal	25	4.5	112.5	20	4.5	90.0
Frotado	Jornal	5	4.5	22.5	4	4.5	18.0
Ventado	Jornal	1.5	20.0	30.0	1	20.0	20.0
Total costo de producción (a+b+c+d+e+f)				1436.0			1330.7

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 36. Ingreso por la venta de maca fresca por tratamiento (mediano y pequeño), tratamientos a_3b_4 y a_2b_1 .

Descripción de hipocótilos	Unidad	Costo Unitario \$us	Tratamiento a_3b_4		Tratamiento a_2b_1	
			Cantidad kg/ha	Ingreso Parcial	Cantidad kg/ha	Ingreso Parcial
Medianos	kg	0.9	5227.13	4704.42	2520.00	2268.00
Pequeños	kg	0.7	3014.14	2109.90	1970.67	1379.47
Total				6814.32		3647.47

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 37, se concluye que ecotipo crema con el efecto de 7.5 tn/ha de estiércol de ovino (a_3b_4) tiene un índice mayor en relación beneficio costo (3.75), esta demuestra alta rentabilidad del cultivo (índice que mide el retorno por cada unidad monetaria). En cambio el tratamiento a_2b_1 muestra un índice menor (1.74); el resto de los tratamientos son intermedios respectivamente.

Cuadro 37. Estado económico de pérdidas, ganancias y utilidades (\$us/ha/año) en tratamientos con mayor y menor rendimiento.

Descripción	Tratamiento a_3b_4	Tratamiento a_2b_1
Ingresos	6814.32	3647.47
Egresos	1436.00	1330.70
Utilidades	5378.32	2316.77
Relación beneficio/costo	3.75	1.74

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al criterio relación (b/c) el tratamiento a_3b_4 es altamente rentable, esta significa que por cada unidad de inversión en activos fijos y variables se espera un beneficio de 3.75 unidades adicionales; lo mismo ocurre para el tratamiento a_2b_1 que tuvo un manejo a nivel del agricultor con índice de 1.74 (Figura 19).

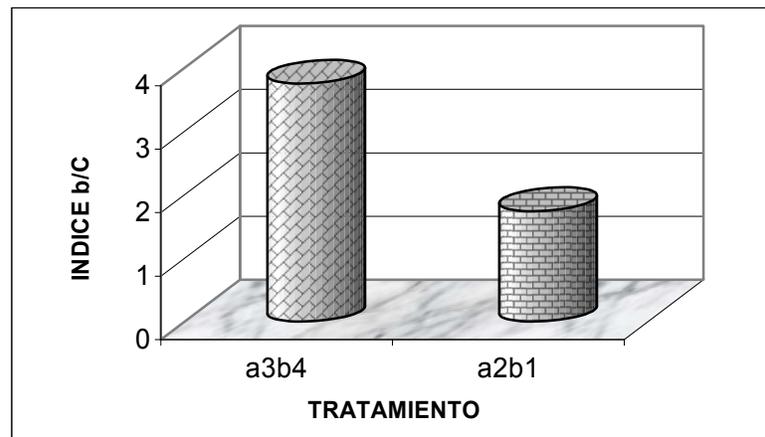


Figura 19. Relación beneficio costo para cultivo de maca en tratamientos con mayor y menor rendimiento.

VI CONCLUSIONES

Al evaluar tres ecotipos de maca (amarillo, morado y crema) *Lepidium meyenii* Walp., bajo el efecto de cinco niveles de estiércol de ovino (0.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 tn/ha) en la Comunidad Yampupata, (Provincia Manco Kapac – La Paz) se tiene las siguientes conclusiones:

6.1. Con respecto a las fases fenológicas del cultivo de maca.

Al describir las fases fenológicas podemos concluir como una primera aproximación que la maca tiene 5 fases fenológicas (estas evaluaciones no presentan parte de la floración) a continuación se escriben de una fase a otro, cuando el 50 % de las plantas presentan dichos cambios por tratamiento y se acepta la hipótesis.

La germinación de la semilla inicia al tercer y cuarto día, la emergencia de las hojas cotiledoneas para ecotipo amarillo (a_1) ocurrió a 17 días y en los ecotipos morado y crema (a_2 y a_3) en 18 días, los cuales permanecieron por 5 días, luego aparecieron las primeras hojas verdaderas en 31 días (a_1) para ecotipo amarillo, en cambio para ecotipos morado y crema (a_2 y a_3) después de 32 días, los resultados obtenidos son similares en relación al tiempo para los tres ecotipos de maca.

El inicio de macollamiento se observó a los 69 días en ecotipo amarillo (a_1) después de la siembra, a 73 días para ecotipos morado y crema (a_2 y a_3), en cambio se manifestó a 71 días, el llenado de los hipocótilos inició paralelo al macollamiento periodo que duró 238 días desde la siembra en ecotipo crema (a la que se considera como etapa de cosecha comercial), para ecotipos amarillo y morado a los 289 días.

6.2. Con respecto a los rendimientos.

Para rendimiento fresco y seco según ANVA no existen diferencias significativas entre los bloques e interacciones en parcelas principales y subparcelas.

Las condiciones edafo-climáticas de la zona son favorables para el cultivo con ecotipo crema, en los niveles de 7.5 y 10.0 tn/ha de estiércol (a_3b_4 y a_3b_5) por registrar rendimientos 8055.06 y 7857.50 kg/ha/año en hipocótilos frescos de maca.

Para el rendimiento seco a 10 – 14 % humedad de hipocótilos tiene una relación que varia de 3:1 – 3.2:1, es decir 3.2 kg de hipocótilo fresco se obtiene 1 kg de hipocótilo seco, en donde se acepta la hipótesis.

6.3. Con respecto a clasificación.

Para los tamaños (diámetro y longitud de hipocótilos) y categorías (medianos y pequeños) seco según ANVA no existen diferencias significativas entre los bloques e interacciones en parcelas principales y subparcelas; para hipocótilos medianos y pequeños es significativo para la interacción entre ecotipos y niveles de estiércol.

El ecotipo crema bajo el efecto de 7.5 tn/ha de estiércol (a_3b_4), alcanzo tamaño mayor hasta de 4.32 cm en diámetro y 15.62 cm longitud en ecotipo amarillo con 10.0 tn/ha de estiércol (a_1b_5), pero el ecotipo crema bajo efecto de 2.5 tn/ha (a_3b_2) al registrar 3.35 cm como diámetro y 10.62 cm de longitud en ecotipo morado (a_2b_1), sin la incorporación de estiércol, son de menor tamaño, esta directamente sea influenciado por los diferentes ecotipos de maca y niveles de fertilización de estiércol de ovino, así mismo por las condiciones del clima y suelo.

Los hipocótilos se clasificaron en dos categorías como medianos y pequeños, en la cual ecotipo crema bajo el efecto de 7.5 tn/ha de estiércol (a_3b_4) alcanzó en medianos 784.07 gr/trat.; así mismo, para pequeños el ecotipo crema 7.5 tn/ha de estiércol (a_3b_4) registrando 452.12 gr/trat. se constituyen como mejores tratamientos en el experimento, comparados con resto de los tratamientos que son menores.

6.4. Con respecto al análisis de costos.

En ecotipo crema bajo el efecto 7.5 tn/ha de estiércol (a_3b_4) el ingreso por venta de hipocótilos, alcanzó 6814.32 \$us/ha/año, por tanto es superior en 46.47 % comparado con tratamiento (a_2b_1); el índice de b/c es 3.75, lo que demuestra alta rentabilidad del cultivo. En cambio para tratamiento (a_2b_1) b/c es 1.74 unidades monetarias adicionales sigue siendo rentable. Se acepta la hipótesis con tratamiento a_3b_4 teniendo manejo técnico adecuado para la comunidad.

VII RECOMENDACIONES

- Continuar con el trabajo de investigación de modo que se pueda aprovechar el ecotipo crema y amarillo para obtener rendimientos óptimos.
- Se recomienda cultivar los ecotipos crema y amarillo por que se adapta mejor a las condicione del suelo y clima de la zona.
- Por la topografía de la zona se recomienda investigar épocas de siembra, densidad y sistemas de siembra.
- Introducir y ensayar nuevos ecotipos con sistemas de riego en las comunidades del Municipio de Copacabana.
- Sus propiedades medicinales, que combate la impotencia y apatía sexual, antiestrés, antidepresivo y otros, nos compromete a realizar diferentes investigaciones para determinar las cantidades adecuadas en el tratamiento de la medicina humana.
- Rescatar y revalorizar los cultivos andinos, que son ricas en cualidades medicinales, alimentarias y entre otras.
- Finalmente se recomienda para el futuro, establecer cultivo de maca con fines económicos, previa elaboración de un plan de producción y comercialización, por lo menos para dos años hasta la obtención de semilla así alcanzar rendimientos mayores tanto en hipocótilos como en semillas.

VIII BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Alfaro, G. y Llica, A. 2001. Seminario sobre producción y transformación de cultivo de Maca. Agosto, La Paz – Bolivia.
- ANDINA REAL EXPORTER. 2002. Análisis de Maca (en líneas). Lima – Perú. Disponible. <http://www.análisis de maca/Análisis.htm>.
- ATLAS ESTADISTICAS DE LOS MUNICIPIOS DE BOLIVIA. 1998. Un Mundo de Potencialidades. COSUDE.
- Augstburger, F. 1989. Abonos orgánicos en cultivo de la papa. Zona Andina de Bolivia. AGRUCO, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba - Bolivia. Serie técnica. p 19,14.
- Bravo, E. R. 1995. Efecto de la incorporación del estiércol de ovino en suelos con problemas de Carbonatos en Agroecosistemas de Waru Waru. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Facultad de Ciencias Agrarias. Puno – Perú. p 85.
- Buckman, H. y Brady, C. 1977. Naturaleza y propiedad de los suelos. Montaner y Simón. Barcelona – España. p 590.
- Calzada. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Jurídica S.A. 3ra. Edición Lima – Perú.
- Callizaya, R. 1998. Estudio de niveles de abonamiento orgánico en dos clones del cultivo de ulluco (*Ulluco tuberosum* Loz.) en altiplano central de Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.
- Chakurunas Trading S.R.L. 2002. Morfología de la Maca (en líneas). Lima – Perú. Disponible. <http://www.wilkesweb.net/chks-cultura.htm>.
- Chilón, E. 1996. Manual de edafología. Editorial. C.I.D.A.T. La Paz – Bolivia. p 93.

- Costa, R. 1996. Monografía de la Provincia Manco Kapac. Impreso Stilo – Industria. Grafica La Paz – Bolivia. p 34.
- COSUDE. 1999. INVESTIGACION SOBRE MACA EN EL ALTIPLANO DE PUNO. TOMO I. Impreso Alberto Tapia. Puno – Perú.
- CIMMYT. 1988. Programa de Economía. México.
- Fernández, M. 1999. Adaptabilidad del cultivo de maca (*lepidium meyenii walp*) en los agrosistemas de waru waru y pampa en el altiplano de Puno. Impreso Alberto Tapia. Puno – Perú. p 29 y 30.
- Gómez, P. 2000. Manual del cultivo, producción comercialización y exportación de la Maca (*Lepidium meyenii Walp*). Arequipa. Ministerio de Agricultura Dirección Regional Agraria Arequipa – Perú. p 4 y 20.
- Gros. 1981. Guías práctica de la fertilización. 7mo. Edición. Editorial Mundi - Prensa. Madrid – España. p 144.
- Guereca, M. 1993. Efecto de la aplicación de estiércol bovino en suelos franco - arcilloso. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Martín Cárdenas. Cochabamba - Bolivia. p 13.
- Herbas, J. 1990. Evaluación agronómica de la aplicación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en ensayos a largo plazo en la Tamborada. En Seminario Nacional sobre Fertilidad de Suelos y Uso de Fertilizantes. Santa Cruz – Bolivia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, proyecto de fertilizantes (CCPF/BOL/018/NET). p 354.
- Huguet. 1995. Economía y cultura en la producción de la Maca en los Andes (en líneas). Disponible. http://www.igp.gob.pe/cns/investigación/economía-cnd/g/rev_99-pdf/hyo-ic.PDF.
- IGM (Instituto Geográfico Militar). 1994. Mapa Política de Bolivia. Esc. 1:250.000 Color.

- INADE. 1999. Investigación sobre maca en el Altiplano de Puno. Editorial Aquarium Impresores. Puno – Perú.
- Lampkin. 1998. Agricultura ecológica. Primera Edición. Editorial Mundi - Prensa. Madrid – Barcelona – México. ps 87 – 88.
- Ñaupari. 1999. Maca planta prodigiosa de los Andes (en líneas). Disponible. <http://www.c/windows/escritorio/maca/historia-maca.htm>.
- Paja, G. 2000. Niveles de fertilización orgánica en el cultivo de Estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) en la localidad de San Buena Ventura. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía.
- Rea. 1997. La Agricultura Andina. La Paz - Bolivia (en líneas). Disponible. [http://www.a/cultivos andinos FAO -introducción .htm](http://www.a/cultivos_andinos_FAO_introducción.htm)
- Rebisso, R. 1999. Comportamiento del cultivo de maca (*Lepidium meyenii* walp) en agrosistema waru waru en el altiplano de Puno. Impreso Alberto Tapia. Puno – Perú. p 76 al 78.
- SAMA. 2003. 1er. Curso práctico en cultivo de maca y su comercialización. La Paz - Bolivia.
- Sandoval, G. 2000. Crea tu propio micro empresa. Primera Edición Macro E.I.R.L. Lima – Perú. ps 23, 36, 39,40.
- Solís. 1999. Producción de maca en la Meseta de Bombón. Impreso en los Talleres de Ríos Huancayo – Perú. p 50 y 51.
- Sullca, R. 2003. Proyecto producción ecológica de maca. La Paz - Bolivia. p 45.
- Suquilanda. 1995. Fertilización orgánica, manual técnico serie agricultura orgánica. N° 3 FUNDAGRO Quito Ecuador. p 27.
- Tapia, M. 1997. Cultivo andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2da Edición FAO. Santiago – Chile. ps 113 al 118.

- Tisdale, et al. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Limusa – México. P 761.
- Tito, S. y Chávez, H. 2002. Manual de la producción de la Maca (*Lepidium peruvianum* Chacon). Jardín Botánico Purani Churiquimbaya Sorata – Bolivia. p 35.
- UNAN – CINTDES 2002. Maca para exportación y semilla de Maca para Mercado Interno, La Paz - Bolivia.
- Velásquez, A. 1995. Comportamiento agronómico de ocho cultivos de Amaranto, en la localidad de Carmen Pampa, tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. p 38.

BIBLIOTECAS CONSULTADAS

- A) Biblioteca Especializada de la Facultad de Agronomía (UMSA)
- B) Biblioteca Municipal de la Ciudad de La Paz
- C) Escuela Militar de Ingeniería (EMI)
- D) Instituto Nacional de Estadística de La Paz (INE)
- E) Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuario (MACA)
- F) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)
- G) Programa de Suka Kollus (PROSUKU)
- H) Biblioteca La Casa de Agricultura
- I) Contactos con las Universidades Públicas de Perú, vía INTERNET
- J) Biblioteca particular o propia.

ANEXO

Anexo 1. Ubicación geográfica de la Comunidad Yampupata Municipio Copacabana – Manco Kapac.



Fuente: Instituto Geográfico Militar, 1994.

Anexo 2. Análisis químico del suelo en ensayo experimental.

Código	Carbonatos Libres	pH agua 1:5	pH KCl 1N 1:5	C.E. ms/cm 1:5	SAT. BAS. %	M. O. xxxx %	N TOTAL %	P Asim Ppm
Antes de siembra	P	6.77	6.71	0.082	99.7	1.76	0.07	11.32
Después de la cosecha	a1 = P	6.08	6.07	0.062	99.7	1.74	0.06	12.00
	a2 = P	6.07	6.06	0.080	99.7	1.75	0.07	11.59
	a3 = P	6.08	6.07	0.042	99.7	1.65	0.04	12.03

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (2005).

Observaciones:

- Cationes de cambio extraídos con acetato de amonio 1N.
- Fosfatos asimilables analizado con el método de Bray Kurtz
- C.E. Conductividad eléctrica en milisiemens por centímetro.
- C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.
- T.B.I. Total de Bases de Intercambio.
- M.O. Materia Orgánica.
- P. Presente (Carbonatos Libres).

Anexo 3. Análisis físico de suelo del ensayo experimental.

Código	Arena %	Arcilla %	Lino %	Clase Textura	Grava %
Antes de siembra	46	33	21	FYA	7.96
Después de cosecha	58	23	19	FYA	8.04

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencias y Tecnología Nuclear (2005).

Clase Textural:

F: Franco

Y: Arcilloso

L: Limoso

YA: Arcilloso Arenoso

A: Arenoso

FYA: Franco Arcillo Arenoso

Anexo 4. Cationes de cambio (meq/100 gr suelo) del ensayo experimental.

Código	Al+H	Ca	Mg	Na	K	TBI	CIC
Antes de siembra	0.05	16.25	1.24	0.28	0.32	18.09	18.14
Después de cosecha	a1 = 0.05	13.61	1.01	0.26	0.34	15.22	15.27
	a2 = 0.05	14.25	1.16	0.28	0.33	17.02	17.25
	a3 = 0.05	12.90	1.00	0.21	0.35	15.02	15.01

Fuente: Instituto Boliviano de Ciencias y Tecnología Nuclear (2005).

Anexo 5. Datos del campo para rendimiento de hipocótilos frescos (gr/trat.).

Ecotipos	Niveles	I	II	III	IV
Amarillo	0.0 tn/ha	884.7	902.5	890.9	876.8
	2.5 tn/ha	1027.9	1053.3	1032.0	1047.1
	5.0 tn/ha	1024.8	1011.9	1017.7	1028.5
	7.5 tn/ha	1166.2	1202.5	1194.9	806.4
	10.0 tn/ha	1108.1	1087.3	1058.6	1146.4
Morado	0.0 tn/ha	684.0	663.7	696.2	651.5
	2.5 tn/ha	773.7	805.2	807.3	775.2
	5.0 tn/ha	952.6	940.8	958.9	966.4
	7.5 tn/ha	950.8	955.4	941.5	963.1
	10.0 tn/ha	851.1	829.5	862.2	820.8
Crema	0.0 tn/ha	964.8	919.8	948.5	928.3
	2.5 tn/ha	1160.3	1163.9	1173.5	1144.1
	5.0 tn/ha	1017.0	1004.9	1021.1	1036.5
	7.5 tn/ha	1245.5	1271.1	1269.7	1240.8
	10.0 tn/ha	1233.7	1258.8	1203.3	1206.6

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Comportamiento de temperatura y precipitación (dic. 2003 - ago. 2004) en la Comunidad Yampupata a 4027 m.s.n.m.

Meses	Precipitación mm	Temperatura °C		
		Mínima	Media	Máxima
Diciembre	19.8	4	8	12
Enero	356.8	3	7	11
Febrero	183.7	2	7	12
Marzo	18.2	3	7.5	12
Abril	18.3	4	8.5	13
Mayo	9.2	-2	5	12
Junio	0	-5	3	11
Julio	0	-4	3	10
Agosto	0	-3	3.5	10

Fuente: Estación Meteorológica de Isla del Sol (2003 – 2004).

Anexo 7. Datos del campo para rendimiento de hipocótilos secos (gr/trat.).

Ecotipos	Niveles	I	II	III	IV
Amarillo	0.0 tn/ha	261.1	282.3	279.7	268.7
	2.5 tn/ha	504.2	318.7	295.2	314.9
	5.0 tn/ha	307.5	312.6	313.3	285.4
	7.5 tn/ha	375.6	351.8	375.1	351.5
	10.0 tn/ha	342.7	332.0	326.4	313.7
Morado	0.0 tn/ha	205.4	203.7	200.8	243.0
	2.5 tn/ha	256.8	233.1	257.6	235.3
	5.0 tn/ha	273.5	264.9	249.4	253.7
	7.5 tn/ha	301.6	269.4	301.7	285.1
	10.0 tn/ha	259.8	242.9	242.4	233.6
Crema	0.0 tn/ha	281.4	264.1	261.7	261.2
	2.5 tn/ha	369.3	345.5	359.3	341.9
	5.0 tn/ha	337.9	349.3	334.8	321.6
	7.5 tn/ha	396.0	371.8	398.3	379.9
	10.0 tn/ha	345.9	351.5	350.7	334.3

Fuente: Elaboración propia.