



## Análisis de segregación, obtención de semilla de maca (*Lepidium meyenii*) en segunda selección y producción en dos altitudes

Segregation analysis, obtaining maca seed (*Lepidium meyenii*) in second selection and production in two altitudes

Leonidas F. Villaorduña-Caldas<sup>1,\*</sup> ; Edith L. Zevallos-Arias<sup>2</sup> ; Fernando J. Álvarez-Rodríguez<sup>2</sup> ; Inés Viza-Pucllas<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Económicas y Contables de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC). Tercer Piso del Pabellón de Ciencias Económicas de la UNDAC, en la Ciudad Universitaria, en San Juan Pampa, Cerro de Pasco.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNDAC Cuarto Piso del Pabellón de Ciencias Agropecuarias de la UNDAC, en Ciudad Universitaria en San Juan Pampa, Cerro de Pasco.

### RESUMEN

Los trabajos agronómicos para la obtención de semillas homogéneas de seis morfotipos de maca (*Lepidium meyenii*) en estudio en su segunda generación, utilizando el método de la selección individual; así como una aproximación de los costos de producción en las dos fases del cultivo para el cálculo de su rentabilidad económica, tuvieron lugar en la Provincia de Pasco, durante los años 2018 y 2019. Los resultados indican que aún no se ha podido determinar los fundamentos científicos y/o técnicos que dan coloración a los hipocotilos de maca; es decir, aún no se puede afirmar científicamente que los colores homogéneos de los hipocotilos buscados se debe a razones genéticas o a las condiciones ambientales y/o a los tipos de suelos. Los morfotipos en investigación son: negro, blanco, rojo, amarillo, plomo y rosado. La productividad de maca por unidad de superficie cultivada en su hábitat natural sobre los de 4000 msnm, es 50 por ciento más respecto a la productividad lograda a una altitud de 3300 msnm. Con los análisis de costos y productividad, se encontró que la producción de hipocotilos frescos no debe ser inferior a 4400 kilogramos por hectárea para evitar pérdidas económicas al agricultor.

**Palabras claves:** segregación; fase vegetativa; fase reproductiva; morfotipo; costo económico.

### ABSTRACT

Agronomic works to obtain homogeneous seeds of six maca morphotypes (*Lepidium meyenii*) under study in its second generation, using the method of individual selection; as well as an approximation of the production costs in the two phases of the crop for the calculation of their economic profitability, they took place in the Province of Pasco, during the years 2018 and 2019. The results indicate that the fundamentals have not yet been determined. scientists and / or technicians who color maca hypocotyls; that is, it cannot be scientifically affirmed that the homogeneous colors of the hypocotyls sought are due to genetic reasons or environmental conditions and / or soil types. The morphotypes under investigation are: black, white, red, yellow, lead and pink. The productivity of maca per unit of area cultivated in its natural habitat over those of 4000 meters above sea level, is 50 percent more compared to the productivity achieved at an altitude of 3300 meters above sea level. With the analysis of costs and productivity, it was found that the production of fresh hypocotyls should not be less than 4400 kilograms per hectare to avoid economic losses to the farmer

**Keywords:** segregation; vegetative phase; reproductive phase; morphotype; economic cost.

### 1. Introducción

La maca es una planta herbácea crucífera perteneciente a la familia Brassicaceae, género *Lepidium* y especie *Lepidium meyenii* (Herman y Heller, 1997) conocida como ayacchichita o ayacwillcu en quechua o maca en español e inglés, término que proviene de “ma” que significa

“altura” y “ca” que es comida que fortalece (Pulgar, 1978). Esta planta es oriunda del Perú, cuyo conocimiento documental data desde la colonia (Cieza de León, 1553) y está adaptada a las condiciones geográficas y climáticas de altitudes superiores 4000 metros sobre el nivel del mar (msnm) de la Sierra Central del Perú y más

concretamente en las zonas alto andinas de Pasco y Junín (Pulgar, 1978); en estos espacios geográficos los suelos son poco profundos y ácidos, con pH menor de 7, donde escasamente se puede cultivar también la “papa amarga” o “shiri papa” (Villaorduña y Zevallos, 2013).

El hipocotilo o hipocótilo es una raíz reservante comestible, que es producto del desarrollo vegetativo de la planta, cuya duración, desde la siembra hasta la cosecha, oscila entre 8 meses y medio hasta 9 meses y medio (Villaorduña y Zevallos, 2013). El hipocotilo es utilizado también como semilla para el desarrollo de la fase reproductiva de la planta, en esta última fase su periodo de duración, contados desde el trasplante de los hipocotilos-semilla hasta la cosecha de la roseta oscila entre cinco a seis meses. Por estas características a esta planta se le conoce como bianual, que comprende la fase vegetativa productora de hipocotilo y la fase reproductiva cuyo producto es la semilla botánica.

Los morfotipos de maca se diferencian por el color de los hipocotilos, los mismos tienen diferentes colores como blanco, amarillo, rojo (morado), plomo, negro, rosado y algunas otras combinaciones de amarillo con rojo, blanco con plomo; puede haber también combinaciones con tres colores llámense plomo con negro y blanco, rosado con amarillo y plomo, entre otros (Villaorduña y Zevallos, 2013).

La maca, de acuerdo a algunos estudios (Aliaga, 1995) es una especie autógama; es decir, se reproduce predominantemente por auto polinización por granos de polen fértiles y trinucleados; sin embargo, en otro estudio (Enciso, 2017) se dice que la maca tiene un sistema reproductivo alógamo; hecho que genera la necesidad de seguir investigando el tema; esto significa que hay un vacío sobre el conocimiento científico que está asociado a la coloración de los hipocotilos.

Desde hace alrededor de diez años, en la demanda o compra de la maca, existe discriminación de precios según el color la misma, es más cara la maca negra respecto a la maca amarilla y mayor también al resto de los colores; el tamaño de los hipocotilos, así como sus condiciones de sanidad, también son características importantes a tomar en cuenta a la hora de la compra y venta; esto es, los hipocotilos secos de mayor tamaño, considerados como extra y sanas (sin picaduras) son los más costosos. La Tabla 1, presenta la evolución de los precios promedio de la maca seca en almacén del agricultor, para los años de 2013, 2015 y 2017. Para años más recientes los precios son similares al año 2017.

Tabla 1

Precios promedios anuales de maca seca en Pasco (S/kg)

Clasificación de maca	2013	2015	2017
Negra extra	12	60	15
Negra primera	11	45	12
Negra segunda	10	30	10
Roja extra	11	25	10
Roja primera	10	15	8
Roja segunda	9	12	6
Amarilla extra	10	20	8
Amarilla primera	9	12	6
Amarilla segunda	8	11	5

Al observar este comportamiento se puede decir que el agricultor en su decisión racional debe producir más maca negra y para lo cual se requiere de más semilla de maca de este mismo color; sin embargo, por las investigaciones de campo que se están llevando en el seno de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, los registros de las campañas de siembras y cosechas 2015-2017, muestran que la maca negra segregó en un 90 por ciento, la maca roja en 58 por ciento y la maca amarilla en el 8 por ciento. De allí, surge una de las preguntas que guía esta investigación ¿el color negro o en general los colores de la maca están determinados por algún gen heredable? o ¿tal vez se trata de una característica fenotípica que depende de las condiciones ambientales donde se cultiva y en particular de la calidad del suelo? En esta publicación hay nuevos resultados y por las características genéticas de la maca se espera tener resultados mejor fundamentados en siembras y cosechas posteriores.

La Provincia de Pasco, según el IV Censo Nacional Agropecuario del año 2012, cuenta con un área de uso agrícola de 27195 hectáreas; en tanto, la Meseta del Bombón que corresponde a la Provincia y Región Pasco, donde es el hábitat natural de la maca, las tierras de uso agrícola son de 8202 hectáreas, que están constituidos por tierras comunales y tierras de propiedad privada. Las tierras de uso comunal se asignan anualmente, para el cultivo de la maca a los miembros de la comunidad una superficie que varía entre 300 a 600 metros cuadrados por razones de la escasez, calidad de estas y también por razones de tradición y determinación de las dirigencias de cada comunidad de Villa de Pasco, de Ninacaca y de Vicco, y en general en toda la Meseta del Bombón (Chávez, 2018). Las mejores tierras para el cultivo de maca, como las vírgenes o que tengan de descanso de cuatro años a más realmente son escasas. Las tierras de uso privado son utilizadas intensamente dentro los límites de calidad y su manejo que caracteriza al espacio

alto andino. Esto quiere decir, que se suele utilizar los suelos de manera repetitiva en dos campañas sucesivas o dejando descansar solamente de 2 a 3 años; hechos que traen como consecuencia una baja productividad por unidad de superficie cultivada y también trae consigo el ataque de plagas y enfermedades, ocasionando la disminución del valor comercial de la maca. Frente a esta realidad los agricultores de tipo comercial migran a otros lugares de la Sierra Central para cultivar este producto; obviamente, hay también las alternativas de emprender el trabajo de recuperación de suelos por un lado y buscar producir maca en altitudes menores a 4000 msnm. Esta última alternativa ha sido abordada en la presente investigación en el año 2018, el lugar escogido para dicho experimento fue la localidad de la Aurora ubicada a 48 kilómetros de la ciudad de Cerro de Pasco, en el distrito de Tlacayán comprensión de la provincia de Pasco y que tiene una altitud de 3300 msnm. En el producto maca, desde la perspectiva biológica y médica hay muchas investigaciones y publicaciones en comparación a los trabajos agronómicos de campo. Los hay, desde las referencias que muestran las bondades de la maca; como aquella, que menciona que los guerreros incas, consumían maca para aumentar su vitalidad, luego de las luchas se prohibían su consumo para proteger a las mujeres del impulso sexual de dichos guerreros (Zunini, 2015). En el campo científico, son ejemplos de las investigaciones de más de 25 años, el libro denominado "MACA de la tradición a la ciencia" (Gonzales, 2006), donde se da a conocer las propiedades benéficas que tiene dicha planta para las personas; hay estudios que muestran que hay un incremento de la resistencia física de futbolistas al consumir maca fresca (Ronceros, 2005); se revela también que la maca tiene propiedades de antienvjecimiento (Gonzales, 2010). En un artículo de revisión de muestran que la maca es un buen antioxidante, excelente energizante, mejora la tasa de crecimiento, tiene buenas propiedades para la función reproductiva, trae alivio para la osteoporosis, es antienvjecimiento e incrementa el deseo sexual (Sifuentes, 2015). En años recientes se vienen estudiando a la maca según sus colores de sus hipocotilos, a la maca negra y a la roja se les mencionan que tienen las mejores propiedades; así, a la maca roja se le atribuye que trae beneficios para los varones que tienen problemas con el crecimiento de la próstata, conocida como hiperplasia benigna de próstata (Nicholson y Ricke, 2011; Gasco, 2014).

En un estudio clínico utilizando maca negra y maca roja a nivel del mar por tres meses consecutivos se muestra que altera los niveles de metabolitos de la ruta de los aminoácidos y representa una novedosa forma de estudiar la medicina tradicional (Bailón, 2017).

Esta investigación tiene dos objetivos, primero seguir investigando sobre los fundamentos que estarían dando coloración a los hipocotilos de maca, se busca que sean homogéneos y está centrado en los seis colores bajo estudio, llámese negro, rojo, plomo, rosado, amarillo y blanco. Segundo, determinar la rentabilidad económica de la maca seca cultivada en dos altitudes en la Provincia de Pasco.

## 2. Materiales y métodos

Para el primer objetivo: Descubrir los fundamentos del color del hipocotilo

Los materiales utilizados para proseguir con esta investigación son las semillas botánicas obtenidas de las siembras y cosechas de los años 2016 al 2017; es decir, de la fase vegetativa del cultivo productora de hipocotilos y de su fase reproductiva generadora de semilla botánica. El campo de cultivo fue ubicado en Alpaycayán (10° 92'129'' S, 76° 05' 748'' O) en el distrito de Ninacaca de la Provincia de Pasco, que tiene una altitud de 4130 msnm. En la campaña agrícola 2016-2017, para la fase vegetativa del cultivo se utilizó 11.6 m<sup>2</sup> de terreno por cada color de maca, haciendo un total de 135 m<sup>2</sup> de superficie para los seis colores en estudio, el distanciamiento entre plantas fue 20 cm. Desde la preparación del terreno, las labores agronómicas del cultivo hasta la cosecha fueron realizadas conforme a las técnicas tradicionales de siembra, cultivo y cosecha que realizan los agricultores de maca; en la cosecha fueron seleccionados 10 hipocotilos por cada color para la evaluación de la segregación. En el 2018 se utilizó 96 m<sup>2</sup> para el trasplante y desarrollo de la parte reproductiva del cultivo para cada morfotipo, haciendo un total de 570 m<sup>2</sup>, para los seis colores, el distanciamiento entre plantas fue 80 cm. Los seis lotes de terreno estuvieron separados 50 metros entre sí por precaución de polinización cruzada, a pesar de que hay conocimiento que la maca se reproduce por autofecundación. Las cosechas de las rosetas fueron realizadas en mayo del 2019, luego fueron secadas y las semillas fueron extraídas, limpiadas y cuantificadas en número y peso de cada color. El método consiste en observar, identificar y seleccionar los individuos que tienen las mejores características morfológicas de cada uno de los



seis colores en estudio, llámese negro, rojo, amarillo, plomo, rosado y blanco. En la fase vegetativa del cultivo los hipocotilos deben ser homogéneos fenotípicamente y son seleccionados aquellos de mayor tamaño, con diámetro de cuatro centímetros o más y de peso de 70 gramos o mayor en hipocotilos frescos. En esta selección se utiliza el concepto de progenie y se aplica tanto en la fase vegetativa del cultivo cuanto, en su fase reproductiva, para ello se ha etiquetado y numerado cada uno de los ejemplares en cada color de los hipocotilos, lo mismo se realiza con las rosetas y semillas botánicas a fin no perder la secuencia de cada planta y sus respectivas progenies.

Esta investigación parte del supuesto que la maca es una planta autógama (Aliaga, 1995) y por ende, las características de sus progenies es que las plantas resulten homocigotas por las siguientes razones: primero el locus con genes idénticos, digamos AA o puede ser también aa permanecen idénticos después de la autofecundación; segundo, los locus con genes diferentes (contrastantes) segregan progenies homocigotas y heterocigotas en iguales proporciones (Poehlman y Allen, 2003). En esta última condición la heterocigocidad disminuye en un 50 por ciento en cada autofecundación sucesiva, por lo tanto y después de varias generaciones sucesivas de autofecundación, la proporción de alelos heterocigóticos que permanecen en la población serán muy pequeños; aunque la homocigocidad total teóricamente es inalcanzable (Poehlman y Allen, 2003). En consecuencia, las plantas seleccionadas de manera sucesiva, tal como se está trabajando, después de seis u ocho generaciones de autofecundación se espera alcanzar un estado práctico de homocigocidad, de tal forma que las progenies tendrán una apariencia y un comportamiento uniforme.

Para el análisis de varianza se utilizó el programa informático Statical Pacage for social science, (SPSS), versión 20.0

*Para el segundo objetivo:* Producción de Maca en dos altitudes en la provincia de Pasco y rentabilidad económica. Como materiales se utilizó un terreno en Alpaycayan ya descrito en el acápite anterior, la calidad del suelo fue descrito como de franco arenoso, el campo fue dividido en dos bloques contiguos de 2500 m<sup>2</sup> cada uno, uno sin ningún tipo de abonamiento al suelo, a la otra parcela se agregó tres kilogramos por metro cuadrado de guano de oveja. El segundo trabajo experimental fue realizado en La Aurora (10° 32' 4'' S, 76° 9' 50'' O), lugar perteneciente al distrito de Ticlacayan de la Provincia de Pasco, a 40 kilómetros de la ciudad de Cerro de Pasco, cuya

altitud es de 3300 msnm; este suelo estuvo bajo "descanso" 18 años, su extensión fue de 2500 m<sup>2</sup>, el distanciamiento entre plantas fue 20 cm. En estos casos también, los trabajos agronómicos desde la preparación del terreno hasta la cosecha fueron realizados con técnicas tradicionales del cultivo de maca usualmente realizado por los agricultores de Pasco.

Como método para el segundo objetivo, se parte bajo la consideración que no existen dos plantas iguales en la misma especie, pueden encontrarse diferencias en el periodo vegetativo, número y color de las ramas, contenido de azúcares en sus frutos, resistencias a patógenos, etc. Algunas de estas características se pueden ver a simple vista, otras requieren de mediciones precisas e incluso de análisis químicos. Estas diferencias o variaciones son de dos tipos, las variaciones que son consecuencia del ambiente natural donde se desarrolla el cultivo y las variaciones que son resultados de los caracteres hereditarios (Poehlman y Allen, 2003). Las variaciones debido al ambiente están asociadas a las variaciones de tamaño, forma, color o desarrollo de la planta, debido a las condiciones ambientales donde se cultiva (Poehlman y Allen, 2003). Las plantas genéticamente uniformes que se cultivan en condiciones, por ejemplo, de suelos diferentes, tendrán respuestas diferentes en su crecimiento y producción de frutos, a pesar de que tengan la misma humedad, luminosidad, radiación ultravioleta o temperatura. Asimismo, una planta adaptada a una determinada latitud con un fotoperiodo largo, su comportamiento en otra latitud de fotoperiodo corto será diferente, su floración será más rápida, su crecimiento puede ser insatisfactorio, el color del epicarpio de su fruto puede variar y su productividad por unidad de superficie será menor (Gonzales, 1995).

La maca puede cultivarse en condiciones óptimas de calidad y rentabilidad en altitudes de 4100 a 4450 msnm; sin embargo, este rango puede ser ampliado a pisos menores como de 3,800 msnm, obteniéndose productos de menor calidad, porque se ponen fibrosas en la zona cortical cilíndrica, se presenta corchosa de menor volumen, dejando la porción pulposa en menor porcentaje (Tello, 1992).

Adicionalmente, con la finalidad de obtener alguna evidencia de la calidad de la semilla obtenida se analizó su capacidad de germinación, con una prueba en Cerro de Pasco, donde fue instalado 200 semillas de cada morfotipo de maca en una placa petri de 9 centímetros de diámetro y en sus interiores provistos de papel toalla, luego fueron

dotándose cuidadosamente de agua durante 25 días que duraron estas pruebas.

Los costos de producción fueron evaluados utilizando el concepto de costo económico, definido este costo como la suma de los costos contables (explícitos) y el costo de oportunidad. Se entiende como costo de oportunidad aquellos referidos al mejor uso alternativo de la tierra y la remuneración estimada por el conductor o dueño del cultivo.

### 3. Resultados y discusión

#### Grado de segregación de los hipocótilos

En agosto del año 2018 fueron cosechados los hipocotilos frescos de maca, se analizaron la homogeneidad y fueron evaluados el grado de segregación de los seis morfotipos en estudio. Los resultados se presentan en la [Tabla 2](#). Allí se observa que hay poca variación (segregación) en los hipocotilos de color amarillo (3%) y blanco (5%). Mientras que en los colores plomo el grado de segregación fue de 19%, rosado del 36% y el rojo de 47,6%; llama la atención que los hipocotilos de la maca negra han segregado en los colores plomo y blanco en un 80%. Con esta cosecha de hipocotilos frescos no podría decirse, desde el punto de vista genético, que la maca es un cultivo homogigoto, porque hay dudas al observar el resultado de la maca negra, roja y rosada; puede pensarse también que la maca es un heterocigoto, a esta idea abona la Tesis de ingeniero agrónomo ([Enciso, 2017](#)), o como sugiere ([Clément, 2010](#)) un mapeo genético ayudaría aclarar el asunto. Tampoco puede descartarse que los colores de los hipocotilos de la maca en general y en particular de la maca negra obedecen a las condiciones ambientales y del tipo de suelo donde se cultiva, hechos que sugieren seguir investigando en campañas agrícolas posteriores.

**Tabla 2**  
Grado de segregación de seis morfotipos de maca (%)

Segregado	Negra	Blanca	Roja	Amarilla	Ploma	Rosada
Sin segregar	20,0	95,0	52,4	97,0	79,0	64,0
Con ploma y blanca	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Con rosada	0,0	5,0	0,0	3,0	0,0	0,0
Con blanca	0,0	0,0	47,6	0,0	19,0	30,0
Con roja	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	6,0

#### Producción de semilla botánica

En el fundo Alpaycayan, en mayo del 2019 se obtuvo nuevamente semilla botánica bien identificada y seleccionada siguiendo el método de selección individual. Las semillas bien seleccionadas y libres de impurezas se evaluaron el número

promedio por cada progenie de los seis morfotipos en investigación, cuyos datos se presentan en la [Tabla 3](#).

**Tabla 3**  
Número promedio de semillas por roseta según colores de maca (En miles)

Progenies	Rojo	Negro	Amarillo	Blanco	Plomo	Rosado
1	1682	1855	5530	4132	7559	10593
2	2370	1885	5951	4135	8321	10777
3	2463	1898	6564	4597	8575	11718
4	2907	2018	6828	4658	8575	11735
5	3560	2098	6950	4914	9280	14244
6	3976	2159	7444	5143	9543	14414
7	4044	2188	8654	5515	9548	14634
8	5173	2204	9088	5688	9580	15675
9	5540	2469	9403	6114	10215	17105
10	5842	2870	11642	6153	10528	19499

Con los resultados de la campaña 2016 y 2017 se analizó la relación que existe entre el número de semillas y sus respectivos pesos; se determinó que existe correlación positiva entre ambas variables, lo mismo sucede también con los datos obtenidos en la cosecha del 2019. Así, es suficiente examinar el peso de semillas, luego asociarlas con los números de las mismas, para analizar las características agronómicas y económicas de interés en la producción de maca, porque la semilla constituye un factor importante en este proceso.

La información de la [Tabla 4](#) muestra que los morfotipos de maca rosada y amarilla producen mayor cantidad de semilla por planta; menos cantidad de semilla es producida por la maca negra en primer lugar y la roja en segundo lugar. En la actualidad los gustos y las preferencias del consumidor están de lado de la maca negra en primer lugar y la roja en segundo lugar, este hecho permite pensar que se debe poner más atención a la producción de semilla de estos últimos dos colores de hipocotilos; también es cierto que la mayor demanda está centrada en la calidad de los hipocotilos secos, como el de mayor tamaño, que estén sanas, esto es libre de patógenos.

Al realizar el análisis de varianza para poder determinar su grado de significación estadística sobre la cantidad de semillas por planta de cada morfotipo de maca se obtuvo que las diferencias son altamente significativas, los resultados de estos análisis se presentan en la [Tabla 4](#). Estos resultados muestran que, si el objetivo es generar mayor cantidad de semilla botánica por unidad de superficie sembrada, es mejor producir maca rosada, luego maca amarilla y después maca ploma.

**Tabla 4**

Análisis de varianza de número de semillas

Fuente de Viabilidad	Grado de Libertad	Suma de Cuadros	Cuadrado Medio	F. Calculado	F. Tabular	
					5%	1%
Colores	5	923,65	184,73	71,60	2,37	3,34
Error	54	139,30	2,57			
TOTAL	59	1062,60				

También se quiso saber sobre la calidad de las semillas obtenidas, la prueba de germinación se realizó en la ciudad de Cerro de Pasco, la [Tabla 5](#) muestra los resultados.

**Tabla 5**

Germinación de semillas de "maca" según días de prueba, lugar y morfotipo

Lugar	Morfotipo	Germinación (%)				
		Tiempo (días)				
		A 5	A 10	A 15	A 20	A 25
Cerro de Pasco	Negro	3	27	68	86	92
	Amarillo	1	16	59	76	90
	Rojo	2	25	70	92	94
4380 msnm	Rosado	2	21	64	88	87
	Plomo	2	24	61	82	90
	Blanco	6	40	74	92	85

### Producción de maca

Los resultados de los trabajos agronómicos llevados a cabo en condiciones de campo en la producción de maca en su fase vegetativa, en dos altitudes fueron realizados, uno en Alpaycayán a 4130 msnm y otro la Aurora a 3,300 msnm. Algunos hechos diferentes ocurridos en el desarrollo del cultivo en estos lugares fueron, que en su hábitat natural (Alpaycayán) la productividad por unidad de superficie fue 50 por ciento mayor respecto a la Aurora, hubo mayor ataque de plagas y enfermedades en la Aurora respecto a Alpaycayán, la incidencia de las malezas también fue mucho más intenso en la Aurora. Las características resaltantes de la maca producida en ambos lugares se presentan en la [Tabla 6](#).

**Tabla 6**

Productividad y algunas características de maca fresca en dos lugares de cultivo

Características	LUGARES		
	Alpaycayan		Aurora
	Con abono orgánico	Sin abono orgánico	Sin abono orgánico
Productividad	7680 kg/ha	6000 kg/ha	3840 kg/ha
Ataque de patógenos	El ataque de malezas, hongos e insectos ocasionó pérdidas del 20 % de la producción	Ataque de malezas, hongos e insectos ocasionó pérdidas del 25 % de la producción	Ataque de malezas, hongos e insectos muy fuerte ocasionando pérdidas del 45 % de la producción
Longitud de hojas	9 centímetros	9 centímetros	15 centímetros
Peso de hipocotilos	45 a 80 gramos	36 a 60 gramos	30 a 50 gramos
Forma de hipocotilos	Circular achatada	Circular achatada	Alargada
Imágenes representativas			

### Aproximaciones a los costos de producción

Los costos tanto para la fase vegetativa y la fase reproductiva del cultivo de maca fueron estimados para las producciones realizadas en Alpaycayan, los cálculos hacen referencia a los costos económicos, entendiéndolo como la suma de los costos contables (explícitos) y los costos implícitos (de oportunidad). Las aproximaciones a los costos de producción se refieren a una hectárea de terreno cultivada. La cuantificación de los costos arroja resultados diferentes, siendo mayor para la fase vegetativa del cultivo (13320 soles por hectárea); mientras que, para la fase reproductiva, dicho costo asciende a 10811 soles. Si se toma en cuenta el precio de la maca seca en el almacén del agricultor de diez soles el kilogramo, se puede concluir que se debe lograr un rendimiento de maca fresca con características comerciales, de 4400 kilogramos por hectárea para evitar incurrir en pérdidas económicas al agricultor. En razón que la relación de maca fresca a maca seca es de tres a uno.

### 4. Conclusiones

Aún no se ha podido determinar los fundamentos científicos y/o técnicos que estarían dando coloración a los hipocotilos de la maca; es decir, con esta campaña de siembras y cosechas no se pudo identificar que el color de la maca se debe a las razones genéticas o a las condiciones ambientales en el desarrollo del cultivo, incluyendo las características del suelo, porque la segregación de los seis morfotipos estudiados a la segunda selección individual, muestran que la maca amarilla tiene poca segregación, con 3 por ciento respecto de su coloración homogénea; mientras que la maca negra su segregación es del 80 por ciento; en tanto, la roja es de 48 por ciento.



Esto sugiere que se debe seguir investigando las progenies en estudio con siembras y cosecha sucesivas posteriores dado las características genéticas de la maca. En el desarrollo del cultivo, las semillas obtenidas son de buena calidad; pues, las germinaciones logradas varían entre el 85 al 94 por ciento. Con trabajos agronómicos de campo de producción de hipocotilos de maca en dos altitudes en la Provincia de Pasco, se encontró que la productividad por unidad de superficie es mayor en 50 por ciento en su hábitat natural (4130 msnm) en comparación a la productividad a una altitud menor (3300 msnm). La evaluación del costo económico de producción de maca muestra que el agricultor debe lograr obtener maca fresca la cantidad de 4400 kilogramos por hectárea para evitar pérdidas en esta actividad.

#### ORCID

- L. Villaorduña-Caldas  <https://orcid.org/0000-0003-2253-2035>  
 E. Zevallos-Arias  <https://orcid.org/0000-0001-6139-1074>  
 F. Álvarez-Rodríguez  <https://orcid.org/0000-0002-8128-5057>  
 I. Viza-Pucllas  <https://orcid.org/0000-0003-2360-6657>

#### 5. Referencias bibliográficas

- Aliaga, R. 1995. Biología floral de la maca (*Lepidium meyenii* Walp). Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Bailón, N. 2017. Efecto de la maca (*Lepidium meyenii*) sobre los niveles plasmáticos de los aminoácidos en personas que viven a nivel del mar. Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.
- Cieza de León, P. 1553. Chronicle of Peru. First Part: London: Hakluyt Society: 1553.
- Chávez, J. 2018. Testimonio brindado en el contexto de la producción de maca en los años de 2018 y 2019, como ingeniero zootecnista, comunero, ganadero y productor de maca en las localidades de Ninacaca y Shelby. Dirección domiciliaria: Calle la Libertad N° 235, Shelby.
- Clément, C.; Kneubühler, J.; Urwyler, A.; Witschi, U.; Kreuzer, M. 2010. Effect of maca supplementation on bovine sperm quantity and quality followed over two spermatogenic cycles. *Theriogenology* 74(2): 173-183.
- Enciso, R. 2017. Biología Reproductiva de Cuatro Grupos Fenotípicos de Maca (*Lepidium meyenii* Walp). Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 69 pp.
- Gasco, M. 2014. Efecto diferencial de *Lepidium meyenii* (maca roja) y finasteride sobre los procesos inflamatorios en la hiperplasia prostática inducida con ennatado de testosterona en ratas de la cepa holtzman. Tesis de Doctorado. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima. Perú.
- Gonzales, A. 1995. La Maca: Cultivo y usos. INIA. Lima, Perú.
- Gonzales, G.F. 2006. MACA: de la Tradición a la Ciencia. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.
- Gonzales, G.F. 2010. Del alimento perdido de los Incas al milagro de los andes: Estudio de seguridad alimentaria y nutricional. *Segurança Alimentare nutricional* 17(1): 16-36.
- Herman, M.; Heller, J. 1997. Andean Roots and Tubers: ahipa, Arracacha, Maca and Yacon. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. International Plant Genetic Resources Institut. Italia. 255 pp.
- Nicholson, T.M, Ricke, W.A. 2011. Androgens and estrogens in benign prostatic hiperplasia: past, present and future. *Differentiation* 82(4-5): 184-99.
- Poehlman, J.; Allen, D. 2003. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Limusa, S. A. Noriega Editores. México, D.F.
- Pulgar, J. 1978. La maca y el uso agrícola de la puna IV. Periódico "Expreso", del 29 de mayo del año 1978. Lima, Perú. 12 pp.
- Roncero, G.; Ramos, W.; Garmendia, F.; Arroyo, J.; Gutierrez, J. 2005. Eficacia de la maca fresca (*Lepidium meyenii* Walp) en el incremento el rendimiento físico de deportistas en altura. *An Fac Med* 66(4): 269-73.
- Sifuentes, G.; León, S.; Paucar, L.M. 2015. Estudio de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp), cultivo andino con propiedades terapéuticas. *Scientia Agropecuaria* 6(2): 131-140.
- Tello, J.; Herman, M.; Calderón, A. 1992. La maca (*Lepidium meyenii* Walp), cultivo alimenticio Potencial para las zonas altoandinas. *Boletín de Lima* N° 81: 59-66.
- Villaorduña, L.F.; Zevallos, E.L. 2013. Obtención de Semillas de Maca (*Lepidium meyenii*). *Revista Praxis*. 9(2): 53-67.
- Zunini, M. 2015. Recobra la energía con los favorables nutrientes de la maca. El Comercio. Disponible en: <https://elcomercio.pe/viu/estar-bien/recobra-energia-favorables-nutrientes-maca-203714-noticia/>

