

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“ADAPTABILIDAD DE TRES VARIEDADES DEL CULTIVO DE MACA  
(*Lepidium meyeri*) EN LA ZONA DE TABACUNDO.”**

Documento Final del Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado  
de Ingeniero Agrónomo.

**WASHINGTON EMILIO MONCAYO ROBINSON**  
**ING. SEGUNDO EUCLIDES CURAY QUISPE**

**TABACUNDO – ECUADOR**

**2022**

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“El suscrito, MONCAYO ROBINSON WASHINGTON EMILIO, portador de la cédula de identidad número: 172451057-1, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “ADAPTABILIDAD DE TRES VARIEDADES DEL CULTIVO DE MACA (*Lepidium meyeri*) EN LA ZONA DE TABACUNDO.” es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Moncayo Robinson Washington Emilio', is written over a faint, light-colored background that looks like a document or form.

---

Moncayo Robinson Washington Emilio

## DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “ADAPTABILIDAD DE TRES VARIETADES DEL CULTIVO DE MACA (*Lepidium meyeri*) EN LA ZONA DE TABACUNDO.” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él”



---

Moncayo Robinson Washington Emilio

“ADAPTABILIDAD DE TRES VARIEDADES DEL CULTIVO DE MACA  
(*Lepidium meyeri*) EN LA ZONA DE TABACUNDO.”

APROBADO POR:



Firmado electrónicamente por:  
**SEGUNDO  
EUCLIDES CURAY  
QUISPE**

---

**Ing. Segundo Curay Quispe**  
**TUTOR**

INTEGRANTES DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN:

FECHA



Firmado electrónicamente por:  
**MARCO OSWALDO  
PEREZ SALINAS**

14/03/2022

---

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**



Firmado electrónicamente por:  
**DAVID ANIBAL  
GUERRERO CANDO**

14/03/2022

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**



Firmado electrónicamente por:  
**LUIS ALFREDO  
VILLACIS  
ALDAZ**

14/03/2022

---

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios en primer lugar por darme el don de la sabiduría y a mis padres por nunca dejarme solo en momentos difíciles y ser un pilar fundamental en cada etapa de mi vida para darme ánimos y ayudarme a culminar cada una de mis metas.

A mis hermanos y familia que ya sea con una palabra de aliento siempre estuvieron presentes para culminar esta etapa de mi vida.

Al Ing. Segundo Curay y todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, quienes derramaron sobre mi sabiduría y amplios conocimientos para ser de mi un buen profesional.

Gracias.

## DEDICATORIA

A mis padres Washington Moncayo y Maritza Robinson, por darme su apoyo incondicional en mi carrera estudiantil desde su inicio, y por obsequiarme valores primordiales para hacer de mí una persona de principios y ética. Este logro es tanto de ellos como mío.

A mis hermanos Wilmo Y Adela por siempre estar pendientes de mí y fomentarme siempre ser una persona honesta y humilde, también por brindarme su ayuda y conocimientos cuando más lo necesité.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO II</b> .....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO</b> .....	3
<b>2.1. ANTECEDENTES INVESTIGACIONES</b> .....	3
<b>2.2. MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA</b> .....	5
2.2.1. Descripción taxonómica .....	5
2.2.2. Descripción botánica .....	6
2.2.3. Ecotipos del cultivo de maca .....	7
2.2.4. Clasificación de los hipocótilos .....	7
<b>2.3. FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS</b> .....	7
2.3.2. Temperatura .....	7
2.3.3. Precipitación .....	8
2.3.4. Humedad .....	8
2.3.5. Fertilización .....	8
<b>2.4. MANEJO DEL CULTIVO DE MACA</b> .....	8
2.4.1. Limpieza del terreno .....	8
2.4.2. Rastrillado y nivelado .....	8
2.4.3. Densidad de la siembra .....	9
2.4.5. Siembra .....	9
<b>2.5. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE MACA</b> .....	9
2.5.1. Plagas .....	9
2.5.2. Enfermedades .....	10
<b>CAPITULO III</b> .....	11
<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b> .....	11
<b>3.1. HIPÓTESIS</b> .....	11
<b>3.2. OBJETIVOS</b> .....	11
3.2.1. Objetivo general .....	11
3.2.2. Objetivo específicos .....	11
<b>CAPITULO IV</b> .....	12



<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....</b>	<b>12</b>
<b>4.3. EQUIPOS Y MATERIALES .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3.1. EQUIPOS.....</b>	<b>12</b>
<b>4.3.2. MATERIALES.....</b>	<b>12</b>
<b>4.4. FACTORES DE ESTUDIO.....</b>	<b>13</b>
<b>4.5. TRATAMIENTOS.....</b>	<b>13</b>
<b>4.6. DISEÑO DEL ENSAYO.....</b>	<b>13</b>
<b>4.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....</b>	<b>13</b>
<b>4.8.1. Preparación del suelo .....</b>	<b>13</b>
<b>4.8.2. Germinación de las semillas.....</b>	<b>14</b>
<b>4.8.3. Elaboración de parcelas .....</b>	<b>14</b>
<b>4.8.4. Siembra .....</b>	<b>14</b>
<b>4.8.5. Riego.....</b>	<b>14</b>
<b>4.8.6. Deshierba .....</b>	<b>15</b>
<b>4.8.7. Control de plagas y enfermedades .....</b>	<b>15</b>
<b>4.8.8. Cosecha .....</b>	<b>15</b>
<b>4.9. VARIABLES RESPUESTAS.....</b>	<b>15</b>
<b>4.9.1. Diámetro del hipocótilo.....</b>	<b>15</b>
<b>4.9.2. Rendimiento.....</b>	<b>16</b>
<b>4.9.3. Porcentaje de germinación .....</b>	<b>16</b>
<b>4.9.4. Masa foliar .....</b>	<b>16</b>
<b>4.9.5. Altura de la planta.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>17</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1. RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1.1. Altura de la planta.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1.2. Diámetro polar rizoma.....</b>	<b>17</b>
<b>5.1.3. Diámetro ecuatorial rizoma.....</b>	<b>18</b>
<b>5.1.4. Peso del rizoma.....</b>	<b>18</b>

5.1.5. Peso follaje .....	18
5.1.6. Peso total.....	19
5.1.7. Masa foliar .....	19
5.1.8. Rendimiento.....	20
5.1.9. Porcentajes de germinación .....	22
5.2. DISCUSIÓN .....	23
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>24</b>
<b>CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS .....</b>	<b>24</b>
6.1. CONCLUSIONES.....	24
6.2. BIBLIOGRAFÍA.....	25
6.3. ANEXOS.....	27
<b>CAPITULO VII .....</b>	<b>32</b>
<b>PROPUESTA .....</b>	<b>32</b>
7.1. TÍTULO.....	32
7.2. DATOS INFORMATIVOS .....	32
7.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	32
7.4. JUSTIFICACIÓN .....	32
7.5. OBJETIVOS.....	33
7.6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	33
7.7. FUNDAMENTACIÓN.....	33
7.8.3. Germinación de la semilla.....	34
7.8.4. Incorporación de materia orgánica.....	34
7.8.5. Siembra .....	34
7.8.9. Deshierbe.....	34
7.8.10. Riego.....	34
7.8.11. Cosecha .....	34
7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Componentes de la maca.....	3
<b>Tabla 2.</b> Descripción taxonómica.....	5
<b>Tabla 3.</b> Tratamientos de la investigación.....	13
<b>Tabla 4.</b> Análisis ecotipos .....	17
<b>Tabla 5.</b> Análisis del diámetro polar .....	17
<b>Tabla 6.</b> Descripción diámetro ecuatorial rizoma.....	18
<b>Tabla 7.</b> Análisis peso rizoma .....	18
<b>Tabla 8.</b> Análisis del peso del follaje .....	19
<b>Tabla 9.</b> Análisis del peso.....	19
<b>Tabla 10.</b> Análisis de la masa foliar .....	20
<b>Tabla 11.</b> Rendimiento maca negra.....	20
<b>Tabla 12.</b> Rendimiento de la maca morada .....	21
<b>Tabla 13.</b> Rendimiento maca blanca .....	21
<b>Tabla 14.</b> Descripción germinación maca morada.....	22
<b>Tabla 15.</b> Descripción germinación maca morada.....	22
<b>Tabla 16.</b> Descripción germinación maca blanca .....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figure 1.</b> Esquema diseño experimental .....	13
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Preparación del terreno .....	27
<b>ANEXO 2.</b> Trazado de las parcelas .....	27
<b>ANEXO 3.</b> Elaboración de camas .....	27
<b>ANEXO 4.</b> siembra de plántulas de maca .....	28
<b>ANEXO 5.</b> incorporación de materia orgánica (compost).....	28
<b>ANEXO 6.</b> Colocación de rótulos .....	28
<b>ANEXO 7.</b> Macas 3 meses después de la siembra .....	29
<b>ANEXO 8.</b> Cosecha.....	29
<b>ANEXO 9.</b> Ecotipos maca.....	29
<b>ANEXO 10.</b> Peso del follaje fresco.....	30
<b>ANEXO 11.</b> Peso rizoma (hipocotilo) fresco .....	30
<b>ANEXO 12.</b> Análisis de la altura de planta .....	31
<b>ANEXO 13.</b> Análisis diámetro polar rizoma.....	31

## RESUMEN

La maca es un cultivo que posee una gran importancia en la nutrición y en la medicina por sus altos contenidos en minerales y vitaminas. Existe muy poca información sobre este cultivo por lo que muchos agricultores han dejado a un lado este cultivo por la inexperiencia que se tiene al momento de manejar el cultivo. El presente trabajo se lo realiza con el fin de darles a conocer si este cultivo se puede adaptar en otros lugares que no sean las partes alto andinas. En el sector que se ubicó el ensayo fue en la parroquia de Tabacundo que está a una altura de 2688 metros sobre el nivel del mar. Los ecotipos que se utilizaron fueron la maca negra, la maca blanca y la maca morada, mismas que se adaptaron de diferente manera a los factores climáticos y edáficos del sector. La siembra se realizó en camas de 60cm de ancho y de 10m de largo con caminos de 50cm, la distancia de siembra que se utilizó fue de 10cm entre plantas y 10cm entre hileras. Los rendimientos que se obtuvieron en cada ecotipo fueron valores cercanos a los que encontramos durante el proceso de investigación y así se logra determinar que si existió una adaptabilidad estable de la maca; sin embargo, cada maca tuvo su rendimiento y la que más rendimiento tuvo fue la maca negra lo que da a entender que fue la que más se adaptó a los cambios de climas, las temperaturas altas y bajas, las lluvias fuertes y a las heladas. De la misma manera fue la maca en la que no se presentó ni plagas ni enfermedades. El Ecuador por su ubicación geográfica tiene una alta probabilidad de que se adapte la maca, las provincias de Cañar, Azuay y Loja se ha empezado la siembra de este cultivo con más de 80 hectáreas, pero la industrialización de este producto se lo ha realizado sin maquinarias porque los cultivos son de agricultores pequeños que trabajan con su familia con este superalimento.

**Palabras claves:** Superalimento, agricultores, industrialización, familia, nutrición.

## SUMMARY

Maca is a crop that is of great importance in nutrition and medicine due to its high content of minerals and vitamins. There is very little information about this crop, which is why many farmers have left this crop aside due to the inexperience they have when managing the crop. The present work is carried out in order to let them know if this crop can be adapted in other places that are not the high Andean parts. The sector where the trial was located was in the parish of Tabacundo, which is at a height of 2,688 meters above sea level. The ecotypes that were used were the black maca, the white maca and the purple maca, which were adapted in different ways to the climatic and edaphic factors of the sector. Planting was done in beds 60 cm wide and 10 m long with 50 cm paths, the planting distance used was 10 cm between plants and 10 cm between rows. The yields obtained in each ecotype were values close to those found during the research process and thus it is possible to determine if there was a stable adaptability of maca; however, each maca had its yield and the one with the highest yield was the black maca, which implies that it was the one that most adapted to changes in climate, high and low temperatures, heavy rains and frosts. In the same way was the maca in which there were no pests or diseases. Ecuador, due to its geographical location, has a high probability that maca will be adapted, the provinces of Cañar, Azuay and Loja have begun planting this crop with more than 80 hectares, but the industrialization of this product has been carried out without machinery because the crops are from small farmers who work with their families with this superfood.

**Key words:** Superfood, farmers, industrialization, family,

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

Los cultivos andinos que auténticamente fueron parte de las dietas de las poblaciones aborígenes, hoy en día se destacan como alimentos pioneros en la nutrición y excelentes fuentes de energía reconociéndolos como alimentos de alta calidad. Sus cultivos se consideran toscos, ya que tienen resistencia a heladas, salinidad o sequías, su importancia radica en que, ya sean tubérculos, frutales o raíces estos tienen una gran influencia para llegar a ser transformados en alimentos procesados. (Jacobsen, Mujica, & Ortiz, 2003).

La maca resulta ser una especie perteneciente a la familia de las crucíferas, la misma que se siembra en los andes sudamericanos, pero arraigando su pertenencia en el Perú, cultivándose sobre los 4000msnm, cualidades específicas que brinda este territorio, por lo que se la ha explotado aproximadamente hace 2000 años según las crónicas de la conquista peruana. Se han encontrado más de trece variedades las mismas que se diferencian por sus colores que van desde el blanco hasta el negro, y destaca así mismo las distintas propiedades nutritivas que contiene cada una dependiendo del suelo en el que se la cultive. (Gonzales, Villaorduña, Gasco , Rubio, & Gonzales , 2014) .

El Ecuador gracias a su ubicación geográfica tiene alta adaptabilidad de este cultivo como en provincias de Cañar, Azuay y Loja, por ejemplo, en el cantón Girón ya se encuentran cerca de 80 Ha sembradas de maca, aunque su explotación y procesamiento se ha agilizado sin apoyo tecnológico, ya que su desarrollo primordialmente se debe a pequeños agricultores de la zona que conjuntamente con su familia deciden inmiscuirse en el cultivo del superalimento como usualmente se define a la maca. (Otavalo, Mogrovejo, 2018).

El cultivo de maca ha sido considerado con un tipo de ginseng de los andes, ya que es cultivada en las zonas altas que están sobre los 4000 metros sobre el nivel del mar. Perú fue uno de los pioneros en la industrialización y exportación de la maca viéndose un gran incremento en sus ventas sobre el 109% en un año de haber iniciado la exportación del cultivo. En el Ecuador existe una asociación agrícola llamada Santa Marianita que el que fomenta el cultivo de maca en todo el país. Dicha asociación agrupa a los pequeños productores de la parroquia de Quinchicoto en el Cantón



Tisaleo, después de la cosecha se vende la raíz para que sea industrializada y convertida en harina (Acosta & García, 2018).

La maca es un cultivo que posee una raíz milenaria que es cultivada en las partes alto andinas de Perú y Bolivia porque su valor ancestral es muy conocido. Este es un cultivo que se adaptó en condiciones extremas; es decir, que ronda de los 3000 a 4000 metros sobre el nivel del mar. En el Ecuador es muy poca conocida y hace muy poco tiempo se han estado encontrando los derivados de la maca como lo es la harina de maca. Actualmente se lo cultiva en pequeñas extensiones de terreno porque los productores se han visto en la necesidad de mantener con vida a un cultivo ancestral (Alvarado, 2017).

Debido a las altas demandas que ha sido objeto la maca se ha desarrollado este trabajo de titulación, para incrementar y expandir el cultivo en diferentes provincias del país, es así que se evaluará la adaptabilidad del cultivo conjuntamente con sus tres variedades.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGACIONES

Paucar, Penagos y Vásquez (2015), mencionan que la flora peruana posee 13 géneros de *Lepidium* que están siendo conservadas en el Herbario del Museo de Historia Nacional Javier Prado; que está incluida las especies de *Lepidium Peruvianum* Chacón que es autóctono de los andes centrales del Perú que está en la Provincia de Pasco porque es el único lugar donde se puede cultivar debido a sus condiciones climáticas que son favorables para su desarrollo y crecimiento. La maca es un cultivo que es muy consumido desde hace muchos años por su valor nutricional, tonificador y un potente revitalizador. La composición de la maca se da por las partes comestibles que han sido utilizados durante 2000 años como un alimento básico; porque, contiene:

*Tabla 1. Componentes de la maca*

<b>Componentes</b>	<b>Contenido (%)</b>
Proteínas	8.87 – 11.60
Lípidos	1.09 – 2.20
Carbohidratos	54.60 – 60.00
Fibra	8.23 – 9.08
Cenizas	4.90 – 5.00

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

En el imperio inca el cultivar de maca se convirtió en un alimento para los nobles y también para darlos como ofrendas a los Dioses. Según las investigaciones realizadas durante los años se puede deducir que este fue uno de los cultivos sembrados en grandes extensiones de terreno en los sectores de las laderas del lago de Junín. Pero con el pasar del tiempo se la fue dejando de cultivar hasta llegar al punto de estar en peligro de extinción. La maca es el cultivo más importante en las zonas altas de la Sierra del Perú; este cultivar es muy tolerante y resistente a las heladas, a las sequías prolongadas. Entre la mayoría de las crucíferas la maca posee un mayor valor nutricional, porque es un producto que ayuda a combatir el cansancio, la desnutrición, la falta de energía física y mental que ayuda a mantener una buena salud (Gutierrez, 2007).

Este cultivo desde la antigüedad se lo siembra como monocultivos. Para la siembra de este cultivo se lo realiza directamente y esperando las temporadas de lluvia que se da entre los meses de septiembre y octubre. Para poder cultivar este producto se tomaban los terrenos eran utilizados para praderas, barbechos; es decir, se la cultivaba en terrenos donde nunca había sido sembrada.

La maca ha sido objeto de demanda nutricional en mercados internacionales, especialmente en Asia desde el año 2012, debido a eso la explotación de este cultivo ha sido más intensiva, en las zonas altas del Perú donde normalmente se la cultivaba anteriormente los agricultores luego de cada cosecha dejaban descansar sus suelos hasta tres o cuatro años, pero en cuanto la demanda incremento el descanso es de un año como mucho o nada, dando como resultado suelos empobrecidos, ya que el cultivo de maca requiere gran cantidad de nutrientes y materia orgánica para la formación de su hipocótilo. (Custodio, Huaraca & Peñalosa, 2021).

Sifuentes, León & Paucar (2015) mencionan que la maca posee varias cualidades en cuanto a su valor nutricional y también relacionada al ámbito medicinal, se destacan, como la ayuda en el aumento de la fertilidad en mujeres, precursor del deseo sexual, energizante y como antioxidante, esto gracias a que posee variedad de aminoácidos, ácidos grasos y metabolitos como las macamidas y macaenos que se localizan únicamente en la raíz de la maca, por ello la importancia y demanda del cultivo en las últimas décadas.

Charaja, (2008), en su investigación menciona que hace años en el Perú en las zonas centrales del país, es decir en las localidades de Huancavelica, Huánuco y Puno, estaba restringido y prohibida la explotación de este cultivo debido a que es un extractor considerable de nutrientes, siendo el nitrógeno el más demandado al momento de formación del hipocótilo; ocasionando que deje pobres a los suelos donde se los siembra, por esta razón algunos de los agricultores de otras zonas dejan que descansen el suelo por años luego de haber sembrado la maca en sus territorios.

Calderón y Cáceres, (2018), de acuerdo a su investigación de rendimientos de maca mencionan que, el uso de paquetes tecnológicos como un invernadero con condiciones climáticas regulables, materia orgánica como guano y un suelo totalmente descansado ayuda enormemente a elevar el rendimiento por metro cuadrado de siembra, ya que el

hipocótilo se desarrolla de mejor manera y crece a tal grado de duplicar su tamaño normal comparado de cuando se siembra tradicionalmente.

La maca es uno de los cultivos más representativo de los Andes; mismo que se cultiva desde el centro del Perú hasta el noreste de Argentina. En la actualidad la alta demanda de los alimentos a nivel mundial ha ocasionado la ampliación de la frontera agrícola a zonas que eran destinadas para la ganadería. La mayor parte de los pastos fueron siendo remplazados por los monocultivos que tenía más demanda por su valor nutricional como lo es el cultivo de maca; pero, el efecto que ocasiono el mismo fue que ya no se dejaban descansar los suelos por un periodo largo de tiempo sino más bien que se los volvía a cultivar después de haber pasado la cosecha. Debido al cambio y la intensificación por el uso del suelo se puede observar la perdida de la microbiota del suelo y de la materia orgánica lo que da como resultado suelos pobres; es decir, bajos en nutrientes y minerales (Custodio, Ibañez, Meza, Peñaloza, & Solano, 2021).

Según López y Dávila (2018), mencionan que el cultivo de maca en los dos últimos años ha llegado a alcanzar una gran demanda a nivel mundial debido a su alto valor nutricional, debido a esto muchos más agricultores se han visto en la necesidad de obtener mayor calidad y cantidad de este cultivo para su exportación. Para una buena germinación de la semilla de maca se ha implementado un método de peletización que consiste en cubrir las semillas con PGPR´s que es un adhesivo que protege la semilla y ayuda a que se establezca las bacterias que ayudan con el desarrollo de los primeros estados fenológicos de la planta. Ese método ayuda a bajar el tiempo y el costo de producción y así poder garantizar el aumento de la microbiota, de la misma forma optimiza la fuente de carbono y nitrógeno mismo que promueven el crecimiento vegetal de los primeros estados fenológicos del cultivar de maca

## **2.2. MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA**

### **2.2.1. Descripción taxonómica**

Este cultivo es perteneciente a la familia de las crucíferas, su descripción taxonómica es:

**Tabla 2.** Descripción taxonómica

<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida o Dicotiledonea

<b>Sub clase:</b>	Dilleniidae
<b>Orden:</b>	Capparales
<b>Familia:</b>	Brassicaceae o Crucífera
<b>Tribu:</b>	Lepidieae
<b>Especie:</b>	<i>Lepidium</i> sp.
<b>Nombre común:</b>	Maca

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

Se la clasifica en la clase *Magnoliopsida*, es porque las semillas del cultivo de maca presentan dos cotiledones en el embrión, sus flores tienen 4 pétalos y 4 sépalos (tetrámera), sus hojas tienen una venación pennada. Su ovario es súpero y la placentación parietal no presenta el tubo anaroparriántico (Cuellar & Rojas, 2018).

### **2.2.2. Descripción botánica**

#### **2.2.2.1. Raíz**

La planta de maca se la considera como una planta herbácea con una raíz tuberosa de forma redonda y que tiene varios colores. De acuerdo a las investigaciones realizadas se dice que la raíz de la maca es un hipocótilo que puede alcanzar un diámetro ecuatorial de 5 a 6 cm y el diámetro polar puede llegar a medir entre 4 a 7cm. La parte superior del hipocótilo tiene una terminación plana lugar donde aparecen las hojas (Gutierrez, 2007).

#### **2.2.2.2. Hojas**

Las hojas que presenta el cultivo de maca son basales y caulinares que pueden llegar a medir de 10 a 16cm de altura, son pecioladas y no poseen estípulas, también pueden ser pinnatipartidas o bipinnatifidas. Este tipo de hojas se esparcen a ras del suelo, es por ende que logran tolerar los intensos fríos y heladas. Cuando se acaba la fase vegetativa las hojas se secan y empiezan a caer. El cultivo de maca en la fase vegetativa las hojas miden en promedio de 12 a 18cm. Al contrario, en la fase reproductiva las hojas son muy reducidas que su tamaño es menor al de 5cm (Gutierrez, 2007).

#### **2.2.2.3. Flores**

Estas son de tamaño pequeño ya que su tamaño promedio es de 1.5 a 2.0mm. Los pétalos poseen un color blanco de 0.7mm de tamaño; los sépalos pueden tener un color verde o verde-violáceo que pueden llegar a medir hasta 1.2mm de tamaño. Todas las

flores se encuentran formadas en una inflorescencia paniculada; en la fase reproductiva, se forma una roseta. La fórmula floral que presentan las flores del cultivo de maca es la siguiente: K4; Co4; A2-4; G(2) (Gutierrez, 2007).

### **2.2.3. Ecotipos del cultivo de maca**

En la actualidad no se puede hablar de variedades sino más bien de ecotipos, que se la designa de acuerdo a su coloración: amarilla, blanca, morada, crema, gris, plomo. Entre estos colores los más apetecidos en los mercados son las del color amarillo y morado, mientras tanto que las de color plomo no son apetecidos por la dura cocción que presenta.

Hoy en día, de acuerdo a estudios que se han realizado en el cultivo de maca se ha determinado que no existen variedades de maca, sino que solo son ecotipos; se han logrado identificar a 13 ecotipos por la coloración que presentan (Quispe, 2010).

### **2.2.4. Clasificación de los hipocótilos**

Para la comercialización de este cultivo se lo debe clasificar de acuerdo al diámetro que presentan de la siguiente forma:

- a) **Grandes.** – El tamaño del diámetro son valores mayores a los 5cm.
- b) **Medianos.** – Este tamaño del diámetro oscila entre los 3 – 4.9cm
- c) **Pequeños.** – Su tamaño está comprendido entre los valores menores que 2.9cm (Quispe, 2010).

## **2.3. FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS**

### **2.3.1. Altitud**

El cultivo de maca se lo ha localizado en las zonas altas, que están comprendidas entre los 3800 a 4200 metros sobre el nivel del mar; que son lugares con abundantes lluvias lo que favorece el desarrollo y crecimiento de la maca (Cuellar & Rojas, 2018).

### **2.3.2. Temperatura**

El cultivo de maca crece y se desarrolla con temperaturas máximas que oscilan entre los 11.5 - 12.8°C y temperaturas mínimas de 4.09 – 1.8°C; es decir, que este cultivo puede tolerar las bajas temperaturas y abundantes lluvias, pero cuando la planta aun no forma sus primeras hojas verdades no lora soportar estas condiciones (Cuellar & Rojas, 2018).

### **2.3.3. Precipitación**

Esta puede variar entre los 900 a 1000 mm por año, esto es lo que necesita la planta en todo su periodo vegetativo. Por eso es recomendable que se siembre durante los meses de octubre y mayo que se presentan lluvias frecuentes. Los periodos más importantes que se deben considerar son los de germinación hasta que la planta logre formar sus primeras hojas verdades y la formación del hipocotilo (Cuellar & Rojas, 2018).

### **2.3.4. Humedad**

En la actualidad se dice que se debe sembrar en suelos que logren conserva su humedad que está comprendida entre los 80 a 85% de humedad lo que favorece a la maca para su desarrollo y crecimiento para obtener buenos resultados en la cosecha (Cuellar & Rojas, 2018).

### **2.3.5. Fertilización**

Este cultivo absorbe grandes cantidades de nutrientes del suelo. Es recomendable la aplicación de materia orgánica ya sea de abonos de los ovinos o bovinos en cantidades de 5tn/ha, más la incorporación de NPK en dosis de 60-60-60 que actúan bien con el cultivo de maca para obtener un mejor rendimiento. La mayoría de los agricultores tratan de obtener un producto orgánico sin la intervención de químicos; es por eso, que se incorpora abundante materia orgánica.

La aplicación de fertilizantes químicos ayuda a obtener un mejor rendimiento al momento de la cosecha, pero estos deben ser incorporados con dosis apropiadas para que el cultivo pueda asimilarlos bien y así logren desarrollarse en un menor tiempo (Quispe, 2010).

## **2.4. MANEJO DEL CULTIVO DE MACA**

### **2.4.1. Limpieza del terreno**

Este cultivo lo debe sembrar en un lugar donde la tierra se encuentre libre de piedras, terrones grandes y malas hierbas que puedan obstruir e crecimiento y desarrollo y puedan ser focos de las plagas y enfermedades que afecten al cultivo de la maca (Quispe, 2010).

### **2.4.2. Rastrillado y nivelado**

Se debe romper todas las partículas grandes de terreno para que el suelo quede totalmente suelto para poder favorecer al crecimiento de la maca. Se debe tambien

nivelar el suelo para poder favorecer una humedad homogénea en todo el cultivo y así la semilla pueda germinar de una manera uniforme (Perez, 2000).

#### **2.4.3. Densidad de la siembra**

De acuerdo a muchos estudios que se han realizado aún no se logra establecer una densidad de siembra que sean óptimas para el cultivo de maca; pero se recomienda utilizar de 2.5 a 3 kg/ha, esto dará como resultado una germinación mayor al 85%. En la Paz – Bolivia los agricultores realizan una siembra al voleo, esto se realiza en las mañanas cuando no existe viento. La preparación para su siembra se realiza en una proporción de 1:10; es decir, una parte de semillas y diez partes de tierra. (Quispe, 2010).

#### **2.4.4. Época de siembra**

Se establece que debe ser sembrado en los meses de octubre y noviembre, pero se debe tener en cuenta las condiciones climáticas y ambientales ya que de eso dependerá que el cultivo se adelante o se retrase (Perez, 2000).

#### **2.4.5. Siembra**

Al cultivo de maca se lo siembra normalmente al voleo, en las temporadas que no exista vientos fuertes para que pueda ser esparcida uniformemente en el suelo. Para realizarla siembra se necesita mezclar ya sea con arena o tierra seca en proporciones de 1:5 para que la siembra sea homogénea, pero esto se lo hace cuando es un terreno de grandes extensiones. Cuando se siembra la maca con motivo de investigación se lo realiza en hileras con una distancia de 10 a 15cm entre plantas y de 15 a 30cm entre hileras para de esta manera no exista competencia de nutrientes, agua y así mismo ayuda a tomar datos de mejor manera (Quispe, 2010).

### **2.5. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE MACA**

#### **2.5.1. Plagas**

##### ***2.5.1.1. Gorgojo de los andes (Prennotrypes sp.)***

Esto es un gusano de color blanco, mismo que se aloja en la raíz. Los gusanos adultos se tienden a comer las hojas lo que ocasiona que la planta limite su capacidad de realizar la fotosíntesis (Quispe, 2010).



### ***2.5.1.2. Mosca de la raíz***

El daño se produce cuando la plaga se encuentra en el estado de larva porque sus mandíbulas con las que mastican los tejidos de la planta principalmente de la raíz y en muy pocas ocasiones se registra daño en la altura de la corona. Para poder evitar este daño se recomienda que se realice una buena preparación del terreno, deshierre frecuentes, evitando el monocultivo y realizando las cosechas a su debido tiempo (Quispe, 2010).

## **2.5.2. Enfermedades**

### ***2.5.2.1. Peronospora parasitica***

Esta enfermedad afecta principalmente a su follaje lo que da como resultado la muerte de la planta. Los síntomas que se presentan en el cultivo se manifiestan con un amarillamiento de las hojas y la presencia de pelusillas blancas grisáceas. Para evitar esta enfermedad se debe sembrar en terrenos descansados, que presenten rotación de cultivos y se debe utilizar semillas certificadas (Perez, 2000).

## CAPITULO III

### HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

#### 3.1. HIPÓTESIS

La adaptabilidad del cultivo de maca en los 2850 msnm en la zona de Tabacundo, para su expandimiento en otras localidades.

#### 3.2. OBJETIVOS

##### 3.2.1. Objetivo general

- Evaluar la adaptabilidad de tres variedades del cultivo de maca (*Lepidium meyenii*), en la zona de Tabacundo.

##### 3.2.2. Objetivo específicos

- Establecer el rendimiento de las tres variedades del cultivo de maca en el sector de Tabacundo
- Identificar la mejor variedad de maca que se adapte en el sector de Tabacundo
- Determinar los costos de producción para el cultivo de maca.

## **CAPITULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El trabajo de investigación se lo realizara en la provincia de Pichincha en el cantón Pedro Moncayo en la Parroquia de Tabacundo, comunidad Angumba. La comunidad Angumba es perteneciente a la parroquia de Tabacundo localizada a 2877 msnm, con sus coordenadas de 0°03'N 78°12'O.

#### **4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR**

La comunidad de Angumba posee un clima andino de un promedio de 15°C, con una humedad relativa del 80%. Posee un suelo franco arcilloso (GAD Pedro Moncayo).

#### **4.3. EQUIPOS Y MATERIALES**

##### **4.3.1. EQUIPOS**

- Tractor
- Motocultor
- Bomba de agua
- Computadora
- Balanza digital
- Bomba de fumigación

##### **4.3.2. MATERIALES**

- Plántulas
- Papel
- Esfero
- Marcador permanente
- Libreta
- Manguera de goteo
- Azadón
- Estacas
- Calibrador
- Regla
- Fundas plásticas

#### 4.4. FACTORES DE ESTUDIO

Como factores de estudio tuvimos que analizar la adaptabilidad de las tres variedades de maca, morada, blanca y negra; tomando en cuenta la altura de la planta en cierto tiempo, así como también la masa foliar, el rendimiento y tamaño del hipocótilo.

#### 4.5. TRATAMIENTOS

*Tabla 3. Tratamientos de la investigación*

Nº Tratamientos	Simbología	Descripción
1	M1	Maca negra
2	M2	Maca blanca
3	M3	Maca morada

#### 4.6. DISEÑO DEL ENSAYO

M3R1	M1R1	M2R3
M2R2	M3R2	M1R2
M1R6	M2R1	M3R5
M3R3	M1R3	M2R6
M3R6	M1R5	M2R4
M1R4	M2R5	M3R4

*Figure 1. Esquema diseño experimental*

#### 4.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos de seis repeticiones cada uno; de la misma manera, se realizó el análisis de variancia (ADEVA) con pruebas de significación de Tukey al 5%.

#### 4.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

En el experimento se desarrollará lo siguiente:

##### 4.8.1. Preparación del suelo

Según (Calderon & Cáceres, 2018), la preparación del suelo es de vital importancia para tener rendimientos más altos de lo común, recomiendan utilizar suelos vírgenes o descansados al menos 5 años, o a su vez acondicionar el suelo aplicando materia orgánica antes de la siembra.

Para realizar la preparación del terreno se lo hizo con la ayuda de un tractor. En primer lugar, se procedió a pasar el arado para que gire la tierra y de la misma forma se empieza a romper el kikuyo que se formó con el pasar de los años. Después de dos días se pasó la rastra esto con el fin que la tierra se suelte más y se rompan todos los agregados de tierra grandes. Finalmente, con un motocultor se pasó el rotaveitor para que todas las piedras de cangagua que quedaron sean trituradas y el terreno este en óptimas condiciones para realizar la siembra del cultivo.

En el terreno antes de la siembra se incorporó materia orgánica, misma que fue extraída del material vegetal del cultivo de rosas.

#### **4.8.2. Germinación de las semillas**

La germinación de las semillas se la realizó en bandejas de 338 alveolos; mismas que fueron llenadas con sustrato Klasman para germinación de semillas, se llevó a las bandejas por 6 semanas al campo hasta que la plántula se forme; es decir, que aparezcan las primeras hojas verdaderas. El porcentaje de germinación que se obtuvo fue de un 80 o 90 por ciento.

#### **4.8.3. Elaboración de parcelas**

La parcela se la dividió en tres partes para las diferentes variedades que serán sembradas, con 18 camas de una longitud de 16m y una distancia entre camas de 0.50m.

#### **4.8.4. Siembra**

(Calderon & Cáceres, 2018), sugieren hacer la siembra a una distancia de 0.10m entre plantas y entre surcos o camas de 0.60m, luego de que la plántula ya tenga alrededor de 5 a 6 cm de longitud.

Para la siembra después de haber formado las parcelas se regó hasta que estuviera a capacidad de campo para que al momento que sea sembrada la plántula no se estrese y pueda desarrollarse para su posterior cosecha.

#### **4.8.5. Riego**

(Perez, 2000), menciona que para el riego del cultivo de maca se lo puede realizar con métodos de aspersión, goteo o gravedad siempre teniendo cuidado de ocasionar encharcamientos que producirán la pudrición de la raíz.

En las parcelas que se establecieron se instaló un sistema de riego. A cada parcela se le adicione 2 mangueras de goteo, tomando en cuenta que cada goteo está ubicado a una distancia de 0.20cm con un caudal de 1L/hora. La cantidad de agua que necesita el cultivo de maca se lo establece entre 900 y 1000mm de agua al año en toda su etapa vegetativa.

#### **4.8.6. Deshierba**

La deshierba se realizó manualmente a los 30 días de haber sido sembradas las plántulas, después se realizó otra deshierba a los 70 días de haber sido sembrado el cultivo. Este proceso se lo realizo con el fin de que las plantas tengan libertad para crecer y desarrollarse de manera adecuada y pueda aprovechar de mejor manera los nutrientes y minerales que tiene el suelo.

#### **4.8.7. Control de plagas y enfermedades**

El cultivo de maca presenta plagas y enfermedades que afectan de manera muy peligrosa porque reducen la producción y en ocasiones hacen que las plantas mueran; estas, se presentan por las malas hierbas o por la falta de nutrientes en el cultivo. Las plagas y enfermedades afectan de manera severa al desarrollo normal del cultivo lo que hace que se disminuya la producción y exista pérdidas económicas (Gutierrez, 2007)

En el cultivo de maca se identificó al gusano trozador (*Helicoverpa armigera*), para lo cual se aplicó VARTRA a una dosis de 0,5 cc por litro a los 30 días de siembra y posteriormente EVISECT a los 70 días de ser trasplantada las plántulas.

#### **4.8.8. Cosecha**

La maca se la cosechó a los 7 meses luego de estar trasplantada en el campo. Una vez cosechada la maca se procedió a tomar los datos mencionados anteriormente para realizar su respectivo análisis estadístico.

### **4.9. VARIABLES RESPUESTAS**

#### **4.9.1. Diámetro del hipocótilo**

Una vez cosechado el producto se midió el tamaño de cada hipocotilo con la ayuda de un calibrador Vernier, y su valor se comparará entre las tres variedades.

#### ***4.9.1.1. Ecuatorial***

Con la ayuda de un calibrador vernier se registró el diámetro ecuatorial; es decir, de izquierda a derecha de 15 hipocótilos.

#### ***4.9.1.2. Polar***

Con la ayuda de un calibrador vernier se registró el diámetro polar; es decir de arriba hacia abajo de 15 hipocótilos

#### **4.9.2. Rendimiento**

Se pesaron los rizomas de cada parcela o cada variedad con la ayuda de una balanza.

#### **4.9.3. Porcentaje de germinación**

Se observó las semillas desde el primer día de siembra en las bandejas que se utilizan para semilleros, hasta que emerjan y tengan sus dos primeras hojas. De cada variedad se obtuvo un buen porcentaje de germinación.

#### **4.9.4. Masa foliar**

Se tomó las muestras de 15 plantas, en las cuales se procedió a cortar el follaje del hipocótilo para poder pesarlo y obtener el peso fresco. Después de haber tomado el peso fresco se tomó el follaje y se la puso a secar a una temperatura de 30°C por dos días, pasado este tiempo se procedió a pesar una vez más el follaje para así obtener el peso seco y de esa manera llegar a obtener la masa foliar del cultivo.

#### **4.9.5. Altura de la planta**

Con la ayuda de una regla se tomó la medida longitudinal de las plantas una vez trasplantadas en el campo, cada 15 días para tener una referencia de cuanto se desarrollaron en ese tiempo.

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. RESULTADOS

##### 5.1.1. Altura de la planta

Según el análisis estadístico de la varianza se determina que la altura de la planta no es un factor significativo porque los p-valores es de 0.9949 que supera el valor de 0.05; es decir, que el crecimiento de la planta se da por la cantidad de nutrientes que contenga el suelo y por lo factores ambientales. Pero hablando de los ecotipos la maca morada tuvo el mayor crecimiento y la maca blanca fue la que menos crecimiento tuvo. En la siguiente tabla se indica lo mencionado:

*Tabla 4. Análisis ecotipos*

TRATAMIENTOS	MEDIDAS	N	E. E.	
MACA MORADA	15.88	6	0.59	A
MACA NEGRA	15.84	6	0.59	A
MACA BLANCA	15.79	6	0.59	A

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

##### 5.1.2. Diámetro polar rizoma

El análisis estadístico que se realizó a la variable de clasificación mostro que no tiene ninguna relación con el desarrollo del diámetro polar del rizoma ya que su p-valor es de 0.4780 y es mayor a 0.05 y no es un valor significativo. Hablando de los ecotipos del cultivo se vio que el que obtuvo un mayor crecimiento en el diámetro polar fue la maca negra y la que menor crecimiento de diámetro polar la maca morada. En la siguiente tabla se muestran los valores:

*Tabla 5. Análisis del diámetro polar*

TRATAMIENTOS	MEDIDAS	N	E. E.	
MACA NEGRA	3.65	6	0.10	A
MACA BLANCA	3.57	6	0.10	A
MACA MORADA	3.47	6	0.10	A

Elaborado por: Washington Moncayo 2022



### 5.1.3. Diámetro ecuatorial rizoma

De acuerdo al análisis estadístico se establece que la variable de clasificación no tiene ninguna relación con el crecimiento del diámetro ecuatorial del rizoma, ya que su p-valor es mayor de 0.9360; este valor supera el valor base que es de 0.05. Este crecimiento dependerá de los factores ambientales y de los nutrientes y minerales que posea el suelo. Pero según los ecotipos el que mayor crecimiento tuvo en el diámetro de forma ecuatorial fue la maca negra y el que menor crecimiento tuvo fue la maca negra. En la siguiente tabla se muestra sus valores:

*Tabla 6. Descripción diámetro ecuatorial rizoma*

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIDAS</b>	<b>N</b>	<b>E. E.</b>	
MACA NEGRA	3.55	6	0.19	A
MACA MORADA	3.47	6	0.19	A
MACA BLANCA	3.45	6	0.19	A

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

### 5.1.4. Peso del rizoma

Según el análisis estadístico el p-valor fue de 0.7891 que es mayor al valor de 0.05; es decir, que no tiene ninguna relación con el peso que adquiere el rizoma en el momento de su desarrollo hasta que sea cosechado. De acuerdo al peso que adquiere cada ecotipo se determinó que la maca de color negro tuvo un mayor peso y la maca blanca tuvo el menor peso. En la tabla se muestra los datos del peso de cada ecotipo de maca:

*Tabla 7. Análisis peso rizoma*

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIDAS</b>	<b>N</b>	<b>E. E.</b>	
MACA NEGRA	29.72	6	2.96	A
MACA MORADA	29.28	6	2.96	A
MACA BLANCA	27.01	6	2.96	A

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

### 5.1.5. Peso follaje

El análisis estadístico del peso del follaje determino con su p-valor que fue de 0.7492 que no es un factor que sea significativo para que exista diferencias entre los ecotipos

de maca porque supera el valor de 0.05, pero si hablamos de cual de los ecotipos fue el que mayor peso obtuvo fue la maca negra porque tuvo más desarrollo del follaje que las demás, por lo que podemos decir que es la que mejor se adaptó y la que menor peso tuvo fue la maca blanca. En la siguiente tabla se muestran los valores que se obtuvieron:

**Tabla 8.** *Análisis del peso del follaje*

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIDAS</b>	<b>N</b>	<b>E. E.</b>	
MACA NEGRA	18.31	6	1.38	A
MACA MORADA	18.26	6	1.38	A
MACA BLANCA	16.98	6	1.38	A

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

#### **5.1.6. Peso total**

El análisis estadístico nos dio como resultado que no existió ninguna relación entre los ecotipos de maca porque su p-valor es de 0.5949 que es mayor a 0.05 y eso quiere decir que no es factor que afecte para determinar el peso total de cada rizoma. Pero hablando desde una perspectiva agrícola la maca de color negro fue la que mayor peso obtuvo porque su desarrollo y crecimiento fue mejor y la maca de color blanco fue la que menor crecimiento tuvo ya sea por los factores climáticos o los factores nutricionales. En la siguiente tabla se muestra los valores de cada ecotipo de acuerdo a su peso:

**Tabla 9.** *Análisis del peso*

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIDAS</b>	<b>N</b>	<b>E. E.</b>	
MACA NEGRA	48.03	6	3.00	A
MACA MORADA	47.53	6	3.00	A
MACA BLANCA	43.99	6	3.00	A

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

#### **5.1.7. Masa foliar**

El análisis estadístico muestra que no existe ninguna diferencia entre los ecotipos porque su p-valor es de 0.7318 y supera al valor base de 0.05; es decir, que este no es

un factor que cause algun efecto en la masa foliar. Pero desde el punto agronómico la que mayor masa foliar tuvo fue la maca negra seguido por la maca morada y al final la maca blanca. Esto da a entender que esto dependerá de los nutrientes y los factores ambientales que se exponga los cultivos. En la tabla se muestra los valores de cada ecotipo:

**Tabla 10. Análisis de la masa foliar**

TRATAMIENTOS	MEDIDAS	N	E. E.	
MACA NEGRA	6.67	6	0.70	A
MACA MORADA	6.63	6	0.70	A
MACA BLANCA	5.97	6	0.70	A

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

### 5.1.8. Rendimiento

La maca negra fue la que mayor rendimiento con un valor de 1.26tn/ha que fue mayor con respecto a los demás ecotipos esto se debe a que este tiene una mayor adaptabilidad al clima del sector en el que fue desarrollado el ensayo de la investigación. En la siguiente tabla se demuestra sus valores:

**Tabla 11. Rendimiento maca negra**

MACA NEGRA		
CAMAS	6	
LARGO	30	m
ANCHO	6,6	m
PROMEDIO	29,7	gr
N° plantas	840	
Area	198	
ha	10000	m
Rendimiento	24962	gr
Rendi. Ha	1260707,07	gr
	1260,70707	kg
	1,26070707	TN

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

El ecotipo de color morado fue el que obtuvo un rendimiento de 1.24tn/ha. Se puede decir que esta no tuvo una buena adaptabilidad y no tiene una buena tolerancia al clima del sector. En la siguiente se muestra los valores de este ecotipo:

**Tabla 12. Rendimiento de la maca morada**

<b>MACA MORADA</b>		
CAMAS	6	
LARGO	30	m
ANCHO	6,6	m
PROMEDIO	29,3	gr
N° plantas	840	
area	198	
ha	10000	m
Rendimiento	24591	gr
Rendi. Ha	1241969,7	gr
	1241,9697	kg
	1,2419697	tn

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

La maca blanca fue la que menor rendimiento tuvo que fue de un valor de 1.14tn/ha. Este ecotipo no se adaptó al sector porque no pudo tolerar los bruscos cambios de clima, y los factores ambientales que existieron en el sector. Su desarrollo fue más lento que el de la maca negra y la maca morada. En la siguiente tabla se muestran los valores de su rendimiento:

**Tabla 13. Rendimiento maca blanca**

<b>MACA BLANCA</b>		
CAMAS	6	
LARGO	30	m
ANCHO	6,6	m
PROMEDIO	27,0	gr
N° plantas	840	
Area	198	
ha	10000	m
Rendimiento	22687	gr
Rendi. Ha	1145808,08	gr
	1145,80808	kg
	1,14580808	tn

Elaborado por: Washington Moncayo 2022

### 5.1.9. Porcentajes de germinación

- Maca morada

**Tabla 24.** Descripción germinación maca morada

Sembradas	11 gavetas x 338 alveolos
	1 gaveta x 266 alveolos
Total de semillas sembradas	3984 semillas
Total semillas germinadas	3129 semillas

Se sembraron 3984 semillas de las cuales emergieron 3129 semillas. El porcentaje de germinación de la maca morada fue de 78.54%.

- Maca negra

**Tabla 15.** Descripción germinación maca morada

Sembradas	6 gavetas x 338 alveolos
Total de semillas sembradas	2028 semillas
Total semillas germinadas	1210 semillas

De la maca negra se sembraron 2028 semillas, de las cuales solo 1210 emergieron; teniendo, como porcentaje de germinación el 59.67%.

- Maca blanca

**Tabla 16.** Descripción germinación maca blanca

Sembradas	6 gavetas x 338 alveolos
Total de semillas sembradas	2028 semillas
Total semillas germinadas	1780 semillas

De esta se sembraron 2028 semillas, de esta geminaron 1780 con un porcentaje de germinación del 87.77%.

## 5.2. DISCUSIÓN

Otavalo, Mogrovejo (2018) mencionan que en el Ecuador se está empezando a cultivar la maca porque nos encontramos en una zona geográfica que posee condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de este cultivo. En las provincias de Cañar, Azuay y Loja se ha comenzado a sembrar la maca, en el Cantón Girón ya se encuentra más de 80 hectáreas del cultivo de maca, este Cantón posee las condiciones que necesita el cultivo para su crecimiento y desarrollo. En esta parte del Ecuador la explotación y la industrialización se lo ha realizado sin la utilización de maquinaria porque este desarrollo está realizado por los agricultores que tiene la ayuda de su familia.

La maca se la considera como un superalimento por el gran contenido de nutrientes que son beneficiosos para el organismo, es por eso que la adaptabilidad de este cultivo en las zonas con temperaturas que superan los 15°C es muy difícil que se desarrolle o que se obtengan altos rendimientos. Es por eso que se debe establecer rangos en los que este cultivo pueda ser cultivado; es decir, lugares donde las temperaturas sean bajas, que existan lluvias constantes porque este es cultivo que necesita de 900 a 1000mm de precipitación por año.

El cultivo de maca es uno de los productos que tiene una alta demanda a nivel internacional es por eso que en países como Perú y Bolivia se ha empezado a explotar siendo sembrado en terrenos donde antes eran pastizales para la ganadería. Pero su rendimiento se ve limitado por la falta de experiencia en su manejo y sobre todo porque se sigue realizando prácticas agrícolas tradicionales lo que puede limitar el crecimiento. Además, como existe muy poca información acerca de este cultivo no se conoce a ciencia cierta los factores climáticos y edáficos que son los correctos para que la maca brinde un rendimiento adecuado. Pero en la actualidad se lo ha empezado a cultivar bajo invernadero para así poder brindarle las condiciones favorables para que este se logre desarrollar.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

#### 6.1. CONCLUSIONES

Después de haber concluido con el ensayo de investigación las conclusiones que se obtuvieron fueron las siguientes:

- La adaptabilidad de las tres variedades de maca fue buena porque estas se desarrollaron y crecieron pese a las diferentes condiciones que se presentaron durante todo el proceso de crecimiento hasta llegara a su cosecha. Los factores climáticos fueron muy cambiantes y a pesar de eso las macas se lograron adaptar.
- Los rendimientos obtenidos de cada ecotipo o variedad fueron de 1.14tn/ha que fue de la maca blanca; de 1.24tn/ha que fue la de la maca morada y el rendimiento de la maca negra fue de 1.26tn/ha, esta última fue la que más rendimiento obtuvo porque el peso de sus rizomas fue alto.
- Se observó dos diferencias entre la maca negra y la maca morada para determinar cuál es la más adaptable. La maca morada fue la que más altura de follaje obtuvo con respecto a las demás. Por otro lado, la maca negra fue la que mayor tamaño de rizoma obtuvo y la que mayor rendimiento adquirió así que la maca que más se adaptaría al sector de Tabacundo sería la maca negra con una distancia de siembra de 10cm entre plantas y 10cm entre hileras.
- Los costos de producción para establecer el cultivo de maca son altos, empezando desde la compra de las semillas, la preparación del terreno porque debe tener un gran porcentaje de materia orgánica porque eso demanda el cultivo. Además, para obtener altos rendimientos en la cosecha se debe tomar en cuenta que se debe aplicar fertilizantes que ayuden a complementar los nutrientes que no contiene el suelo en el que es sembrado.

## 6.2. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M., & García, S. (2018). *PLAN DE EXPORTACIÓN DE RAÍZ DE MACA AL MERCADO DE SHANGHÁI – CHINA*". Guayaquil : Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.
- Alvarado, L. (2017). *PROYECTO DE EXPORTACIÓN DE CÁPSULAS DE MACA (Lepidium meyenii) HACIA LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, DE LA EMPRESA SOLUTUS S.A. - ECUADOR*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR .
- Calderon , A., & Cáceres, C. (2018). PRODUCCIÓN DE MACA (Lepidium meyenii Walp.) EN CONDICIONES DE INVERNADERO USANDO GUANO FERMENTADO Y PGPRs BAJO DOS SISTEMAS DE CULTIVO EN SAN PEDRO DE CAJAS – JUNÍN, PERÚ. *Ecologia Aplicada*, 132-139.
- Cuellar, R., & Rojas, G. (2018). *ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE 5 ECOTIPOS DE MACA (Lepidium meyenii Walp.) SEGÚN LOS SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN CONDICIONES DE NINACACA, PASCO*. Yanahuaca, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.
- Custodio, M., Ibañez, J., Meza, F., Peñaloza, R., & Solano, H. (2021). *Composición bacteriana en suelos de cultivo de maca (Lepidium meyenii Walp) analizada mediante metagenómica: un estudio en los Andes centrales del Perú* (Vol. 12). Trujillo, Peru: Scientia Agropecuaria.
- Gonzales, G. F., Villaorduña, L., Gasco , M., Rubio, J., & Gonzales , C. (2014). Maca (Lepidium meyenii Walp), una revisión sobre sus propiedades biológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 100-110.
- Gutierrez, W. (2007). *Comportamiento agronómico del cultivo de la maca con la aplicacion de fertilizantes orgánicos foliares a diferentes densidades de siembra, en la provincia de Ingavi- La Pa*. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.



- Jacobsen, S., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). La Importancia de los Cultivos Andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 14-24.
- López, M., & Dávila, D. (2018). *Producción de Pseudomonas sp. LMTK32 en medio modificado para peletizar semillas de maca (Lepidium meyenii Walp.)* (Vol. 25). Lima: Revista Peruana de Biología.
- Paucar, A., Penagos, G., & Vásquez, S. (2015). *Estudio de la Maca (Lepidium meyenii Walp.), cultivo andino con propiedades terapéuticas* (Vol. 6). Trujillo, Perú: Scientia Agropecuaria.
- Perez, A. (2000). *Manejo del Cultivo de Maca*. Lima: Comité Central de Edición y Publicaciones.
- Quispe, S. (2010). *COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES ECOTIPOS DE MACA A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA LOCALIDAD DE TABLACHACA YACO PROVINCIA DE LOAYZA. LA PAZ: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS .*

### 6.3. ANEXOS

#### *ANEXO 1. Preparación del terreno*



#### *ANEXO 2. Trazado de las parcelas*



#### *ANEXO 3. Elaboración de camas*



***ANEXO 4. siembra de plántulas de maca***



***ANEXO 5. incorporación de materia orgánica (compost)***



***ANEXO 6. Colocación de rótulos***



***ANEXO 7. Macas 3 meses después de la siembra***



***ANEXO 8. Cosecha***



***ANEXO 9. Ecotipos maca***



*ANEXO 10. Peso del follaje fresco*



*ANEXO 11. Peso rizoma (hipocotilo) fresco*



## ANEXO 12. Análisis de la altura de planta

### ALTURA PLANTA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA PLANTA	18	6,8E-04	0,00	9,06

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	2	0,01	0,01	0,9949
TRATMIENTOS	0,02	2	0,01	0,01	0,9949
Error	30,87	15	2,06		
Total	30,89	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,15146

Error: 2,0582 gl: 15

TRATMIENTOS Medias n E.E.

MACA MORADA 15,88 6 0,59 A

MACA NEGRA 15,84 6 0,59 A

MACA BLANCA 15,79 6 0,59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## ANEXO 13. Análisis diámetro polar rizoma

### DIAMETRO POLAR RIZOMA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DIAMETRO POLAR RIZOMA	18	0,09	0,00	7,14

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,10	2	0,05	0,78	0,4780
TRATMIENTOS	0,10	2	0,05	0,78	0,4780
Error	0,97	15	0,06		
Total	1,07	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38119

Error: 0,0646 gl: 15

TRATMIENTOS Medias n E.E.

MACA NEGRA 3,65 6 0,10 A

MACA BLANCA 3,57 6 0,10 A

MACA MORADA 3,47 6 0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

*ANEXO 14. Datos tomados al momento de la cosecha*

TRATAMIENTOS	ALTURA PLANTA	DIAMETRO POLAR RIZOMA	DIAMETRO ECUATORIAL RIZOMA
MACA NEGRA	14,65	3,84	3,95
MACA NEGRA	16,05	3,965	3,58
MACA NEGRA	15,6	3,52	3,31
MACA NEGRA	14,95	3,52	3,52
MACA NEGRA	17,85	3,7	3,52
MACA NEGRA	15,95	3,35	3,39
MACA BLANCA	16,05	3,78	3,9
MACA BLANCA	16,1	3,08	3,23
MACA BLANCA	14,2	4,075	4,11
MACA BLANCA	16,85	3,325	2,23
MACA BLANCA	13,25	3,57	3,05
MACA BLANCA	18,3	3,57	4,2
MACA MORADA	17,1	3,24	3,23
MACA MORADA	15,45	3,46	3,64
MACA MORADA	17,25	3,47	3,53
MACA MORADA	15	3,4	3,3
MACA MORADA	14,05	3,68	3,58
MACA MORADA	16,4	3,55	3,53

TRATAMIENTOS	PESO RIZOMA	PESO FOLLAJE	PESO TOTAL	MASA FOLIAR
MACA NEGRA	38,3	13,1	51,4	4,9
MACA NEGRA	30,7	16,7	47,4	5,2
MACA NEGRA	25,6	16,25	41,85	5,9
MACA NEGRA	22,2	23,45	45,65	8,5
MACA NEGRA	30,6	19,65	50,25	7,4
MACA NEGRA	30,9	20,7	51,6	8,1
MACA BLANCA	33,4	16,5	49,9	5,9
MACA BLANCA	29	19,05	48,05	7,4
MACA BLANCA	42,8	16,4	59,2	4,9
MACA BLANCA	12,1	18,65	30,75	6,9
MACA BLANCA	26,65	13,8	40,45	3,7
MACA BLANCA	18,1	17,5	35,6	7,0
MACA MORADA	30,15	23,1	53,25	8,8
MACA MORADA	30,25	15,8	46,05	6
MACA MORADA	29,15	21,55	50,7	8,5
MACA MORADA	23,6	13,5	37,1	4,5
MACA MORADA	30,3	14,4	44,7	4,0
MACA MORADA	32,2	21,2	53,4	8,0

## **CAPITULO VII**

### **PROPUESTA**

#### **7.1. TÍTULO**

Incentivar la siembra del cultivo de maca en diferentes partes del país para determinar si se adapta a las diferentes condiciones climáticas.

#### **7.2. DATOS INFORMATIVOS**

Esta investigación se la realizara en diferentes partes del Ecuador con el fin de determinar si este es un cultivo que se puede adaptar a las diferentes condiciones climáticas. La investigación se la haría en las tres regiones del país para así determinar si es un cultivo apto para ser cultivado en el país.

#### **7.3. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Este es un cultivo que por muchos años se ha limitado a las zonas ato andinas de países como Perú y Bolivia, pese a la falta de información sobre las condiciones climáticas aptas para su desarrollo y de su manejo ha sido un cultivo que se lo siembra aun de forma muy tradicional; esto quiere decir que la siembra de este se la sigue realizando al voleo lo que limita su manejo y reduce su rendimiento. En la actualidad en muchas partes se lo ha empezado a cultivar bajo invernadero lo que ayuda a controlar las condiciones climáticas y se le puede brindar un mejor manejo, además que se le puede implementar programas de fertilizacion para que la maca se desarrolle más y se pueda obtener mejores rendimientos para que sea un cultivo que logre generar una buena rentabilidad económica.

#### **7.4. JUSTIFICACIÓN**

En el Ecuador hoy en día son muy pocos agricultores que conocen sobre este cultivo y los beneficios que este tiene para la nutrición y para la medicina. Es por eso que se toma esta iniciativa para fomentar la siembra de este cultivo basándonos en los datos que existen referente al clima, la altitud y los factores edáficos que necesita este cultivo. En provincias como Tungurahua, Cañar, Azuay y Loja ya se lo está cultivando, pero aun así quedan muchas interrogantes sobre el manejo adecuado que necesita la maca. Este trabajo se lo realiza con la finalidad de exponer los parámetros que son necesarios para que se puede empezar a cultivar la maca.



## **7.5. OBJETIVOS**

- Analizar las distintas localidades donde se pueda sembrar el cultivo de maca.
- Establecer las condiciones climáticas y factores edáficos necesarios para que se desarrolle la maca.
- Determinar si en el Ecuador puede llegar hacer un producto que pueda ser explotado y que llegue e a generar una rentabilidad económica.

## **7.6. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

En el Ecuador pocos son los agricultores que conocen los beneficios que posee la maca ya sea como alimento o como medicina, es por eso, que se realiza esta investigación para que más agricultores se informen sobre este cultivo. Sin embargo,

## **7.7. FUNDAMENTACIÓN**

Este es un cultivo que tiene más de 2000 años de antigüedad porque este producto era utilizado para las ceremonias y se lo daba como ofrenda y este solo podía ser consumido por los nobles. Hoy en día por la falta de conocimiento y de investigación de nuevos cultivos que puedan generar un mejor ingreso económico es muy escasa. Es por eso que se debe tomar mucho énfasis en el cultivo de maca ya que este es considerado como un superalimento por sus altos contenidos de nutrientes que puede llegar a sustituir alimentos como la papa o la oca.

La maca también brinda grandes contribuciones a la medicina porque es un alimento considerado como energizante, ayuda a la hipertensión y la diabetes; además, algunos ecotipos son beneficiosos para evitar el cáncer.

## **7.8. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO**

### **7.8.1. Preparación del suelo**

Esta se la realizara con la ayuda de un tractor con el fin de remover todo el suelo, esto se lo realizara con el rotaveitor que se encargara de romper las partículas grandes de la tierra y así dejar el suelo mas suelto.

### **7.8.2. Elaboración de camas**

Una vez pasado el tractor se elaborarán las camas donde serán sembradas las plantas de maca, estas camas tendrán unas medidas de 60cm y estarán separadas por caminos de 50cm.

### **7.8.3. Germinación de la semilla**

La germinación de las semillas se las realizara en el sustrato Klasman que será colocado en bandejas de 338 alveolos, en este lugar permanecerán 6 semanas hasta que logren aparecer las primeras hojas verdaderas, así se los llevara a su trasplante definitivo en el campo.

### **7.8.4. Incorporación de materia orgánica**

El cultivo de maca necesita de grandes cantidades de materia orgánica si se la cultiva en un terreno que no haya tenido un descanso de más de 5 años; pero si el terreno estuvo en descanso por más de 5 años no es necesario la incorporación de materia orgánica.

### **7.8.5. Siembra**

La siembra se realizará en las camas ya hechas, antes de la siembra el terreno debe estar regado a capacidad de campo para el plantin de la maca no se estrese, logre asentarse y empiece con su desarrollo. Las distancias que se utilizarían son de 10cm entre plantas y 10cm entre hileras.

### **7.8.9. Deshierbe**

Este proceso se lo realiza con el fin de evitar el contagio de plagas o enfermedades y tambien evitar la competencia entra las plantas por la absorción de nutrientes. La deshierba se la realizara a los 45 y 90 días después de haber sido realizada la siembra.

### **7.8.10. Riego**

Se instaló un sistema de riego por goteo, que este ayudar a mantener una humedad constante y así la maca empiece con el desarrollo del hipocotilo o rizoma.

### **7.8.11. Cosecha**

La cosecha se realiza a los 7 meses después de la siembra cuando empiece el cambio de las hojas; es decir, que caigan las hojas basales y empiecen el surgimiento de las hojas caulinares. La cosecha se realiza cuando la maca acaba su fase vegetativa y entra a la fase reproductiva.

## **7.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN**

La evaluación de este ensayo se lo deberá realizar después de un año, en cada una de las localidades donde se lo cultivo para así determinar los factores adecuados para el cultivo de maca.