

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CUATRO
CULTIVARES DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

Nieves Cinthia Hilari Quispe

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2024

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CUATRO CULTIVARES DE
ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma*

Nieves Cinthia Hilari Quispe

Asesores:

Lic. Ing. Graciela Deicy Quispe Cabrera

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocosi

Ph. D. M. Sc. Lic. Ing. Humberto Nelson Sainz Mendoza

Lic. Ing. Simon Cocarico Yana

Aprobada

Ing. Daniel Condori Guarachi



DEDICATORIA:

El presente trabajo de investigación es dedicado con cariño, admiración y gratitud a Dios por ser mi guía en esta vida, a mi familia, a mi esposo Jhon, a mis hijos Caleb y Ledy por la comprensión y el tiempo que me brindaron en el transcurso de mi formación académica.

Por el apoyo incondicional a mis padres Agustín y Elsa sin su ayuda no podría haber culminado con este propósito de vida.

Gracias familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y por brindarme una familia con el que me permitió estar hasta este momento.

Expresar mis más sinceros profundos agradecimientos a personas e instituciones quienes colaboraron en la realización del siguiente trabajo de investigación.

A la facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Pública de El Alto y a su plantel docente que colaboraron en la culminación de mis estudios.

Al Instituto de Innovación Agropecuario y Forestal por brindarme el material biológico para la realización del presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial a la Lic. Ing. Graciela Deicy Quispe Cabrera por el asesoramiento brindado en la conducción y revisión del presente trabajo de investigación.

Asi mismo expresar mi gratitud a los miembros de tribunal examinador: Ph. D. M. Sc. Lic. Ing. Humberto Nelson Sainz Mendoza, M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocosi, Lic. Ing. Simon Cocarico Yana por orientarme y por las observaciones que permitieron complementar al trabajo de investigación.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Generalidades del cultivo de zanahoria	5
2.1.1. Origen del cultivo de zanahoria	5
2.1.2. Descripción de la planta	5
2.2. Características taxonómicas de la zanahoria	6
2.3. Características botánicas de la zanahoria	6
2.3.1. Tallo.....	7
2.3.2. Hojas	7

2.3.3.	Raíz.....	8
2.3.4.	Inflorescencia, flores y semillas.....	9
2.4.	Características morfológicas de la zanahoria.....	10
2.5.	Variedades.....	11
2.6.	Importancia del cultivo.....	12
2.7.	Propiedades nutritivas y salud.....	13
2.8.	Requerimientos del cultivo de zanahoria.....	14
2.8.1.	Requerimiento de clima.....	14
2.8.2.	Requerimiento del suelo.....	14
2.8.3.	Requerimiento de fertilización.....	15
2.8.4.	Requerimiento de humedad.....	16
2.9.	Prácticas culturales del cultivo de la zanahoria.....	16
2.9.1.	Preparación del suelo.....	16
2.9.2.	Sistema de siembra.....	17
2.9.3.	Época de siembra.....	17
2.9.4.	Densidad de siembra.....	17
2.9.5.	Riego.....	18
2.9.6.	Raleo.....	18
2.9.7.	Control de malezas.....	18
2.9.8.	Plagas y enfermedades.....	19
2.9.9.	Cosecha y rendimiento.....	20
2.9.10.	Producción de zanahoria en Bolivia.....	20
2.10.	Beneficio costo.....	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1.	Localización.....	22
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	22

3.1.2.	Características edafoclimáticas.....	22
3.1.2.1.	Clima	22
3.1.2.2.	Suelo	22
3.1.2.3.	Flora	22
3.2.	Materiales.....	23
3.2.1.	Material genético.....	23
3.2.2.	Material vegetal (variedades de zanahoria)	23
3.2.3.	Material de campo	23
3.2.4.	Material de gabinete	24
3.3.	Metodología	24
3.3.1.	Croquis del experimento.....	24
3.3.2.	Desarrollo del ensayo	24
3.3.3.	Diseño experimental	26
3.3.4.	Variables de respuesta	27
3.3.4.1.	Variables cuantitativas agromorfológicas.....	27
3.3.4.1.1.	Altura planta	27
3.3.4.1.2.	Longitud de raíz	27
3.3.4.1.3.	Anchura raíz.....	27
3.3.4.2.	Variables cualitativas agromorfológicas	27
3.3.4.2.1.	Raíz forma sección longitudinal.....	28
3.3.4.2.2.	Raíz punta (forma desarrollo).....	28
3.3.4.2.3.	Raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro	28
3.3.4.2.4.	Raíz color del corazón	28
3.3.4.2.5.	Raíz color de corteza	28
3.3.4.2.6.	Raíz color del corazón en relación con la corteza	28
3.3.5.	Rendimiento	28

3.3.6.	Análisis económico	29
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1.	VARIABLES DE RESPUESTA	30
4.1.1.	Análisis de las variables cuantitativas agromorfológicas	30
4.1.2.	Altura planta.....	30
4.1.3.	Longitud de raíz	31
4.1.4.	Anchura raíz.....	33
4.1.5.	Análisis de las variables cualitativas agromorfológicas	34
4.1.6.	Raíz forma sección longitudinal.....	34
4.1.7.	Raíz punta (forma desarrollo).....	36
4.1.8.	Raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro.....	37
4.1.9.	Raíz color del corazón	38
4.1.10.	Raíz color de la corteza	39
4.1.11.	Raíz color del corazón en relación a la corteza	40
4.2.	Rendimiento de las variedades de zanahoria	41
4.3.	Relación beneficio costo.....	43
5.	CONCLUSIONES	44
6.	RECOMENDACIONES.....	47
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
8.	ANEXOS	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de las variedades deseables comerciales de la zanahoria	11
Cuadro 2. Características de la zanahoria variedad Altiplano	12
Cuadro 3. Composición nutricional de la zanahoria (por 100 gramos de la parte comestible)	13
Cuadro 4. Plagas más comunes del cultivo de zanahoria	19
Cuadro 5. Enfermedades del cultivo de zanahoria	19
Cuadro 6. Producción agropecuaria de zanahoria en Bolivia	21
Cuadro 7. Análisis de varianza de las variables cuantitativas del cultivo de zanahoria ..	30
Cuadro 8. Análisis de varianza de altura de planta del cultivo de zanahoria	31
Cuadro 9. Análisis de varianza de longitud de raíz del cultivo de zanahoria	33
Cuadro 10. Análisis de varianza de anchura raíz de planta del cultivo de zanahoria....	34
Cuadro 11. Análisis de varianza del rendimiento de las variedades del cultivo de zanahoria.....	41
Cuadro 12. Indicadores de beneficio costo	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapa vegetativa (izquierda) y etapa reproductiva (derecha) de una planta de zanahoria (Gaviola 2017).	6
Figura 2. Hojas del cultivo de zanahoria.....	7
Figura 3. Anatomía de la raíz de la zanahoria: (a) vista longitudinal y (b) vista en cortes transversal y longitudinal. Ilustración extraída de Rubatzky <i>et al.</i> (1999).	8
Figura 4. Tipos varietales de la raíz de la zanahoria más difundidos en el mundo (Gaviola 2017).....	9
Figura 5. Fruto de zanahoria (Gaviola 2017).....	10
Figura 6. Comparación de medias de Duncan para altura planta de las variedades de zanahoria.....	30
Figura 7. Comparación de medias de Duncan para la longitud de raíz de las variedades de zanahoria	32
Figura 8. Comparación de medias de Duncan para la anchura raíz de las variedades de zanahoria.....	33
Figura 9. Porcentaje raíz forma sección longitudinal de las variedades de zanahoria ..	35
Figura 10. Porcentaje de raíz punta forma desarrollo	36
Figura 11. Porcentaje de raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro de las variedades	37
Figura 12. Porcentaje de raíz color del corazón de las variedades	39
Figura 13. Porcentaje de raíz color de la corteza de las variedades	39
Figura 14. Porcentaje de raíz color del corazón en relación a la corteza	40
Figura 15. Comparación de medias de Duncan del rendimiento de las variedades de zanahoria.....	42
Figura 16. Relación beneficio costo de las variedades	43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Preparación del terreno	52
Anexo 2.	Protección con paja para la germinación del cultivo.....	52
Anexo 3.	Raleado del cultivo de zanahoria	53
Anexo 4.	Medición de las variables del cultivo	53
Anexo 5.	Identificación de los bloques de investigación	54
Anexo 6.	Colocado de letreros e identificación de las variedades.....	54
Anexo 7.	Medición de las diferentes variables de investigación	55
Anexo 8.	Cosecha del cultivo de zanahoria.....	55
Anexo 9.	Pesaje de la zanahoria con balanza digital	56
Anexo 10.	Características de la zanahoria	56
Anexo 11.	Corte longitudinal de la zanahoria.....	57
Anexo 12.	Medición de altura de la zanahoria	57
Anexo 13.	Análisis de varianza de Altura planta	58
Anexo 14.	Análisis de varianza de longitud de raíz.....	58
Anexo 15.	Análisis de varianza de anchura raíz	58
Anexo 16.	Análisis de varianza del rendimiento de las variedades del cultivo de zanahoria.....	59
Anexo 17.	Tablas de frecuencia de las variables cualitativas.....	59
Anexo 18.	Prueba de Chi cuadrado para las variables cualitativas.....	62
Anexo 19.	Costos de producción del cultivo de zanahoria	65

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
CV	Coeficiente de variación
DBCA	Diseño de Bloques Completos al Azar
GPS	Global Positioning System
g	Gramos
ha	Hectárea
kg	Kilógramo
mg	Miligramos
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m	Metros
m^2	Metros cuadrados
ppm	Partes por millón
T°	Temperatura
t	Tonelada
UPOV	Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales

RESUMEN

Con el fin de determinar el potencial productivo a campo abierto de las diferentes variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.), que se adaptaron mejor en la zona de estudio del Centro Experimental de Kallutaca dependiente del Área de Ciencias Agrícolas Pecuarias y Recursos Naturales UPEA, fueron evaluados cuatro variedades: Altiplano, Larga vida, M-1 (Montenegro-1) y Chantenay sometidos al Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Las variables consideradas fueron: Variables cuantitativas agromorfológicas que se evaluaron (altura planta, longitud de raíz, anchura raíz), y las variables cualitativas agromorfológicas que se evaluaron (raíz forma sección longitudinal, raíz punta, raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro, raíz color del corazón y raíz color del corazón en relación con la corteza), rendimiento y determinación costo beneficio. El tiempo de obtención del potencial productivo para la evaluación fueron: variedad Larga vida y M-1 (Montenegro-1), a los 170 a 175 días, Chantenay y Altiplano a los 178 a 188 días respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que, en las variables cuantitativas, la mayor altura planta la presentaron las variedades Larga vida y M-1 (Montenegro-1), con 30.73 y 23.96 cm, respectivamente; la mayor longitud de raíz presentó la variedad Larga vida con 14.03 cm, y la variedad Altiplano tuvo el mejor comportamiento en anchura de raíz, obteniendo un diámetro de 3.85 cm. En relación a las variables cualitativas agromorfológicas, la variedad Chantenay fue la más sobresaliente, con un 95% de raíces con forma de sección longitudinal obtriangular estrecha, 83% de raíces con punta ligeramente puntiaguda y 85% de raíces con ausencia o muy pequeña extensión del color verde en el hombro; mientras que la variedad Larga vida presentó el 70% de raíces con color del corazón naranja. En cuanto a rendimiento, la variedad Altiplano presentó 4.71 kg/ha, seguida por las variedades Chantenay y Larga vida con 3.84 y 2.75 kg/ha, respectivamente. El análisis económico mostró mayor rentabilidad de beneficio costo de 1.39 y 1.30 para las variedades Altiplano y M-1 (Montenegro-1), respectivamente.

ABSTRACT

In order to determine the productive potential in the open field of the different varieties of carrot (*Daucus carota* L.), which were best adapted in the study area of the Kallutaca Experimental Center dependent on the Area of Agricultural, Livestock Sciences and Natural Resources UPEA, Four varieties were evaluated: Altiplano, Larga vida, M-1 (Montenegro-1) and Chantenay subjected to the Random Complete Block Design (DBCA). The variables considered were: Quantitative agromorphological variables that were evaluated (plant height, root length, root width), qualitative agromorphological variables that were evaluated (root shape longitudinal section, root tip, root extension of the green color of the shoulder epidermis, root color of the heart and root color of the heart in relation to the bark), performance and cost-benefit determination. The time to obtain the productive potential for the evaluation were: variety Larga vida and M-1 (Montenegro-1), at 170 to 175 days, Chantenay and Altiplano at 178 to 188 days respectively. The results obtained show that, in the quantitative variables, the highest plant height was presented by the Larga vida and M-1 (Montenegro-1) varieties, with 30.73 and 23.96 cm, respectively; The largest root length was presented by the Larga vida variety with 14.03 cm, and the Altiplano variety had the best performance in root width, obtaining a diameter of 3.85 cm. In relation to the qualitative agromorphological variables, the Chantenay variety was the most outstanding, with 95% of roots with a narrow obtriangular longitudinal section shape, 83% of roots with a slightly pointed tip and 85% of roots with absence or very small extension of the green color on the shoulder; while the Larga vida variety presented 70% of roots with an orange heart color. In terms of yield, the Altiplano variety presented 4.71 kg/ha, followed by the Chantenay and Larga vida varieties with 3.84 and 2.75 kg/ha, respectively. The economic analysis showed higher cost-benefit profitability of 1.39 and 1.30 for the Altiplano and M-1 (Montenegro-1) varieties, respectively.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la zanahoria, prospera en condiciones climáticas del altiplano, sin embargo, aún no ha merecido un estudio detallado en ésta región, principalmente sobre sus características agronómicas, riego y fertilización (Gisbert 1997).

Tomando en cuenta que la zanahoria es un alimento consumido en todo el mundo, considerando que tiene beneficios nutricionales por ser rica en beca caroteno, por ser un precursor de vitamina A y sales minerales como calcio, fósforo y hierro que son de fácil asimilación y es necesario para la alimentación. Además la zanahoria brinda el 20 % de las necesidades diarias de vitamina A para un adulto (FAO 2003).

En el altiplano boliviano la producción agrícola está afectada por factores climáticos adversos, suelos empobrecidos, falta de agua y poca tecnología de riego, por tanto los ingresos de los agricultores son bajos, esta situación puede cambiar con la producción de zanahoria a campo abierto debido a que esta hortaliza obtiene buenos rendimientos si las condiciones de manejo, riego y fertilización son adecuadas (Pardo 2013).

El rendimiento y la calidad de las raíces en cultivos de zanahorias, están muy influenciados tanto por las condiciones climáticas como por el manejo del cultivo, que determinan el ambiente y permiten, o no, la expresión del potencial genético de cada variedad en particular (Gaviola 2017).

1.1. Antecedentes

Bolaños (2001), explica que las raíces de la variedad Chantenay, son cortas y anchas en la parte superior y de color anaranjado fuerte. Por lo general tiene la relación xilema/ floema alto, lo que las hace un tanto duras y de baja calidad. Aun así, los cultivares de esta variedad han sido los más sembrados en varios países. Los agricultores lo prefieren porque las raíces soportan muy bien los malos tratos que se les da durante el lavado y el transporte al mercado.

Ligarreto (2003), indica que la medición de los caracteres cuantitativos y cualitativos de alta heredabilidad se conoce como caracterización y permite determinar el grado de similitud o distanciamiento por medio de su apariencia morfológica o fenotípica.

Hidalgo (2003), señala que los descriptores de caracterización permiten la discriminación fácil entre fenotipos, generalmente son altamente heredables pueden ser detectados a simple vista y se expresan de igual forma en todos los ambientes.

Según el IPGRI (2004), la caracterización permite hacer una discriminación entre fenotipos, estos caracteres deben ser altamente heredables y de fácil detección a simple vista y deben expresarse igualmente en todos los ambientes.

El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra al máximo, así como para permitir que las plantas utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos. Una buena gestión del agua (unida a una gestión adecuada del suelo) contribuye a asegurar una producción mejor. Es por esto que el riego es una actividad básica, a la vez que primordial, para una cosecha (Rodríguez 2007).

Según Gaviola (2013), el cultivo de zanahoria y su rendimiento están determinados tanto por las condiciones climáticas, variedad elegida y por el manejo del cultivo. Esta interacción permite el adecuado desarrollo de la raíz y promueve la expresión del potencial genético para cada zona específica.

1.2. Planteamiento del problema

Frente a los grandes problemas que enfrenta la agricultura tradicional, como: la escasez de agua, disponibilidad de nuevas tierras cultivables, el cambio climático, suelos erosionados y encontrar índices cada vez mayores de contaminación; el problema en la

zona es que hay poca información sobre el potencial productivo de las variedades esto hace que la producción de zanahoria tenga menor proporción con baja tecnología y menos diversidad de variedades y que en la localidad de Kallutaca actualmente se produce zanahoria con semilla y riego tradicional, por tanto los agricultores obtienen bajos rendimientos, por medio de la implementación de las variedades de zanahoria se pretende conseguir valores de alto rendimiento con la variedad mejor adaptable que se convierte en una opción viable para hacer frente a las necesidades cada vez más grandes de productos agrícolas, tanto para la alimentación de la población, como factores deseables para la producción comercial en el Altiplano norte.

1.3. Justificación

El trabajo se realizó para dar solución al problema que se tiene en la zona, de acuerdo a la falta de nuevas variedades en el lugar ya que se comparó la semilla local con las variedades Altiplano, Larga vida, M-1 (Montenegro-1) para ver los potenciales productivos de cada variedad, rendimientos, evaluación y beneficio costo, todo eso para ayudar a las comunidades con la implementación de la posible mejor variedad.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el potencial productivo de cuatro cultivares de zanahoria en el Centro Experimental de Kallutaca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar las variables agromorfológicas de las cuatro variedades de zanahoria en el Centro Experimental de Kallutaca.
- Identificar los cultivares de alto rendimiento con características agronómicas deseables para la producción comercial en el Altiplano norte.
- Evaluar relación beneficio costo de las cuatro variedades de zanahoria.

1.5. Hipótesis

- Ho: No existe diferencia significativa en las variables agromorfológicas, rendimientos y la relación beneficio costo de las cuatro variedades de zanahoria en el Centro Experimental de Kallutaca.
- Hi: Si existe diferencia significativa en las variables agromorfológicas, rendimientos y la relación beneficio costo de las cuatro variedades de zanahoria en el Centro Experimental de Kallutaca.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del cultivo de zanahoria

2.1.1. Origen del cultivo de zanahoria

No se conoce con exactitud el centro de origen de la zanahoria; algunos tratadistas lo ubican en Europa y otros en Asia. La zanahoria es una de las hortalizas más antiguas que se conoce. Las antiguas civilizaciones de Grecia y Roma hacían uso de ella, fundamentalmente, como planta medicinal (Huerres y Caraballo 1991).

Maroto (1995), señala que, el origen botánico del cultivo de la zanahoria se localiza en Asia menor, donde puede encontrársela en estado espontáneo y de cuya forma original, a partir de selecciones iniciadas en el siglo XVII proceden las formas actuales.

El género *Daucus* tiene muchas especies silvestres que crecen en la cuenca del mediterráneo, el Suroeste de Asia, África, Australia y Norte América, pero la zanahoria comestible (*Daucus carota* L.) es originaria de la región de Afganistán, de donde se diseminó al resto del mundo (Bolaños 2001).

La zanahoria (*Daucus carota* L.) es una especie originaria del centro de Asia y del Mediterráneo. Esta ha sido cultivada desde hace 2000 años por los griegos y romanos. La zanahoria proviene de la familia Umbeliferae. La zanahoria es una planta bianual, con una raíz napiforme, la cual tiene forma y colores variables y una estructura interna compuesta por el xilema el cual se encuentra en el centro y el floema que está en la parte exterior. Es mejor que el xilema no sea de un diámetro superior a 1,5 cm, ya que éste es más duro, leñoso y sin sabor (García 2002).

2.1.2. Descripción de la planta

La zanahoria es una planta bienal de estación fría con un crecimiento óptimo entre los 15°C y los 25 °C de temperatura. El hecho de que sea bienal no significa estrictamente que su cultivo comercial dure dos años, sino que tiene dos etapas de crecimiento: una etapa vegetativa y una etapa reproductiva (Figura 1). Durante el primer período de crecimiento, o etapa vegetativa, la planta produce un tallo muy comprimido al ras de suelo y una roseta de hojas, acumulando reservas carbonadas en su raíz hipertrofiada. Luego de un período de vernalización o exposición a bajas temperaturas (entre 0 y 10 °C),

hecho que generalmente ocurre durante el invierno, comienza la etapa reproductiva. En la misma se produce la elongación del tallo y la floración, para lo cual la planta utiliza las reservas acumuladas en la raíz, provocando una lignificación y pérdida del valor comercial de la misma (Gaviola 2017).



Figura 1. Etapa vegetativa (izquierda) y etapa reproductiva (derecha) de una planta de zanahoria (Gaviola 2017).

2.2. Características taxonómicas de la zanahoria

Según García (2002), la zanahoria taxonómicamente corresponde:

Reino	: Plantae.
División	: Magnoliophyta.
Clase	: Magnoliopsida.
Orden	: Apiales.
Familia	: Apiaceae.
Género	: <i>Daucus</i> .
Especie	: <i>carota</i> .
Nombre Científico	: <i>Daucus carota</i> L.
Nombre Común	: Zanahoria.

2.3. Características botánicas de la zanahoria

La zanahoria pertenece a la familia botánica de las apiaceae; es una planta herbácea de tallos estriados y pelosos, con hojas recortadas alternas, que no sobresalen de la tierra más de 40 cm. Las plantas cultivadas son generalmente bienales; el primer año de cultivo forma la estructura vegetativa y una raíz pivotante engrosada y carnosa (órgano de

reserva). En el segundo año estas reservas favorecen la diferenciación de un vástago floral que puede alcanzar una altura de 1 a 1,5 m, el cual porta numerosas ramificaciones (umbélas) de diferentes órdenes. Las flores son blancas, pequeñas, agrupadas en pequeñas “sombrillas” (umbélulas), constituyendo una inflorescencia compuesta (Maroto 1995).

2.3.1. Tallo

Durante la etapa vegetativa se encuentra sumamente comprimido al ras del suelo, por lo tanto sus entrenudos no son visibles. En los nudos se encuentran las yemas que dan origen a la roseta de hojas. Una vez que comienza la etapa reproductiva, los entrenudos del tallo se alargan y en su ápice se desarrolla la inflorescencia primaria. El tallo y las ramas son ásperos y pubescentes. Una planta puede tener uno o varios tallos florales cuyo alto varía entre 60 y 200 cm (Gaviola 2017).

2.3.2. Hojas

Las hojas son compuestas, con los folíolos marcadamente hendidos y en algunos casos vellosas. De acuerdo con las distintas variedades, los peciolo pueden ser más o menos largos y el color de las hojas puede variar de verde claro a oscuro (Huerres y Caraballo 1991).

“Las hojas de la zanahoria, son en número de 7 a 13 y forman una roseta” (Vigliola *et al.* 1992).

La primera hoja verdadera emerge 1 o 2 semanas después de la germinación. Las hojas son pubescentes, 2-3 pinnatisectas, con segmentos lobulados o pinnatífidos. Los peciolo son largos, expandidos en la base (Figura 2) (Gaviola 2017).



Figura 2. Hojas del cultivo de zanahoria.

2.3.3. Raíz

Anatómicamente las raíces de la zanahoria están compuestas por el floema (en la parte más externa) y el xilema o corazón en la parte central (Figura 3). Las zanahorias de alta calidad son aquellas que poseen mayor contenido de floema que xilema, es decir que tienen un corazón pequeño, ya que el floema tiene mayor capacidad para acumular azúcares y carotenos (Gaviola 2017).

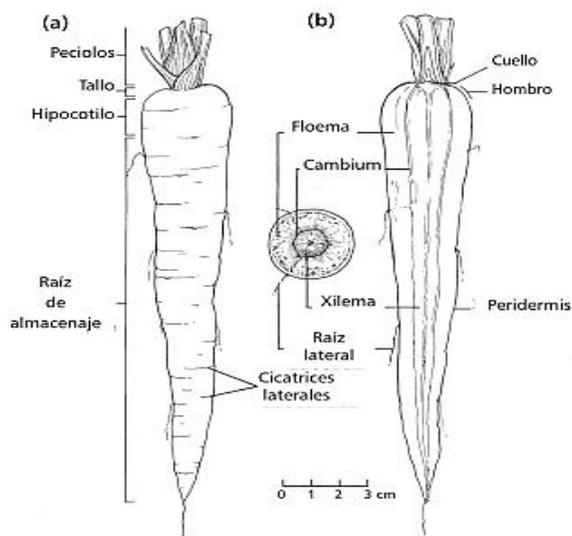


Figura 3. Anatomía de la raíz de la zanahoria: (a) vista longitudinal y (b) vista en cortes transversal y longitudinal. Ilustración extraída de Rubatzky *et al.* (1999).

La forma de las raíces puede ser desde redondeada hasta cilíndrica, encontrándose diversas formas intermedias (Figura 4). El diámetro de la parte superior varía desde 1-2 cm en algunas variedades hasta 10 cm en otras. El largo se extiende entre 5 y 50 cm, aunque la mayoría de las variedades tienen raíces comprendidas entre los 10 y 25 cm. Además de las zanahorias naranjas, mundialmente se cultivan zanahorias de otros colores como blancas, rojas, amarillas y púrpuras. La diferencia entre estas raíces son los pigmentos que poseen: las zanahorias naranjas poseen mayormente betacarotenos, las rojas poseen licopenos, las amarillas xantófilas, las púrpuras antocianinas y las blancas no tiene ningún pigmento (Gaviola 2017).

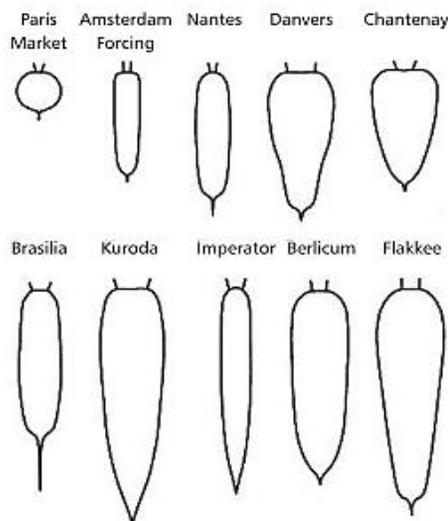


Figura 4. Tipos varietales de la raíz de la zanahoria más difundidos en el mundo (Gaviola 2017).

2.3.4. Inflorescencia, flores y semillas

La inflorescencia está formada por umbelas compuestas que aparecen en posición terminal. Cada planta tiene una umbela central, o primaria o de primer orden, que corresponde al tallo principal. Las sucesivas ramificaciones del tallo producen umbelas de segundo, tercer y hasta séptimo orden. Estos nuevos órdenes de umbelas son progresivamente más chicos y desarrollan más tarde. Una umbela primaria grande puede tener hasta 50 umbélulas, y cada umbélula puede contener hasta 50 flores (Gaviola 2017).

Generalmente las flores de zanahoria son hermafroditas, pequeñas y blancas, o blancas con tonalidades verdes o púrpuras. Cada flor tiene 5 pequeños sépalos verdes, 5 pétalos, 5 estambres (órganos masculinos portadores del polen) y un ovario bilocular con dos estilos. En zanahoria existe androesterilidad, las anteras no producen polen, destacándose dos tipos de androesterilidad: el de las anteras marrones, en el cual las anteras degeneran y se marchitan antes de la antesis; y la androesterilidad del tipo petaloide, en el cual los estambres son reemplazados por pétalos. La androesterilidad es utilizada para la producción de híbridos (Gaviola 2017).

El mismo indica que la floración de cada umbela (apertura de la totalidad de sus flores) dura entre 7 y 10 días, y la diferencia en floración entre órdenes de umbelas es de 7 días, es decir que la floración de una planta de zanahoria abarca un período entre 30 y 50 días,

dependiendo de la cantidad de umbelas por planta. La polinización se produce por medio de insectos.

El fruto de cada flor de zanahoria consiste en un esquizocarpo compuesto por dos aquenios unidos. Cada aquenio es lo que comúnmente se denomina semilla (Figura 5). El peso de las semillas varía entre 0,8 y 3 g cada 1000 semillas (Gaviola 2017).



Figura 5. Fruto de zanahoria (Gaviola 2017).

2.4. Características morfológicas de la zanahoria

Se señala que las características que más se destacan en la flor son: el ancho y largo del ovario, utilizados comúnmente para diferenciar clones entre sí. También afirma que las características botánicas de zanahoria muestran una amplia variabilidad, observando cultivares que difieren significativamente en forma, tamaño y color de sus hojas, raíz, fruto (Hernandez *et al.* 1988).

Enriquez, citado por Quiroz (2002), menciona que los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente como la flor y el fruto, le siguen en importancia las hojas, el tallo y la raíz.

Como también indica que estudiando las características cuantitativas de la raíz, entre ellas el largo y diámetro, determinaron que estos caracteres también son válidos para definir cultivares puesto que es una descripción indirecta de la forma general de la raíz, que con una calificación adicional del cuello, el ápice y una estimación del color se tiene una descripción adecuada, estableciendo las diferencias entre sí.

García (2009), también señala que los requisitos mínimos para la caracterización de la raíz: deben estar entero, sano (sin rajaduras, plagas ni enfermedades), limpio (sin materiales extraños), de consistencia firme, con un color típico de la especie y variedad,

no bifurcadas, desprovistas de raíces secundarias, tiernas (sin textura leñosa), de aspecto fresco, exentas de humedad exterior anormal, exentas de olores y sabores extraños.

2.5. Variedades

Compendio de Agronomía Tropical (1999), afirma que la clasificación más generalizada de zanahorias atiende a factores de forma y tamaño de los ejemplares, pudiendo encontrar:

- Cortas. Se trata de variedades de cultivo temprano que tienden a formas redondeadas. Su longitud suele ser menor de 10 cm.
- Semi-largas o intermedias. Son las más comunes, de forma cilíndrica y gruesa con piel lisa en tonos naranjas intensas. Miden entre 10-20 cm y se incluyen en esta clasificación la mayoría de las cultivadas, por ejemplo las nantesas.
- Largas. Acaban en punta y superan los 20 cm de longitud. Habitualmente se utilizan para la comercialización.

Según la empresa productora de zanahorias (CNPSH 2017) los tipos de zanahorias son:

Cuadro 1. Características de las variedades deseables comerciales de la zanahoria

Características				Recomendaciones de siembra			
Variedad	Raíz			Ciclo Días después del trasplante (DDT)	Cantidad de semilla (kg/ha)	Distancia entre surcos (cm)	Distancia entre plantas (cm)
	Forma	Tamaño (cm)	Peso (g)				
Altiplano	Cónica	12 a 15	100 a 150	120 valles 180 altiplano	6 a 8	25 a 30	5
Montenegro-1	Cónica	10 a 15	100 a 150	130 a 150	7 a 8	26 a 30	5
Larga vida	Alargada	13 a 20	130 a 180	120	8 a 8	30	5

Fuente: CNPSH (2017)

a) Características de la zanahoria variedad Chantenay

Se hace en aproximadamente 80 días. Tienen un tamaño de 13 cm. Tienen un gran corazón y color fresco, una piel rugosa y una gran hoja. Es usada principalmente para la industria envasado, congelado y deshidratado.

b) Características de la zanahoria variedad Altiplano

La zanahoria Altiplano es una variedad desarrollada para condiciones de ambiente frío, su principal características es la tolerancia a la floración prematura, color anaranjado intenso de la pulpa, con buen potencial productivo. A continuación se resume las principales características:

Cuadro 2. Características de la zanahoria variedad Altiplano

Descripción	Características
Porte del follaje	Semi erecto
Anchura del cuello	Medio
Longitud del follaje	Muy largo
Tipo de raíz	Chantenay
Longitud raíz	Corta a mediano (12 a 15 cm)
Forma de raíz	Cónica –estrecho
Forma del hombro	Plana redondeada
Punta raíz	Romo
Color externo raíz	Naranja intenso
Color interior raíz	Naranja intenso
Tamaño de raíz	Mediano a grande
Peso raíz	100 a 150 g
Tendencia a subida de flor	Débil
Ciclo vegetativo	120 en valles 180 en altiplano
Cantidad de semilla para la siembra	6 a 8 Kg/ha
Distancia entre surcos	25 a 30 cm
Distancia entre plantas	5 cm
Rendimiento	30 t/ha

Fuente: INIAF (2011)

2.6. Importancia del cultivo

Maroto (1995), indica que la zanahoria tiene importancia en la dieta humana desde el punto de vista vitamínico, por que proporciona gran cantidad de vitamina A, además de vitamina B y C como sales minerales de calcio, hierro, silicato, sodio, fósforo y magnesio.

Los tonos anaranjados de su pulpa y piel se deben a los carotenos, resultando uno de los destacados el beta-caroteno o provitamina A, que se transforma en vitamina A una vez ingerida y conforme el cuerpo la considera necesaria (García 2009).

2.7. Propiedades nutritivas y salud

El componente más abundante en la zanahoria, al igual que en el resto de verduras y hortalizas, es el agua, seguido de los hidratos de carbono que aportan energía al organismo. Además contienen vitaminas y minerales, por lo que son un excelente alimento debido a sus propiedades para la salud (García 2009).

De igual forma indica que el consumo de zanahorias está indicado para las personas que padecen problemas oculares como la sequedad ocular, ceguera nocturna o fotofobia, que se incluya en la dieta de los propensos a las infecciones respiratorias.

Ávila (2015) menciona que la zanahoria contiene mucha agua (casi el 90%) y es hipocalórica, aporta a la dieta sólo un 40% de calorías. Además es antioxidante y un eficaz protector de la piel. El organismo humano necesita unos 2 mg diarios de vitamina A y la zanahoria contiene entre 4 y 10 mg por cada 100 g. Esto es fundamental para proporcionar un desarrollo armónico del cuerpo de los niños. A su vez también ayuda a la secreción de leche materna. Previene los procesos degenerativos de la piel y regula los procesos intestinales. Por otra parte equilibra la secreción biliar y favorece el aumento de glóbulos rojos.

Cuadro 3. Composición nutricional de la zanahoria (por 100 gramos de la parte comestible).

COMPUESTO	CANTIDAD
Calorías	36
Agua	86 mg
Carbohidratos	10.7
Grasas	0.1 g
Proteínas	0.9 g
Fibra	1.2 g
Cenizas	1.1 g
Calcio	80 mg
Fósforo	30 mg
Hierro	1.5 mg
Vitamina A	10500 U.I.
Tiamina	0.04 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.5 mg
Ácido ascórbico	3.0 mg

Fuente: James (1983)

2.8. Requerimientos del cultivo de zanahoria

2.8.1. Requerimiento de clima

El cultivo de la zanahoria puede soportar heladas de hasta -3°C para llegar a perder su parte aérea y hasta -5°C para sufrir daños en las raíces. En el periodo de acumulación de reservas, las temperaturas frescas sostenidas provocan el alargamiento y la fuerte pigmentación de la raíz, por el contrario, las temperaturas elevadas, la acortan y la hacen palidecer (Pardo 2013).

El mismo autor señala que las condiciones de óptima producción de la zanahoria se presentan a temperaturas entre los 13 y 18°C .

Miralles (2004), reafirma de manera categórica que la duración de las distintas etapas ontogénicas del cultivo, están reguladas por tres factores determinantes: Temperatura, fotoperiodo (duración del día) y vernalización (requerimiento de horas de frío). Además señala que el conocimiento de las respuestas del cultivo a estas variables ambientales, permite caracterizar la adaptabilidad de los diferentes cultivares a las distintas zonas productivas.

2.8.2. Requerimiento del suelo

a) Aireación

Cuanto mejor sea la aireación del suelo y del subsuelo, más fuerte se desarrollará el sistema de raíces. En suelos con buena aireación, las lenticelas se desarrollan en menor grado y en suelos más pesados, en mayor grado; ésta característica determina la superficie lisa o rugosa de la raíz carnosa.

Investigaciones realizadas han demostrado que un contenido menor del 6% de oxígeno en el suelo contribuye a la reducción del engrosamiento de las raíces carnosas y el color se hace más intenso. Por ello, la zanahoria adquiere su mejor color cuando se siembra en suelos ligeros (Huerres y Caraballo 1991).

b) Profundidad textura y estructura

El cultivo de la zanahoria, en suelos arcillosos y de mala estructura forma raíces carnosas deformes, se ramifican, encorvan, presentan grandes lenticelas y superficies rugosas, por lo que estos suelos no son los más apropiados para su

propagación, además, en la fase de germinación de las semillas en estos suelos se forman una costra gruesa que dificulta el proceso de la germinación. Los suelos más adecuados para cultivar zanahoria son los ligeros y los arcillo arenosos, de buena estructura y buena aireación (Huerres y Carballo 1991).

Maroto (1995), indica que, al cultivo de la zanahoria le convienen los suelos profundos de textura ligera con un buen contenido en arena y que retengan bien la humedad. Los terrenos compactados y pesados originan raíces con fibrosidades endurecidas que las deprecian, menor peso, diámetro y longitud, siendo además propensos al desarrollo de podredumbre. Los terrenos pedregosos dan lugar a la formación de raíces bifurcadas.

c) pH y salinidad

El cultivo de la zanahoria se desarrolla adecuadamente en suelos con reacción neutra o ligeramente ácida, de pH de 6 a 7.5, a pH de 5 no hay producción (Vigliola *et al.* 1992).

Al respecto Valadez (1993), señala que, de acuerdo a su pH la zanahoria ha sido clasificada como ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH 5.5 a 6.8, en lo referente a salinidad, la zanahoria está clasificada como medianamente tolerante con valores de 2560 a 6400 ppm.

2.8.3. Requerimiento de fertilización

La fertilización se hace de acuerdo al análisis de suelos y a las recomendaciones del asistente técnico. Una cosecha de 40 t/ha de zanahoria extrae del suelo la siguiente relación de nutrientes: 125 kg de N, 55 kg de P₂O₅, 200 kg de K₂O y 150 kg de CaO (INAT 2000).

Se debe señalar que la fertilización nitrogenada en la zanahoria tiene una influencia importante sobre el contenido en vitaminas y caroteno. La aportación de nitrógeno en forma nítrica acelera el cambio de coloración de amarillo a rojo. Un exceso de nitrógeno puede inducir un excesivo desarrollo foliar, una mala conservación de las raíces, una disminución en el contenido de caroteno y un aumento del contenido de nitratos (Maroto 2002).

2.8.4. Requerimiento de humedad

Huerres y Caraballo (1991), sostienen que, la zanahoria es una planta que se adapta fácilmente a la falta de humedad del suelo, debido a las características de su sistema radical y a la estructura xeromórfica de sus hojas. Sin embargo, sus exigencias en las diferentes fases de su desarrollo, no son iguales, como:

- a) Durante la fase de germinación de las semillas, la capa superficial del suelo debe estar medianamente húmeda, ya que si se presenta una oscilación severa, gran parte de las semillas no germinan, lo que afectará a la densidad poblacional.
- b) Después de la germinación, la fase de crecimiento inicial es muy lento, además su sistema radical es débil, por lo que se debe mantener una humedad adecuada: posteriormente cuando las plantas han crecido, las exigencias de la planta son menores.
- c) Después que se han formado las raíces carnosas, no se deben mantener las plantas bajo oscilaciones de humedad del suelo, ya que un gran porcentaje de raíces se agrietan, además, bajo estas condiciones son atacadas por enfermedades fungosas que le producen pudriciones y se pierde gran cantidad de estas.

Maroto (2002) indica que, el cultivo de la zanahoria posee exigencias importantes de humedad y en caso de sufrir de sequía, la raíz adquiere un aspecto menos cilíndrico y se forma sobre el periciclo un reticulado fibroso que deprecia el valor de esta raíz hortícola.

2.9. Prácticas culturales del cultivo de la zanahoria

2.9.1. Preparación del suelo

El cultivo de la zanahoria requiere una buena preparación del terreno, con una determinada profundidad, mayor en las variedades largas y semilargas, pudiéndose dar en primer lugar una labor profunda, en la que se incorporará el abono de fondo y a continuación tantas labores superficiales como sean necesarias para dejar una tierra bien fina (Maroto 2002).

Es necesaria una adecuada preparación del terreno, a fin de prevenir malformaciones y limitaciones en el desarrollo de las raíces, basta realizar una arada y dos rastrillas para optimizar las condiciones físicas del suelo. La nivelación y mejora del drenaje permite una germinación uniforme (INAT 2000).

2.9.2. Sistema de siembra

Según el CNPSH (2001) indica que la siembra de la zanahoria se realiza al voleo, utilizando 10 kg/ha se derramara la semilla sobre el terreno bien preparado y nivelado.

Ávila (2015) explica que se requieren aproximadamente de 3.8 a 4.6 kg de semilla por ha y se deben sembrar a una profundidad de 1 a 1,5 cm. La densidad de siembra final de zanahoria es de 400.000 a 540.000 plantas ha y la distancia final entre cada planta debe estar entre los 8 y 15 cm.

2.9.3. Época de siembra

La época de siembra del cultivo depende de la especie y de la región geográfica. Los factores dominantes que rigen la fecha de siembra, son la temperatura, cantidad y distribución de la precipitación y las estaciones del año (Van Haeff y Berlinj 1997).

Huerres y Caraballo (1991) mencionan que, el periodo óptimo para la siembra de la zanahoria es de noviembre a diciembre, ya que la planta se ve favorecida en su desarrollo por las condiciones de temperatura que contribuyen a la formación de la raíz y una mayor calidad de esta; no obstante se han logrado resultados aceptables con siembras de septiembre a febrero, no así fuera de este periodo.

Al respecto Tacachira (1998), indica que, el cultivo de zanahoria reporta rendimientos altos cuando es sembrado en los meses de septiembre a noviembre, debido principalmente a que están comprendidos dentro la época de cultivo con buena precipitación, temperatura, horas luz, etc.

2.9.4. Densidad de siembra

En siembra al voleo, en el cultivo de la zanahoria, se utiliza 4 a 5 kg de semilla por hectárea y en líneas 2 a 3 kg (Vigliola *et al.* 1992).

En el cultivo de la zanahoria generalmente se utiliza una densidad de siembra de 8 a 10 kg/ha para siembra al voleo (CNPSH 2001).

2.9.5. Riego

Este factor varía, dependiendo de la época del año en que se haya sembrado esta hortaliza, la textura del suelo, etc. Sin embargo, a nivel comercial se da en promedio de 6 a 10 riegos, teniendo mucho cuidado de que no le haga falta en la etapa adulta (después de los 70 días) lo cual provocaría rajaduras en la parte comestible de la zanahoria (Valadez 1993).

La zanahoria es un cultivo que requiere humedad constante en el suelo, para lograr una buena formación de raíces de alta calidad. El requerimiento de agua durante todo el ciclo es de 400-600 milímetros (Vigliola *et al.* 1992).

Para el CNPSH (2001), el riego es importante en todo el periodo del cultivo, sin embargo debe mantenerse con bastante humedad en el período de la germinación y la primera etapa de su desarrollo, los riegos posteriores deben realizarse de acuerdo a requerimiento del cultivo.

2.9.6. Raleo

“Se recomienda raleo cuando la densidad de germinación del cultivo de la zanahoria es bastante alta” (CNPSH 2001).

Ávila (2015) el raleo consiste en retirar las plántulas que han germinado de más para dejar una planta cada 8 a 15 cm. Se realizan dos raleos cada 10 días comenzando 30 a 40 días después de la siembra. La labor se hace manualmente y con el suelo húmedo para evitar dañar las plantas que quedan.

2.9.7. Control de malezas

Las malezas reducen el rendimiento de los cultivos no solo por su acción directa de competencia por agua, luz y nutrientes, sino también porque muchas de ellas son portadoras de virus o enfermedades y hospedantes de insectos vectores.

La zanahoria crece lentamente al principio, convirtiéndose la maleza en un gran enemigo en las primeras semanas de crecimiento. Para su control se recurre al uso de herbicidas, pero en muchos casos esta práctica debe complementarse con el control mecánico y manual (Vigliola *et al.* 1992).

El principal problema que presenta el cultivo de la zanahoria son las malezas, esta hortaliza figura entre las que muestran mayor tolerancia a la aplicación de herbicidas (Valadez 1993).

2.9.8. Plagas y enfermedades

Para Valadez (1993), las principales plagas y enfermedades son los que se presentan en los cuadros 4 y 5 respectivamente:

Cuadro 4. Plagas más comunes del cultivo de zanahoria.

Plaga	Nombre científico
Falso medidor	<i>Trichoplusia ni</i> Hubner
Mosca de la zanahoria	<i>Psila rosao</i> Fabricius
Pulgón de la zanahoria	<i>Semiaphis dauci</i> Linneo
Nematodo	<i>Heterodera</i> spp.

Cuadro 5. Enfermedades del cultivo de zanahoria.

Enfermedad	Nombre científico
Cenicilla	<i>Erysiphe umbeliferarum</i> Linneo
Alternaría	<i>Alternaría dauci</i> Kuehn
Pudrición suave	<i>Erwinia carotovora</i> L.R. Jones
Tizón bacterial	<i>Xanthomonas carotae</i> Kendr

El cultivo de la zanahoria es bastante susceptible a la bacteria *Erwinia carotovora*, que se puede prevenir realizando adecuadas rotaciones de cultivo, utilizando terrenos sueltos y evitando el encharcamiento del campo a través de drenajes adecuados (CNPSH 2001).

2.9.9. Cosecha y rendimiento

Según Valadez (1993), la cosecha se realiza manualmente, aunque puede recurrirse a la forma mecánica, el único indicador de cosecha para la zanahoria es el tiempo y puede hacerse a los 110 a 140 días de edad de la zanahoria; se recomienda que cuando esté cercana la etapa final del ciclo agrícola se empiecen hacer muestreos en los campos sacando zanahorias al azar.

El CNPSH (2001), sostiene que, la forma tradicional de cosecha de zanahoria es manual utilizando picotas o azadones, al momento de recoger la raíz se saca las hojas en el mismo campo, se embolsa para llevar al río y proceder con el lavado, éstas en montones son pisadas dentro del agua y fregadas con un poco de arena fina hasta sacar un color brillante y el pulido de la superficie de la raíz; éstas son embolsadas uniformizando por tamaños para llevar al mercado.

Maroto (2002), señala que, las variedades de zanahoria tienen un ciclo de cultivo variable que cubren entre 75 y 140 días, la recolección puede realizarse manualmente o a máquina. Una vez que las zanahorias han sido recolectadas y deshojadas, sufren un lavado, a continuación se calibran en 2 ó 3 categorías manualmente o a máquina; finalmente se envasan en bolsas de polietileno, que se depositan en cajas.

2.9.10. Producción de zanahoria en Bolivia

En nuestro país, se cultivan aproximadamente 3.600 hectáreas de zanahoria al año con una producción de 27.000 toneladas que en valor monetario representa más o menos 70 millones de bolivianos. Se cultiva en los ya mencionados climas templados, de la mano de pequeños productores que no cuentan con mucha tecnología, lo que incide tanto en su economía como en el rendimiento y calidad de la hortaliza, pero aun así salen a flote.

El puesto de principal productor se lo lleva el departamento de Cochabamba que cuenta con una superficie cultivada de 2,410 hectáreas que generan una producción total de 24,585 toneladas de zanahoria. Específicamente, la comunidad de Sipe Sipe tiene como principal cultivo a este alimento durante el verano habiendo producido hasta hace algunos años un total de 19.571,8 kilogramos por hectárea (INIAF 2011),

Las zonas de mayor producción en Bolivia, se encuentra detallado en el cuadro 6, y explicados a continuación.

Cuadro 6. Producción agropecuaria de zanahoria en Bolivia

AÑO	Variable	La paz	Cochabamba	Oruro	Potosí	Santa cruz
2007	Superficie ha.	155	2406	124	289	371
	Rendimiento kg-ha	9.249	10.211	6.851	6.973	10.134
	Producción t.	1430	24.578	8.41	2.012	3.760
2008	Superficie ha.	155	2408	124	2.89	3.71
	Rendimiento kg-ha	9.243	10.204	6.847	6.363	10.128
	Producción t.	1430	24.575	847	2.013	3.760
2009	Superficie ha.	115	2410	124	2.89	3.72
	Rendimiento kg-ha	9.242	10.203	6.846	6.968	10.126
	Producción t.	1.431	24.585	8.848	2.0133	3.762

Fuente: INE (2010)

2.10. Beneficio costo

Escobar (2003), menciona que el beneficio/costo es la relación entre la inversión y el retorno económico. Este indicador expresa cuantas unidades monetarias se reciben por cada unidad monetaria invertida.

Paye (2006), define al beneficio costo, como el cociente entre los beneficios actualizados y los costos actualizados, descontados a la tasa de descuento (15 %). Como se trata de coeficiente, el criterio de decisión es en torno a uno; entre alternativas se escoge la de mayor B/C, siempre que sea mayor que lo igual a uno.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación geográfica

El experimento se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca, en la región del Altiplano Norte de Bolivia, perteneciente a la Universidad Pública de El Alto. Esta estación está ubicada en la localidad del mismo nombre en el municipio de Laja, Provincia Los Andes del departamento de La Paz. Tiene una altitud de 3860 msnm y esta geográficamente ubicada en las coordenadas: 16°31'17" latitud sur y 68°18'29" longitud oeste (Google Earth 2023).

3.1.2. Características edafoclimáticas

3.1.2.1. Clima

Kallutaca presenta una temperatura media anual de 8.4°C, una máxima media de 15.7°C y mínima media de -2.0°C, la humedad relativa ambiental promedio alcanza el 35% con una precipitación pluvial en rango de variación entre 600-650 mm*año y más del 50% de estas precipitaciones se distribuyen durante los meses de diciembre a febrero (SENAMHI 2019).

3.1.2.2. Suelo

Características edafológicas de la zona de referencia presenta suelos configurados de arena y arcilla, con un declive de 2-5%, la condición física del suelo es arable, los suelos son poco profundos de 15 a 30 cm, la capa arable presenta una textura de franco arcilloso, con una habilidad de retención de agua moderada. El pH varía ligeramente de acida a neutro (6.4 a 6.8). El contenido de la materia orgánica varía de 0.05 a 3.07%.

3.1.2.3. Flora

La zona de estudio presenta una diversidad de especies vegetales perennes y arbustivas, las mismas son consideradas plantas invasoras para el cultivo. Las especies de estrato bajo se encuentran como chiji (*Distichlis humilis* Phil); cebadilla (*Bromus uniolooides* Balh); diente de león (*Taraxacum officinale* Weber); bolsa de pastor (*Capsella bursa-pasrori* L.);

auja-auja (*Erodium cicutarium* L.); k"ora lupu-lupu (*Tarasa tenella* Krapov.); mostaza (*Brassica rapa* L.); muni muni (*Bidens andicola* Kunth), entre otras.

3.2. Materiales

3.2.1. Material genético

El material genético empleado son de cuatro variedades de zanahoria: Altiplano, Montenegro-1, Larga vida, y como testigo la variedad local Chantenay. Las variedades provienen del departamento de Cochabamba como resultado de una selección de ensayos y/o pruebas mencionadas por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Forestal (INIAF).

3.2.2. Material vegetal (variedades de zanahoria)

- T0: Chantenay, se constituye en la variedad testigo, la raíz es de color anaranjado, de longitud media con forma cónica y punta roma. Es susceptible a formar tallo floral si existen fluctuaciones de temperatura.
- T1: Altiplano, es una variedad de raíz en forma de cono, con longitud media, tiene un diámetro moderado con una coloración naranja en la capa externa de la raíz, más utilizado esta variedad en lugares fríos.
- T2: Larga vida, es una de las variedades característicos en la forma alargada a contrario de las demás variedades con un color naranja pálido.
- T3: Montenegro-1, también llamado por su sigla M-1 de raíz en forma de cono, color naranja fuerte.

3.2.3. Material de campo

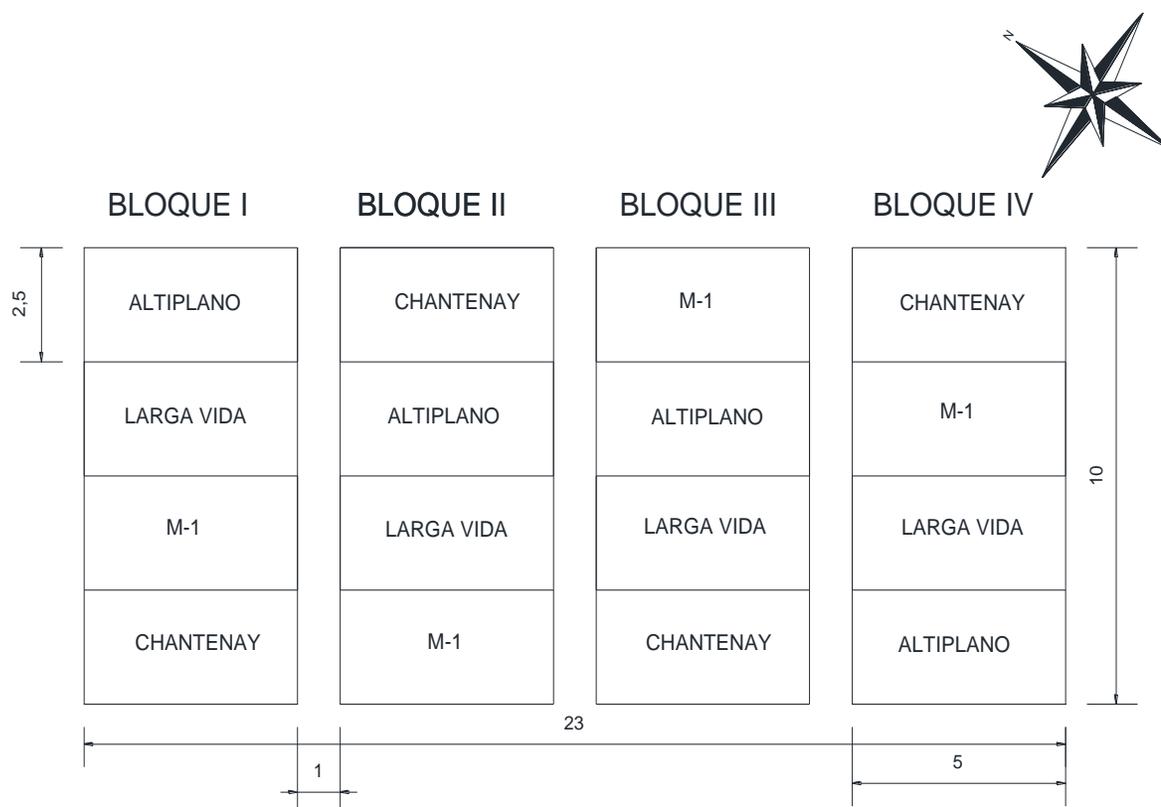
En el seguimiento y evaluación del estudio, se empleó sobres de papel madera de 10x15 cm, balanza de precisión y vernier, además de maquina agrícola (tractor de arado), picotas, chontillas, rastrillos, flexómetro y regla graduado en centímetro, lienzo, estacas de madera, surcadora manual de seis dientes, letreros identificadores, marbetes, libro de campo y descriptores, hoces, bolsas de yute, frascos de plástico de 1000 ml, cámara fotográfica, memoria de película, calculadora, computadora, material de escritorio y otros.

3.2.4. Material de gabinete

En esta instancia fue imprescindible un ordenador para el vaciado de datos del libro de campo, dispositivos de almacenamiento de información y paquetes (software) estadísticos de: Infostat, para el análisis de datos, así también otros materiales de escritorio y de papelería.

3.3. Metodología

3.3.1. Croquis del experimento



3.3.2. Desarrollo del ensayo

La investigación se llevó en ambientes de la Estación Experimental de Kallutaca a campo abierto, con las siguientes actividades:

1. Preparado del suelo

Esta labor se realizó con debida anticipación y en la forma más conveniente, con la finalidad de crear condiciones favorables para el buen desarrollo del cultivo de zanahoria,

eliminando malezas, dejando el suelo bien mullido, nivelado y replanteo de unidades experimentales; preparándose a una profundidad de 25 a 30 cm aproximadamente para facilitar el drenaje y la penetración de las raíces. Posterior a la preparación se aplicó un riego generalizado para favorecer la germinación de las semillas.

2. Delimitación del área experimental

Utilizando el croquis del diseño experimental, marcamos el terreno usando estacas, cintas de agua y cinta métrica, finalmente se procedió a la identificación y etiquetado correspondiente.

3. Surcado

El surcado se realizó en forma manual haciendo uso de picos, rastrillos, a un distanciamiento de 50 cm.

4. Siembra

La siembra se realizó a mano y a chorro corrido a ambos lados del surco de 5 metros, con distancia entre surcos de 20 cm, a una profundidad de 1-2 cm, el 30 de septiembre de 2022, utilizando semilla certificada del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Forestal.

Se realizó un riego previo a la siembra con la finalidad de humedecer bien el terreno, además se puso paja para facilitar y brindar mejores condiciones para la germinación de la semilla.

5. Riego

Se regó mediante riego por surco con el uso de una manguera durante 24 días en las fases iniciales del cultivo, más propiamente para la emergencia e inicio del crecimiento y luego la aplicación del riego fue cada 7 días ya que es el periodo que se acostumbra a regar en diferentes sectores del Altiplano.

6. Raleo

Esta labor se realizó a los 60 días de la siembra, eliminando las más pequeñas y menos robustas, conservando un distanciamiento de 10 a 12 cm entre ellas.

7. Deshierbe

Se realizaron 2 deshierbes manuales y oportunos, el primero fue simultaneo al raleo, el segundo a los 90 días después de la siembra.

8. Cosecha

La cosecha se realizó cuando la planta alcanzó la madurez fisiológica presentando los 180 días de ciclo vegetativo, se hizo en forma manual, teniendo cuidado de no arrancar el tallo de la raíz, extrayendo todas las plantas de los surcos, los que ocuparon un área de $12.5 m^2$ cada variedad en los cuatro bloques, cuyos valores sirvieron para determinar los rendimientos.

El material cosechado se almacenó en un lugar fresco y oscuro para luego lavarlo en una batea a pisoteo.

3.3.3. Diseño experimental

Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con un total de cuatro tratamientos correspondientes a las variedades de zanahoria con repeticiones en cuatro bloques.

Por lo que el modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta debido al efecto de la i-ésima variedad de zanahoria en el j-ésimo bloque

μ = Media general

α_i = Efecto de la i-ésima variedad de zanahoria

β_j = Efecto de la j-ésimo bloque

ε_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental

3.3.4. Variables de respuesta

3.3.4.1. Variables cuantitativas agromorfológicas

Para las mediciones y evaluaciones de las variables agromorfológicas, se muestrearon diez plantas al azar de cada unidad experimental a las que se cuantificó son los siguientes.

3.3.4.1.1. Altura planta

Para esta variable de respuesta se seleccionaron al azar diez plantas de cada unidad experimental.

Con un flexómetro se procedió a medir la altura foliar comprendida desde la corona de la raíz hasta el ápice de la hoja más larga, cuando la planta ha alcanzado madurez fisiológica y manejando la unidad de medida centímetros.

3.3.4.1.2. Longitud de raíz

Esta variable de respuesta, al igual que la anchura de raíz, fue medida en el momento de la cosecha. Se seleccionó de igual forma diez raíces al azar ya descrito anteriormente en la investigación y se utilizó un vernier que determino el largo de la raíz, comprendido desde la corona a la punta de la misma.

3.3.4.1.3. Anchura raíz

La anchura de la raíz fue medida en el momento de la cosecha. Se eligieron diez raíces al azar de la variedad Chantenay, diez raíces al azar de la variedad Altiplano, diez raíces al azar de la variedad M-1 (Montenegro-1) y diez raíces al azar de la variedad Larga vida por cada unidad experimental de las cuatro repeticiones que después se obtuvo el promedio.

Con un vernier se midió la parte más abultada de la raíz situada generalmente en el primer tercio superior de la misma.

3.3.4.2. Variables cualitativas agromorfológicas

Para realizar las mediciones de las variables de respuesta de caracterización morfológica cualitativa, se realizó el registro en función de los descriptores UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales), por lo que se tiene 6 variables más

prescindibles los cuales fueron evaluados, tomando en cuenta los bloques donde se obtuvo 40 plantas de zanahorias.

3.3.4.2.1. Raíz forma sección longitudinal

Realizando un corte longitudinal se procedió a caracterizar la forma con la ayuda de los descriptores ilustrados de la UPOV 2007 (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales).

3.3.4.2.2. Raíz punta (forma desarrollo)

Se visualizó visualmente en la parte apical de la raíz.

3.3.4.2.3. Raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro

Se observó si existe coloración verde al alrededor del cuello.

3.3.4.2.4. Raíz color del corazón

Se realizó de forma visual con los parámetros establecidos de la UPOV 2007 (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales).

3.3.4.2.5. Raíz color de corteza

Se realizó de forma visual con los parámetros establecidos de la UPOV 2007 (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales).

3.3.4.2.6. Raíz color del corazón en relación con la corteza

Se realizó de forma visual dependiendo cual es la diferencia de color del corazón frente al de la corteza.

3.3.5. Rendimiento

Para determinar el rendimiento en cada unidad experimental, se consideró un metro cuadrado en la parte más representativa del área, evitando efectos de borde y cabecera.

Del área escogida se cosecharon todas las raíces, las cuales fueron seleccionadas en productos de comerciales y no comerciales. Posteriormente fueron lavadas y pesadas en

una balanza con capacidad de 20 kilogramos. Una vez pesado se empleó la siguiente ecuación adecuada de acuerdo a la densidad de siembra:

$$\text{Rendimiento (tn * ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{peso en (Kg)} * 1\text{ha}(10000)(\text{m}^2)}{\text{area de unidad experimental}(\text{m}^2)} / 1000$$

3.3.6. Análisis económico

Para realizar este análisis, se utilizó el método de presupuestos parciales recomendada por el CIMMYT.

Primeramente se elaboró los presupuestos de producción de las cuatro variedades considerando los insumos, costos fijos y variables y la mano de obra utilizada a nivel de la zona de investigación. Con estos datos se realizó el análisis de los costos parciales siguiendo las operaciones de cálculo que consideran ajustes en el rendimiento a un 10% con el fin de reflejar las diferencias entre el rendimiento experimental y el que el productor podría obtener. Finalmente se realizó la relación beneficio costo (R B/C).

Relación beneficio costo (B/C): resulta de la división del ingreso total por los costos totales de producción.

$$\text{Beneficio} / \text{Costo} = \frac{\text{Ingreso total}}{\text{Costo total}}$$

Dónde:

B/C > 1 Aceptable

B/C = 1 Indiferente

B/C < 1 Inaceptable

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables de respuesta

4.1.1. Análisis de las variables cuantitativas agromorfológicas

Cuadro 7. Análisis de varianza de las variables cuantitativas del cultivo de zanahoria

FV	ALTURA PLANTA		LONGITUD DE RAÍZ		ANCHURA RAÍZ	
	Fc	Ft	Fc	Ft	Fc	Ft
BLOQUES	0.81	3.86 ns	0.23	3.86 ns	1.46	3.86 ns
VARIETADES	6.06	3.86 *	6.01	3.86 *	2.62	3.86 ns
C.V. (%)	20.49		10.38		8.32	

ns: No significativo

*: Significativo

El cuadro 7, presenta el análisis de varianza para las variables agromorfológicas, donde los coeficientes de variación demuestran que el trabajo de investigación es aceptable y los datos pueden ser considerados confiables.

4.1.2. Altura planta

En el análisis de varianza del cuadro 7, se encontraron diferencias significativas entre variedades y no significativas entre bloques. La Figura 6 muestra la variación en altura planta de las variedades de zanahoria.

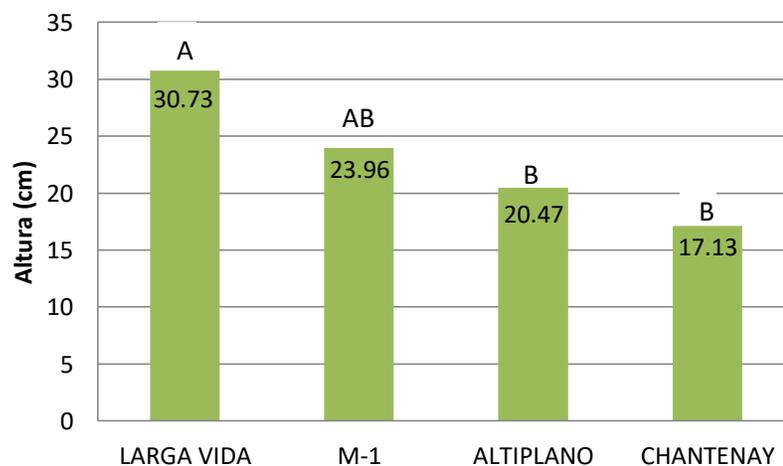


Figura 6. Comparación de medias de Duncan para altura planta de las variedades de zanahoria

En la Figura 6, se observa a los 170 días después de la siembra las variedades Larga vida y M-1 (Montenegro-1), presentaron mayores alturas de planta reportando 30,73 y 23,96 cm respectivamente; sin embargo, la variedad Altiplano con 20,47 cm, estadísticamente son diferentes con el testigo con 17,13 cm que es la variedad Chantenay.

La altura de planta obtenida en el presente estudio (30,73 cm) es mayor que la altura de planta reportada por Queso (2003), en un estudio similar con diferentes variedades de zanahoria, incluyendo la misma variedad evaluada que este estudio. Esto sugiere que las condiciones ambientales pueden influir en el desarrollo de la planta. En particular, la tendencia a presentar estrés hídrico por falta de precipitación puede hacer que la planta florezca más rápido y entalle. Además es importante destacar que la altura de planta no es necesariamente un indicador directo de la calidad de la raíz, ya que la calidad de la raíz depende de muchos otros factores además del crecimiento de la planta. Por lo tanto, se necesitan más estudios para evaluar la calidad de la raíz en las diferentes variedades de zanahoria y bajo diferentes condiciones ambientales.

El coeficiente de variación es de 20,49%, indicando que los datos estadísticos son confiables por estar dentro del rango permisibles de variabilidad, además indica un buen manejo en las unidades experimentales en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de varianza de altura de planta del cultivo de zanahoria

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	54.25	3	18.08	0.81	0.5200NS
VARIEDAD	406.01	3	135.34	6.06	0.0153*
Error	201.12	9	22.35		
Total	661.38	15			

Descripción: **Altamente significativo, *significativo, NS no significativo

Fuente: Elaboración propia

CV= 20,49%

4.1.3. Longitud de raíz

En el análisis de varianza del cuadro 7, se encontraron diferencias significativas entre variedades y no significativas entre bloques. La Figura 7 muestra la variación en longitud de raíz de las variedades de zanahoria.

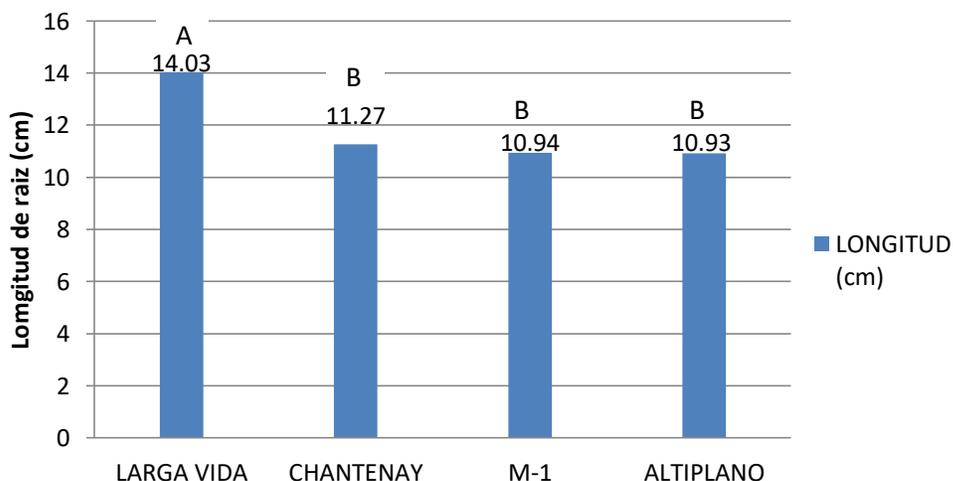


Figura 7. Comparación de medias de Duncan para la longitud de raíz de las variedades de zanahoria

La prueba de Duncan (Figura 7) muestra que, la variedad Larga vida, presento mayor longitud de raíz reportando 14.03 cm respectivamente; Sin embargo, la variedad Altiplano y M-1 (Montenegro-1), con 10.93 cm y 10.94 cm, estadísticamente son diferentes con el testigo con 11.27 cm que es la variedad Chantenay.

La mayor longitud de raíz obtenida por la variedad Larga vida se debe a la mayor actividad meristemática de la raíz en la zona de alargamiento celular; como manifestación genética de la variedad a las condiciones ambientales, suelo, fertilización. En cambio las variedades Chantenay, M-1 y Altiplano, manifestaron menor actividad meristemática a pesar de contar con las mismas condiciones.

En estudios previos sobre el cultivo de zanahoria, Queso (2003), encontró una mayor longitud de raíz para la variedad Chantenay en comparación con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Sin embargo, se observó que la variedad Larga vida presento una longitud de raíz mayor en el presente estudio en comparación con los datos reportados por Queso. Por otro lado, al comparar los datos obtenidos por López (2005), se encontraron medianas longitudes de raíz con 10.94 centímetros, mientras que en el presente estudio se obtuvo una longitud de raíz mayor, alcanzando los 11.27 centímetros. Estos hallazgos sugieren que la longitud de raíz puede variar dependiendo de la variedad de zanahoria y las condiciones específicas del estudio. Por lo tanto, es necesario realizar más investigaciones para comprender mejor los factores que influyen en la longitud de raíz de la zanahoria y su variabilidad en diferentes estudios.

El coeficiente de variación es de 10,38%, indicando que los datos estadísticos son confiables por estar dentro del rango permisibles de variabilidad, indicando un buen manejo en las unidades experimentales mostrando en el cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de varianza de longitud de raíz del cultivo de zanahoria

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	1.05	3	0.35	0.23	0.8702NS
VARIEDAD	27.01	3	9.00	6.01	0.0156*
Error	13.48	9	1.50		
Total	41.54	15			

Descripción: **Altamente significativo, *significativo, NS no significativo

Fuente: Elaboración propia

CV= 10,38%

4.1.4. Anchura raíz

En el análisis de varianza del cuadro 7, no se encontraron diferencias significativas entre variedades y no significativas entre bloques. La Figura 8 muestra la variación en anchura raíz de las variedades de zanahoria.

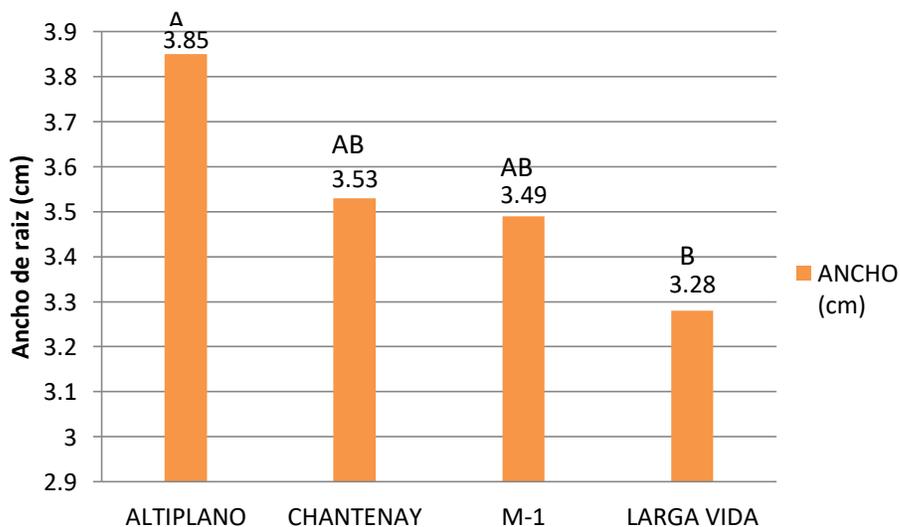


Figura 8. Comparación de medias de Duncan para la anchura raíz de las variedades de zanahoria

La prueba de Duncan (Figura 8) muestra que, la variedad Altiplano tiene mayor anchura raíz, con 3.85 cm de diámetro; sin embargo, las variedades Chantenay, M-1 (Montenegro-1) y Larga vida presentaron diámetros de 3.53, 3.49 y 3.28 cm respectivamente.

Las diferencias entre variedades se atribuyen a efectos varietales, que influyeron en el crecimiento y diferenciación celular, favoreciendo al aumento en grosor del tejido parenquimático de la raíz de las variedades Altiplano y Chantenay.

Los diámetros de raíz obtenidos en el presente trabajo son menores a los presentados por Queso (2003) para la variedad Chantenay; sin embargo, la variedad Altiplano presentó mayor diámetro en comparación con el obtenido por Queso.

El coeficiente de variación es de 8,32%, indicando que los datos estadísticos son confiables por estar dentro del rango permisibles de variabilidad, indicando un buen manejo en las unidades experimentales mostrando en el cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis de varianza de anchura raíz de planta del cultivo de zanahoria

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
BLOQUE	0.38	3	0.13	1.46	0.2887NS
VARIEDAD	0.68	3	0.23	2.62	0.1145NS
Error	0.78	9	0.09		
<u>Total</u>	<u>1.84</u>	<u>15</u>			

Descripción: **Altamente significativo, *significativo, NS no significativo

Fuente: Elaboración propia

CV= 8,32%

4.1.5. Análisis de las variables cualitativas agromorfológicas

4.1.6. Raíz forma sección longitudinal

En cuanto a la variable de la forma en sección longitudinal de la raíz de acuerdo a la prueba de Chi cuadrado (Anexo 18), el cual muestra las diferencias significativas con una probabilidad de ($p < 0.05$), en los distintas variedades.

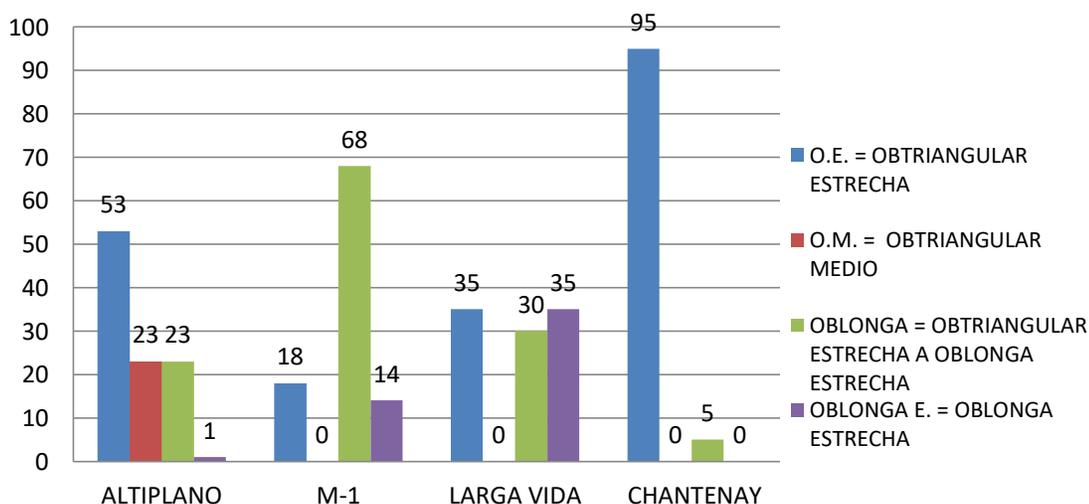


Figura 9. Porcentaje raíz forma sección longitudinal de las variedades de zanahoria

Los porcentajes obtenidos de la variable raíz forma sección longitudinal el cual se grafica en la Figura 9, basándose en los parámetro del UPOV (2007), se establecen los siguientes caracteres y se puede apreciar el potencial productivo de cada variedad en función a la variable. En cuanto el Chantenay presenta un 95% en forma obtriangular estrecha y 5% en obtriangular estrecha a oblonga estrecha y con el 0% las formas obtriangular medio y oblonga estrecha.

Para la variedad M-1 (Montenegro-1) presenta un 18% en forma obtriangular estrecha y 68% en obtriangular estrecha a oblonga estrecha y con el 0% las formas obtriangular medio y oblonga estrecha con el 14%.

En la variedad Altiplano presenta un 53% y 23% en obtriangular estrecha a oblonga estrecha, con el 23% las formas obtriangular medio y oblonga estrecha con el 1%.

Según Oliva (1997), se observa que las densidades elevadas en la siembra de zanahoria tienden a generar raíces con forma oblonga, cortas y de punta obtusa. Por otro lado, se ha encontrado que los rendimientos más altos se obtienen con densidades intermedias, lo que resulta en una forma obtriangular estrecha de las raíces.

En el estudio realizado por Jiménez (2011) sobre la variedad Altiplano, se obtuvo un resultado interesante en cuanto a la forma de las raíces. En la sección longitudinal, se encontró que el 31% de las raíces tenían una forma obtriangular estrecha, mientras que el

54% presentaba una forma obtriangular medio y obtriangular estrecha. Por último, se observó que solo el 15% de las raíces tenían una forma oblonga estrecha.

Estos hallazgos destacan la influencia de la densidad de siembra en la forma de las raíces de zanahoria y sugieren que una densidad intermedia puede favorecer la obtención de raíces con una forma deseada para fines agrícolas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos resultados pueden variar según la variedad de zanahoria y las condiciones específicas del cultivo.

4.1.7. Raíz punta (forma desarrollo)

En cuanto a la variable de la raíz punta forma desarrollo se realizó de acuerdo a la prueba de Chi cuadrado (Anexo 18), el cual muestra las diferencias significativas con una probabilidad de ($p < 0.05$), en las distintas variedades.

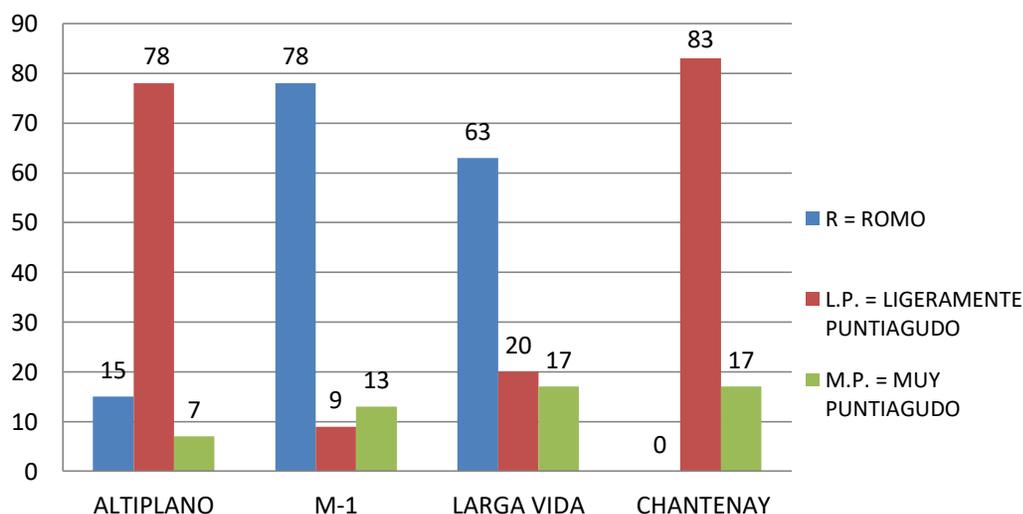


Figura 10. Porcentaje de raíz punta forma desarrollo

De acuerdo a la Figura 10, los resultados obtenidos en cuanto a la punta raíz forma desarrollo y los parámetros del UPOV (2007) se obtuvieron los siguientes caracteres, en cuanto a la variedad Chantenay más sobresaliente con 83% en punta raíz forma desarrollo ligeramente puntiagudo, en punta raíz forma desarrollo romo con 0% y en punta raíz forma desarrollo muy puntiagudo con el 17%.

Variedad Altiplano con 78% en punta raíz forma desarrollo ligeramente puntiagudo, punta raíz forma desarrollo romo con 15% y la punta raíz forma desarrollo muy puntiagudo con

el 7%. Para la variedad M-1 (Montenegro-1) con 9% en punta raíz forma desarrollo ligeramente puntiagudo, punta raíz forma desarrollo romo con 78% y la punta raíz forma desarrollo muy puntiagudo con el 13%.

En cambio para la variedad de Larga vida con 20% en punta raíz forma desarrollo ligeramente puntiagudo, punta raíz forma desarrollo romo con 63% y la punta raíz forma desarrollo muy puntiagudo con el 17%.

Oliva (1997), señala que el rango de temperatura óptimo de crecimiento se encuentra alrededor de 20 y 24 °C. Por encima de estos valores las raíces son más cortas que lo normal y por debajo más largas, presentando la punta raíz forma desarrollo romo o puntiagudas.

4.1.8. Raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro

En cuanto a la variable de raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro se realizó de acuerdo a la prueba de Chi cuadrado (Anexo 18), el cual muestra las diferencias significativas con una probabilidad de ($p < 0.05$), en las distintas variedades.

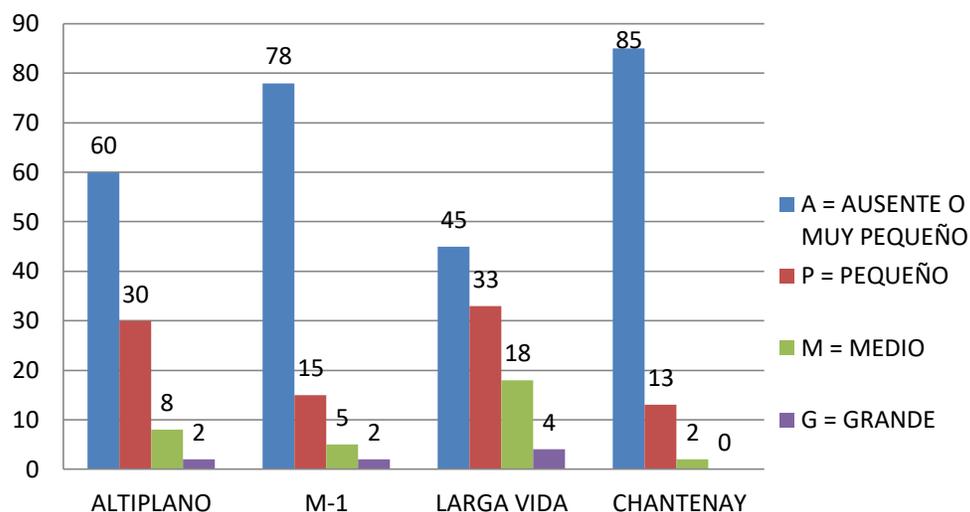


Figura 11. Porcentaje de raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro de las variedades

De acuerdo a la Figura 11, los resultados obtenidos en cuanto a la variable de raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro y los parámetros del UPOV (2007) se obtuvieron los siguientes caracteres, en cuanto a la variedad Chantenay más

sobresaliente con 85% en ausente o muy pequeño, pequeño con 13% y medio con el 2%. Mientras tanto en la variedad Altiplano la raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro ausente o muy pequeño con 60%, del pequeño con un porcentaje menor al 30%, de medio con un 8% y finalmente con un 2% en grande.

Maroto (2002), explica que la pigmentación extensión de color verde de la epidermis del hombro es un carácter hereditario el cual se transmite de generación a generación por ser genético y se encuentra en la semilla.

De acuerdo a los resultados de Rojas (2010), lo cual se asemeja con el estudio realizado, ya que en los estudios que realizo sobre la evaluación de distinción, homogeneidad y estabilidad del cultivo de zanahoria variedad Altiplano, donde obtuvo una homogeneidad de 72.1% con respecto al carácter de la raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro.

Otra comparación es de Jiménez (2011) quien indica en su trabajo de investigación, que la variedad Altiplano obtuvo un porcentaje del 92% de extensión del color verde interior ausente y el 8% de extensión del color verde interior pequeña.

4.1.9. Raíz color del corazón

Las variables de raíz color del corazón presentaron diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Chi cuadrado (Anexo 18), por tanto se llegó a elaborar la prueba de medias de Duncan como la Figura 12.

La Figura 12, señala que la variedad Altiplano presento el color del corazón naranja con 63%, amarillo del 37% y blanco o claro con el 0%. En tanto M-1 (Montenegro-1) obtuvo el 23% del color del corazón amarillo y el 68% del color naranja y con 9% de intensidad del color del corazón blanco o claro. Sin embargo la variedad Larga vida obtuvo los siguientes porcentajes en cuanto al color del corazón, naranja 70%, color amarillo con 15% cuyas intensidades fueron 15% de intensidad blanco o claro, estadísticamente son diferentes con el testigo que presento el color del corazón naranja con 73%, amarillo del 20% y blanco o claro con el 7% que es la variedad Chantenay.

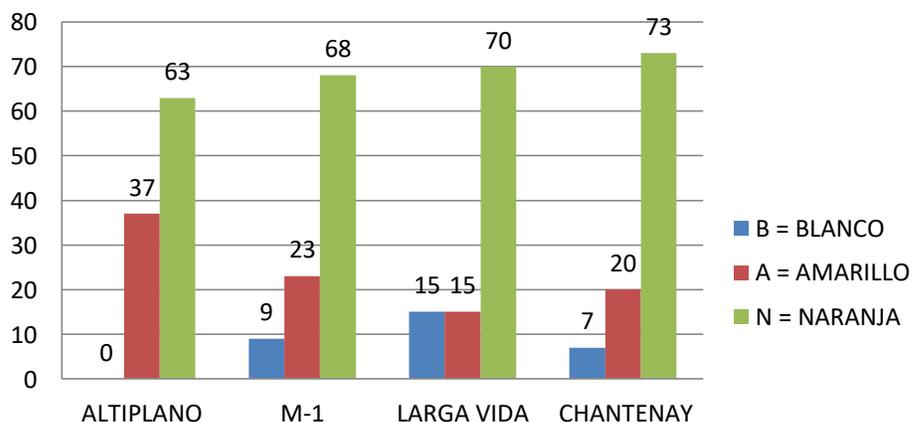


Figura 12. Porcentaje de raíz color del corazón de las variedades

Carranza (2006) señala que el contenido de humedad, luz solar y la densidad de siembra son factores muy importantes para el cultivo de zanahoria ya que cuanto más coloreadas sea el corazón de la raíz mayor tenor de presentar la materia seca, la cual se encuentra relacionado con la dureza y fibrosidad. Al respecto Rojas (2010), indica que la intensidad del color del corazón está en función al contenido de humedad durante la etapa de engrosamiento de la raíz.

4.1.10. Raíz color de la corteza

En cuanto a la variable de raíz color de la corteza de acuerdo a la prueba de Chi cuadrado (Anexo 18), el cual muestra las diferencias significativas con una probabilidad de ($p < 0.05$), en las distintas variedades.

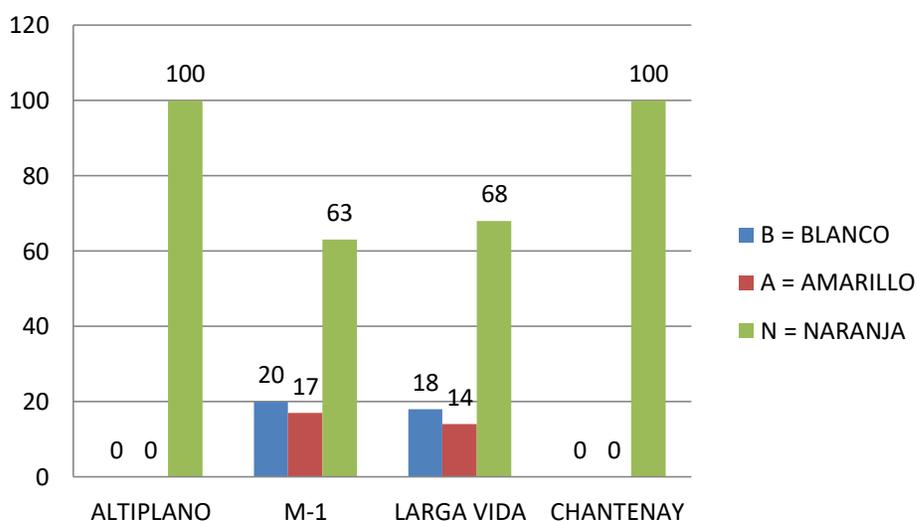


Figura 13. Porcentaje de raíz color de la corteza de las variedades

De acuerdo a la Figura 13, los resultados obtenidos en cuanto a la variable de raíz color de la corteza se obtuvieron los siguientes resultados, en cuanto a la variedad Chantenay y altiplano los más sobresaliente con 100% con el color naranja, seguidamente la variedad M-1 (Montenegro-1) con el color amarillo de 17% y la variedad Larga vida con un porcentaje menor de color amarillo del 14% y del color blanco 20% y 18% en las variedades de M-1 (Montenegro-1) y Larga vida respectivamente.

Según Rojas (2010), en los estudios de evaluación de la distinción homogeneidad y estabilidad del cultivo de zanahoria variedad Altiplano, se obtuvo una homogeneidad del 65.8% en relación al color de la corteza de la raíz. Esto coincide con lo que indica Maroto (2002), donde el color de la corteza depende de varios factores, como la cantidad de azúcares y carotenoides, la edad de la raíz, contenido de humedad, la temperatura y otros factores ambientales.

4.1.11. Raíz color del corazón en relación a la corteza

De acuerdo a la prueba de Chi cuadrado (Anexo 18), donde se encuentran los resultados obtenidos entre variedades y las diferencias significativas entre ellas en cuanto a la variable raíz color del corazón en relación al color de la corteza.

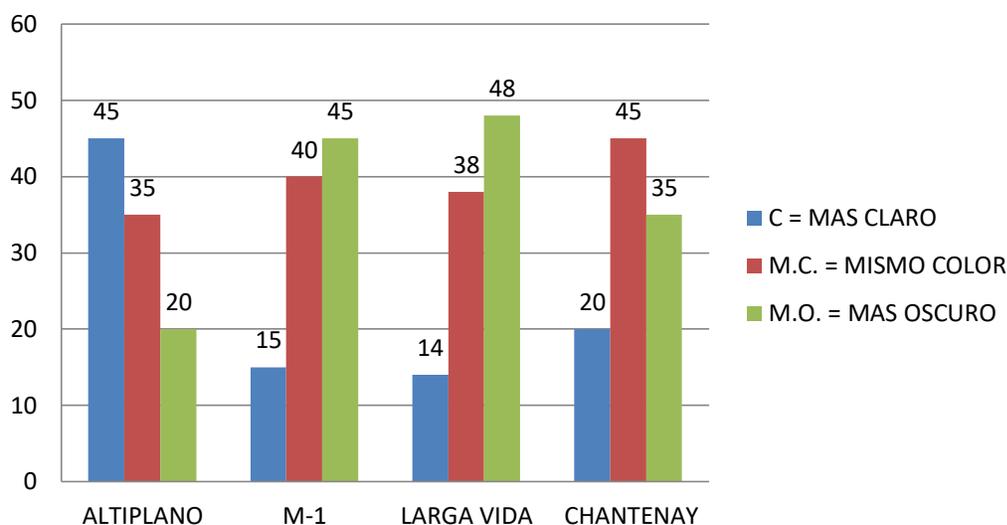


Figura 14. Porcentaje de raíz color del corazón en relación a la corteza

La Figura 14, muestra los porcentajes obtenidos en la variable raíz color del corazón en relación a la corteza, donde señala que el Altiplano obtuvo, 45% con respecto al color del corazón/corteza más claro, y color del corazón/corteza mismo color con 45% de la

variedad Chantenay más sobresaliente en esta variable. Sin embargo con respecto al color del corazón a la corteza más oscuro con un 48% el más predominante la variedad Larga vida.

Según los resultados obtenidos por Rojas (2010) en su estudio de evaluación de la distinción, homogeneidad y estabilidad del cultivo de zanahoria variedad Altiplano, se encontró una homogeneidad del 65.8% en relación al color de la corteza. Además, Jiménez (2011) encontró que la variedad Altiplano tenía un 80% de coincidencia en el color del corazón y la corteza. Estos hallazgos respaldan la idea de que tanto el color de la corteza como el del corazón están influenciados por diversos factores y pueden mostrar cierta homogeneidad en una variedad específica de zanahoria. Maroto (2002) indica que el color del corazón con relación al color de la corteza depende de la cantidad de azúcares y carotenoides, la edad de la raíz, contenido de humedad, la temperatura, y demás factores ambientales.

4.2. Rendimiento de las variedades de zanahoria

Cuadro 11. Análisis de varianza del rendimiento de las variedades del cultivo de zanahoria

RENDIMIENTO		
FV	Fc	Ft
BLOQUES	0.47	3.86 ns
VARIEDADES	24.12	3.86 *
C.V. (%)	14.46	

ns: No significativo

*: Significativo

En el ANVA para el rendimiento (Cuadro 11), no se encontró diferencia significativa entre bloques, lo que demuestra la relativa homogeneidad del suelo; sin embargo, se encontró diferencia significativa entre las medias de las variedades, diferencia que puede observarse en la Figura 15.

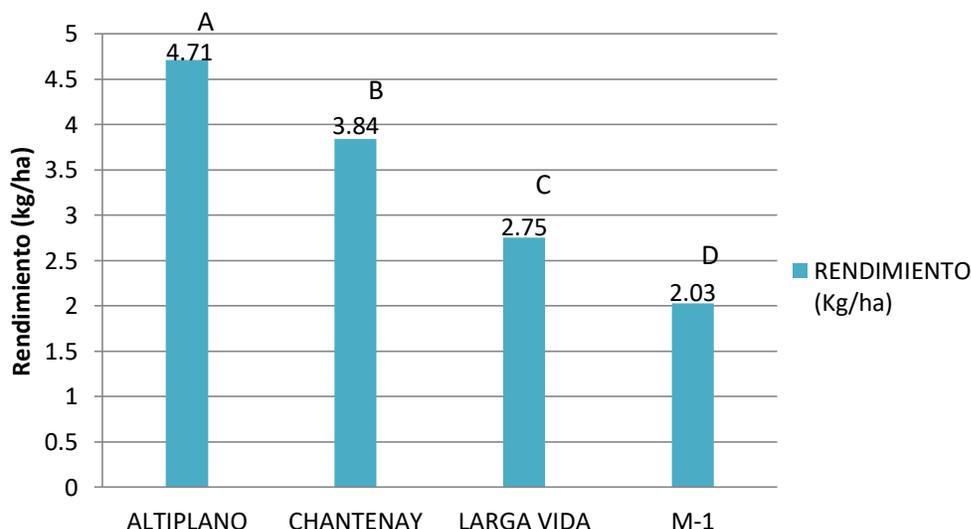


Figura 15. Comparación de medias de Duncan del rendimiento de las variedades de zanahoria

La prueba de Duncan (Figura 15) muestra que, la variedad Altiplano tiene el mayor rendimiento de 4.71 kg/ha a comparación las variedades que presentaron menor rendimiento: Chantenay con 3.84 kg/ha, Larga vida con 2.75 kg/ha y M-1 (Montenegro-1) con 2.03 kg/ha respectivamente.

Debido a los procesos fisiológicos (fotosíntesis, transpiración y respiración) de la variedad Altiplano dieron como resultado mayor síntesis de azúcares para las funciones básicas de la planta y para la elaboración de sustancias de reserva de la raíz, por tanto obtiene el mayor rendimiento en comparación con las demás variedades.

En el trabajo de investigación se obtuvieron rendimientos superiores a los encontrados por Queso (2003), probablemente por el efecto de las precipitaciones y las bajas temperaturas que se presentaron en tiempo real lo cual favoreció al desarrollo del cultivo, proporcionando condiciones adecuadas de humedad y disponibilidad de nutrientes.

Según Gaviola (2013) el cultivo de zanahoria y su rendimiento están determinados tanto por las condiciones climáticas, variedad elegida y por el manejo del cultivo. Esta interacción permite el adecuado desarrollo de la raíz y promueve la expresión del potencial genético para cada zona específica.

4.3. Relación beneficio costo

Es la relación que existe entre los beneficios brutos sobre los costos de producción que se detalla en (Anexo 19).

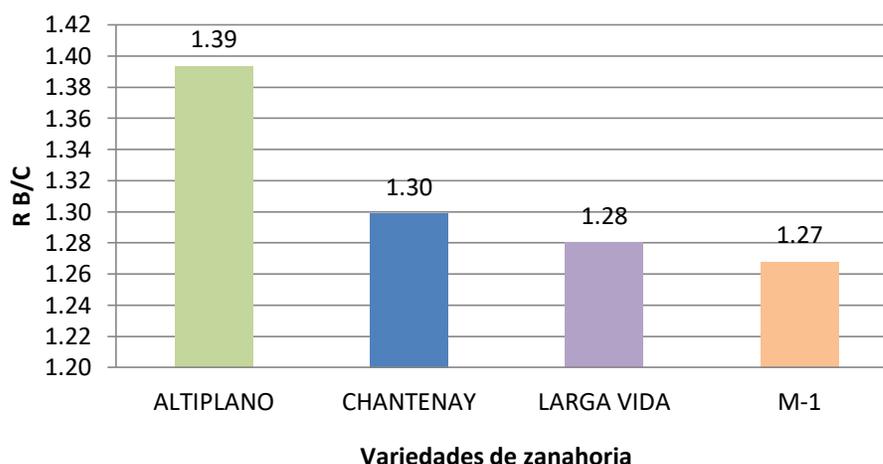


Figura 16. Relación beneficio costo de las variedades

La Figura 16, muestra que la variedad Altiplano presentó el mayor dato en cuanto a relación beneficio costo, alcanzando un 1.39, es decir, por cada boliviano invertido se recupera el 0.39 centavos bolivianos adicionales; las variedades Chantenay, Larga vida y la variedad M-1 (Montenegro-1) de 1.30, 1.28 y 1.27; presentaron el menor valor de relación beneficio costo respectivamente.

Mientras que en los tratamientos que presentaran menor a uno no generarían ningún beneficio económico y se entraría en pérdida.

Cuadro 12. Indicadores de beneficio costo

Beneficio /costo > 1	Aceptable por generar utilidades.
Beneficio /costo = 1	Indiferente por estar en de equilibrio.
Beneficio /costo < 1	Inaceptable por entrar en pérdidas.

5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

Dado los resultados obtenidos en el trabajo de investigación existe diferencias significativas en las variables agromorfológicas del potencial productivo de cuatro cultivares de zanahoria (*Daucus carota* L.) en el Centro Experimental de Kallutaca por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.

Se estableció parámetros cuantitativos y cualitativos de las siguientes variables:

- Altura planta: las variedades Larga vida y M-1 (Montenegro-1) presentaron mayor altura de planta, con 30.73 y 23.96 cm respectivamente; sin embargo, las variedades Altiplano y Chantenay presentaron alturas de 20.47 y 17.13 cm.
- Longitud raíz: La mayor longitud raíz obtenida por la variedad Larga vida se debe a la mayor actividad meristemática de la raíz en la zona de alargamiento celular; como manifestación genética de la variedad a las condiciones ambientales, suelo, fertilización. En cambio las variedades Chantenay, M-1 (Montenegro-1) y Altiplano, manifestaron menor actividad meristemática a pesar de contar con las mismas condiciones.
- Anchura raíz: la variedad Altiplano tuvo mayor anchura raíz con 3.85 cm de diámetro; sin embargo, las variedades Chantenay, M-1 (Montenegro-1) y Larga vida presentaron diámetros 3.53, 3.49 y 3.28 cm respectivamente.
- Raíz forma sección longitudinal: se puede apreciar el potencial productivo de cada variedad en función a la variable. En cuanto el Chantenay presenta un 95% en forma obtriangular estrecha y 5% en obtriangular estrecha a oblonga estrecha y con el 0% las formas obtriangular medio y oblonga estrecha.

Para la variedad M-1 (Montenegro-1) presenta un 18% en forma obtriangular estrecha y 68% en obtriangular estrecha a oblonga estrecha y con el 0% las formas obtriangular medio y oblonga estrecha con el 14%.

En la variedad Altiplano presenta un 53% en forma obtriangular estrecha y 23% en obtriangular estrecha a oblonga estrecha y con el 0% las formas obtriangular medio del 23% y oblonga estrecha con el 1%.

- Raíz punta: en cuanto a la variedad Chantenay más sobresaliente con 83% en punta raíz forma desarrollo ligeramente puntiagudo, punta raíz forma desarrollo romo con 0% y la punta raíz forma desarrollo muy puntiagudo con el 17%.

Variedad Altiplano con 78% en punta raíz forma desarrollo ligeramente puntiagudo, punta raíz forma desarrollo romo con 15% y la punta raíz forma desarrollo muy puntiagudo con el 7%. Para la variedad M-1 (Montenegro-1) con 9% en punta raíz forma desarrollo ligeramente puntiagudo, punta raíz forma desarrollo romo con 78% y la punta raíz forma desarrollo muy puntiagudo con el 13%.

En cambio para la variedad de Larga vida con 20% en punta raíz forma desarrollo ligeramente puntiagudo, punta raíz forma desarrollo romo con 63% y la punta raíz forma desarrollo muy puntiagudo con el 17%.

- Raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro: se obtuvieron los siguientes caracteres, en cuanto a la variedad Chantenay más sobresaliente con 85% en ausente o muy pequeño, pequeño con 13% y medio con el 17%. Mientras tanto en la variedad Altiplano presento de raíz extensión del color verde de la epidermis del hombro ausente o muy pequeño con 60%, del pequeño con un porcentaje menor al 30%, de medio con un 8% y finalmente con un 2% en grande.
- Raíz color de la corteza: en cuanto a la variedad Chantenay y Altiplano los más sobresaliente con 100% con el color naranja, seguidamente la variedad M-1 (Montenegro-1) con el color amarillo de 17% y la variedad Larga vida con un porcentaje menor de color amarillo del 14% y del color blanco 20% y 18% en las variedades de M-1 (Montenegro-1) y Larga vida respectivamente.
- Raíz color del corazón en relación a la corteza: los porcentajes obtenidos en la variable color del corazón en relación a la corteza, donde señala que el Altiplano obtuvo, 45% con respecto al color del corazón/corteza más claro, y color del corazón/corteza mismo color del 45% de la variedad Chantenay más sobresaliente en

esta variable. Sin embargo con respecto al color del corazón a la corteza más oscuro con un 48% el más predominante la variedad Larga vida.

- Rendimiento: la variedad Altiplano tiene el mayor rendimiento de 4.71 kg/ha a comparación las variedades que presentaron menor rendimiento: Chantenay con 3.84 kg/ha, Larga vida con 2.75 kg/ha y M-1(Montenegro-1) con 2.03 kg/ha respectivamente.
- Relación beneficio costo: la variedad Altiplano presentó el mayor dato en cuanto a relación beneficio costo, alcanzando un 1.39, es decir, por cada boliviano invertido se recupera el 0.39 centavos bolivianos adicionales; las variedades Chantenay, Larga vida y la variedad M-1 (Montenegro-1) de 1.30, 1.28 y 1.27; presentaron el menor valor de relación beneficio costo respectivamente.

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Se sugiere continuar con el trabajo de investigación aplicada a la variedad Altiplano que tuvo el mejor comportamiento en anchura de raíz obteniendo un diámetro de 3.85 cm y la mayor longitud de raíz presentó la variedad Larga vida con 14.03 cm , para corroborar los resultados obtenidos en el presente trabajo se debe realizar en diferentes zonas productoras de zanahoria.
- Se recomienda hacer más estudios en el Altiplano Boliviano sobre los comportamientos agromorfológicos de las variedades con distintos pisos ecológicos para ayudar a las comunidades con la implementación de la mejor variedad para un mayor rendimiento.
- Dado la importancia del cultivo de zanahoria a nivel regional y nacional, se recomienda repetir el experimento con la variedad Altiplano que tiene el mayor rendimiento de 4.71 kg/ha, todo esto para conseguir valores de alto rendimiento con la variedad mejor adaptable que se convierte en una opción viable para hacer frente a las necesidades cada vez más grandes de productos agrícolas, tanto para la alimentación de la población, como factores deseables para la producción comercial en el Altiplano norte.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, E. P. 2015. Manual de zanahoria (en línea). Bogotá, Colombia. 49 p. Consultado el 18 de feb. 2024. Disponible en <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14309/Zanahoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Bolaños, A. 2001. Introducción a la olericultura. 1ª ed. Ed. Floraisse S.A. España. 143 p.
- Carranza, C. 2006. Reacción Fenológica y Agronómica de los Cultivares de Zanahoria (*Daucus carota* L.) a la Inoculación de Cepas de Micorriza en campo. Sangolqui, Ecuador: Escuela Politécnica del ejército.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México DF.
- CNPSH (Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas). 2001. Cultivo de Zanahoria Cochabamba Bolivia.
- CNPSH (Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas). 2017. Catálogo de semillas. Valle de oro. Folleto Informativo. Cochabamba Bolivia.
- Compendio de Agronomía Tropical. 1999. Editado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y el Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. San José de Costa Rica. 1999. pp 238 a 240.
- Enriquez, G. 1966. Selección y estudio de los caracteres de la flor, la hoja y la raíz. Útiles para la identificación y descripción de cultivares de hortalizas. IICA. (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas CR.). OEA. Centro de Enseñanza a Investigación. Turrialba, CR. 64.71p.
- Escobar, H. 2003. Análisis de costos para hortalizas ecológicas: primera edición ultra color LTDA. 8,9, p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1994. Código Internacional de Conducta para la Recolección y Transferencia De Germoplasma Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.

- García, M. 2002. El cultivo de la Zanahoria. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República.
- García, M. 2009, Departamento De Producción Vegetal Centro Regional Sur.
- Gavila, Manual de hortalizas, la zanahoria. Editorial Yokendo Tokio 80 p.
- Gaviola, JC. 2013. Manual de Producción de Zanahoria. 1a ed. Buenos Aires, Argentina, INTA. 207 p. Consultado el 25 de feb. 2024. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/manual-de-produccion-de-zanahoria>.
- Gaviola, J. C. 2017. Manual de Producción de Zanahoria. Mendoza, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA.
- Gisbert, V. 1997. Evaluación comparativa de tres variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.), bajo dos sistemas de siembra en la provincia Omasuyos. Tesis de grado para obtener el título de Licenciatura. Facultad Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 145 p.
- Google Earth, 2023. Coordenadas geográficas de Estación Experimental de Kallutaca. Consulta: 12 agosto 2023, <http://earth.google.com.bo>.
- Hernández, J. Trujillo, R. Arévalo, E. 1988. Sistema de producción de achiote en la amazonia peruana. Tingo María - Perú, 83p.
- Hidalgo, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. In análisis estadísticos de datos de caracterización morfológica de recursos filogenéticos. P.2-26.
- Huerres, C.; Caraballo, N. 1991. Horticultura. Primera Reimpresión. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p. 95-105.
- INAT (Instituto Nacional de Adecuación de Tierras) 2000. Manejo de cultivo bajo riego de distritos de pequeña scala. Manual de asistencia técnica N°5 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Colombia. p 77- 79.
- INE (Instituto Nacional Estadístico). Bolivia BO. Consultado el 23 de marzo del 2010. Disponible en <http://www.ine.org.bo>. 12-36 pp.

- IPGRI, 2004. Descriptores de la zanahoria silvestre y cultivada. 65p. Roma, Italia.
<https://www.biodiversityinternational.org/elibrary/publications/detail/descriptores-de-la-zanahoria-silvestre-y-cultivada-daucus-carota-l>.
- Jiménez, M. C. 2011. Manual de manejo cosecha y poscosecha de la zanahoria de árbol. Bogotá: Corporación. Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.
- Ligarreto, G. 2003. Caracterización de germoplasma. Análisis estadístico de Caracterización morfológica de recursos filogenéticos. Franco T.L. Hidalgo, R. (eds.) Boletín técnico N° 8. IPGRI (Instituto internacional de recursos filogenéticos), Cali CO. Consultado 11 de dic. 2023. Disponible en <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/894.pdf>.
- López, E. 2005. Adaptabilidad de 10 cultivares de zanahoria en el valle de Cochabamba. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba, Bolivia.
- Krüger, H. R.1992. Manejo de suelos que sufrieron inundación temporaria. EEA Bordenave.
- Maroto, J. 1995. Horticultura Herbácea Especial 4ta Edición. Ediciones Mundi Prensa. Impreso por Grafo, S.A. Bilbao Madrid, España p 45-54.
- Maroto, J. 2002. Horticultura Herbácea Especial. 5 ed. Madrid, España, Mundi – Prensa. p. 47 – 56.
- Miralles, D. J. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Hortalizas. Mar del Plata: INTA Rafaela.
- Oliva, R. N. 1997. Manual de producción de semillas Hortícolas Zanahoria. Mendoza, Argentina: INTA. 76 p.
- Pardo, A. 2013. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. pp. 156-170.
- Paye, R. 2006. Efecto de abonos orgánicos líquidos en el rendimiento de variedades de zanahoria (*Daucus carota*) en época invernal bajo ambiente protegido.

- Queso, B. 2003. Respuesta de dos Variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) a cuatro dosis de estiércol de ovino, el Malla. Provincia Loayza. La Paz, Bolivia.
- Quiroz, F. 2002. Invernaderos y ambientes atemperados. FADES primera edición. La Paz – Bolivia. 29-93 p.
- Rodríguez, J. 2007. Métodos de investigación pecuaria. Ed. Trillas S.A. México. p. 82-83.
- Rojas, P. 2003. "Catálogo de Plantas". Publicaciones de la facultad de Agronomía UMSA. La Paz – Bolivia. p. 22-25
- Rojas, M. 2010. Manual de investigación y redacción científica. Edit. Book x press. Perú.
- Rubatzky, V.E.; Quros C.F. and Simon, P.W. 1999. Carrots and related vegetable Umbeliferae. Crop production science in horticulture series, n° 10. CABI Publishing, UK. 294 p.
- SENAMHI, 2019. SISMET Base de datos: Datos Mensuales (En línea). Consulta: 20 agosto 2019. <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php>
- Tacachira, V. 1998. Efecto del color del acolchado plástico en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) y cebolla (*Allium cepa*) en el Altiplano central. Tesis de grado para obtener el título de Licenciatura. Facultad Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 152 p
- UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales) 2007. Ginebra, Código UPOV: DAUCU_CAR. Directrices para la Ejecución del Examen de la Distinción, la Homogeneidad y la Estabilidad.
- Valadez, A. 1993. Producción de hortalizas. Noriega Editores. 3ra reimpresión. Limusa S.A. de C.V. México. p. 109-116.
- Van H. J.; Berlijn J. 1997. Horticultura. Manuales para Educación Agropecuaria. Sexta Reimpresión. Ed. Trillas S.A. de C.V. Impreso en México.
- Vigliola, M *et al.* 1992. manual de horticultura Primera Reimpresión de la Segunda Edición. Impresión en Argentina. Buenos Aires, Argentina.

8. ANEXOS



Anexo 1. Preparación del terreno



Anexo 2. Protección con paja para la germinación del cultivo



Anexo 3. Raleado del cultivo de zanahoria



Anexo 4. Medición de las variables del cultivo



Anexo 5. Identificación de los bloques de investigación



Anexo 6. Colocado de letreros e identificación de las variedades



Anexo 7. Medición de las diferentes variables de investigación



Anexo 8. Cosecha del cultivo de zanahoria



Anexo 9. Pesaje de la zanahoria con balanza digital



Anexo 10. Características de la zanahoria



Anexo 11. Corte longitudinal de la zanahoria



Anexo 12. Medición de altura de la zanahoria

Anexo 13. Análisis de varianza de Altura planta

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA	16	0.70	0.49	20.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	54.25	3	18.08	0.81	0.5200
VARIEDAD	406.01	3	135.34	6.06	0.0153
Error	201.12	9	22.35		
Total	661.38	15			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 22.3469 gl: 9

VARIEDAD	Medias	n	E.E.	
LARGAVIDA	30.73	4	2.36	A
M1	23.96	4	2.36	A B
ALTIPLANO	20.47	4	2.36	B
CHANTENAY	17.13	4	2.36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 14. Análisis de varianza de longitud de raíz

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LONGITUD RAIZ	16	0.68	0.46	10.38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	1.05	3	0.35	0.23	0.8702
VARIEDAD	27.01	3	9.00	6.01	0.0156
Error	13.48	9	1.50		
Total	41.54	15			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 1.4976 gl: 9

VARIEDAD	Medias	n	E.E.	
LARGAVIDA	14.03	4	0.61	A
CHANTENAY	11.27	4	0.61	B
M-1	10.94	4	0.61	B
ALTIPLANO	10.93	4	0.61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 15. Análisis de varianza de anchura raíz

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ANCHURA RAIZ	16	0.58	0.29	8.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	0.38	3	0.13	1.46	0.2887
VARIEDAD	0.68	3	0.23	2.62	0.1145
Error	0.78	9	0.09		
Total	1.84	15			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0866 gl: 9

VARIEDAD	Medias	n	E.E.
ALTIPLANO	3.85	4	0.15 A
CHANTENAY	3.53	4	0.15 A B
M-1	3.49	4	0.15 A B
LARGAVIDA	3.28	4	0.15 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Anexo 16. Análisis de varianza del rendimiento de las variedades del cultivo de zanahoria****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO kg/ha	16	0.89	0.82	14.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	0.32	3	0.11	0.46	0.7159
VARIEDADES	16.79	3	5.60	24.12	0.0001
Error	2.09	9	0.23		
Total	19.20	15			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.2321 gl: 9

VARIEDADES	Medias	n	E.E.
ALTIPLANO	4.71	4	0.24 A
CHANTENAY	3.84	4	0.24 B
LARGAVIDA	2.75	4	0.24 C
M1	2.03	4	0.24 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Anexo 17. Tablas de frecuencia de las variables cualitativas****Tablas de frecuencias variedad ALTIPLANO**

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.F.S.L.	1	O.E	21	0.53	21	0.53
R.F.S.L.	2	O.M.	9	0.23	39	0.98
R.F.S.L.	3	OBLONGA	9	0.23	30	0.75
R.F.S.L.	4	OBLONGA E.	1	0.03	40	1.00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.P.	1	L.P.	31	0.78	31	0.78
R.P.	2	M.P.	3	0.07	40	1.00
R.P.	3	R	6	0.15	37	0.93

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R. E.C.V.E.H.	1	A	24	0.60	36	0.90
R. E.C.V.E.H.	2	G	1	0.02	37	0.93
R. E.C.V.E.H.	3	M	3	0.08	40	1.00
R. E.C.V.E.H.	4	P	12	0.30	12	0.30

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.C.C.	1	A	15	0.37	15	0.38
R.C.C.	2	N	25	0.63	40	1.00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.C.D.C.	1	N	40	1.00	40	1.00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.P.F.S.	1	A	25	0.63	36	0.90
R.P.F.S.	2	M	4	0.09	40	1.00
R.P.F.S.	3	P	11	0.28	11	0.28

Tablas de frecuencias variedad CHANTENAY

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
FORMA SECCION LONG.	1	O.E.	38	0.95	38	0.95
FORMA SECCION LONG.	2	OBLONGA	2	0.05	40	1.00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
PUNTA PLENO DESAR.	1	L.P.	33	0.83	33	0.83
PUNTA PLENO DESAR.	2	M.P.	7	0.17	40	1.00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
EXTE. COLOR VERDE HOMBRO	1	A	34	0.85	34	0.85
EXTE. COLOR VERDE HOMBRO	2	M	1	0.02	40	1.00
EXTE. COLOR VERDE HOMBRO	3	P	5	0.13	39	0.98

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
COLOR CORAZON	1	A	8	0.20	37	0.93
COLOR CORAZON	2	B	3	0.07	40	1.00
COLOR CORAZON	3	N	29	0.73	29	0.73

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
COLOR DE LA CORTEZA	1	N	40	1.00	40	1.00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
PARTE FUERA DEL SUELO	1	A	34	0.85	34	0.85
PARTE FUERA DEL SUELO	2	M	1	0.02	40	1.00
PARTE FUERA DEL SUELO	3	P	5	0.13	39	0.98

Tablas de frecuencias variedad LARGA VIDA

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.F.S.L.	1	O.E.	14	0.35	26	0.65
R.F.S.L.	2	OBLONGA	12	0.30	12	0.30
R.F.S.L.	3	OBLONGA E.	14	0.35	40	1.00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.P. (E.P.D.)	1	L.P.	8	0.20	33	0.83
R.P. (E.P.D.)	2	M.P.	7	0.17	40	1.00
R.P. (E.P.D.)	3	R	25	0.63	25	0.63

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R. E.C.V.E.H.	1	A	18	0.45	31	0.78
R. E.C.V.E.H.	2	G	2	0.05	40	1.00
R. E.C.V.E.H.	3	M	7	0.18	38	0.95
R. E.C.V.E.H.	4	P	13	0.33	13	0.33

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.C.C.	1	A	6	0.15	6	0.15
R.C.C.	2	B	6	0.15	40	1.00
R.C.C.	3	N	28	0.70	34	0.85

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.C.D.C.	1	A	6	0.14	40	1.00
R.C.D.C.	2	B	7	0.18	34	0.85
R.C.D.C.	3	N	27	0.68	27	0.68

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.P.F.S.	1	A	18	0.45	31	0.78
R.P.F.S.	2	G	2	0.04	40	1.00
R.P.F.S.	3	M	7	0.18	38	0.95
R.P.F.S.	4	P	13	0.33	13	0.33

Tablas de frecuencias variedad M-1 (Montenegro-1)

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.F.S.L.	1	O.E.	7	0.18	40	1.00
R.F.S.L.	2	OBLONGA	27	0.68	33	0.83
R.F.S.L.	3	OBLONGA E.	6	0.15	6	0.15

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.P. (E.P.D.)	1	L.P.	4	0.09	40	1.00
R.P. (E.P.D.)	2	M.P.	5	0.13	36	0.90
R.P. (E.P.D.)	3	R	31	0.78	31	0.78

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R. E.C.V.E.H.	1	A	31	0.78	31	0.78
R. E.C.V.E.H.	2	G	1	0.03	40	1.00
R. E.C.V.E.H.	3	M	2	0.05	33	0.83
R. E.C.V.E.H.	4	P	6	0.15	39	0.98

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.C.C.	1	A	9	0.23	36	0.90
R.C.C.	2	B	4	0.09	40	1.00
R.C.C.	3	N	27	0.68	27	0.68

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.C.D.C.	1	A	7	0.17	32	0.80
R.C.D.C.	2	B	8	0.20	40	1.00
R.C.D.C.	3	N	25	0.63	25	0.63

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
R.P.F.S.	1	A	31	0.78	31	0.78
R.P.F.S.	2	G	1	0.02	40	1.00
R.P.F.S.	3	M	2	0.05	33	0.83
R.P.F.S.	4	P	6	0.15	39	0.98

Anexo 18. Prueba de Chi cuadrado para las variables cualitativas

Si $P > 0.05$ el resultado es NS (se acepta H_0)

Si $P < 0.05$ el resultado es * (No se acepta H_0)

Si $P < 0.01$ el resultado es altamente significativo (No se acepta H_0)

Chi-Square Test: RAIZ FORMA SECCION LONGITUDINAL

Frecuencias: CANTIDAD

Frecuencias absolutas

En columnas: VARIEDADES

R.F.S.L. = RAIZ FORMA SECC..	ALTIPLANO	CHANTENAY	LARGA VIDA	M-1	Total
O.E. = OBTRIANGULAR ESTREC..	53	95	35	18	201
O.M. = OBTRIANGULAR MEDIO..	23	0	0	0	23
OBLONGA = OBTRIANGULAR EST..	23	5	30	68	126
OBLONGA E. = OBLONGA ESTRE..	1	0	35	14	50
Total	100	100	100	100	400

Frecuencias esperadas bajo independencia

En columnas: VARIEDADES

R.F.S.L. = RAIZ FORMA SECC..	ALTIPLANO	CHANTENAY	LARGA VIDA	M-1	Total
O.E. = OBTRIANGULAR ESTREC..	50.25	50.25	50.25	50.25	201.00
O.M. = OBTRIANGULAR MEDIO..	5.75	5.75	5.75	5.75	23.00
OBLONGA = OBTRIANGULAR EST..	31.50	31.50	31.50	31.50	126.00
OBLONGA E. = OBLONGA ESTRE..	12.50	12.50	12.50	12.50	50.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	400.00

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	265.04	9	<0.0001
Chi Cuadrado MV-G2	267.20	9	<0.0001
Coef.Conting.Cramer	0.41		
Kappa (Cohen)	-0.01		
Coef.Conting.Pearson	0.63		

Chi-Square Test: RAIZ PUNTA (EN PLENO DESARROLLO)

Frecuencias: CANTIDAD

Frecuencias absolutas

En columnas: VARIEDADES

R.P. (E.P.D.) =RAIZ PUNTA . ALTIPLANO CHANTENAY LARGA VIDA M-1 Total					
L.P. = LIGERAMENTE PUNTIAG.	78	83	20	9	190
M.P. = MUY PUNTIAGUDO	7	17	17	13	54
R = ROMO	15	0	63	78	156
Total	100	100	100	100	400

Frecuencias esperadas bajo independencia

En columnas:VARIEDADES

R.P. (E.P.D.) =RAIZ PUNTA .. ALTIPLANO CHANTENAY LARGA VIDA M-1 Total					
L.P. = LIGERAMENTE PUNTIAG..	47.50	47.50	47.50	47.50	190.00
M.P. = MUY PUNTIAGUDO	13.50	13.50	13.50	13.50	54.00
R = ROMO	39.00	39.00	39.00	39.00	156.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	400.00

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	205.74	6	<0.0001
Chi Cuadrado MV-G2	250.87	6	<0.0001
Coef.Conting.Cramer	0.41		
Coef.Conting.Pearson	0.58		

Chi-Square Test: RAIZ EXTENSION DEL COLOR VERDE DE LA EPIDERMIS DEL HOMBRO

Frecuencias: CANTIDAD

Frecuencias absolutas

En columnas:VARIEDAD

R. E.C.V.E.H. = RAIZ EXTEN.. ALTIPLANO CHANTENAY LARGA VIDA M-1 Total					
A = AUSENTE O MUY PEQUEÑO	60	85	45	78	268
G = GRANDE	2	0	4	2	8
M = MEDIO	8	2	18	5	33
P = PEQUEÑO	30	13	33	15	91
Total	100	100	100	100	400

Frecuencias esperadas bajo independencia

En columnas:VARIEDAD

R. E.C.V.E.H. = RAIZ EXTEN.. ALTIPLANO CHANTENAY LARGA VIDA M-1 Total					
A = AUSENTE O MUY PEQUEÑO	67.00	67.00	67.00	67.00	268.00
G = GRANDE	2.00	2.00	2.00	2.00	8.00
M = MEDIO	8.25	8.25	8.25	8.25	33.00
P = PEQUEÑO	22.75	22.75	22.75	22.75	91.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	400.00

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	49.89	9	<0.0001
Chi Cuadrado MV-G2	51.67	9	<0.0001
Coef.Conting.Cramer	0.18		
Kappa (Cohen)	-0.02		
Coef.Conting.Pearson	0.33		

Chi-Square Test: RAIZ COLOR DEL CORAZON

Frecuencias: CANTIDAD

Frecuencias absolutas

En columnas:VARIEDADES

R.C.C.= RAIZ COLOR DEL COR.. ALTIPLANO CHANTENAY LARGA VIDA M-1 Total					
A = AMARILLO	37	20	15	23	95
B = BLANCO	0	7	15	9	31
N = NARANJA	63	73	70	68	274
Total	100	100	100	100	400

Frecuencias esperadas bajo independencia

En columnas:VARIEDADES

R.C.C.= RAIZ COLOR DEL COR.. ALTIPLANO CHANTENAY LARGA VIDA M-1 Total					
A = AMARILLO	23.75	23.75	23.75	23.75	95.00
B = BLANCO	7.75	7.75	7.75	7.75	31.00

N = NARANJA	68.50	68.50	68.50	68.50	274.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	400.00

	Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	26.81	6	0.0002	
Chi Cuadrado MV-G2	32.53	6	<0.0001	
Coef.Conting.Cramer	0.15			
Coef.Conting.Pearson	0.25			

Chi-Square Test: RAIZ COLOR DE LA CORTEZA

Frecuencias: CANTIDAD

Frecuencias absolutas

En columnas:VARIEDADES

R.C.D.C. = RAIZ COLOR DE ..	ALTIPLANO	CHANTENAY	LARGA VIDA	M-1	Total
A = AMARILLO	0	0	14	17	31
B = BLANCO	0	0	18	20	38
N = NARANJA	100	100	68	63	331
Total	100	100	100	100	400

Frecuencias esperadas bajo independencia

En columnas:VARIEDADES

R.C.D.C. = RAIZ COLOR DE ..	ALTIPLANO	CHANTENAY	LARGA VIDA	M-1	Total
A = AMARILLO	7.75	7.75	7.75	7.75	31.00
B = BLANCO	9.50	9.50	9.50	9.50	38.00
N = NARANJA	82.75	82.75	82.75	82.75	331.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	400.00

	Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	84.33	6	<0.0001	
Chi Cuadrado MV-G2	110.73	6	<0.0001	
Coef.Conting.Cramer	0.27			
Coef.Conting.Pearson	0.42			

Chi-Square Test: RAIZ PARTE FUERA DEL SUELO

Frecuencias: CANTIDAD

Frecuencias absolutas

En columnas:VARIEDAD

R.P.F.S. = RAIZ PARTE FUER.	ALTIPLANO	CHANTENAY	LARGA VIDA	M-1	Total
A = AUSENTE O MUY PEQUEÑO	63	85	45	78	271
G = GRANDE	0	0	4	2	6
M = MEDIO	9	2	18	5	34
P = PEQUEÑO	28	13	33	15	89
Total	100	100	100	100	400

Frecuencias esperadas bajo independencia

En columnas:VARIEDAD

R.P.F.S. = RAIZ PARTE FUER.	ALTIPLANO	CHANTENAY	LARGA VIDA	M-1	Total
A = AUSENTE O MUY PEQUEÑO	67.75	67.75	67.75	67.75	271.00
G = GRANDE	1.50	1.50	1.50	1.50	6.00
M = MEDIO	8.50	8.50	8.50	8.50	34.00
P = PEQUEÑO	22.25	22.25	22.25	22.25	89.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	400.00

	Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	51.19	9	<0.0001	
Chi Cuadrado MV-G2	53.58	9	<0.0001	
Coef.Conting.Cramer	0.18			
Kappa (Cohen)	-0.01			
Coef.Conting.Pearson	0.34			

Anexo 19. Costos de producción del cultivo de zanahoria

COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LA ZANAHORIA

(Expresado en Bs/ha)

VARIETADES	ALTIPLANO	CHANTENAY	LARGA VIDA	M-1
Rendimiento (t/ha)	4.71	3.84	2.75	2.03
Rendimiento no comercial (t/ha)	0.471	0.384	0.275	0.203
Rendimiento neto (t/ha)	4.239	3.456	2.475	1.827
Precio 1kg/Bs.	0.71	0.71	0.71	0.71
Beneficio Bruto (Bs/ha)	3009.69	2453.76	1757.25	1297.17
COSTOS MONETARIOS				
Preparación del terreno (Bs/ha)	600	600	600	600
Semilla (Bs/ ha)	80	80	80	80
Paja (Bs/ha)	5000	5000	5000	5000
Fertilizantes (Bs/ha)	100	100	100	100
Material de riego (Bs/ha)	2000	2000	2000	2000
Gasolina (Bs/ha)	200	200	200	200
Transporte (Bs/ha)	200	150	150	150
Total de costos monetarios(Bs/ha)	8180	8130	8130	8130
COSTOS VARIABLES DE OPORTUNIDAD				
Nivelado (Bs/ha)	10	10	10	10
Fertilizado (Bs/ha)	19.94	19.94	19.94	19.94
Siembra (Bs/ha)	150	150	150	150
Aplicación de herbicida (Bs/ha)	150	150	150	150
Riego del cultivo (Bs/ ha)	300	300	300	300
Cosecha (Bs/ha)	400	400	400	400
Selección (Bs/ha)	350	350	350	350
Lavado (Bs/ha)	500	500	500	500
Embolsado (Bs/ha)	200	200	200	200
Transporte (Bs/ha)	400	350	200	100
Total de costos variables de oportunidad (Bs/ha)	2479.94	2429.94	2279.94	2179.94
Total de costos variables (Bs/ha)	10659.94	10559.94	10409.94	10309.94
Beneficio Neto (Bs/ha)	7650.25	8130	8130	8130
RB/C%	139%	130%	128%	127%
RB/C	1.39	1.30	1.28	1.27