

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES PARA  
EL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ZANAHORIA  
(*Daucus carota* L.) EN EL MUNICIPIO DE PATACAMAYA**

**Por:**

**Pricila Quispe Flores**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Junio, 2025**

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

**EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES PARA EL CONTROL DE  
MALEZAS EN EL CULTIVO DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) EN EL MUNICIPIO DE  
PATACAMAYA**

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

**Pricila Quispe Flores**

**Asesores:**

Ing. Miguel Angel Barrantes Costas .....

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez .....

**Tribunal Revisor:**

Lic. Carla Patricia Ibáñez Luna .....

Lic. Ing. Simon Cocarico Yana .....

Lic. Ing. Miguel Angel Gonzales Aldana .....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador .....



**DEDICATORIA:**

*Dedico con mucho cariño este logro a mi hermano Juan Gabriel por su apoyo incondicional desde los inicios de mi carrera hasta la culminación de este trabajo de investigación.*

*También agradezco a mi padre Juanito por el apoyo que me brindo en toda la carrera.*

*Y a Jehová Dios sobre todas las cosas.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mis más sinceros agradecimientos a esta casa de estudios la UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO principalmente a la carrera de INGENIERIA AGRONOMICA por permitirme estudiar en sus instalaciones los 5 años de carrera.

Agradecimiento a Fundación PROINPA - Mercados Inclusivos, por su apoyo y colaboración en este trabajo.

A mis asesores Ing. Miguel Angel Barrantes Costas y al M.Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez por su apoyo y guía en el transcurso de la investigación hasta su redacción.

Un agradecimiento también a mis tribunales revisores Lic. Carla Patricia Ibáñez Luna, Lic. Ing. Simon Cocarico Yana y Lic. Ing. Miguel Angel Gonzales Aldana por la guía y sus correcciones para mejorar el presente trabajo.

Agradecer a mis docentes que me instruyeron a lo largo de la carrera con conocimiento que me permitirá aplicar en la vida profesional.

También agradecer a la comunidad de Mantecani del municipio de Patacamaya, principalmente a los productores de zanahoria por compartir información para la realización de esta investigación, un agradecimiento especial a don Julio Helguero por prestarme sus terrenos y compartir sus conocimientos e inquietudes para la realización de la presente investigación.

Un agradecimiento especial a mis amigas Juana, Yuli, Deysi y Nancy por el apoyo y aliento para la culminación de este trabajo de investigación, también a los Ing. Elizabeth y Carmenio, a todos mis compañeros que compartieron conmigo en el transcurso de la carrera.

## 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.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación .....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Origen de la zanahoria.....	4
2.2. Clasificación taxonómica de la zanahoria. ....	4
2.3. Características del cultivo de zanahoria.....	4
2.3.1. Descripción botánica.....	5
2.4. Fenología del cultivo de zanahoria.....	5
2.5. Plagas y enfermedades. ....	7
2.6. Manejo agronómico del cultivo de zanahoria. ....	8

2.6.1.	Importancia del cultivo.....	9
2.6.2.	Producción de zanahoria en Bolivia. ....	9
2.6.3.	Zonas de producción de zanahoria en Bolivia .....	10
2.7.	Comercialización.....	10
2.8.	Concepto de maleza .....	10
2.9.	Herbicidas aplicados en el cultivo de zanahoria .....	11
2.9.1.	Linurón .....	11
2.9.2.	Metribuzina .....	12
2.9.3.	Pendimetalina .....	12
2.9.4.	Clethodim.....	12
2.9.5.	Glifosato.....	12
2.10.	Variedad utilizada en el estudio.....	13
2.10.1.	Variedad Altiplano .....	13
2.11.	Evaluación económica. ....	13
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1.	Localización .....	15
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	15
3.1.2.	Características edafoclimáticas.....	15
3.1.2.1.	Clima.....	15
3.1.2.2.	Suelo.....	15
3.1.2.3.	Flora.....	15
3.2.	Materiales .....	16
3.2.1.	Material de estudio.....	16
3.2.2.	Material de escritorio .....	16
3.2.3.	Material de campo.....	16
3.2.4.	Material de invernadero.....	17

3.3.	Metodología .....	17
3.3.1.	Desarrollo del ensayo.....	17
3.3.1.1.	Preparación del terreno.....	17
3.3.1.2.	Siembra .....	17
3.3.1.3.	Riego .....	17
3.3.1.4.	Control de maleza .....	18
3.3.1.5.	Cosecha.....	18
3.3.1.6.	Desarrollo del ensayo en invernadero .....	19
3.3.2.	Diseño experimental .....	20
3.3.3.	Factor de estudio .....	20
3.3.4.	Variables de respuesta.....	21
3.3.4.1.	Variables de maleza.....	21
3.3.4.2.	Variables de zanahoria .....	21
3.3.4.3.	Variables de cosecha.....	22
3.3.4.4.	Rendimiento.....	22
3.3.5.	Análisis estadístico.....	22
3.3.6.	Análisis económico .....	23
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
4.1.	Variables de respuesta .....	25
4.1.1.	Variables de maleza.....	25
4.1.1.1.	Evaluación de maleza .....	25
4.1.1.2.	Densidad de maleza .....	27
4.1.1.2.1.	Densidad de maleza a los 35, 70 y 95 días. ....	28
4.1.1.2.2.	Resultado del ensayo en invernadero en densidad de maleza .....	30
4.1.1.3.	Porcentaje de mortalidad de maleza .....	31
4.1.1.3.1.	Resultados del ensayo en invernadero en porcentaje de mortalidad de maleza	33

4.1.2.	Variable de zanahoria .....	34
4.1.2.1.	Altura de planta de zanahoria.....	34
4.1.2.2.	Porcentaje de mortalidad de zanahoria.....	35
4.1.2.2.1.	Resultados del ensayo en invernadero en porcentaje de mortalidad de zanahoria .....	37
4.1.2.3.	Fitotoxicidad de herbicidas en la zanahoria.....	38
4.1.3.	Variables de cosecha .....	39
4.1.3.1.	Longitud de raíz .....	39
4.1.3.2.	Diámetro de raíz .....	40
4.1.3.3.	Peso de raíz.....	42
4.1.3.4.	Número de raíces totales por m <sup>2</sup> .....	43
4.2.	Rendimiento t/ha.....	45
4.3.	Análisis económico .....	47
5.	CONCLUSIONES.....	49
6.	RECOMENDACIONES.....	51
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	52
8.	ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Producción de zanahoria en Bolivia por año en toneladas campaña de invierno y verano.....	9
Cuadro 2.	Zonas de producción de zanahoria en Bolivia. ....	10
Cuadro 3.	Clasificación botánica de malezas presentes. ....	25
Cuadro 4.	Análisis de varianza de densidad de maleza en m <sup>2</sup> .....	27
Cuadro 5.	Densidad de maleza a los 35 días post siembra en el cultivo de zanahoria en m <sup>2</sup> . 29	29
Cuadro 6.	Densidad de maleza a los 70 días post siembra en el cultivo de zanahoria en m <sup>2</sup> . 29	29
Cuadro 7.	Densidad de maleza a los 95 días post siembra en el cultivo de zanahoria en m <sup>2</sup> . 30	30
Cuadro 8.	Ensayo en invernadero de densidad de maleza por tratamientos.....	31
Cuadro 9.	Análisis de varianza de porcentaje de mortalidad de maleza. ....	32
Cuadro 10.	Ensayo de invernadero porcentaje de mortalidad de maleza. ....	33
Cuadro 11.	Análisis de varianza de altura de planta de zanahoria (cm).....	34
Cuadro 12.	Análisis de varianza de porcentaje de mortalidad de zanahoria. ....	36
Cuadro 13.	Ensayo de invernadero en porcentaje de mortalidad de zanahoria. ....	38
Cuadro 14.	Fitotoxicidad de herbicidas en la zanahoria.....	38
Cuadro 15.	Análisis de varianza de longitud de raíz (cm). ....	39
Cuadro 16.	Análisis de varianza de diámetro de raíz (cm).....	41
Cuadro 17.	Análisis de varianza de peso de raíz (g).....	42
Cuadro 18.	Análisis de varianza de numero de raíces m <sup>2</sup> .....	44
Cuadro 19.	Número de raíces totales de descarte y comerciales por m <sup>2</sup> . ....	45
Cuadro 20.	Análisis de varianza de rendimiento (t/ha).....	46
Cuadro 21.	Relación beneficio/costo (B/C) de producción de zanahoria.....	48

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.	Porcentaje de malezas presentes en el cultivo de zanahoria. ....	26
Figura 2.	Densidad de maleza en m <sup>2</sup> por tratamiento. ....	28
Figura 3.	Porcentaje de mortalidad de maleza por tratamiento. ....	32
Figura 4.	Altura de planta (cm) por tratamiento. ....	35
Figura 5.	Porcentaje de mortalidad de zanahoria por tratamiento. ....	36
Figura 6.	Longitud de raíz (cm) por tratamiento. ....	40
Figura 7.	Diámetro de raíz (cm) por tratamiento. ....	41
Figura 8.	Peso de raíz (g) por tratamiento. ....	43
Figura 9.	Numero de raíces totales por m <sup>2</sup> . ....	44
Figura 10.	Rendimiento (t/ha) por tratamiento. ....	46

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1.	Croquis experimental .....	56
Anexo 2.	Croquis del ensayo realizado en invernadero.....	56
Anexo 3.	Costos de producción. ....	57
Anexo 4.	Implementación de parcela de investigación .....	58
Anexo 5.	Aplicación de herbicida. ....	58
Anexo 6.	35 días después de la siembra.....	59
Anexo 7.	70 días después de la siembra.....	60
Anexo 8.	95 días después de la siembra.....	60
Anexo 9.	Toma de datos en campo.....	61
Anexo 10.	Toxicidad leve (clorosis leve). ....	61
Anexo 11.	Toxicidad leve - moderada (clorosis, necrosis leve, no hay muerte de plantas).....	61
Anexo 12.	Cosecha de la investigación.....	62
Anexo 13.	Clasificación, pesado y registro de raíces de zanahoria .....	62
Anexo 14.	Clasificación raíz de zanahoria por categorías comerciales.....	63
Anexo 15.	Implementación de ensayo en invernadero .....	64
Anexo 16.	Ensayo en invernadero 60 días después de la siembra. ....	64
Anexo 17.	Registro de datos del ensayo en invernadero. ....	65
Anexo 18.	Registro de malezas presentes en el cultivo de zanahoria en Mantecani, Patacamaya.....	68
Anexo 19.	Identificación de especies de plantas recolectadas. ....	69

**ABREVIATURAS**

cm	Centímetro
ha	Hectárea
t	Tonelada
m	Kilometro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m	Metros
kg	Kilogramos
g	Gramos
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
T	Tratamientos
CV	Coefficiente de varianza
><	Mayor menor

## RESUMEN

El cultivo de zanahoria es altamente sensible a la competencia con maleza debido a su lento crecimiento en la etapa inicial del cultivo, estas no pueden competir con la maleza por lo que se obtendrá bajos rendimientos reduciendo en un 90% en el cultivo sin la aplicación de herbicidas, también la falta de control de maleza incrementa el hospedaje de plagas y enfermedades reduciendo la eficiencia en la cosecha.

En este contexto el presente estudio titulado “Evaluación de herbicidas pre y post emergentes para el control de malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) en el municipio de Patacamaya”. Tiene como objetivos identificar malezas presentes en el cultivo de zanahoria, determinar la eficiencia de herbicidas pre y post emergentes sobre la incidencia y desarrollo de las malezas, comparar la relación beneficio/costo (B/C) de los tratamientos empleados para el manejo de malezas en el cultivo de zanahoria.

El estudio se llevó a cabo en la comunidad de Mantecani cantón Viscachani del municipio de Patacamaya en el departamento de La Paz. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar con tres bloques y 3 repeticiones los cuales fueron T1 pre emergente (linurón) 1,25 kg/ha, T2 post emergente (metribuzina) 0,35 kg/ha, T3 pre emergente (linurón) 1,25 kg/ha + post emergente(metribuzina) 0,35 kg/ha y T0 testigo ninguna aplicación de herbicida.

En cuanto a la identificación de malezas en el testigo, la especie más abundante y con mayor presencia fue *Thlaspi perfoliatum*, con una cobertura del 47% por metro cuadrado. Le siguió *Hordeum vulgare*, con una abundancia del 10% por metro cuadrado. Respecto al control de malezas, el tratamiento más efectivo fue el T3, con un 100% de mortalidad. En términos de selectividad sobre la zanahoria, el tratamiento más favorable fue el T1, con solo un 8% de mortalidad. En lo que refiere al comportamiento agronómico, el tratamiento T1 se destacó por presentar los valores más altos en varias variables. La altura de planta alcanzó los 45,8 cm; el diámetro de raíz fue de 3,4 cm; y la longitud de raíz llegó a 13,8 cm. En cuanto al peso de raíz, el tratamiento T3 sobresalió con un valor de 69 g. Finalmente, en la relación beneficio/costo (B/C), el tratamiento T1 mostró un valor de 2,6, lo que significa que por cada boliviano invertido se obtuvo una ganancia de 1,6 bolivianos, alcanzando un rendimiento de 78 t/ha.

## ABSTRACT

Carrot crops are highly sensitive to weed competition due to their slow growth in the early stages of the crop. Carrots cannot compete with weeds, resulting in low yields, which can be reduced by up to 90% without herbicide application. Furthermore, a lack of weed control increases the presence of pests and diseases, reducing harvest efficiency.

In this context, the present study, entitled "Evaluation of pre- and post-emergence herbicides for weed control in carrot (*Daucus carota* L.) crops in the municipality of Patacamaya," aims to identify weeds present in carrot crops, determine the effectiveness of pre- and post-emergence herbicides on weed incidence and development, and compare the benefit/cost (B/C) ratios of the treatments used for weed management in carrot crops.

The study was conducted in the community of Mantecani, Viscachani canton, Patacamaya municipality, La Paz department. Treatments were distributed in a completely randomized block design with three blocks and three replicates: T1 pre-emergence (linuron) 1.25 kg/ha, T2 post-emergence (metribuzin) 0.35 kg/ha, T3 pre-emergence (linuron) 1.25 kg/ha + post-emergence (metribuzin) 0.35 kg/ha, and T0 control with no herbicide application.

In terms of weed identification in the control, the most abundant species was *Thlaspi perfoliatum*, with 47% coverage per square meter, followed by *Hordeum vulgare*, with 10%. Regarding weed control, the most effective treatment was T3, achieving 100% mortality. The most selective treatment, with the least impact on carrots, was T1, with only 8% mortality. Regarding agronomic performance, treatment T1 stood out as the most outstanding, presenting the highest values in several variables: it reached a plant height of 45.8 cm, a root diameter of 3.4 cm, and a root length of 13.8 cm. Regarding root weight, treatment T3 stood out, with a value of 69 g. In economic terms, treatment T1 showed the best benefit/cost (B/C) ratio, with a value of 2.6; this means that, for every boliviano invested, 1.6 bolivianos of profit were obtained. In addition, a yield of 78 t/ha was achieved..

## 1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia la producción de hortalizas se concentra en comunidades del Altiplano central, norte y valles realizada por agricultores familiares que generan ingresos con su producción. (Espejo 2005). Se encuentra entre los cultivos de gran interés la zanahoria (*Daucus carota* L.) principalmente por su raíz que está presente en la alimentación diaria por su color y sabor, también debido a la aportación de vitamina A y rica en vitaminas del grupo B y calcio (Huespe 2022).

El cultivo de zanahoria es originario del continente Asiático y ha sido cultivada desde la antigüedad por griegos y romanos, durante su domesticación la raíz era de color violáceo, a través del tiempo la raíz de zanahoria llegó a su color característico naranjado que es consumido hoy en día debido a la selección natural (Noguera 1995). Sin embargo, para obtener buenos rendimientos en el cultivo de zanahoria es necesario tener un buen manejo en el control de malezas, además de un buen riego y fertilización, ya que es de lento crecimiento inicial por lo cual no es posible obtener altos rendimientos en el cultivo sin aplicaciones de herbicidas (Pérez 2011).

Las principales zonas productoras de zanahoria en Bolivia son: Achocalla, Ayo Ayo y Patacamaya en La Paz; Capinota, Tiraque y Sipe Sipe en Cochabamba; Comarapa en Santa Cruz; Yamparaez en Chuquisaca; Villazón en Potosí; Soracachi y Caracollo en Oruro (IPDSA 2021). Los productores hortícolas del municipio de Patacamaya se destacan principalmente por la comercialización de zanahoria en los mercados de la ciudad de La Paz. Por esta razón, el uso adecuado de herbicidas para el control de malezas cobra gran importancia, ya que la producción de zanahoria representa una de las principales fuentes de ingreso económico para la región.

### 1.1. Antecedentes

El cultivo de zanahoria es uno de los cultivos más sensibles a las malezas por lo cual es necesario mantenerlo libre de malezas ya que puede disminuir su rendimiento en un 90%. Por lo tanto, es necesario implementar un control químico con herbicidas seleccionados para no generar daños al cultivo (Royer 2018). En investigaciones realizadas se encontró que el herbicida que en su ingrediente activo tiene linurón, oxifluorfén, oxadiazón, metribuzín y pendimetalina, controlaron durante los 60 días después de aplicarlos y los herbicidas aplicados en la pre emergencia a la zanahoria, se encontró que solo el linurón

en dosis de 1,25 kg/ha o menos y la pendimetalina en las dosis evaluadas fueron selectivos a la zanahoria (Villalobos 2002).

En una investigación realizada anteriormente se obtuvo rendimientos similares en tratamientos hechos con linurón y de manera manual que son 9000 kg/ha y 8937 kg/ha respectivamente, se comprobó que para el control de malezas el linurón es más eficaz (Royer 2018).

Para la aplicación en la post emergencia se recomienda que el herbicida con ingrediente activo metribuzina en dosis 0,35kg/ha ya que controla más a malezas de hoja ancha esto en la aplicación en las dos primeras hojas verdaderas esto permite el mejor control (Villalobos 2002).

## **1.2. Planteamiento del problema**

Uno de los principales desafíos que enfrentan los productores de zanahoria en el municipio de Patacamaya es la proliferación de malezas, las cuales generan una competencia directa por recursos como luz, agua y nutrientes, afectando significativamente el desarrollo del cultivo, especialmente debido a su lento crecimiento en las etapas iniciales. Para mitigar este problema, los agricultores suelen recurrir al uso de herbicidas; sin embargo, en muchos casos, la aplicación se realiza de forma inadecuada. El uso incorrecto de estos productos, además de comprometer la fitotoxicidad del cultivo, representa un riesgo para la salud del suelo, así como para la seguridad del productor y del consumidor, debido a la acumulación de residuos químicos.

En el cultivo de zanahoria, la aplicación inadecuada de herbicidas puede generar efectos fitotóxicos severos, manifestándose en necrosis foliar e, incluso, en casos más extremos, la muerte de las plantas. Estas afectaciones reducen significativamente el rendimiento del cultivo, lo que se traduce en pérdidas económicas para el productor.

## **1.3. Justificación**

La presente investigación tiene como objetivo identificar un tratamiento adecuado para el control de malezas en el cultivo de zanahoria, que no genere efectos fitotóxicos sobre el cultivo. Esto se debe a que los herbicidas, si no se aplican en el momento oportuno y en la dosis correcta, pueden resultar tóxicos para la planta, afectando su desarrollo y productividad.

Para ello, se evaluarán tres tratamientos basados en la combinación de herbicidas pre emergentes y post emergentes, con el propósito de determinar cuál de ellos resulta más eficaz en el control de malezas, sin causar daño al cultivo. Se busca además optimizar la eficiencia del control, reduciendo la cantidad de herbicidas utilizados y, en consecuencia, los costos de producción.

El principal aporte de este trabajo es proponer una alternativa de manejo de malezas adecuada para los productores de zanahoria del municipio de Patacamaya, contribuyendo a mejorar el rendimiento del cultivo y la sostenibilidad de la producción agrícola en la región.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar la eficiencia de los herbicidas pre y post emergentes para el control de malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) en el municipio de Patacamaya.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar las malezas presentes en el cultivo de zanahoria.
- Determinar la eficiencia de herbicidas pre y post emergentes sobre la incidencia y desarrollo de las malezas.
- Evaluar las características agronómicas y rendimiento de zanahoria con los tratamientos empleados para el control de maleza.
- Comparar la relación B/C de los tratamientos empleados para el manejo de malezas en el cultivo de zanahoria.

#### **1.5. Hipótesis**

- $H_0$ : No existen diferencias significativas entre los tratamientos con herbicidas pre y post emergentes en el control de maleza en el cultivo de zanahoria.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origen de la zanahoria

Se deriva de las formas silvestres originarias del centro de Asia, África y el Mediterráneo, algunos autores señalan a Afganistán como el origen exacto. Su uso como alimento surge a partir del siglo XVI. Antes de este momento se empleaba únicamente para tratar enfermedades (Gaviola 2013).

### 2.2. Clasificación taxonómica de la zanahoria.

La taxonomía general de la zanahoria es la siguiente.

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Orden: Apiales

Familia: Apiaceae

Género: *Daucus*

Especie: *carota* L.

Fuente: (Rueda 2015)

### 2.3. Características del cultivo de zanahoria

Cultivadas para que no florezcan al final del ciclo de crecimiento, aun cuando se presenten las condiciones de temperatura y duración del día que normalmente inducirían la formación de la inflorescencia. Debido a lo anterior la planta de zanahoria se comporta como bianual, requiriendo de un periodo de 6 a 8 semanas de dominancia y el estímulo de temperaturas entre los 2 a los 5°C para producir la inflorescencia.

Las inflorescencias de la zanahoria son del tipo umbelas, que en realidad es una inflorescencia compuesta por pequeñas florecillas agrupadas en racimos. La umbela se produce al final de un tallo floral o escapo, que puede alcanzar más de un metro de altura. Las florecillas de la zanahoria tienen estambres y pistilos, pero también se producen flores estaminadas o masculinas en la periferia de las umbelas (Bolaños 1998).

### 2.3.1. Descripción botánica.

Según (Gaviola 2013), se describe de la siguiente manera:

**Tallo:** Durante la etapa vegetativa se encuentra sumamente comprimido al ras del suelo, por lo tanto, sus entrenudos no son visibles. 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.

**Hojas:** La primera hoja verdadera emerge 1 o 2 semanas después de la germinación. Las hojas son pubescentes, 2-3 pinnatisectas, los pecíolos son largos, expandidos en la base.

**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. 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. El diámetro de la parte superior varía desde 1-2 cm en algunas variedades hasta 10 cm en otras. Su longitud se extiende entre 5 y 50 cm, aunque la mayoría de las variedades tienen raíces comprendidas entre los 10 y 25 cm.

**Inflorescencia, flores y semillas:** La inflorescencia del tipo umbela compuesta que aparecen en posición terminal y cada planta tiene una central, o primaria o de primer orden, que corresponde al tallo principal. Cada flor tiene 5 pequeños sépalos verdes, 5 pétalos, 5 estambres (órganos masculinos portadores del polen) y un ovario bilocular con dos pistilos. La floración de cada umbela (apertura de la totalidad de sus flores) dura entre 7 y 10 días, y la diferencia entre las distintas 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. 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 y su peso varía entre 0,8 y 3 g cada 1.000 semillas.

### 2.4. Fenología del cultivo de zanahoria

Pacheco y Acosta (2020), señalan que la etapa vegetativa de la zanahoria es la más importante en términos comerciales, ya que es cuando se desarrolla la raíz napiforme. A continuación, se describen las distintas fases fenológicas correspondientes.

- **Fase vegetativa**

- a. Germinación y/o emergencia: En promedio la emergencia puede tardar entre 22 y 32 días después de siembra (dds). Es importante resaltar que la duración de las etapas fenológicas es variable y se afecta por las condiciones agroambientales de cada zona y el material genético.
  - Etapa I de crecimiento: Aproximadamente desde los 39 hasta los 60 días después de siembra (dds) se genera el crecimiento longitudinal de la raíz, más que de grosor, hasta alcanzar un 80% de la longitud total del producto final (Ávila 2015). La parte aérea, conformada por las hojas, se desarrolla lentamente en esta etapa (Vega *et al* 2011).
  - Etapa II de crecimiento: Esta fase abarca, en promedio, desde los 61 hasta los 97 días después de la siembra, tiempo en el cual se engrosa la raíz por la acumulación de carbohidratos. El engrosamiento avanza desde la parte alta del cuello y termina en la punta de la raíz y se mantiene mientras las hojas permanezcan verdes. Se presenta un aumento constante en el diámetro de la raíz y en el número de hojas (Vega *et al* 2011).
  - Etapa III de crecimiento: Esta fase va desde los 98 hasta los 123 días en promedio. La zanahoria es inducida a la floración cuando ocurre la acumulación de un número de horas de frío por debajo de los 10 °C. Sin embargo, en los materiales híbridos no ocurre la inducción a floración. El crecimiento se desacelera y se termina el engrosado de la raíz (Vega *et al* 2011).
  - Etapa IV de crecimiento: Etapa previa a la cosecha en donde se estabiliza el tamaño de las raíces y el follaje a los 124 días aproximadamente (Vega *et al* 2011).

- **Fase reproductiva**

También llamado “ciclo reproductivo”, donde se generan los órganos reproductivos y se termina de desarrollar el tallo. Comercialmente los dos ciclos o fases se completan cuando se desea obtener semillas (Morales 1995).

## 2.5. Plagas y enfermedades.

Según Bolaños (1998) estas son las plagas y enfermedades presentes en el cultivo de zanahoria:

- **Manchas de la hoja:** Esta enfermedad es causada por dos hongos distintos, que también presentan sintomatologías diferentes. El primero de ellos es *Alternaria dauci*. Los síntomas de la enfermedad aparecen primero en las hojas muy viejas, en forma de manchas de color café con halo amarillento, que luego se unen y terminan por causar la muerte del foliolo. La enfermedad reduce la longitud y el peso de las raíces.
- **Pudrición basal:** Las pudriciones basales de la zanahoria, se deben al ataque de *Erwinia carotovora* y *E. atroceptica*. Se presentan principalmente durante el almacenamiento de las raíces. Son pudriciones acuosas y mal olientes, se producen a partir de heridas causadas por insectos, nematodos o implementos agrícolas. El control de esta enfermedad se basa en la prevención. Para ello se recomienda sembrar en suelos con buen drenaje y en los que la enfermedad no se haya presentado en ciclos anteriores. Las raíces se deben almacenar en lugares frescos y ventilados para que sequen rápidamente luego del lavado y evitar que se desarrollen las pudriciones.
- **Nematodos:** En investigaciones sobre la incidencia de los nematodos en el rendimiento de la zanahoria, se ha reportado la presencia de *Meloidogyne incognita* y *M. hapla*, en algunas regiones productoras. Los nematodos causan deformaciones en las raíces y reducen los rendimientos al disminuir el peso de las raíces. El uso de nematicidas aumenta la producción al reducir el tamaño de las poblaciones de nematodos. Pero por su elevada toxicidad, se deben buscar medidas alternas al uso de nematicidas. La rotación de los cultivos, la adición al suelo de sustancias antagónicas a los nematodos, así como el uso de cultivares tolerantes, podrían ayudar a reducir el uso de nematicidas químicos.

## **2.6. Manejo agronómico del cultivo de zanahoria.**

- **Preparación del suelo**

El suelo se debe laborar para permitir el crecimiento longitudinal de la raíz, acorde con la variedad utilizada. La profundidad de la arada debe ser de unos 25 cm de profundidad con el fin de romper los obstáculos en el desarrollo de la raíz (Gabriel 2013).

- **Época de siembra**

El CNPSH (2001), sostiene que la época de siembra de la zanahoria es muy importante ya que temperaturas constantes de 12°C provocan floración prematura. La época de siembra es atípica en zonas; en valles mesotérmicos (enero a junio), valles templados (agosto a febrero) y en el altiplano (agosto a noviembre).

- **Propagación y siembra**

La zanahoria es una de las pocas hortalizas de siembra directa obligada, pues las plántulas no soportan el estrés causado por el trasplante. La calidad de la cosecha está determinada, en gran medida, por la uniformidad en el tamaño y madurez de las raíces. Estas dos características están controladas genéticamente, pero la distribución homogénea de la semilla, el agua de riego y el fertilizante, son factores muy importantes para producir zanahorias de raíces homogéneas (Bolaños 1998).

- **Raleo**

El raleo de las plantas se realiza 20 días después de la siembra, puede ayudar homogenizar la plantación, pero ello implica la pérdida de muchas semillas. Las semillas de zanahoria son las que presentan menor porcentaje de germinación entre las hortalizas, lo que entorpece aún más su manejo se requiere entre 5 y 7 kg para establecer una hectárea de zanahoria (Bolaños 1998).

- **Control de malezas**

Según Vigliola (1993) citado por Mamani (2019), señala que la zanahoria crece lentamente al principio, convirtiéndose las malezas en un gran enemigo en las primeras semanas de crecimiento.

Las malezas se caracterizan por tener un desarrollo rápido, producir grandes cantidades de semilla y tener un alto nivel de adaptabilidad y resistencia a los agroquímicos. Dentro de los efectos directos que tienen las arvenses en el cultivo están la competencia por luz, agua, nutrientes y CO<sub>2</sub>. 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 hospederas de insectos vectores (Carmona 2005).

### 2.6.1. Importancia del cultivo.

La zanahoria es una hortaliza de relevancia a nivel mundial, por el aporte de vitamina A, cedido a través de los carotenoides, lo que la convierte en una buena fuente natural de este compuesto (Heinonen 1990).

Los carotenoides son pigmentos que determinan el color característico de las zanahorias, los cuales se encuentran distribuidos en distintos lugares, normalmente es mayor el contenido en el floema o corteza que en el xilema o cilindro central, y en la porción superior cercana a la superficie que en la inferior. Sin embargo, no siempre el análisis de los carotenoides es una medida adecuada del color, ya que se ve afectado por la gran diversidad genética y ambiental y con esto se produce una alta correlación entre pigmento o combinación de pigmentos y color (Maroto 1995).

### 2.6.2. Producción de zanahoria en Bolivia.

En el cuadro 1 se muestra la producción de zanahoria en toneladas a nivel nacional y por departamentos de Bolivia.

**Cuadro 1. Producción de zanahoria en Bolivia por año en toneladas campaña de invierno y verano.**

Años	Bolivia	La Paz	Santa Cruz	Cochabamba	Tarija	Oruro	Potosí	Chuquisaca
2017	61299	913	4658	34774	2801	13054	2168	2410
2018	67972	990	4707	39146	2836	15386	2475	2402
2019	69262	966	4515	38047	3088	14520	3811	4285
2020	70063	959	5414	39349	3187	14910	3042	3171
2021	83802	1011	6768	49828	3338	16807	2871	3148
2022	91312	1160	9344	50644	3925	20236	2871	3102
2023	96768	927	12751	53709	3788	19330	3167	3066

Fuente: INE, (2023)

### 2.6.3. Zonas de producción de zanahoria en Bolivia

En el cuadro 2 observamos las zonas de producción de zanahoria en Bolivia por regiones y municipios.

**Cuadro 2. Zonas de producción de zanahoria en Bolivia.**

<i>Nº</i>	<i>Departamento</i>	<i>Región</i>	<i>Municipio</i>	<i>Superficie (ha)</i>
1	Cochabamba	Valles	Capinota	171,36
2	Santa Cruz	Valles Cruceños	Comarapa	109,99
3	Santa Cruz	Valles Cruceños	Pampa grande	142,9
4	Chuquisaca	Valles Centrales	Yamparaez	95,53
5	Cochabamba	Cono Sur	Tiraque	35,49
6	Cochabamba	Metropolitana de Cochabamba	Sipe Sipe	48,00
7	Potosí	Nor Chichas	Villazón	21,30
8	La Paz	Metropolitana de La Paz	Achocalla	12,15
9	La Paz	Altiplano	Ayo Ayo	11,70
10	La Paz	Altiplano	Patacamaya	56,70
11	Oruro	Sora	Caracollo	235,3
12	Oruro	Sora	Paria	136,8

Fuente: IPDSA, (2021)

### 2.7. Comercialización

García (2009) menciona que Los requisitos mínimos de calidad que debe reunir el producto para la comercialización son los siguientes:

- Categoría I o Selecta: Son las de calidad superior, además de tener forma regular, no presentar magulladuras, heridas o grietas y debe tener un color anaranjado propio de la especie. No debe tener más de 4.5 cm de diámetro, puede tener hasta 18 cm de largo y no puede medir menos de 7.5 cm o no debe pesar más de 200 g. Se toleran algunos defectos leves en la forma, en la coloración y leves heridas cicatrizadas.
- Categoría II o Corriente: Se incluyen las zanahorias que no pueden clasificarse en la categoría superior, permiten defectos en su forma, coloración, heridas cicatrizadas que no alcancen el corazón.

### 2.8. Concepto de maleza

Debido al lento crecimiento inicial de las zanahorias, éstas no pueden competir de manera efectiva con las malezas, por lo cual no es posible obtener altos rendimientos en el cultivo sin aplicaciones de herbicidas. Así mismo la falta de control de malezas en un cultivo de

zanahorias puede llegar a disminuir los rendimientos en un 90%, además de hospedar plagas y enfermedades, y reducir la eficiencia de la cosecha (Swanton 2010).

La zanahoria entre otros vegetales es considerados altamente sensibles a la competencia con las malezas, y es por esto que el control químico se hace necesario, ya que, si se quisiera obtener un buen control de malezas a través de métodos mecánicos, sin generar daños en el cultivo, las malezas deben ser más susceptibles al control que el cultivo (Kavaliauskaite et al, 2009).

Durante las primeras 4 semanas de establecimiento se concentra el Período Crítico de Interferencia (PCI), en donde se genera la mayor interferencia entre las malezas y el cultivo; además que lo mejor sería la utilización de un programa integrado en el manejo de malezas, ya que muchos de los herbicidas registrados, no presentan un gran espectro de control y el control mecánico se ve impedido por la alta población de raíces de zanahoria (Smith 2009).

## **2.9. Herbicidas aplicados en el cultivo de zanahoria**

El momento de aplicación de los herbicidas utilizados en zanahoria es de vital importancia, y así lo mencionan en sus estudios, quienes indican que este cultivo sería más tolerante a los herbicidas asperjados antes de la germinación que a los aplicados después de ésta (Kavaliauskaite et al, 2009). También que lo mejor sería utilizar un tratamiento herbicida que combine herbicidas de pre siembra o preemergencia en combinación con uno aplicado en post emergencia (Smith 2009).

Existen diversos tratamientos con herbicidas que pueden ser utilizados normalmente en el manejo de malezas en un cultivo tradicional de zanahoria; entre ellos encontramos algunos ingredientes activos como Linurón, Pendimethalin, Clethodim, Glifosato y Metribuzina, entre otros (Stall 2006).

### **2.9.1. Linurón**

Es el herbicida más utilizado en este cultivo, se puede aplicar en pre emergencia luego de la siembra, pero antes de que las zanahorias emerjan. Este herbicida también puede ser aplicado en post emergencia, una vez que la zanahoria tenga 1-2 hojas verdaderas (Bellinder, 1997). Otra característica de este herbicida es que la movilidad de Linurón es de clase 2, lo que implica que es prácticamente inmóvil en el suelo (Zimdahl 2007).

### **2.9.2. Metribuzina**

El cual se aplica en post emergencia y una vez que las zanahorias han formado 5 a 6 hojas verdaderas, pero antes de que las malezas alcancen una altura aproximada de 3 cm, debe ser aplicado sobre el área foliar de la zanahoria (Stall 2006). El modo de acción de este herbicida es la inhibición del proceso fotosintético, generando una interferencia en la reacción de Hill; se genera un intercambio en la secuencia de aminoácidos (serina por glicina) lo que produciría una destrucción debido a la fotooxidación en los carotenoides, y desencadenaría también en una destrucción de la clorofila (Bellinder 1997).

### **2.9.3. Pendimetalina**

Herbicida con modo de acción suelo-activo, selectivo, perteneciente al grupo químico de las dinitroanilinas, de pre siembra incorporado o preemergencia. Controla malezas anuales gramíneas y algunas de hoja ancha en hortalizas. Inhibe la división y elongación celular de los meristemas de raíces y tallos, razón por la cual debe ser aplicado sobre un suelo mullido y antes de la emergencia de las malezas. No controla malezas emergidas o establecidas ni tampoco perennes, crucíferas o compuestas (Kogan y Pérez 2003).

### **2.9.4. Clethodim**

Clethodim utilizado para el control de gramíneas anuales y perennes, en desecación y pre emergencia y post emergencia posee un eficaz nivel de control de Arrocillo, Rogelia y Maicillo, tiene una rápida absorción, detiene el crecimiento de las malezas en 24 h post aplicación (Stall 2006).

### **2.9.5. Glifosato**

Es un herbicida de amplio espectro, desarrollado para eliminación de hierbas en especial los perennes es absorbido por las hojas y no por las raíces, aunque el crecimiento se detiene a las pocas horas de la aplicación, las hojas tardan días en volverse amarillas (Stall 2006).

## **2.10. Variedad utilizada en el estudio.**

### **2.10.1. Variedad Altiplano**

Una de las variedades mejoradas es la “zanahoria Altiplano”, la cual se destaca por su capacidad de tolerar bajas temperaturas. Pueden ser cultivadas en verano en las regiones frías del país y en invierno en los valles (Ríos 2011).

Estudios realizados por Jimenez (2011), indican que, la zanahoria Altiplano presenta las siguientes características: Tipo Chantenay con un peso de 100 a 150 g tamaño mediano 12 a 15 cm forma de la raíz cónica, color externo anaranjado intenso, además distancia entre surcos de 25 a 30 cm. En Valles y Altiplano el ciclo dura 120 días y 150 días respectivamente y su rendimiento de 30 a 40 t/ha. El mismo autor señala que el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), a través del Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas (CNPSH) ubicado en el km 23,5 carretera Cochabamba y Oruro, Villa Montenegro Sipe Sipe. Donde hace más de una década se empezó a seleccionar materiales que sean tolerantes a la floración prematura y que permita cultivar zanahoria en invierno en zonas que no tengan temperaturas muy bajas, luego de haber obtenido esa variedad a largo de esta década. Se comenzó a comercializar la semilla Altiplano con las características del tipo Chantenay hace tres años.

## **2.11. Evaluación económica.**

Descrito por Paredes (1999) citado por Mamani (2019), la evaluación económica se utiliza para analizar la rentabilidad y eficiencia económica de una intervención, práctica o tecnología agrícola —como en este caso, el uso de herbicidas en el cultivo de zanahoria. Su propósito principal es determinar si los beneficios obtenidos justifican los costos invertidos.

- Ingreso Bruto (IB): También llamado ingreso total (IT), es un indicador económico fundamental en la evaluación de proyectos agrícolas, ya que muestra cuánto dinero se genera por la venta de la producción, sin considerar los costos. Es el primer paso para analizar la viabilidad económica de un cultivo o tratamiento.
- Ingreso Neto (IN): También llamado utilidades, es la cantidad de dinero que queda después de descontar todos los costos y gastos de producción del ingreso bruto. En otras palabras, representa la ganancia real obtenida por la actividad agrícola

- Relación Beneficio Costo (B/C): Se define como el indicador de la pérdida o ganancia bruta por unidad monetaria invertida, es un indicador económico que mide la rentabilidad de una inversión o actividad productiva. Se calcula como la proporción entre los beneficios obtenidos y los costos incurridos.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

##### **3.1.1. Ubicación geográfica**

El experimento se realizó en la comunidad de Mantecani del municipio de Patacamaya es la Quinta Sección de la provincia Aroma del departamento de La Paz, que se sitúa a una distancia de 101 kilómetros de la sede de gobierno, por la carretera interdepartamental La Paz – Oruro al sudeste de la capital del Departamento de La Paz, a una altitud promedio de 3.789 msnm, situado entre las coordenadas: 17° 05' - 17° 20' de latitud sur, 67° 45' - 68° 07' de longitud oeste, se encuentra ubicada al centro de la provincia Aroma. Fuente: Google Eart, (2023).

##### **3.1.2. Características edafoclimáticas**

###### **3.1.2.1. Clima**

La región tiene un clima característico del Altiplano árido y semiárido, presenta una precipitación pluvial promedio anual de 350 a 450 mm/año, temperatura media anual 11°C y una humedad relativa de 48% como promedio anual, según GAMP citado por Sarzuri (2018).

###### **3.1.2.2. Suelo**

Los suelos son de origen previo lacustre con una pendiente de 0 a 2%, profundos poco desarrollados con escaso humus por la intensa actividad agropecuaria además de tener una capa dura, presenta una textura franco arenosa pobre en materia orgánica (0,53), relativamente alcalino-neutro (7,65) bajo contenido de nitrógeno 0,07% y fosforo disponible de 4,16%, según GAMP citado por Sarzuri (2018).

###### **3.1.2.3. Flora**

La flora del lugar es característica de la zona altiplánica, la cual está comprendida por especies como la t'ola (*Parastrephia quadrangularis*), paja brava (*Festuca orthophylla*), ch'illiwa (*Festuca dolychophylla*), cola de ratón (*Hordeum muticum*), cebadilla (*Bromus catharticus*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), mostacilla (*Brassica rapa*), chijchipa (*Tajetes pusilla*), muni muni (*Bidens andicola*), según el GAMP citado por Sarzuri (2018).

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material de estudio**

El material vegetal que se utilizó, semilla de la variedad Altiplano, así mismo se utilizó los siguientes herbicidas, para el experimento:

- ✓ Herbicida pre emergente con ingrediente activo linurón
- ✓ Herbicida post emergente con ingrediente activo de metribuzina

### **3.2.2. Material de escritorio**

- Planilla de datos.
- Lápices
- Bolígrafos
- Cámara fotográfica
- Laptop
- Paquetes informáticos
- Calculadora

### **3.2.3. Material de campo**

- Cuadrante 50 cm<sup>2</sup>.
- Mochila fumigadora
- Estacas
- Letreros
- Flexómetro.
- Regla métrica.
- Marbetes de palitos de colores.
- Cinta de agua
- Chuntilla
- Picota
- Pala
- Baldes
- Balanza
- Oz
- Cámara fotográfica y otros.

#### **3.2.4. Material de invernadero**

- Macetas 15 cm de diámetro y 25 cm de altura.
- Regadora
- Mochila fumigadora
- Flexómetro
- Escalímetro
- Planilla de datos
- Palillos marcadores
- Cuchillo
- Bolsas

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Desarrollo del ensayo**

##### **3.3.1.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno consistió en el roturado y desterronado el que se realizó con maquinaria pesada agrícola, el nivelado y la división en tancas de 1,4 m de ancho y 17 m de largo fue realizado manualmente, posteriormente se realizó las divisiones y delimitación del experimento las medidas se encuentran en el Anexo 1.

##### **3.3.1.2. Siembra**

Primero se realizó el abonado del suelo en el que se esparció el guano de bovino posteriormente se realizó la siembra con el método del voleo de forma manual 1 kg/ha la variedad utilizada fue Altiplano que generalmente es más utilizada en la comunidad Mantecani debido a su adaptabilidad, la siembra se realizó el 19 de octubre de 2023 campaña de verano.

##### **3.3.1.3. Riego**

El sistema de riego empleado fue el de riego por inundación, ya que en la comunidad donde se llevó a cabo el proyecto se cuenta con un sistema de canales. El riego se realizó inmediatamente después de la siembra y luego de forma semanal durante los meses de octubre y noviembre, debido a la escasa presencia de lluvias en ese periodo. En los meses

siguientes, cuando las precipitaciones fueron más frecuentes, el riego se aplicó únicamente cuando fue necesario, hasta la finalización del ciclo del cultivo.

Para el control de malezas mediante la aplicación de herbicida, se realizó un riego previo con el fin de mejorar su efectividad. Posteriormente, se efectuó un segundo riego una semana después de la aplicación.

#### 3.3.1.4. Control de maleza

Para el control de maleza se utilizó tres tratamientos en herbicidas un pre emergente con ingrediente activo linurón y un post emergente con ingrediente activo metribuzina, las dosis empleadas se desarrollaron bajo el criterio los tratamientos fueron los siguientes:

	Pre emergente	Post emergente
T1:	1,25 kg/ha	0 kg/ha
T2:	0 kg/ha	0,35 kg/ha
T3:	1,25 kg/ha	0,35 kg/ha
T0:	0 kg/ha	0 kg/ha

<b>Característica</b>	<b>Linurón</b>	<b>Metribuzina</b>
<b>Vida media (DT50)</b>	30–120 días	30–60 días
<b>Aplicación</b>	Pre emergencia	Pre y post emergencia
<b>Riesgo de lixiviación</b>	Bajo a moderado	Moderado a alto
<b>Riesgo a cultivos siguientes</b>	Moderado (dosis alta o suelos pobres)	Alto en condiciones de lixiviación
<b>Solubilidad en agua</b>	Baja	Moderada a alta

El pre emergente se aplicó 2 semanas después de la siembra cuando la zanahoria aún no se encontraba en emergencia y la maleza estaba en etapa de germinación. El post emergente se aplicó 5 semanas después de la siembra cuando la maleza presenta 3 a 4 hojas verdaderas y la zanahoria 2 hojas verdaderas.

#### 3.3.1.5. Cosecha

La cosecha se realizó a los 154 días después de la siembra, utilizando un chuntillo como herramienta principal. Para cada tratamiento, se recolectaron muestras en 10 puntos de muestreo de 0,5 m<sup>2</sup> cada uno. La recolección y el lavado del material se llevaron a cabo

durante un período de cuatro días. Posteriormente, la toma de datos se realizó en dos días, durante los cuales se registró el peso de las muestras utilizando una balanza.

La clasificación que se utilizó en la recolección de raíz es la siguiente:

Categoría I o selecta: Primera, segunda y tercera.

Categoría II o descarte: Delgado, deforme, plaga y enfermedad.

### **3.3.1.6. Desarrollo del ensayo en invernadero**

El trabajo en invernadero consistió en un ensayo preliminar diseñado para replicar las condiciones de investigación del campo abierto, incluyendo el tipo de suelo y la fertilización utilizada. En este ensayo se aplicaron los tratamientos para evaluar el efecto de los herbicidas pre y post emergentes. Este ensayo se llevó a cabo en un ambiente protegido y comprendió los siguientes pasos:

- **Recolección de suelo y abono:** Se recolectaron suelo y abono de la comunidad de Mantecani, con el objetivo de conservar las malezas presentes en el sustrato utilizado.
- **Preparación del sustrato y llenado de macetas:** El suelo y abono recolectados se mezclaron con una porción de arena fina para obtener el sustrato deseado. Las macetas utilizadas fueron bolsas de 15 x 20 cm, las cuales se llenaron con el sustrato preparado. Se emplearon 10 bolsas por tratamiento y por bloque. La distribución del diseño experimental se detalla en el Anexo 2.
- **Siembra:** Se utilizó semilla de zanahoria de la variedad Altiplano, sembrando 5 semillas por maceta.
- **Riego:** El riego se realizó tres veces por semana, utilizando una regadera para cubrir la cantidad necesaria según los requerimientos del cultivo.
- **Control de malezas:** La investigación se centró en el control de malezas mediante la aplicación de tres tratamientos herbicidas y un testigo.

T1: pre emergente con ingrediente activo linurón 1,25 kg/ha después de la siembra.

T2: post emergente con ingrediente activo metribuzina 0,35 kg/ha dos semanas después de la siembra cuando las malezas presentaban su segunda hoja verdadera.

T3: pre y post emergente el cual consistió primero en la aplicación del pre emergente con ingrediente activo linurón 1,25 kg/ha después de la siembra y dos semanas después el post emergente con ingrediente activo metribuzina 0,35 kg/ha.

T0: al testigo no se aplicó ningún herbicida.

- Variables de evaluación semanal: se evaluó densidad de malezas a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación del herbicida, porcentaje de mortalidad de la maleza, porcentaje de mortalidad de la zanahoria.

### 3.3.2. Diseño experimental

La investigación se llevó a cabo, bajo un diseño bloques al azar (DBA) con tres tratamientos y un testigo.

Por lo que el modelo lineal aditivo según Ochoa (2009) es el siguiente:

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

Dónde:

$Y_{ij}$  = Una observación cualquiera de la variable de respuesta

$\mu$  = Media poblacional

$\beta_j$  = Efecto del j – ésimo bloque

$\alpha_i$  = Efecto del i – ésimo tratamientos en herbicidas

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.3.3. Factor de estudio

#### TRATAMIENTOS

T1 = pre emergente (linurón) 1,25 kg/ha

T2 = post emergente (metribuzina) 0,35 kg/ha

T3 = pre emergente(linurón) 1,25 kg/ha + post emergente(metribuzina) 0,35 kg/ha

T0 = testigo ninguna aplicación de herbicida

### 3.3.4. Variables de respuesta

#### 3.3.4.1. Variables de maleza

- **Evaluación de población de malezas:** Este parámetro se evaluó en el testigo al cual no se le aplicó herbicida, utilizando un cuadrante de 0,5 m<sup>2</sup> el cual se extrapola a 1 m<sup>2</sup>, el cual se hizo el registro de las especies de malezas presentes en el cultivo de zanahoria.
- **Densidad de malezas (N° malezas/m<sup>2</sup>):** En este parámetro se evaluó la cantidad de malezas que hay en cada cuadrante de 0,5 m<sup>2</sup> lo cual se extrapola a 1 m<sup>2</sup>. Esta evaluación se realizó cada 7 días después de la emergencia.

$$\text{Densidad (N}^\circ \cdot \text{m}^2) = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Unidad de superficie}}$$

- **Porcentaje de mortalidad de malezas:** Se evaluó a cada tratamiento para determinar el porcentaje de eficacia en el control de maleza cada 7 días después de la aplicación del herbicida.

#### 3.3.4.2. Variables de zanahoria

- **Altura de planta:** La altura de la planta se midió desde el cuello o nudo vital de la planta hasta el ápice ya sea de las hojas o de la umbela más alta, desde más de 50% de las plántulas que emergió hasta el momento de la cosecha.
- **Porcentaje de mortalidad:** Se evaluó cada 7 días desde la emergencia, en una superficie de 0,5 m<sup>2</sup> el cual se extrapola a 1 m<sup>2</sup>. Esta medición se realizó para cada tratamiento de acuerdo al total de semillas emergidas.

Para evaluar este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{Número plantas vivas}}{\text{Total, plantas emergidas}} \times 100$$

- **Toxicidad:** Se evaluó la toxicidad provocada por los herbicidas en la zanahoria según la siguiente escala.

0: plantas sanas

1: toxicidad leve (clorosis leve)

2: toxicidad leve - moderada (clorosis, necrosis leve, no hay muerte de plantas)

3: toxicidad moderada (clorosis, necrosis, muerte de menos del 50% del tejido)

4: toxicidad severa (clorosis, necrosis, enanismo, muerte 50% del tejido)

5: muerte total.

### 3.3.4.3. Variables de cosecha

- **Peso de raíz:** Luego de la cosecha y la limpieza, se registró el peso por unidad mediante una balanza en gramos.
- **Longitud de raíz:** La longitud de la raíz de la zanahoria, se midió al inicio de la zona de crecimiento, hasta el cuello o nudo vital de la planta, después de haberlas cosechado.
- **Diámetro de raíz:** La medida se registró a la altura del hombro de la raíz primaria, es decir la parte comestible, después de cosecharlas.
- **Numero de raíces en m<sup>2</sup>:** este parámetro se evaluó en la cosecha en el cual se realizó la clasificación de raíces de descartes y comerciales.

### 3.3.4.4. Rendimiento

Para la evaluación del rendimiento se pesaron las raíces de zanahoria en 0,5m<sup>2</sup> en gramos en los 10 puntos de muestreo por tratamiento y se extrapolo a t/ha, usando la siguiente formula:

$$R_{dto} = x * \frac{100}{A}$$

Donde:

Rdto = Rendimiento (t/ha)

X = Peso de raíz del área cosechada (t)

A = Área cosechada (ha)

### 3.3.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico nos sirve para interpretar y validar los datos obtenidos en el experimento de campo. Su principal función es determinar si las diferencias observadas entre tratamientos son significativas y no producto del azar.

Para la evaluación del análisis estadístico se realizó las siguientes evaluaciones:

- **Análisis de varianza ANVA:** El análisis de varianza se utiliza para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, permite analizar si los diferentes tratamientos aplicados producen efectos distintos sobre una variable.
- **Pruebas de medias:** La prueba de Duncan es un método de comparación múltiple que identifica específicamente cuáles tratamientos difieren entre sí. Esto facilita la interpretación de los resultados al señalar qué grupos son estadísticamente diferentes, ayudando a seleccionar la opción más adecuada o eficiente en un estudio.

### 3.3.6. Análisis económico

a) **Beneficio Bruto (BB).** Es el rendimiento ajustado multiplicado por el precio del producto, según Perrin R. (1988) citado por (Nina 2020).

$$BB = R * P$$

Donde:

BB: Beneficio Bruto (Bs/ha)

R: Rendimiento (t/ha)

P: Precio (Bs)

b) **Beneficio Neto (BN).** También conocido como ingreso neto, es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CP), según Perrin citado por (Nina 2020).

$$BN = BB - C$$

Donde:

BN: Beneficio Neto (Bs/ha)

BB: Beneficio Bruto (Bs/ha)

C: Costo de producción (Bs.)

c) **Relación Beneficio / costo.** La razón beneficio/costo sirve para medir la capacidad que tiene la aplicación de un tratamiento alternativo y generar rentabilidad por cada unidad monetaria gastada, para esto se tienen las siguientes relaciones, según Arias citado por (Nina 2020).

$B/C > 1$  Aceptado

$B/C = 1$  Dudoso

$B/C < 1$  Rechazado

$$B/C = IB / CP$$

Donde:

B/C = Beneficio Costo (Bs).

IB = Ingreso Brutos (Bs).

CP = Costos de Producción (Bs).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Variables de respuesta

El presente estudio se llevó a cabo entre octubre de 2023 y marzo de 2024 en la comunidad de Mantecani, ubicada en el municipio de Patacamaya, con el objetivo de evaluar la eficacia de tratamientos en herbicidas en el control de malezas. Durante el trabajo de campo, se aplicaron tres tratamientos en herbicidas, junto con un testigo sin aplicación de herbicida, utilizando productos tanto pre emergentes como post emergentes. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos.

#### 4.1.1. Variables de maleza

##### 4.1.1.1. Evaluación de población de maleza

En el Cuadro 3 se presenta la clasificación de las principales malezas identificadas en el cultivo de zanahoria en la zona productora de Mantecani municipio de Patacamaya, mismas las que se corroboraron en el Herbario Nacional de Bolivia, anexo 19. Para la clasificación se tomó en cuenta el nombre científico y común también la familia a la que pertenece. Se identifican siete familias botánicas, entre las cuales predomina la familia Poaceae, Brassicaceae y Asteraceae, que cuenta con tres especies.

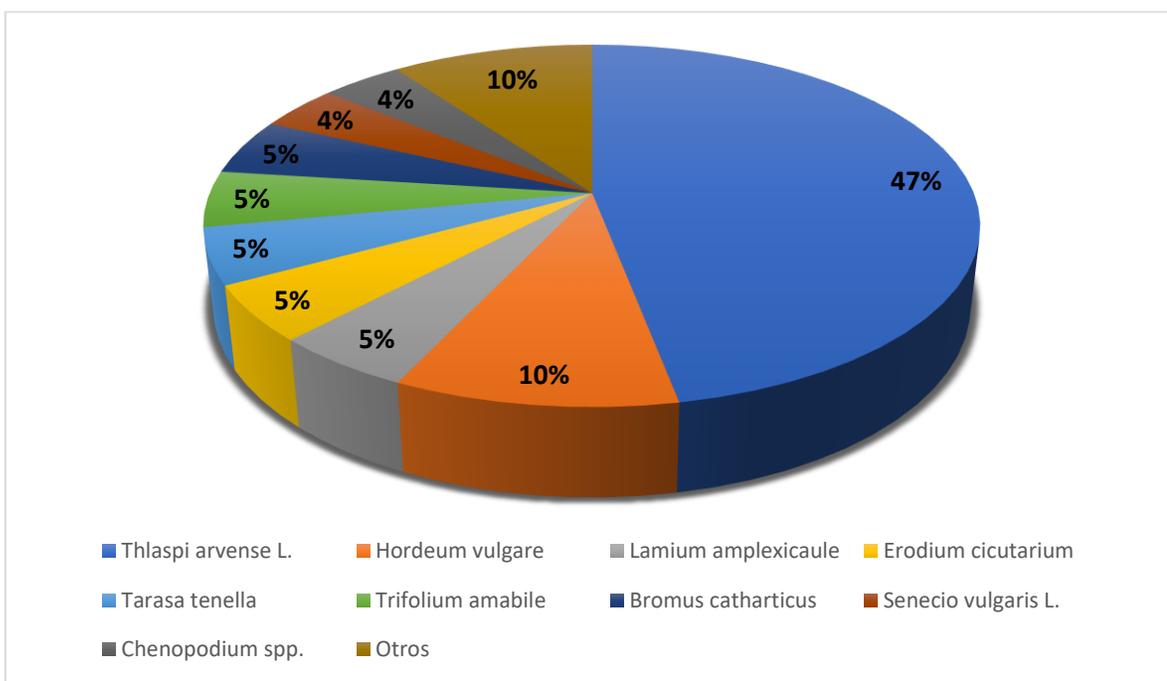
**Cuadro 3. Clasificación botánica de malezas presentes.**

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Malvaceae	<i>Tarasa tenella</i>	Malva normal (malva común)
Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i>	Ortiga negra
Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Hierba cana
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Kanapaku
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
Poaceae	<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i>	Cebadilla
Poaceae	<i>Poa annua</i>	Pasto de invierno
Brassicaceae	<i>Capsella bursapastoris</i>	Bolsa de pastor
Brassicaceae	<i>Thlaspi arvense</i> L.	Monedita de oro, carraspique
Brassicaceae	<i>Sisymbrium irio</i>	Mostaza blanca
Fabaceae	<i>Trifolium amabile</i>	Trébol

<b>Polygonaceae</b>	<i>Polygonum aviculare</i>	Acederilla
<b>Geraniaceae</b>	<i>Erodium cicutarium</i>	Reloj o aguja
<b>Amaranthaceae</b>	<i>Chenopodium spp.</i>	Quinoa silvestre o ajara

Fuente: Elaboración propia

La Figura 1 ilustra la presencia de 15 especies de malezas identificadas en el cultivo de zanahoria en la comunidad de Mantecani, municipio de Patacamaya. Entre ellas, la especie *Thlaspi arvense* L. (conocida como monedita de oro) destacó por su alta densidad, representando el 47% de la población total de malezas por metro cuadrado. Le siguió *Hordeum vulgare* (cebada), con un 10% de presencia. El 43% restante correspondió a 13 especies con menor abundancia, reflejando una diversidad significativa en la flora adventicia del cultivo.



**Figura 1. Porcentaje de malezas presentes en el cultivo de zanahoria.**

La presencia de malezas está directamente relacionada con la pérdida de rendimiento, debido a la competencia por recursos y al incremento en la incidencia de plagas (Pérez, 2011). Por ello, es fundamental identificar la flora de malezas presente en los cultivos de hortalizas, especialmente en el de zanahoria, con el fin de establecer métodos de control más eficaces (Zaragoza, 2004).

#### 4.1.1.2. Densidad de maleza

El análisis de varianza de la densidad de malezas, presentado en el Cuadro 4, muestra que no existen diferencias significativas entre los bloques ( $p > 0,05$ ). No obstante, se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto a la densidad de malezas por metro cuadrado ( $p < 0,01$ ). El coeficiente de variación fue de 15,49%, lo cual indica que los datos son confiables, ya que este valor es inferior al 30%, considerado el límite aceptable en ensayos de campo.

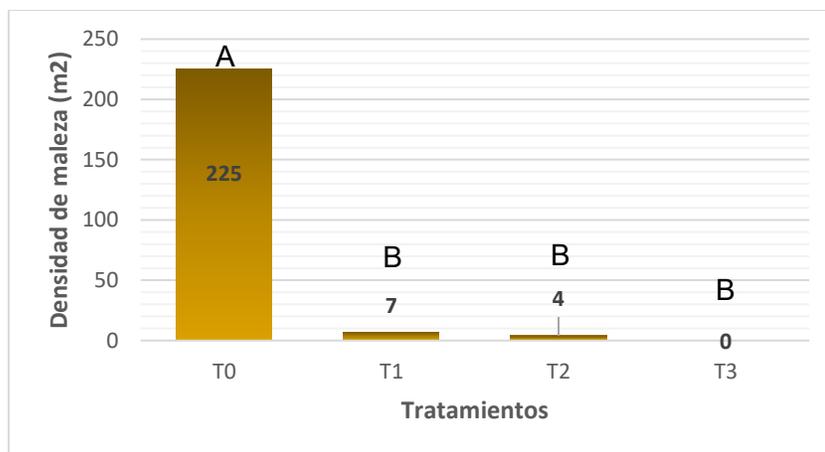
**Cuadro 4. Análisis de varianza de densidad de maleza en m<sup>2</sup>.**

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
<b>Bloque</b>	2	224	112	1,34	0,3302	ns
<b>Tratamientos</b>	3	110734,67	36911,56	441,76	0,0001	**
<b>Error</b>	6	501,33	83,56			
<b>Totales</b>	11	111460				

**CV = 15,49%**

\*\*  $p < 0.01$ ; ns:  $p > 0.05$

En las pruebas de medias realizadas mediante el método de Duncan, presentadas en la Figura 2, se observa que en el tratamiento T0, en el que no se aplicó ningún herbicida, se registró un promedio de 225 ejemplares de maleza por metro cuadrado. Se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos que incluyeron herbicidas pre emergentes y post emergentes, en comparación con el testigo sin herbicida. Entre los tratamientos con herbicidas, el Tratamiento 3, en el que se aplicaron tanto un herbicida pre emergente como post emergente, mostró la menor densidad de malezas, con un promedio de 0 malezas por metro cuadrado, logrando así un control más efectivo de la población de malezas.



**Figura 2. Densidad de maleza en m<sup>2</sup> por tratamiento.**

La densidad de maleza es un parámetro clave para evaluar la efectividad de los herbicidas aplicados (Ayala, 2010). A continuación, se presentan los resultados registrados a los 35, 70 y 95 días después de la siembra.

#### **4.1.1.2.1. Densidad de maleza a los 35, 70 y 95 días.**

En el Cuadro 5 se muestran los resultados a los 35 días después de la siembra, en esta etapa de la investigación ya se realizó la aplicación de pre emergente 14 días después de la siembra y el post emergente se aplicó a los 35 días después de la siembra. El tratamiento 1 (T1) con linuron (herbicida pre emergente), se observó 32 plantas por m<sup>2</sup> en la que predomina la especie *Thlaspi arvense* L. (monedita de oro) con 16 plantas por m<sup>2</sup>, seguida por *Erodium cicutarium* (reloj o aguja), *Senecio vulgaris* (hierba cana) y *Bromus catharticus* (cebadilla), con 4 plantas por m<sup>2</sup> respectivamente.

En el Tratamiento 3 (T3), que también incluyó un herbicida pre emergente, presentó 36 plantas por m<sup>2</sup>, *Thlaspi arvense* L. presentó la mayor abundancia con 20 plantas por m<sup>2</sup>, mientras que *Erodium cicutarium* se registró con 8 plantas por metro cuadrado.

En el Tratamiento 2 (T2), que consistió en la aplicación de metribuzina (herbicida post emergente) a los 35 días después de la siembra, se observó 268 plantas por m<sup>2</sup>, con una mayor población de *Thlaspi arvense* L., con 232 plantas por m<sup>2</sup>. En esta fecha de evaluación, las zanahorias se encontraban con dos hojas verdaderas, lo que permite evidenciar la competencia entre las malezas y el cultivo.

**Cuadro 5. Densidad de maleza a los 35 días post siembra en el cultivo de zanahoria en m<sup>2</sup>.**

	<i>Thlaspi arvense</i> L.	<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Senecio vulgaris</i> L.	<i>Bromus catharticus</i>	Otros	Total
<b>T1: Pre emergente (linurón)</b>	16	4	4	4	4	32
<b>T2: Post emergente (metribuzina)</b>	232	16	8	4	8	268
<b>T3: Pre y post emergente (linurón y metribuzina)</b>	20	8	4	2	2	36

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 6, correspondiente a los 70 días después de la siembra, se observan los resultados de los diferentes tratamientos. En el Tratamiento 2 (T2), que consistió en la aplicación de metribuzina (herbicida post emergente) a los 35 días, se registró una disminución en la población de malezas con 8 plantas m<sup>2</sup>, destacando *Erodium cicutarium* con 4 plantas por m<sup>2</sup>. En el Tratamiento 3 (T3), donde se aplicaron linurón y metribuzina, se observó una menor población de malezas con 3 plantas por m<sup>2</sup>, lo que evidencia la efectividad de la combinación de un herbicida pre emergente y post emergente para el control de malezas. Finalmente, en el Tratamiento 1 (T1), con linurón (herbicida pre emergente) aplicado a los 14 días después de siembra, se registró una disminución en la población de malezas con 12 plantas por m<sup>2</sup>, destacando *Bromus catharticus* (cebadilla) con 4 plantas por m<sup>2</sup>.

**Cuadro 6. Densidad de maleza a los 70 días post siembra en el cultivo de zanahoria en m<sup>2</sup>.**

	<i>Thlaspi arvense</i> L.	<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Senecio vulgaris</i> L.	<i>Bromus catharticus</i>	Otros	Total
<b>T1: Pre emergente (linurón)</b>	3	0	1	4	4	<b>12</b>
<b>T2: Post emergente (metribuzina)</b>	0	4	2	2	0	<b>8</b>
<b>T3: Pre y post emergente (linurón y metribuzina)</b>	0	0	1	1	1	<b>3</b>

Fuente: Elaboración propia

En los resultados observados a los 95 días después de la siembra, presentados en el Cuadro 7, el Tratamiento 3 (T3), que consistió en la aplicación de linurón y metribuzina (pre emergente y post emergente), mostró el mayor control de malezas, reduciendo la población a 0 plantas por m<sup>2</sup>. En el Tratamiento 2 (T2), con metribuzina (post emergente), se registraron 4 plantas por m<sup>2</sup>, siendo las especies predominantes *Senecio vulgaris* L. y

*Bromus catharticus*. Finalmente, en el Tratamiento 1 (T1), con linurón (pre emergente), se observaron 7 plantas por m<sup>2</sup>, con 4 plantas por m<sup>2</sup> de *Bromus catharticus* como la especie predominante.

**Cuadro 7. Densidad de maleza a los 95 días post siembra en el cultivo de zanahoria en m<sup>2</sup>.**

	<i>Thlaspi arvense</i> L.	<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Senecio vulgaris</i> L.	<i>Bromus catharticus</i>	Otros	Total
<b>T1: Pre emergente (linurón)</b>	2	0	1	4	0	<b>7</b>
<b>T2: Post emergente (metribuzina)</b>	0	0	2	2	0	<b>4</b>
<b>T3: Pre y post emergente (linurón y metribuzina)</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia

Según Pérez (2011), en un estudio realizado con la aplicación del herbicida pre emergente linurón a 1,5 kg/ha, se observó una población de 11 plantas por metro cuadrado 90 días después de la siembra. Esto demuestra que el linurón, aplicado en pre emergencia, es el tratamiento que presenta menor interferencia de maleza, logrando una reducción del 94%. Además, Pérez (2011) también evaluó el uso del herbicida post emergente metribuzina a 0,5 kg/ha, y a los 90 días después de la siembra se registraron 16 plantas por metro cuadrado, lo que resultó en una reducción del 83% de las malezas presentes.

Por otro lado, en un estudio de Villalobos (2002), se aplicó un herbicida pre emergente a 1,25 kg/ha y, 37 días después, un post emergente de metribuzina a 0,35 kg/ha. A los 45 días de la aplicación del post emergente, se registraron 2 plantas por metro cuadrado, lo que evidenció una mayor efectividad en la reducción de malezas.

En comparación con estos estudios previos, los resultados obtenidos en la presente investigación son igualmente favorables, destacándose en la efectividad del control de malezas la combinación de un pre emergente y un post emergente.

#### **4.1.1.2.2. Resultado del ensayo en invernadero en densidad de maleza**

Complementando a la investigación los resultados obtenidos en invernadero en el cuadro 8 se muestra que, en todos los tratamientos, el número de malezas disminuye con el tiempo, lo que indica una efectividad progresiva de los herbicidas aplicados. El Tratamiento 1 Linurón (PE) muestra una reducción constante en la cantidad de malezas, con 7 malezas a

los 15 y 60 días. El Tratamiento 2 Metribuzina (POST) inicialmente presenta 12 malezas a los 15 días, pero disminuye a 4 malezas a los 60 días. En el Tratamiento 3 Linurón (PE) y Metribuzina (POST) comienza con 7 malezas a los 15 días y mantiene una reducción sostenida hasta las 4 malezas a los 60 días. El Tratamiento 0 Ningún herbicida no muestra reducción en el número de malezas, permaneciendo constante en 12 malezas durante todo el periodo.

**Cuadro 8. Ensayo en invernadero de densidad de maleza por tratamientos.**

TRATAMIENTOS	DÍAS (DDS)			
	15	30	45	60
T1 LINURÓN (PE)	7	11	9	7
T2 METRIBUZINA (POST)	12	10	5	4
T3 LINURÓN (PE) Y METRIBUZINA (POST)	7	7	6	4
T0 NINGÚN HERBICIDA	12	15	12	12

\*PE: pre emergente, Post: post emergente

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, los tratamientos con herbicidas (T1, T2 y T3) son efectivos para reducir la cantidad de malezas con el tiempo. El uso combinado de Linurón en preemergencia y Metribuzina en post emergencia (T3) muestra una reducción sostenida en la cantidad de malezas. El tratamiento testigo (T0) sin herbicida no presenta control de malezas, lo que resalta la importancia del uso de herbicidas en el manejo de malezas.

Los resultados obtenidos en condiciones de campo e invernadero indican que la aplicación de herbicidas pre emergentes y post emergentes resulta efectiva para el control de malezas. En campo, se registró una densidad de 3 malezas por metro cuadrado a los 70 días después de la siembra, mientras que en invernadero se observó una densidad de 4 malezas por metro cuadrado a los 60 días. Permitiendo que el cultivo de zanahoria tenga menor competencia de nutrientes y a si poder obtener buenos rendimientos.

#### **4.1.1.3. Porcentaje de mortalidad de maleza**

En el análisis de varianza realizado sobre el porcentaje de mortalidad de maleza, presentado en el Cuadro 9, no se observaron diferencias significativas entre los bloques ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $p < 0,01$ ). Además, el coeficiente de variación fue de 1,31%, lo que indica que

los datos son confiables, ya que este valor es inferior al 30%, considerado un umbral aceptable.

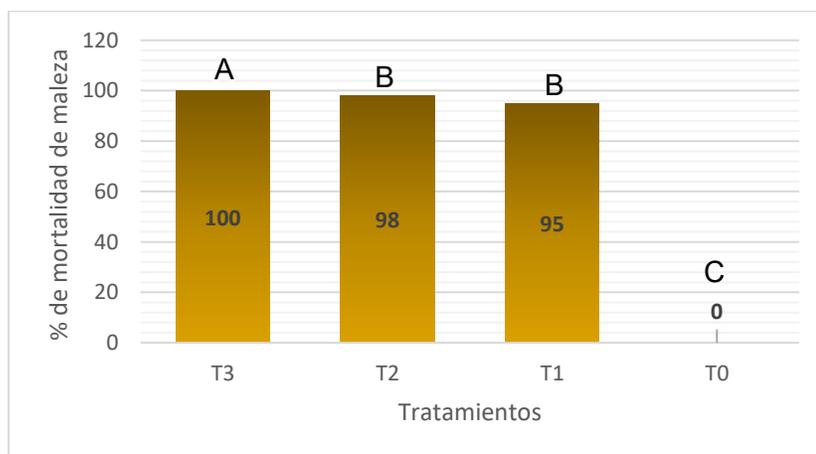
**Cuadro 9. Análisis de varianza de porcentaje de mortalidad de maleza.**

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
<b>Bloque</b>	2	1,17	0,58	0,64	0,5615	ns
<b>Tratamientos</b>	3	21550,00	7183,33	7836,36	0,0001	**
<b>Error</b>	6	5,50	0,92			
<b>Total</b>	11	21556,67				

CV = 1,31

\*\*  $p < 0.01$ ; ns:  $p > 0.05$

Según los resultados de la prueba de comparación de medias mediante el método de Duncan al 5% (Figura 3), se observó que el Tratamiento 3 (T3), que consistió en la aplicación de linurón en pre emergencia (PE) y metribuzina en post emergencia (Post), alcanzó un 100% de mortalidad de malezas a los 120 días después de la siembra, lo que demuestra una alta eficacia en el control de malezas. En comparación, el Tratamiento 1 (T1), que solo incluyó la aplicación de linurón en preemergencia, registró una mortalidad del 95%, siendo el valor más bajo entre los tratamientos con herbicidas. En contraste, el testigo, al que no se aplicó ningún herbicida, presentó un 0% de mortalidad de malezas.



**Figura 3. Porcentaje de mortalidad de maleza por tratamiento.**

Según Pérez (2011), en su estudio, la aplicación de linurón (pre emergente) a 1,5 kg/ha resultó en un 94% de mortalidad de maleza, mientras que la aplicación de metribuzina (post emergente) a 0,5 kg/ha alcanzó un 84% de mortalidad a los 116 días post emergencia. Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran similitudes, favoreciendo los

efectos de la combinación de un herbicida preemergente y postemergente, lo que demuestra que esta estrategia es más efectiva para el control total de malezas en el cultivo de zanahoria.

#### 4.1.1.3.1. Resultados del ensayo en invernadero en porcentaje de mortalidad de maleza

Complementando la investigación realizada en campo abierto, los resultados obtenidos en invernadero, en el Cuadro 10 el tratamiento T3 muestra la mayor eficacia en el control de maleza, con un 62% de mortalidad. El tratamiento T2 sigue con un 57%, indicando también una alta efectividad. El tratamiento T1 presenta un 47%, que, aunque es menor, aún sugiere un control significativo. El T0, que es el grupo control sin tratamiento, muestra solo un 5% de mortalidad, lo que confirma la mortandad de maleza sin intervención.

**Cuadro 10. Ensayo de invernadero porcentaje de mortalidad de maleza.**

TRATAMIENTOS	T3	T2	T1	T0
% DE MORTALIDAD DE MALEZA	62	57	47	5

Fuente: Elaboración propia

La diferencia en mortalidad entre T3 (62%) y T1 (47%) es de 15 puntos porcentuales, lo que podría indicar que T3 es más efectivo que T1. Sin embargo, la diferencia entre T2 (57%) y T1 (47%) es de 10 puntos, sugiriendo que T2 también es significativamente más efectivo que T1.

Es importante identificar qué el uso de un pre y post emergente hace que T3 sea más efectivo que T2 y T1. Además, condiciones ambientales como la humedad, temperatura y tipo de suelo pueden afectar la eficacia de los tratamientos. En conclusión, los tratamientos T1, T2 y T3 han demostrado ser efectivos en el control de maleza en comparación con el testigo al cual no se le aplicó herbicida, por lo tanto, el T3 ha mostrado la mayor eficacia.

En conclusión, los resultados obtenidos tanto en condiciones de campo como en invernadero demuestran que el uso de un herbicida preemergentes y posemergentes es más efectivo para el control de malezas, lo cual favorece el desarrollo del cultivo de zanahoria. No obstante, los demás tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativamente marcadas en comparación con el Tratamiento 3.

#### 4.1.2. Variable de zanahoria

##### 4.1.2.1. Altura de planta de zanahoria.

En el cuadro 11 se muestran los resultados de análisis de varianza de altura de planta en el cual no existen diferencias significativas entre los bloques y los tratamientos ( $p > 0,05$ ), sin embargo, el coeficiente de varianza es de 9,34% por lo que los datos son confiables ya que se encuentra siendo inferior al 30%.

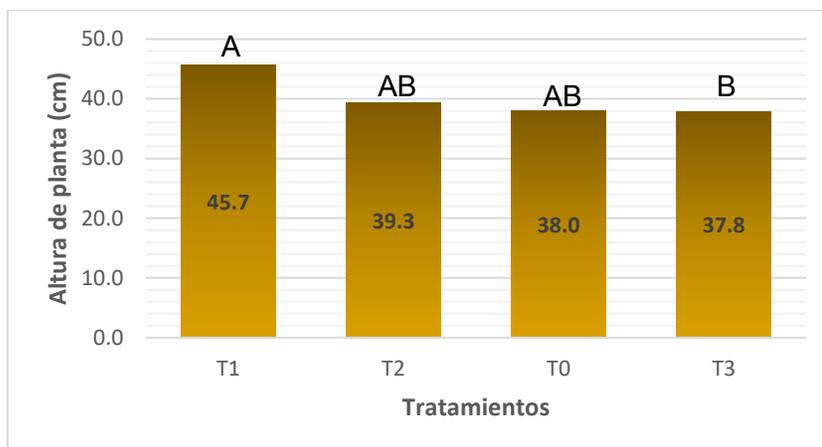
<b>Cuadro 11.</b>		<b>Análisis de varianza de altura de planta de zanahoria (cm).</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	25,17	12,58	0,90	0,4562	ns
<b>Tratamientos</b>	3	127,58	42,53	3,03	0,1149	ns
<b>Error</b>	6	84,17	14,03			
<b>Total</b>	11	236,92				

**CV = 9,34**

\*\*  $p < 0.01$ ; ns:  $p > 0.05$

En la Figura 4 se presentan los resultados de la altura de planta en el cultivo de zanahoria, evaluados mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5%. Los datos indican que el tratamiento T1: Linurón (PE) alcanzó la mayor altura promedio de follaje, con 45,7 cm, mientras que el tratamiento T3: Linurón (PE) y Metribuzina (Post) obtuvo la menor altura promedio, con 37,8 cm. Es importante destacar que no se observaron diferencias significativas entre el tratamiento T2 y el testigo (T0), lo que sugiere que ambos presentaron respuestas similares en términos de altura de planta.

En conclusión, la aplicación de Linurón (PE) como tratamiento preemergente mostró una mayor eficacia en el aumento de la altura de planta en el cultivo de zanahoria, en comparación con la combinación de Linurón (PE) y Metribuzina (Post).



**Figura 4. Altura de planta (cm) por tratamiento.**

Los resultados obtenidos en la presente investigación se sitúan dentro del rango de alturas reportadas en estudios previos. Por ejemplo, Chillo (2024) reportó una altura de 50,8 cm en la variedad Altiplano, mientras que Pérez (2011) encontró alturas de 21,2 cm con la aplicación de linurón como pre emergente y 17,2 cm con metribuzina como post emergente. En comparación, los tratamientos evaluados en este estudio, especialmente el T1 (linurón como pre emergente), lograron una altura de planta superior a 45 cm, lo que coincide con los hallazgos de Chillo (2024) y sugiere que la aplicación de linurón como pre emergente favorece el crecimiento en altura de la zanahoria. Estos resultados respaldan la hipótesis de que el uso de herbicidas pre emergentes, como el linurón, puede ser beneficioso para el desarrollo en altura de las plantas de zanahoria

#### **4.1.2.2. Porcentaje de mortalidad de zanahoria.**

El análisis de varianza de porcentaje de mortalidad de zanahoria cuadro 12, no existen diferencias significativas entre los bloques ( $p > 0,05$ ), sin embargo, existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en porcentaje de mortalidad de zanahoria ( $p < 0,01$ ). El coeficiente de varianza es de 11,89% por lo que los datos obtenidos son confiables ya que se encuentra siendo inferior al 30%.

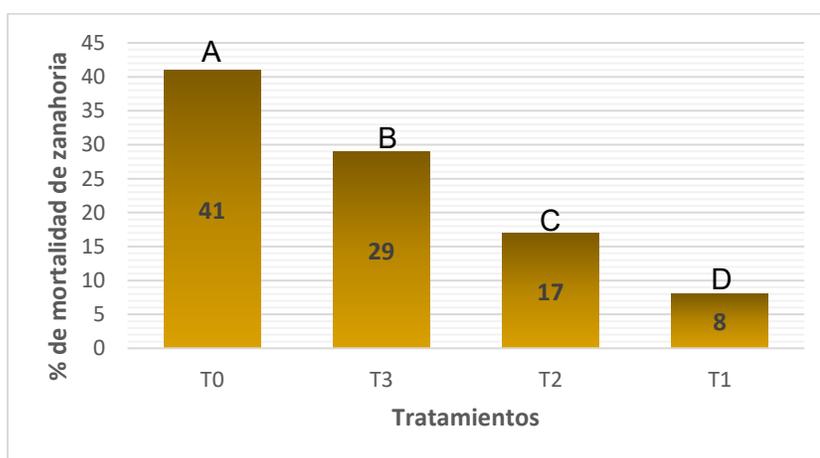
**Cuadro 12. Análisis de varianza de porcentaje de mortalidad de zanahoria.**

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	2	3,50	1,75	0,22	0,8091	ns
Tratamientos	3	1832,92	610,97	76,64	0,0001	**
Error	6	47,83	7,97			
Total	11	1884,25				

CV = 11,89

\*\* p &lt; 0.01; ns: p &gt; 0.05

Los resultados obtenidos en la Figura 5 muestran la mortalidad de plantas de zanahoria bajo diferentes tratamientos herbicidas, evaluados mediante la prueba de medias de Duncan al 5%. El tratamiento T0, que consistió en la ausencia de aplicación de herbicidas, presentó una mortalidad del 41%, indicando que la competencia con malezas no controladas puede tener un impacto significativo en la supervivencia del cultivo. El tratamiento T1, que implicó la aplicación de linurón como herbicida pre emergente, registró la menor mortalidad con un 8%, sugiriendo que el control efectivo de malezas desde la fase inicial del cultivo favorece la supervivencia de las plantas. Por otro lado, el tratamiento T3, que combinó linurón como pre emergente y metribuzina como post emergente, resultó en una mortalidad del 29%, lo que indica que la aplicación combinada de estos herbicidas puede tener efectos adversos en la zanahoria, posiblemente debido a la fitotoxicidad o a la interacción entre los productos aplicados.

**Figura 5. Porcentaje de mortalidad de zanahoria por tratamiento.**

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los hallazgos de Pérez (2011), quien evaluó la aplicación de herbicidas en zanahoria. En su estudio, Pérez reportó una mortalidad del 13% en zanahorias tratadas con linurón (1,5 kg/ha) aplicado como pre emergente, y una mortalidad del 20% con la aplicación de metribuzina (0,5 kg/ha) como post emergente. Estos resultados sugieren que la aplicación de linurón como pre emergente tiene un efecto menos perjudicial sobre la mortalidad de las plantas en comparación con la aplicación de metribuzina como post emergente. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que han evaluado el impacto de diferentes herbicidas en la mortalidad de zanahorias. Por ejemplo, en una investigación realizada en Huánuco, Murrugarra (2019), se observó que la aplicación de linurón como pre emergente resultó en una menor mortalidad de plantas de zanahoria, destacando su eficacia en el control de malezas sin afectar negativamente al cultivo.

En la investigación realizada, el tratamiento T1, que consistió en la aplicación de linurón como pre emergente, mostró una mortalidad significativamente menor. Estos resultados respaldan la hipótesis de que la aplicación de linurón como pre emergente es más favorable para la supervivencia de las plantas de zanahoria. En conclusión, para minimizar la mortalidad de las plantas de zanahoria, se recomienda la aplicación de linurón como herbicida pre emergente, ya que ha demostrado ser más efectivo y menos perjudicial para el cultivo en comparación con la aplicación de metribuzina como post emergente.

#### **4.1.2.2.1. Resultados del ensayo en invernadero en porcentaje de mortalidad de zanahoria**

Complementado la investigación en campo, los resultados obtenidos en invernadero en mortalidad de zanahoria muestra en el Cuadro 13 que el tratamiento T1 obtuvo menor mortalidad de zanahoria (20%), indicando que este tratamiento es el más seguro para el cultivo en comparación con los demás. Los tratamientos T2 y T3 presentan mortalidades más altas (55% y 60%, respectivamente), lo que sugiere que estos tratamientos podrían tener efectos negativos sobre la zanahoria. El T0, que es el grupo control sin tratamiento, muestra una mortalidad del 40%, lo que indica que la zanahoria tiene una mortalidad natural sin intervención.

**Cuadro 13. Ensayo de invernadero en porcentaje de mortalidad de zanahoria.**

TRATAMIENTOS	T1	T2	T3	T0
% DE MORTALIDAD DE ZANAHORIA	20	55	60	40

Fuente: Elaboración propia

La diferencia en mortalidad entre T1 (20%) y T3 (60%) es de 40 puntos porcentuales, lo que indica una diferencia significativa en el impacto de estos tratamientos sobre la zanahoria. La diferencia entre T2 (55%) y T3 (60%) es de solo 5 puntos, lo que sugiere que ambos tratamientos tienen efectos similares en la mortalidad de la zanahoria.

En conclusión, el tratamiento T1 al cual se le aplicó un pre emergente es el más adecuado para el cultivo de zanahoria, ya que presenta la menor mortalidad. Sin embargo, los T2 y T3 al cual se le aplicó un post emergente presentaron mayor mortalidad y es el menos adecuado para el cultivo de zanahoria. También podemos recalcar que en este caso el testigo presentó menor mortalidad que los T2 y T3 esto puede deberse a la escasa superficie en la cual se realizó el ensayo en invernadero.

Tanto la investigación realizada en campo como en invernadero demuestra que el Tratamiento 1, que incluye la aplicación de herbicida pre emergente, presentó la menor mortalidad en plantas de zanahoria, mostrando diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás tratamientos evaluados.

#### 4.1.2.3. Fitotoxicidad de herbicidas en la zanahoria

**Cuadro 14. Fitotoxicidad de herbicidas en la zanahoria.**

DIAS	HERBICIDA PRE EMERGENTE							
	0	7	14	21	28	35	42	49
DIAS	HERBICIDA POST EMERGENTE							
	0	7	14	21	28	35	42	49
T1		T0	T0	T1	T1	T3	T5	8%
T2					T1	T1	T3	T5 17%
T3		T0	T0	T1	T1	T3	T5	29%

Fuente: Elaboración propia

Las evaluaciones registradas cada semana se observan en el Cuadro 14, en la que en el T1 se presentó toxicidad 1 (marchites leve de hojas) a los 21 días post aplicación de linurón

y a los 42 días toxicidad 5 (muerte total de la planta) un 8%, en el T3 se aplicó linurón (PE) y metribuzina (Post) a los 42 días se muestra toxicidad 5 (muerte total de la planta) en un 29%, en el T2 metribuzina (Post) la toxicidad 1 (marchites leve de hojas) a los 7 días post aplicación y toxicidad 5 (muerte total de la planta) a los 28 días post aplicación en un 17%.

En resultados obtenidos por Pérez (2011) se encontró fitotoxicidad en las aplicadas de un post emergente metribuzina a los 15 días post aplicación de 17,4% de daño, en las demás parcelas en las que se aplicó un pre emergente linurón con un daño 9,2%. Por lo tanto, los resultados del estudio muestran resultados similares al anterior estudio, sin embargo, con la aplicación de un pre y un post obtenemos más daño en la zanahoria causando fitotoxicidad en un 29% por lo tanto se recomienda la aplicación de un pre emergente para menor toxicidad en la zanahoria.

#### 4.1.3. Variables de cosecha

##### 4.1.3.1. Longitud de raíz

El análisis de varianza realizado sobre longitud de raíz que se muestra en el cuadro 15, no existen diferencias significativas entre los bloques ( $p > 0,05$ ), sin embargo, existen diferencias significativas entre los tratamientos en longitud de raíz ( $p < 0,01$ ). El coeficiente de varianza es de 3,41% por lo que los datos son confiables ya que se encuentra siendo inferior al 30%.

<b>Cuadro 15.</b>		<b>Análisis de varianza de longitud de raíz (cm).</b>				
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	0,25	0,13	0,65	0,5553	ns
<b>Tratamientos</b>	3	25,20	8,40	43,38	0,0002	**
<b>Error</b>	6	1,16	0,19			
<b>Total</b>	11	26,61				

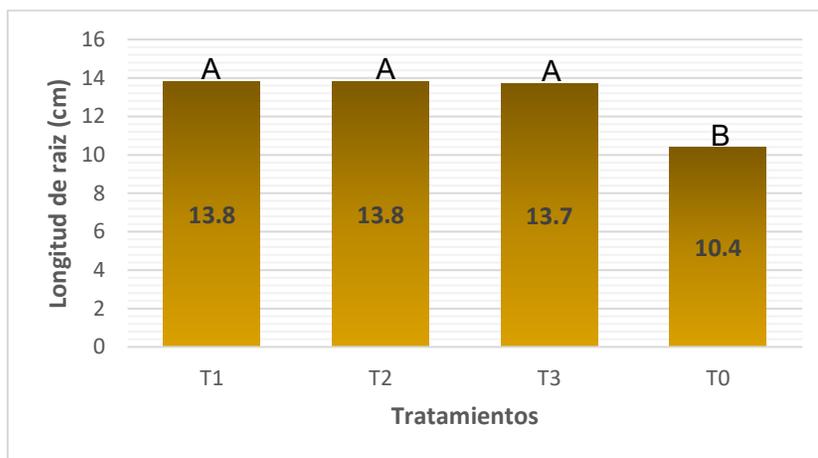
**CV = 3,41**

\*\*  $p < 0.01$ ; ns:  $p > 0.05$

En los resultados obtenidos en las pruebas de comparación de medias mediante el test de Duncan al 5% (Figura 6), el tratamiento T1, al que se aplicó el herbicida linurón en preemergencia (PE), alcanzó una longitud promedio de raíz de 13,8 cm, siendo la mayor

entre los tratamientos evaluados. Por otro lado, el tratamiento T0, que no recibió aplicación de herbicida, presentó la menor longitud de raíz, con un promedio de 10,4 cm.

Entre los tratamientos T1, T2 y T3, en los que se aplicaron diferentes combinaciones de herbicidas, no se observaron diferencias significativas en la longitud de raíz. El tratamiento T3, en el que se aplicó linurón (PE) en combinación con metribuzina en post emergencia (POST), mostró una longitud ligeramente menor, con un promedio de 13,67 cm.



**Figura 6. Longitud de raíz (cm) por tratamiento.**

En estudios previos realizados con la variedad Altiplano, Chillo (2011) reportó una longitud de raíz de 14 cm. De manera similar, Pérez (2011) obtuvo también una longitud de 14 cm con la aplicación del herbicida pre emergente linurón, mientras que con la aplicación del herbicida post emergente metribuzina se alcanzó una longitud de raíz de 13,8 cm.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que la longitud de raíz se encuentra dentro del rango considerado como comercial, según los criterios establecidos por García (2009). No obstante, la aplicación de herbicidas no mostró una influencia significativa en la longitud de raíz entre los tratamientos evaluados, en comparación con el tratamiento testigo (sin herbicida), el cual presentó una longitud menor que no cumple con los estándares del rango comercial.

#### **4.1.3.2. Diámetro de raíz**

En el cuadro 16 de análisis de varianza de diámetro de raíz muestra que no existen diferencias significativas entre los bloques ( $p > 0,05$ ), sin embargo, existen diferencias

significativas entre los tratamientos en diámetro de raíz ( $p < 0,01$ ). El coeficiente de varianza fue de 4,23% por lo que los datos son confiables ya que se encuentra siendo inferior al 30%.

**Cuadro 16. Análisis de varianza de diámetro de raíz (cm).**

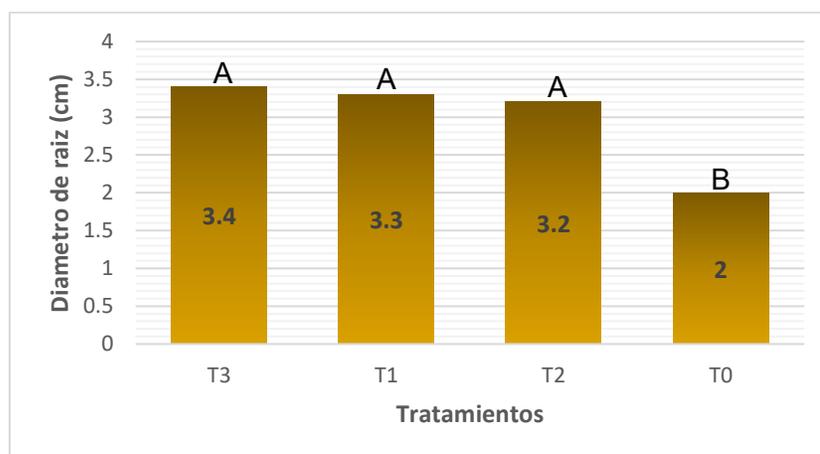
FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	2	0,01	2,5E-03	0,16	0,8574	ns
Tratamientos	3	3,86	1,29	81,32	0,0001	**
Error	6	0,10	0,02			
Total	11	3,96				

CV = 4,23

\*\*  $p < 0.01$ ; ns:  $p > 0.05$

Según los resultados de la prueba de comparación de medias mediante el método de Duncan al 5% (Figura 7), el tratamiento T3, al que se aplicaron los herbicidas linurón en preemergencia (PE) y metribuzina en postemergencia (POST), alcanzó el mayor diámetro promedio de raíz, con 3,4 cm. En contraste, el tratamiento T0, que no recibió aplicación de herbicidas, presentó el diámetro promedio más bajo, con 2,0 cm.

Entre los tratamientos que incluyeron aplicaciones de herbicidas, no se observaron diferencias significativas en cuanto al diámetro de raíz. El valor más bajo dentro de este grupo correspondió al tratamiento T2, en el cual se aplicó únicamente metribuzina (POST), con un diámetro promedio de 3,2 cm.



**Figura 7. Diámetro de raíz (cm) por tratamiento.**

Según los resultados reportados por López (2005), se alcanzó un diámetro promedio de raíz de 2,93 cm, mientras que Chillo (2024) registró un valor de 3,5 cm en la variedad Altiplano. En comparación, los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que no existen diferencias significativas en el diámetro de raíz entre los tratamientos evaluados, ya que todos se encuentran dentro del rango considerado como categoría comercial, según los criterios de García (2009).

No obstante, el tratamiento T3, que incluyó la aplicación de herbicidas tanto en preemergencia (linurón) como en post emergencia (metribuzina), presentó el mayor diámetro promedio de raíz. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente superior respecto a los demás tratamientos con herbicidas.

#### 4.1.3.3. Peso de raíz

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 17 en peso de raíz determina que no existen diferencias significativas entre los bloques ( $p > 0,05$ ), sin embargo, existen diferencias significativas entre los tratamientos en peso de raíz en gramos ( $p < 0,01$ ). El coeficiente de varianza es de 17,56% por lo que los datos son confiables ya que se encuentra siendo inferior al 30%.

**Cuadro 17. Análisis de varianza de peso de raíz (g).**

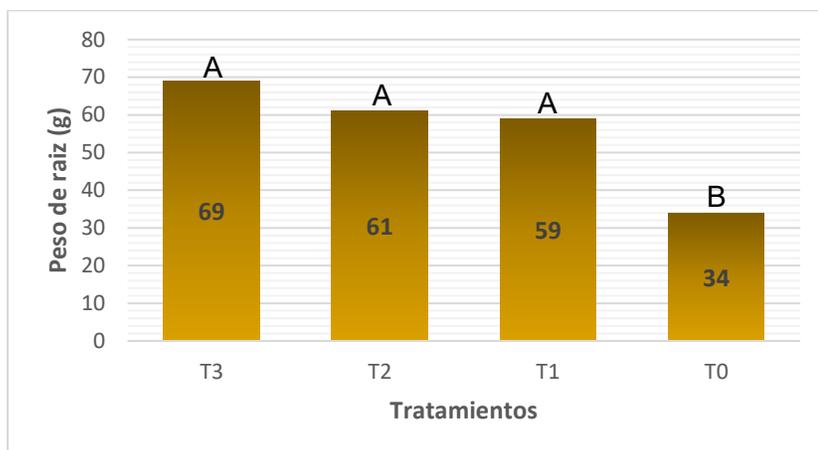
FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
<b>Bloque</b>	2	12,67	6,33	0,07	0,9360	ns
<b>Tratamientos</b>	3	2060,25	686,75	7,25	0,0202	**
<b>Error</b>	6	568,00	94,67			
<b>Total</b>	11	2640,92				

**CV = 17,56**

\*\*  $p < 0.01$ ; ns:  $p > 0.05$

En los resultados de la prueba de comparación de medias mediante el método de Duncan (Figura 8), el tratamiento T3, al que se aplicaron los herbicidas linurón en preemergencia (PE) y metribuzina en post emergencia (POST), alcanzó el mayor peso promedio por raíz, con 69 gramos. En contraste, el tratamiento T1, con aplicación únicamente de linurón (PE), presentó un peso promedio ligeramente inferior, con 59 gramos por raíz.

Por otro lado, el tratamiento testigo (T0), que no recibió aplicación de herbicidas, mostró el peso promedio más bajo, con tan solo 34 gramos por raíz.



**Figura 8. Peso de raíz (g) por tratamiento.**

Los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con los reportados por Sarzuri (2018), quien alcanzó un peso promedio de 70 gramos por raíz en la variedad Altiplano. De igual manera, Pérez (2011) registró un peso promedio de 60 gramos por raíz en tratamientos con aplicación de linurón en preemergencia, y de 57 gramos en tratamientos con aplicación de metribuzina en post emergencia.

Estos hallazgos permiten concluir que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos en el presente estudio y los reportados en investigaciones anteriores. Asimismo, se evidencia que el uso de herbicidas influye positivamente en el peso de raíz, posiblemente debido a la reducción de la competencia entre plantas por efecto del raleo inducido por los herbicidas, lo cual favorece un mayor crecimiento y desarrollo de las raíces ya que no hay competencia de nutrientes.

#### **4.1.3.4. Número de raíces totales por m<sup>2</sup>.**

El análisis de varianza que se muestra en el cuadro 18 en número de raíces determina que no existen diferencias significativas entre los bloques ( $p > 0,05$ ), sin embargo, existen diferencias significativas entre los tratamientos en número de raíces ( $p < 0,01$ ). El coeficiente de varianza es de 21,07% por lo que los datos son confiables ya que se encuentra siendo inferior al 30%.

**Cuadro 18. Análisis de varianza de numero de raíces m<sup>2</sup>.**

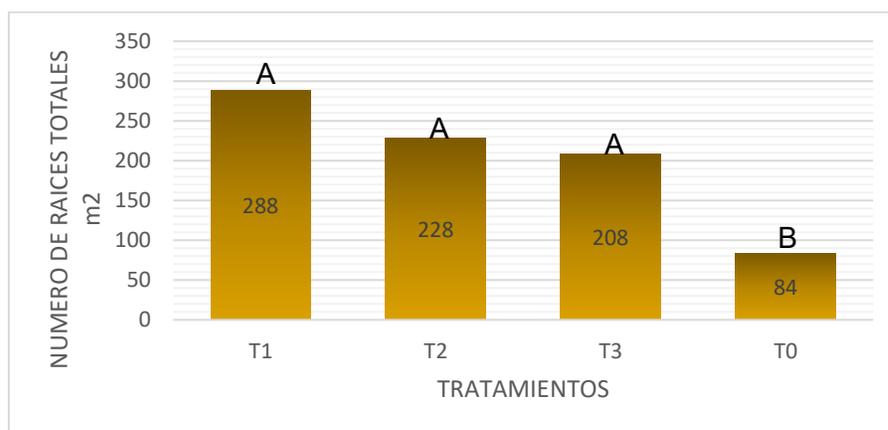
FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Bloque	3	3169,08	1056,36	9,21	0,0177	ns
Tratamientos	2	42,35	21,17	0,18	0,8369	**
Error	5	573,49	114,70			
Total	10	3784,91				

CV = 21,07

\*\* p &lt; 0.01; ns: p &gt; 0.05

Según los resultados de la prueba de comparación de medias mediante el método de Duncan (Figura 9), en cuanto al número de raíces por metro cuadrado, el tratamiento T1, al que se aplicó el herbicida linurón en pre emergencia (PE), presentó el mayor promedio, con 288 raíces/m<sup>2</sup>. Le sigue el tratamiento T3, que recibió aplicaciones de linurón pre emergente (PE) y metribuzina en post emergencia (POST), con un promedio de 208 raíces/m<sup>2</sup>.

En contraste, el tratamiento testigo (T0), que no recibió aplicación de herbicidas, mostró el menor número de raíces, con un promedio de 84 raíces/m<sup>2</sup>.

**Figura 9. Numero de raíces totales por m<sup>2</sup>.**

En la evaluación del número de raíces por metro cuadrado también se realizó una clasificación cualitativa en dos categorías: raíces descartables y raíces comerciales. Se consideraron como descartables aquellas raíces con una longitud menor a 10 cm, un peso inferior a 20 gramos, o que presentaban malformaciones o síntomas visibles de enfermedades. Por otro lado, se clasificaron como comerciales las raíces que superaban

los 10 cm de longitud, tenían un peso mayor a 20 gramos y no presentaban malformaciones ni signos de enfermedades.

**Cuadro 19. Número de raíces totales de descarte y comerciales por m<sup>2</sup>.**

	<b>RAICES TOTALES</b>	<b>RAICES DESCARTABLES</b>	<b>RAICES COMERCIALES</b>
<b>T1: linuron (Pre emergente)</b>	288	144	144
<b>T2: metribuzina (Post emergente)</b>	228	116	112
<b>T3: linuron y metribuzina (Pre y post emergente)</b>	208	104	104
<b>T0: Testigo ningún herbicida</b>	84	76	8

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 19 se observa que en el tratamiento T1, con aplicación de linurón en pre emergencia (PE), se registraron 144 raíces comerciales y 144 raíces descartables, lo que representa una pérdida del 50%. No obstante, este tratamiento presentó el mayor número total de raíces por metro cuadrado, con un total de 288 raíces. Por otro lado, el tratamiento testigo (T0), al cual no se le aplicó ningún herbicida, mostró tan solo 8 raíces comerciales y 76 descartables, generando una pérdida del 90% con un total de 84 raíces/m<sup>2</sup>.

Resultados similares fueron reportados por Pérez (2011), quien obtuvo 134 raíces/m<sup>2</sup> con una pérdida del 56% de raíces descartables en tratamientos con herbicida pre emergente linurón. En tratamientos con metribuzina aplicada en post emergencia, se registraron 137 raíces/m<sup>2</sup> con un 77% de raíces descartables.

Estos hallazgos permiten determinar que los resultados de la presente investigación concuerdan con estudios previos, en los que se evidencia que el uso de herbicidas influye en el porcentaje de pérdidas de raíces según su clasificación comercial. No obstante, se concluye que el uso de linurón como herbicida pre emergente también puede intervenir en la reducción de la competencia y mortalidad de plantas, lo que favorece la formación de un mayor número total de raíces, aunque no todas sean de calidad comercial.

#### **4.2. Rendimiento t/ha**

El análisis de varianza realizado en rendimiento t/ha que se muestran en el cuadro 20, no existen diferencias significativas entre los bloques ( $p > 0,05$ ), sin embargo, existen diferencias significativas entre los tratamientos en rendimiento t/ha ( $p < 0,01$ ). El coeficiente

de varianza es de 16,89% por lo que los datos son confiables ya que se encuentra siendo inferior al 30%.

**Cuadro 20. Análisis de varianza de rendimiento (t/ha).**

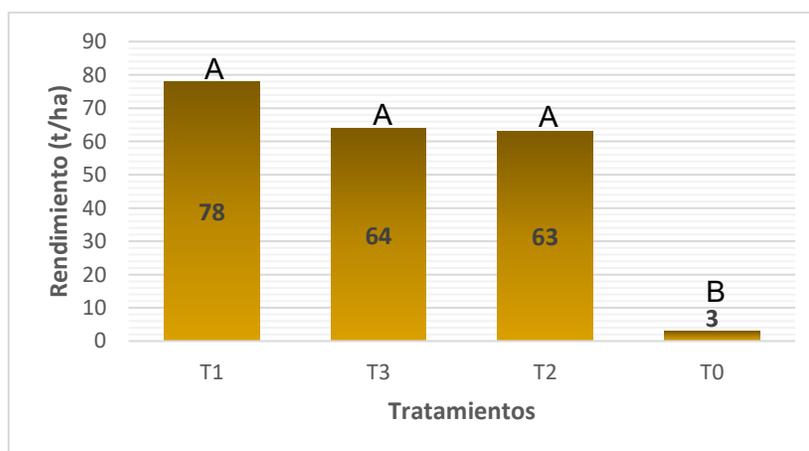
FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
<b>Bloque</b>	2	46,17	23,08	0,30	0,7493	ns
<b>Tratamientos</b>	3	9935,33	3311,78	43,46	0,0002	**
<b>Error</b>	6	457,17	76,19			
<b>Total</b>	11	10438,67				

**CV = 16,89**

\*\*  $p < 0.01$ ; ns:  $p > 0.05$

Según los resultados de la prueba de comparación de medias mediante el método de Duncan, presentados en la Figura 10, el tratamiento T1, con aplicación de linurón en preemergencia (PE), alcanzó el mayor rendimiento, con 78 toneladas por hectárea (t/ha). Los tratamientos T3 y T2, con rendimientos de 64 t/ha y 63 t/ha respectivamente, no mostraron diferencias significativas entre sí.

En contraste, el tratamiento testigo (T0), al cual no se le aplicó ningún herbicida, presentó un rendimiento considerablemente inferior, alcanzando únicamente 3 t/ha.



**Figura 10. Rendimiento (t/ha) por tratamiento.**

En los resultados reportados por Mamani (2019), se obtuvo un rendimiento de 70 t/ha en la variedad Altiplano. Por otro lado, Murrugarra (2018) registró un rendimiento de 45 t/ha con la aplicación de linurón como herbicida pre emergente a una dosis de 2 kg/ha, y un

rendimiento de 43 t/ha con el uso del herbicida post emergente metribuzina a una dosis de 0,7 kg/ha.

Estos datos permiten concluir que existen diferencias significativas en el rendimiento según el tipo y momento de aplicación del herbicida. En particular, se observa que la aplicación de un herbicida pre emergente, como en el tratamiento T1 del presente estudio, genera un mayor rendimiento en comparación con la aplicación de un herbicida post emergente o la combinación de ambos, como en el tratamiento T3. Esto se debe a que el uso de linurón en preemergencia favorece un mejor control de malezas en las etapas iniciales del cultivo, reduciendo la competencia por recursos y minimizando la pérdida de plantas durante el desarrollo de la zanahoria.

#### **4.3. Análisis económico**

El análisis económico presentado en el Cuadro 21 muestra el presupuesto parcial correspondiente al ensayo. En la primera columna se detallan los tratamientos aplicados, diferenciados según el tipo de herbicida utilizado. La segunda columna indica el rendimiento promedio obtenido por tratamiento, expresado en toneladas por hectárea (t/ha).

La tercera columna presenta el ingreso bruto generado por cada tratamiento, evidenciando una mayor rentabilidad en el tratamiento T1. En la cuarta columna se consignan los costos totales de producción, los cuales incluyen insumos, mano de obra y el uso de maquinaria agrícola.

A continuación, se muestra el ingreso neto para cada tratamiento, calculado como la diferencia entre el ingreso bruto y los costos totales de producción. Finalmente, en la última columna se presenta la relación beneficio/costo variable de cada tratamiento, obtenida mediante la división del ingreso bruto entre los costos variables, permitiendo así evaluar la eficiencia económica de cada intervención.

**Cuadro 21. Relación beneficio/costo (B/C) de producción de zanahoria.**

Tratamientos	Rendimiento Medio (t/ha)	Ingreso Bruto	Costos De Producción	Ingreso Neto	B/C
T1: linurón (PE)	78	117000	44790	72210	2,6
T2: metribuzina (Post)	63	93750	41193	52557	2,3
T3: linurón y metribuzina (PE y Post)	64	95250	42143	53107	2,3
T0: testigo sin herbicida	3	4650	28321	-23671	0,2

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 23 se presenta el análisis económico del cultivo de raíz de zanahoria, el cual muestra que el tratamiento T1, con aplicación de linurón en preemergencia (1,25 kg/ha), obtuvo la mayor relación beneficio/costo (B/C), con un valor de 2,6. Esto indica que, por cada boliviano invertido, se recupera el capital invertido y se obtiene una ganancia adicional de 1,6 Bs, posicionándose como el tratamiento más eficiente en el control de malezas y el más rentable.

Le siguen los tratamientos T2 (metribuzina en post emergencia, 0,35 kg/ha) y T3 (combinación de linurón PE y metribuzina POST, 1,25 y 0,35 kg/ha respectivamente), ambos con una relación B/C de 2,3. Esto significa que, por cada boliviano invertido, se obtiene una ganancia de 1,3 Bs, lo que también representa una buena rentabilidad.

En contraste, el tratamiento testigo (sin aplicación de herbicidas) mostró una relación B/C negativa, menor a 1, lo que implica una pérdida económica, ya que por cada boliviano invertido no se logra recuperar el capital invertido.

Por lo tanto, se concluye que los tratamientos con aplicación de herbicidas utilizados en esta investigación resultan económicamente viables y rentables para la producción de zanahoria, especialmente el tratamiento T1, que combina un alto rendimiento agronómico con una excelente rentabilidad económica.

## 5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados en el estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- En cuanto a la identificación de malezas, se registraron un total de 15 especies presentes en el cultivo de zanahoria dentro de la zona de estudio. En la parcela testigo, donde no se aplicó ningún tipo de herbicida, la especie *Thlaspi arvense* L. presentó la mayor abundancia, con una cobertura del 47% por metro cuadrado. En segundo lugar, se encontró *Hordeum vulgare*, con una abundancia del 10%. El 43% restante corresponde a las otras 13 especies identificadas. Estos datos fueron obtenidos en la comunidad de Mantecani, perteneciente al municipio de Patacamaya.
- En relación con el control de la densidad de malezas, el tratamiento T3 que consistió en la aplicación de un herbicida pre emergente (Linuron a 1,25 kg/ha) combinado con un post emergente (Metribuzin a 0,35 kg/ha) mostró la mayor eficacia, alcanzando una mortalidad del 100% de malezas. No obstante, este tratamiento también presentó un efecto negativo sobre la selectividad del cultivo de zanahoria, registrando una mortandad del 29% en las plantas. Por otro lado, el tratamiento T1 que incluyó únicamente la aplicación de Linuron (1,25 kg/ha) como pre emergente obtuvo un 95% de eficacia en el control de malezas y presentó una baja afectación al cultivo, con solo un 8% de mortandad en zanahorias, lo que lo posiciona como el tratamiento más favorable en términos de selectividad y eficacia conjunta. Respecto a las variables agronómicas, el tratamiento T1 también evidenció los mejores resultados, con una altura promedio de planta de 45,7 cm, un diámetro de raíz de 3,4 cm y una longitud de raíz de 13,8 cm, lo cual sugiere un desarrollo adecuado del cultivo bajo este tratamiento
- En cuanto a los rendimientos obtenidos, los cuales fueron clasificados en raíces comerciales y descartables, el tratamiento T1 (aplicación de Linuron a 1,25 kg/ha como pre emergente) presentó el mayor rendimiento, alcanzando 78 t/ha y 144 raíces comerciales por metro cuadrado. En segundo lugar, el tratamiento T2 (aplicación de Metribuzin a 0,35 kg/ha como post emergente) obtuvo un rendimiento de 63 t/ha, con 104 raíces comerciales por metro cuadrado, evidenciando un desempeño inferior respecto al T1. Por su parte, el tratamiento testigo (T0), en el cual no se aplicó ningún tipo de herbicida, registró el rendimiento más bajo con apenas 3 t/ha y únicamente 8

raíces comerciales por metro cuadrado. Este resultado permite confirmar el impacto negativo que genera la competencia de las malezas sobre el cultivo de zanahoria, afectando de forma directa su productividad.

- En el análisis de la relación beneficio/costo (B/C), el tratamiento T1 con la aplicación de un herbicida pre emergente (Linuron a 1,25 kg/ha) obtuvo una relación B/C de 2,6, lo que indica que por cada boliviano invertido se genera una ganancia neta de 1,6 bolivianos. Este resultado posiciona al T1 como el tratamiento más rentable entre los evaluados, demostrando no solo eficacia agronómica en el control de malezas y en el rendimiento del cultivo, sino también eficiencia económica. Por lo tanto, se concluye que el uso exclusivo de un herbicida pre emergente representa la opción más favorable en términos de beneficio económico para los productores de zanahoria en la zona de estudio.

## 6. RECOMENDACIONES

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

- Se recomienda la aplicación de un herbicida pre emergente inmediatamente después de la siembra, antes de la emergencia del cultivo de zanahoria, y cuando las malezas se encuentren en sus primeras etapas fenológicas. Esta práctica permite un mayor control de malezas y contribuye a mejorar el rendimiento del cultivo. Se sugiere el uso de un herbicida cuyo ingrediente activo sea Linuron.
- El uso de herbicidas pre emergentes también presenta menor fitotoxicidad sobre la zanahoria, lo cual permite reducir la densidad de siembra sin comprometer la productividad, contribuyendo así a la disminución de los costos de producción.
- Para un control más agresivo de malezas, se recomienda complementar la aplicación del pre emergente con un herbicida post emergente, preferentemente con Metribuzina como ingrediente activo, aplicado entre 2 y 3 semanas después del tratamiento pre emergente.
- Se sugiere realizar investigaciones adicionales que evalúen la eficacia del Linuron aplicado en dosis menores a las utilizadas en el presente estudio (1,25 kg/ha), con el objetivo de reducir el uso de agroquímicos sin comprometer la efectividad en el control de malezas ni la selectividad sobre el cultivo

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

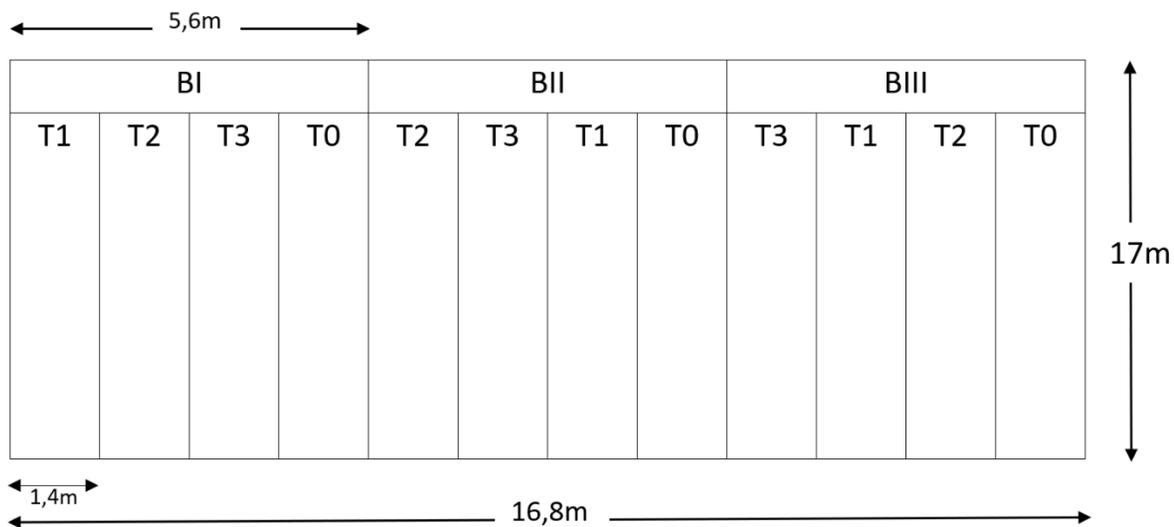
- Ávila, E. 2015. Manual de producción de Zanahoria. Cochabamba, Bolivia. Consultado 20 de noviembre de 2024. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/>
- Ayala, P. 2010. Efecto de la aplicación de diferentes herbicidas sobre el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica Plenck). Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 37 p.
- Bellinder, R. 1997. Carrot (*Daucus carota* L.) and Weed Response to Linurón and Metribuzin Applied at Different Crop Stages. Weed Technology. Cambridge University. Inglaterra. 240 p.
- Bolaños. A. 1998. Introducción a la Olericultura, Las hortalizas más importantes de la familia umbelíferas. San José, Costa Rica. EUNED. 193 p.
- Carmona B. 2005. Malezas en hortalizas. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Bogotá, Colombia. 120 p.
- CNPSH (Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas). 2001. Producción de Semillas de Hortalizas. Cochabamba, Bolivia. 56 p.
- Chillo, Y. 2024. Evaluación del comportamiento productivo de dos variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) con diferentes niveles de abono orgánico en el centro experimental de Cota Cota. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 113 p.
- Earth, G. 2024. Coordenadas geográficas de comunidad Mantecani del municipio de Patacamaya. La Paz, Bolivia. Consultado el 1 de octubre de 2024. Disponible en: <https://earth.google.com/web/search/mantecani,+patacamaya,+la+paz,+bolivia/@17.14413579,67.94914879,3856.41905748a,2233.17690282d,35y,0h,0t,0r/data>
- Espejo, J. 2005. Producción de zanahoria (*Daucus carota* L.), bajo riego por cintas de aspersión, con tres niveles de humedad y dos niveles de fertilización (comunidad Mantecani, provincia Aroma). Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 125p.

- Gabriel, E. 2013. Implantación y manejo del cultivo. Manual de producción de zanahoria. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina. 65 p.
- García M. 2009. El cultivo de zanahoria. Universidad de la Republica. Uruguay. 43 p.
- Gaviola, J. 2013. Manual de producción de zanahoria. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Mendoza, Argentina. 127 p.
- Heinonen, M. 1990. Carotenoids and Provitamin A Activity of Carrot (*Daucus carota* L.) Cultivars. Journal of Agricultural Food Chemistry. Universidad de Helsinki. Finlandia 612 p.
- Huespe, J. 2022. Cultivo de zanahoria. Boletín Hortícola Pampeano N° 7. Universidad nacional de la pampa, Facultad de agronomía, Argentina. 50 p.
- IPDSA (Institución Pública Desconcentrada “Soberanía Alimentaria”). 2021. Programa nacional de apoyo a la producción y comercialización de hortalizas. IPDSA. INIAF. SENASAG. La Paz, Bolivia. 182 p.
- INE (Instituto Nacional Estadístico). 2023. La Paz, Bolivia. Consultado el 23 de marzo del 2023. Disponible en: <http://www.ine.org.bo>. 12 p.
- Jimenez, S. 2011. Caracterización y evaluación morfológica de zanahoria variedad altiplano (*daucus carota* L.) frente a una variedad local en diferentes pisos ecológicos. Tesina de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 40 p.
- Kavaliauskaite, D. Starkute, R. Bundiniene, O. Jankauskiene, J. 2009. Chemical weed control in carrot crop. En: XXVII International Horticultural Congress – IHC2006: International Symposium on Advances in Integrated Management of Fruit Crops. Acta Horticulturae. 830 p.
- Kogan, M. & Pérez, A. 2003. Herbicidas, fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Ediciones Universidad Católica. Santiago, Chile. 305 p.
- López, C. 2005. Comportamiento agronómico de seis variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) bajo riego por cintas de aspersion, en la localidad de Mantecani. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 128 p.

- Mamani, E. 2019. Evaluar el comportamiento agronómico de una variedad de zanahoria (*Daucus carota* L.) Bajo la incorporación de tres abonos orgánicos en el municipio de Achocalla. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 115 p.
- Maroto, J. 1995 Horticultura Herbacea Especial. Ediciones Mundi Prensa. Impreso por Grafo, SAB (trad.). Madrid, España. 54 p.
- Morales, J.1995. El cultivo de zanahoria. Serie cultivos N° 23. Fundación de desarrollo agropecuario (FDA). República Dominicana. 33 p.
- Murrugarra, A. 2019. Efecto de los herbicidas en el control de malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) var. Royal chantenay en condiciones del CIFO UNHEVAL – HUANUCO. Tesis de grado. Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Facultad de Ciencias Agrarias. Huánuco, Perú. 60 p.
- Nina, A. 2020. Evaluación de tres variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) en invernadero y a campo abierto en el municipio de la ciudad de La Paz. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 97 p.
- Noguera, A. 1995. Turba para semilleros. En: II Jornadas sobre Semillas y Semilleros Hortícola. Andalucía, Universidad Nicolás Salmerón, España. 101 p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. 1ra. Edición. La Paz, Bolivia. 188 p.
- Pacheco, G. & Acosta, S. 2020. Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca Zanahoria (*Daucus carota* L.). Corredor Tecnológico Agroindustrial. Bogotá, D. C., Colombia. 160 p.
- Pérez, C. 2011. Evaluación de herbicidas pre y post emergentes sobre zanahorias (*Daucus carota* L.) miniatura y estándar. Tesis de Grado. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 56 p.
- Ríos, R. 2011. Coordinador en Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas. Cochabamba, Bolivia. 30 p.

- Royer, M. 2018. Efecto de los herbicidas en el control de malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) var. royal CHANTENAY. Tesis de grado. Universidad Nacional Hermillo Valdizan. Huanuco, Perú. 54 p.
- Rueda, D. 2015. Botánica sistemática. 1ra edición Sangolquí. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Ecuador. 342 p.
- Sarzuri, M. 2018. Evaluar el efecto de distintos niveles de abono orgánico líquido enriquecido en el comportamiento agronómico del cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) en la estación experimental de Patacamaya. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz- Bolivia. 84 p.
- Smith, R. 2009. Pest Management Guidelines Carrot. Universidad de California (UC IPM).
- Stall, W. 2006. Control in Carrots. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. EEUU. 16 p.
- Swanton, Y. 2010. The critical weed free period in carrot Weed Science (july-september). 233 p.
- Vega, T., Méndez, C. & Rodríguez, W. 2011. Análisis del crecimiento de cinco híbridos de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante la metodología del análisis funcional. Agronomía Costarricense, 29-46 p.
- Villalobos, A. 2002. Control químico de *Polygonum aviculare* y otras malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.). Artículo de revista de Agricultura Tropical. Universidad de Costa Rica. Estación experimental Fabio Baudrit Moreno. Alajuela, Costa Rica. 16 p.
- Zaragoza, C. 2004. Malezas problemáticas y su manejo. Simposio mediterráneo. Perugia, Italia. 186 p.
- Zimdahl, R. 2007. Fundamentals of Weed Science. 3rd ed. Press, A (trad.). California, EEUU. 66 p.

## 8. ANEXOS



### Anexo 1. Croquis experimental

BI T0	BI T2	BI T1	BI T3
BII T1	BII T3	BII T0	BII T2
BIII T2	BIII T0	BIII T3	BIII T1

### Anexo 2. Croquis del ensayo realizado en invernadero

<b>COSTOS PARCIALES DE MANEJO DE MALEZA EN EL CULTIVO DE ZANHORIA PC</b>				
<b>LABOR/INSUMO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIT</b>	<b>VALOR (Bs)</b>
<b>1. Mano de obra</b>				
Riego	jornal	10	120	1200
Traslado de pajas	jornal	4	120	480
Siembra (Pawiri)	jornal	1	120	120
Colocado de paja	jornal	3	120	360
Sacado de paja	jornal	1,5	120	180
Riego inundación	jornal	21	120	2520
Fumigado (herbicidas)	jornal	2	120	240
Escarbado	jornal	80	120	9600
Recojo, seleccionado y en	jornal	48	120	5760
<b>2. Servicio de maquinaria agrícola</b>				
Roturado	hrs./trac.	4	150	600
Rastrado	hrs./trac.	4	100	400
Nivelado	hrs./trac.	4	100	400
<b>3. Insumos y materiales</b>				
Guano (oveja)	m3	80	65	5200
Compra de paja	camion	1	200	200
Semilla	kg	1	350	350
Herbicida (PROTURON)	kg	1,25	400	500
Herbicida (MUZIN)	kg	0,35	450	157,5
Bolsas yutes	unidad	780	3	2340
<b>4. Otros costos</b>				
Traslado para lavado	camion	1	300	300
Lavado	carga	780	8	6240
Traslado para la venta	carga	780	10	7800
<b>Costos total</b>				<b>43147,5</b>
<b>Costos totales por tratamientos</b>				
<b>T1</b>				<b>44790</b>
<b>T2</b>				<b>41193</b>
<b>T3</b>				<b>42143</b>
<b>T0</b>				<b>28321</b>

**Anexo 3. Costos de producción.**



**Anexo 4. Implementación de parcela de investigación**



**Anexo 5. Aplicación de herbicida.**



TRATAMIENTO 1



TRATAMIENTO 2



TRATAMIENTO 3



TESTIGO

**Anexo 6. 35 días después de la siembra.**



TRATAMIENTO 1



TRATAMIENTO 2



TRATAMIENTO 3



TESTIGO

**Anexo 7. 70 días después de la siembra.**



TRATAMIENTO 1



TRATAMIENTO 2



TRATAMIENTO 3



TESTIGO

**Anexo 8. 95 días después de la siembra.**



**Anexo 9. Toma de datos en campo.**



**Anexo 10. Toxicidad leve (clorosis leve).**



**Anexo 11. Toxicidad leve - moderada (clorosis, necrosis leve, no hay muerte de plantas).**



**Anexo 12. Cosecha de la investigación.**



**Anexo 13. Clasificación, pesado y registro de raíces de zanahoria**



PRIMERA



SEGUNDA  
TRATAMIENTO 1



TERCERA



PRIMERA



SEGUNDA



TERCERA

TRATAMIENTO 2



PRIMERA



SEGUNDA



TERCERA

TRATAMIENTO 3

**Anexo 14. Clasificación raíz de zanahoria por categorías comerciales.**



**Anexo 15. Implementación de ensayo en invernadero**



**Anexo 16. Ensayo en invernadero 60 días después de la siembra.**



**Anexo 17. Registro de datos del ensayo en invernadero.**



*Taraxacum officinale* (diente de león)



*Bromus catharticus* (cebadilla)



*Thalapsi arvensis* L.(carraspique)



*Polygonum aviculare* (Acederilla)



*Trifolium amabile* (trébol)



*Tarasa tenella* (malva común)



*Sonchus oleraceus* L. (khanapacku)



*Chenopodium* spp. (quinua silvestre o ajara)



*Capsella bursapastoris* (bolsa bolsa)



*Lamium amplexicaule* (ortiga negra)



*Erodium cicutarium* (reloj o aguja)



*Hordeum vulgare* (Cebada)



*Sisymbrium irio* (mostaza blanca)



*Senecio vulgaris* L. (hierba cana)

**Anexo 18. Registro de malezas presentes en el cultivo de zanahoria en Mantecani, Patacamaya.**



## Herbario Nacional de Bolivia

Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés y  
 Museo Nacional de Historia Natural  
 Casilla 10077 - Centro Central, La Paz - Bolivia  
 Dirección: Oficina 1: Campus Universitario, Calle 27 Cota Cota, S/N, Telf: 2-2792502 - 2-2792416  
 Oficina 2: Campus Universitario, Calle 26 Cota Cota, S/N, Telf: 2-2770962  
 E-mail: [deteccion.herbario.bolivia@gmail.com](mailto:deteccion.herbario.bolivia@gmail.com)

N° 43/2024

PLANTAS COLECTADAS POR: YULI POMA LIMA & MIGUEL A. BARRANTES C.  
 (Fundación PROINPA)

Determinado por: R. de Michel (LPB)

Fecha : 24 de julio de 2024

N°	FAMILIA	GENERO Y ESPECIE
1	Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.
2	Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i> L.
3	Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i> L.
4	Malvaceae?	Indeterminado
5	Brassicaceae	<i>Thlaspi arvense</i> L.
6	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton
7	Fabaceae-pap.	<i>Medicago sativa</i> L.
7A	Fabaceae-pap.	<i>Trifolium amabile</i> Kunth
8	Malvaceae	<i>Tarasa tenella</i> (Cav.) Kraprov.
9	Poaceae	<i>Bromus catharticus</i> Vahl
10	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
11	Amaranthaceae	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.
12	Brassicaceae	<i>Sisymbrium irio</i> L.
13	Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.

Herbario Nacional  
de Bolivia (LPB)



Anexo 19. Identificación de especies de plantas recolectadas.