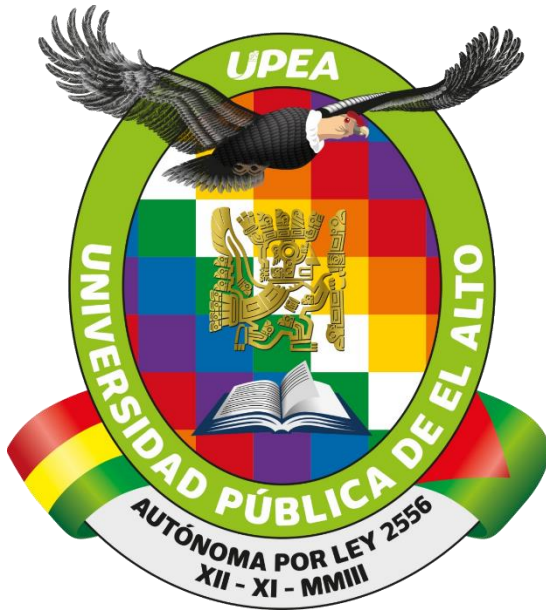


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE ESTIÉRCOL BOVINO
SOBRE LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE APIO (*Apium
graveolens* L.) EN AMBIENTE ATEMPERADO EN LA SEDE
EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

Por:

Hector Quispe Delgado

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2024

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

**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE ESTIÉRCOL BOVINO SOBRE LA
PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DE APIO (*Apium graveolens* L.) EN AMBIENTE
ATEMPERADO EN LA SEDE EXPERIMENTAL DE KALLUTACA**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

Hector Quispe Delgado

Asesores:

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

Tribunal Revisor:

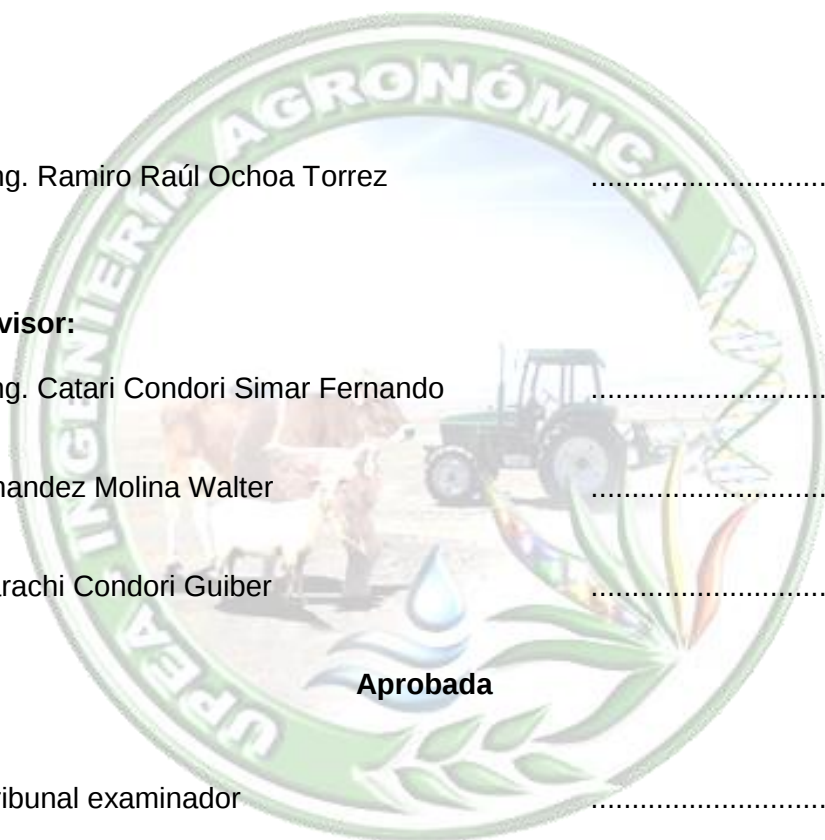
M. Sc. Lic. Ing. Catari Condori Simar Fernando

Lic. Ing. Fernandez Molina Walter

Lic. Ing. Guarachi Condori Guiber

Aprobada

Presidente tribunal examinador



DEDICATORIA:

A Dios: *por tener la oportunidad de recibir su amor, misericordia, y guiarme en mi carrera profesional y realizar por su guía espiritual este trabajo, y al cimiento, sustento que puso en mi familia.*

A mis padres: *Lucio Quispe Ventura (+) y Eulogia Delgado Alvarado por su inmenso amor, esfuerzo y sacrificio infinito en todo momento de mi vida.*

A mis Hermanos: *Flaviana, Isabel, soledad, Sergio y Alex. Quienes fueron mi permanente apoyo con sus incansables alientos en momentos más difíciles en toda mi carrera profesional y formación como persona.*

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a Dios, que es mi fortaleza, mi roca, y que, durante el proceso de mi tesis, él fue mi guía.

Agradecido con mis padres (+) Lucio y Eulogia que, con todo el esfuerzo, sacrificio y amor, me coadyuvieron moralmente, económicamente, a realizar el presente trabajo.

A mis hermanos Flaviana, Isabel, soledad, Sergio y Alex por su paciencia, por su apoyo moral, por su amor incondicional.

A la Universidad Pública de El Alto, Carrera de Ingeniería Agronómica por la formación impartida mediante su plantel docente, en mi carrera profesional.

Un reconocimiento particular a todos los docentes con quienes tuve la oportunidad de recibir las enseñanzas en mi formación profesional.

A mi asesor del presente trabajo de investigación M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, por encaminar este trabajo con su amplia experiencia profesional, con su invalorable e incondicional paciencia, amistad y afecto contribuyeron en la culminación del presente trabajo.

A mis tribunales M. Sc. Lic. Ing. Catari Condori Simar Fernando, Lic. Ing. Fernandez Molina Walter y Lic. Ing. Guarachi Condori Guiber que me apoyaron desde el inicio y hasta el final de mi tesis.

A mis amigos Royvin, Wilson, Leonardo, Moisés, Daneiva, Estefani y Priscila a cada uno de ustedes, mi más profundo agradecimiento por su invaluable amistad y contribución en este viaje académico.

CONTENIDO

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

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Origen del apio	4
2.2. Clasificación taxonómica	4
2.3. Características botánicas	4
2.3.1. Sistema radicular	4
2.3.2. Hojas	4
2.3.3. Tallo.....	5
2.3.4. Flor	5
2.3.5. Semilla.....	5

2.4.	Descripción del Cultivo de apio	6
2.5.	Valor nutricional.....	6
2.6.	Importancia del apio	7
2.7.	Diversidad de especies	7
2.7.1.	Apio (verde) Tall Utah 52-70.....	8
2.7.2.	Apio (verde) gigante	8
2.8.	Requerimientos del cultivo	8
2.8.1.	Clima	8
2.8.2.	Humedad.....	8
2.8.3.	Suelo	8
2.8.4.	Agua.....	8
2.9.	Abono orgánico	9
2.9.1.	Importancia del abono orgánico.....	9
2.9.2.	Propiedades de los abonos orgánicos	10
2.9.3.	Estiércol bovino	10
2.9.4.	Requerimientos nutricionales del apio	10
2.9.5.	Rendimiento	11
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1.	Localización.....	12
3.1.1.	Ubicación Geográfica	12
3.2.	Características Edafoclimáticas.....	12
3.2.1.	Clima	12
3.2.2.	Suelo	13
3.2.3.	Cultivos y vegetación.....	13
3.3.	Materiales.....	13
3.3.1.	Material de estudio	13

3.3.2.	Material de escritorio	13
3.3.3.	Material de campo	14
3.4.	Metodología.....	14
3.4.1.	Procedimiento experimental	14
3.4.1.1.	Preparación del sustrato para almacigo.....	14
3.4.1.2.	Siembra de la semilla de apio	15
3.4.1.3.	Análisis de suelo y estiércol bovino	15
3.4.1.4.	Limpieza de terreno	15
3.4.1.5.	Preparación del suelo	15
3.4.1.6.	Instalación de la cinta de goteo para riego	15
3.4.1.7.	Trazado de parcelas	16
3.4.1.8.	Aplicación de los tratamientos	16
3.4.1.9.	Trasplante.....	16
3.4.2.	Labores culturales	17
3.4.2.1.	Deshierbe y aporque	17
3.4.2.2.	Aplicación de riego	17
3.4.2.3.	Cosecha	17
3.4.3.	Diseño experimental.....	18
3.4.4.	Factores de estudio	18
3.4.4.1.	Formulación de tratamientos	19
3.4.5.	Variables de respuesta	19
3.4.5.1.	Altura de la planta (AP).....	19
3.4.5.2.	Numero de pencas por planta (NPP)	19
3.4.5.3.	Largo de hoja (LH).....	19
3.4.5.4.	Ancho de hoja (AH)	19
3.4.5.5.	Peso por planta (PP)	20

3.4.6.	Variables de rendimiento	20
3.4.6.1.	Rendimiento por unidad experimental (RUE).....	20
3.4.7.	Análisis estadístico	20
3.4.7.1.	Análisis económico	20
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1.	Comportamiento climático durante el tiempo de investigación	22
4.1.1.	Temperatura.....	22
4.1.2.	Humedad relativa del ambiente	23
4.2.	Análisis físico y químico de estiércol bovino	24
4.3.	Análisis físico y químico del suelo	25
4.4.	Clasificación del estatus de la fertilidad del suelo	26
4.5.	Sistemas de riego.....	26
4.6.	Variables agronómicas evaluadas.....	27
4.6.1.	Altura de planta (AP)	27
4.6.2.	Numero de pencas (NPP).....	31
4.6.3.	Largo de hoja (LH).....	35
4.6.4.	Ancho de hoja (AH)	38
4.6.5.	Peso por planta (PP)	42
4.6.6.	Rendimiento por unidad experimental (RUE)	46
4.7.	Análisis económico.....	50
5.	CONCLUSIONES	52
6.	RECOMENDACIONES	54
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
8.	ANEXOS.....	58

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Valor nutritivo del apio	7
Cuadro 2.	Rendimiento del apio por m ²	11
Cuadro 3.	Análisis físico y químico del estiércol bovino	24
Cuadro 4.	Análisis físico y químico del suelo	25
Cuadro 5.	Cálculos de fertilización	26
Cuadro 6.	Análisis de varianza de altura planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	27
Cuadro 7.	Análisis de varianza de numero de pencas por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	31
Cuadro 8.	Análisis de varianza de largo de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	35
Cuadro 9.	Análisis de varianza del ancho de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	39
Cuadro 10.	Análisis de varianza de peso por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol	42
Cuadro 11.	Análisis de varianza del rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	46
Cuadro 12.	Análisis económico de cada tratamiento.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Imagen satelital del are de estudio (Google Earth, 2024)	12
Figura 2.	Temperatura máxima, mínima y media gestión 2023-2024, elaboración propia.	22
Figura 3.	Humedad relativa dentro del ambiente	23
Figura 4.	Prueba de medias de Duncan de altura de planta de dos variedades de apio....	28
Figura 5.	Promedios de altura de planta con diferentes niveles de estiércol	29
Figura 6.	Promedios de altura planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	30
Figura 7.	Prueba de medias de Duncan de numero de pencas por planta de dos variedades de apio	32
Figura 8.	Promedios de numero de pencas por planta con diferentes niveles de estiércol bovino.....	33
Figura 9.	Promedios de numero de pencas por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol	34
Figura 10.	Prueba de medias de Duncan del largo de hoja de dos variedades de apio.....	36
Figura 11.	Prueba de medias de Duncan de largo de hoja con diferentes niveles de estiércol bovino	37
Figura 12.	Promedios de largo de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	38
Figura 13.	Prueba de medias de Duncan del ancho de hoja de dos variedades de apio ...	39
Figura 14.	Prueba de medias de Duncan de ancho de hoja con diferentes niveles de estiércol bovino	40
Figura 15.	Promedios de ancho de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	41
Figura 16.	Prueba de medias de Duncan de peso por planta de dos variedades de apio..	43
Figura 17.	Prueba de medias de Duncan de peso por planta con diferentes niveles de estiércol bovino	44

Figura 18.	Promedios de peso por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	45
Figura 19.	Prueba de medias de Duncan del rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio	47
Figura 20.	Prueba de medias de Duncan de rendimiento por unidad experimental con diferentes niveles de estiércol bovino	48
Figura 21.	Promedios de rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino	49
Figura 22.	Relación beneficio/costo	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Costos de producción del cultivo de apio	59
Anexo 2.	Análisis químico del suelo del lugar del experimento.....	60
Anexo 3.	Análisis químico del agua del lugar del experimento	61
Anexo 4.	análisis del estiércol bovino	62
Anexo 5.	Fotografías del desarrollo de capo	63
Anexo 6.	Cernido de la turba, tierra negra y arena para el almacigo	63
Anexo 7.	Desinfección del sustrato para el almacigo.....	63
Anexo 8.	Turba, tierra negra, arena relación de (40:30:30%)	64
Anexo 9.	Siembra de la semilla de apio en el almacigo	64
Anexo 10.	Muestreo del suelo	65
Anexo 11.	Preparación del suelo	65
Anexo 12.	Instalación de la cinta de goteo	66
Anexo 13.	Trazado de las parcelas	67
Anexo 14.	Aplicación de los tratamientos	67
Anexo 15.	Trasplante	68
Anexo 16.	Deshierbe y aporque	68
Anexo 17.	Toma de datos.....	69
Anexo 18.	Cosecha del cultivo de apio.....	70
Anexo 19.	Lámina de agua.....	73
Anexo 20.	Metodología de cálculo de fertilización orgánica	75

ABREVIATURAS

t/ha	Toneladas/hectárea
Cm	Centímetro
DBCA	Diseño Bloques Completos al Azar
kg	Kilogramo
g	Gramo
GPS	Global Positioning System
m ²	Metro cuadrado
%	Por ciento
Km	Kilómetro
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
P	Fosforo
K	Potasio

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Sede Experimental de Kallutaca, perteneciente a la Universidad Pública de El Alto, localizada en la Provincia Los Andes, Segunda Sección del Municipio de Laja, al Oeste del departamento de La Paz. Situada a 16°31'28" de Latitud Sur, 68°18'30" de Longitud Oeste, a una altitud de 3,901 metros sobre el nivel del mar y a distancia de 15 km de la ciudad de El Alto (Ceja).

La investigación tiene el objetivo de evaluar el efecto de diferentes niveles de estiércol bovino en la producción de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en la Sede Experimental de Kallutaca. Se aplicaron dosis de estiércol bovino de 20 t/ha, 10 t/ha y 0 t/ha (testigo). Las variables de respuesta, altura/planta, número de pencas/planta, largo y ancho de hoja, peso/planta y rendimiento por unidad experimental, se analizaron estadísticamente usando un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo bifactorial, con 3 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 18 unidades experimentales.

Para ello, en el presente estudio ejecutado, el material biológico utilizado fueron dos variedades de apio, Tall-Utah 52-70 y Gigante, con la incorporación de estiércol de bovino.

Los mejores resultados obtenidos en la investigación muestran que la variedad Gigante, con 20 t/ha de estiércol bovino, alcanzó una altura de 59,1 cm, mientras que la variedad Tall Utah 52-70, con 10 t/ha, alcanzó 54,1 cm. En número de pencas, la variedad Tall Utah 52-70, con 0 t/ha, registró 7 pencas/planta, y la variedad Gigante tuvo 4 pencas/planta en todos los tratamientos. En el largo de hoja, la variedad Gigante, con 20 t/ha, sobresalió con 30,9 cm, y la Tall Utah 52-70, con 20 t/ha, alcanzó 29,9 cm. En el ancho de hoja, la variedad Gigante, con 20 t/ha, obtuvo 18,1 cm, y la Tall Utah 52-70, con 20 t/ha, 16,2 cm. Ambas variedades, con 20 t/ha, obtuvieron un peso/planta de 191,67 g. Finalmente, en rendimiento, la variedad Gigante, con 20 t/ha, obtuvo 25,6 t/ha, y la Tall Utah 52-70, con 20 t/ha, alcanzó 25,5 t/ha.

En el beneficio costo, los tratamientos T₃ y T₆, donde se aplicaron 20 t/ha de estiércol bovino en las variedades Tall Utah 52-70 y Gigante, resultaron ser los más rentables económicamente, con una relación beneficio costo de 1,61 y 1,70 bs respectivamente. Esto implica que, por cada boliviano invertido, se recupera ese boliviano y se obtiene una ganancia adicional de 0,61 y 0,70 bs. Además, se constató que todos los tratamientos en ambas variedades son rentables, ya que su relación beneficio-costo es mayor a uno.

ABSTRACT

The present work was carried out at the Kallutaca Experimental Headquarters belonging to the Public University of El Alto, located in the Los Andes Province, Second Section of the Municipality of Laja, west of the department of La Paz. Located at 16°31'28" South Latitude, 68°18'30" West Longitude, at an altitude of 3,901 meters above sea level and 15 km from the city of El Alto (Ceja).

The objective of the research is to evaluate the effect of different levels of bovine manure on the production of two varieties of celery (*Apium graveolens* L.) at the Kallutaca Experimental Headquarters. Bovine manure doses of 20 t/ha, 10 t/ha and 0 t/ha (control) were applied. The response variables height/plant, number of stalks/plant, leaf length and width, weight/plant and yield per experimental unit were statistically analyzed using a Randomized Complete Block Design (DBCA) with a bifactor arrangement with 3 treatments and 3 repetitions, totaling 18 experimental units.

For this purpose, in the present study, the biological material used was two varieties of celery Tall-Utah 52-70 and Gigante with the incorporation of bovine manure.

The best results obtained in the research show that the Gigante variety with 20 t/ha of bovine manure reached a height of 59.1 cm, while the Tall Utah 52-70 variety with 10 t/ha reached 54.1 cm. In terms of number of stalks, the Tall Utah 52-70 variety with 0 t/ha recorded 7 stalks/plant, and the Gigante variety had 4 stalks/plant in all treatments. In leaf length, the Giant variety with 20 t/ha stood out with 30.9 cm and the Tall Utah 52-70 with 20 t/ha reached 29.9 cm. In leaf width, the Giant variety with 20 t/ha obtained 18.1 cm and the Tall Utah 52-70 with 20 t/ha obtained 16.2 cm. Both varieties with 20 t/ha obtained a weight/plant of 191.67 g. Finally, in yield, the Gigante variety with 20 t/ha obtained 25.6 t/ha and the Tall Utah 52-70 with 20 t/ha reached 25.5 t/ha.

In terms of cost benefit, treatments T3 and T6, where 20 t/ha of bovine manure were applied in the Tall Utah 52-70 and Gigante varieties, turned out to be the most economically profitable, with a cost-benefit ratio of 1.61 and 1.70 bs respectively. This implies that, for each boliviano invested, that boliviano is recovered and an additional profit of 0.61 and 0.70 bs is obtained. Furthermore, it was found that all treatments in both varieties are profitable, since their benefit-cost ratio is greater than one.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en Bolivia alcanza alrededor de 240.000 toneladas, con un consumo de aproximadamente 15 kg por persona al año en el ámbito rural y 30,50 kg por persona al año en el ámbito urbano. Esto coloca al país entre aquellos con niveles de consumo de hortalizas más bajos, en comparación con la media mundial de 67,68 kilos por persona al año (Apaza, 2020).

El apio es rico en vitaminas del complejo B, calcio, potasio y fósforo; posee de diez y quince por ciento de almidón de fácil digestibilidad. En algunos casos, el tallo tierno y la hoja son utilizados en ensaladas crudas o como vegetales cocidos. También se utilizan las hojas como alimento para ganado (Machaca, 2007).

Esta hortaliza tiene gran importancia, como verdura y planta medicinal, en nuestro medio, el cultivo de apio y no es muy conocido por los agricultores; por lo tanto, la investigación se realiza con el fin de establecer una producción de cultivo bajo ambiente atemperado con insumos que no causen efectos adversos al suelo. Por esta razón, el uso de estiércol bovino se adecua a métodos enmarcados dentro de la producción orgánica y su aporte al cultivo es fundamental.

En los tiempos actuales, es una preocupación constante para todos los agricultores el incrementar la calidad y cantidad de sus cosechas; asimismo, mejorar y aumentar su ingreso económico.

En nuestro país, la región del Altiplano se ve afectada por factores climáticos adversos (granizada, helada, etc.), son las que inciden en la producción agrícola en algunas estaciones del año, que afecta a los agricultores.

Existe escasa información científica sobre este cultivo, es por eso que el presente trabajo de investigación generará información científica. La misma servirá de referencia a los productores y a otros sectores involucrados en el tema, ya que estará a disposición para que tengan mayores conocimientos acerca de este cultivo.

1.1. Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas que se presentan en el municipio de Laja es el bajo contenido de materia orgánica, baja fertilidad, pH básicos a alcalinos de sus suelos, el cual hace que las producciones de los cultivos del apio sean bajos, afectando la economía de los productores.

Asimismo, en este municipio, la producción del apio es menor, ya que los mismos productores indican que el apio producido por ellos no es muy bueno en cuanto a calidad y cantidad. En el manejo del apio existen varios problemas nutricionales que generan grandes pérdidas a los agricultores, por lo cual la fertilidad de los suelos representa un factor muy importante en el desarrollo del cultivo, porque la carencia de un nutriente necesario para el apio puede causar efectos negativos y una pérdida económica considerable para el productor.

1.2. Justificación

En la actualidad, los estudios realizados en el cultivo del apio con estiércol bovino aún no han respondido las incógnitas sobre la concentración adecuada. Por esta razón, esta investigación proporcionara más información acerca del uso del estiércol bovino sobre una aproximación de la cantidad a usar en la producción hortícola, y específicamente en el cultivo del apio.

Con la aplicación de tres niveles de estiércol bovino en el cultivo del apio (*Apium graveolens* L.), nos permitirá obtener mejores rendimientos y mejor calidad de cultivo, de esta manera observar cuál de los tres tratamientos se obtuvo mejor rendimiento y así contribuir como una alternativa para la solución al problema, lo cual a su vez les permitirá a los productores seguir cultivando y mejorando su producción.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el rendimiento de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) con la aplicación de tres niveles de estiércol bovino en ambiente atemperado en la Sede Experimental de Kallutaca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento agronómico de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) con los tres niveles de estiércol bovino.
- Comparar el efecto de la aplicación de los tres niveles de estiércol bovino, en el rendimiento de las dos variedades de apio.
- Determinar el beneficio coso del cultivo del apio con la aplicación de tres niveles de estiércol bovino.

1.4. Hipótesis

El comportamiento agronómico en las dos variedades del cultivo del apio bajo la aplicación de tres niveles de estiércol bovino en la Sede Experimental de Kallutaca no presentan diferencias significativas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen del apio

Su centro de origen primario es la cuenca del Mediterráneo, y los secundarios son la región del Cáucaso y la zona del Himalaya. Se la utilizó como planta medicinal desde la antigüedad por sus propiedades diuréticas, carminativas y depuradoras de la sangre (Pino, 2022).

2.2. Clasificación taxonómica

Según Carrera citado por Santos (2019), el apio presenta la siguiente clasificación:

Clase : Dicotiledónea

Familia : Umbeliferae

Género : *Apium*

Especie : *graveolens* L.

Nombre Científico : *Apium graveolens* L.

Nombre Vulgar : Apio

2.3. Características botánicas

2.3.1. Sistema radicular

Posee raíz pivotante potente y profunda, con raíces secundarias superficiales (Martínez *et al.*, 2016).

Desde el punto de vista del Manual Agropecuario citado por Santos (2019), tiene una raíz principal pivotante, potente y profunda, con raíces secundarias superficiales.

2.3.2. Hojas

Las hojas son grandes, que brotan en forma de corona; el pecíolo es una penca muy gruesa y carnosa que se prolonga en gran parte del limbo (Martínez *et al.*, 2016).

Las hojas son grandes que brotan en forma de corona; el pecíolo es una penca muy gruesa y carnosa que se prolonga en gran parte del limbo, en el segundo año emite el tallo floral (Vigliola, 2001).

2.3.3. Tallo

Del cuello de la raíz brotan tallos herbáceos que alcanzan de 30 a 80 cm de altura (Martínez *et al.*, 2016).

2.3.4. Flor

Al tratarse de un cultivo bianual, el apio durante el primer año vegeta y el segundo florece, si se han cumplido las condiciones necesarias para la floración. El apio requiere para florecer ciertas condiciones para la "inducción a floración". Si los requerimientos de la inducción floral fueron satisfechos, bajo otras condiciones ambientales diferentes a los de la inducción, la planta elonga el escapo floral y se produce la expresión de la floración, con el alargamiento del escapo floral, la aparición de las umbelas florales y la apertura de las flores propiamente dichas. Las condiciones requeridas para la inducción a floración son bajas temperaturas con días cortos (acumulación de bajas temperaturas entre 5 y 10 °C y hasta 14 °C, en una cantidad variable según cultivar, alrededor de 1600 unidades de frío), y para que se produzca la expresión de la floración, se debe dar una condición de altas temperaturas y fotoperiodo largo (Pino, 2022).

La floración en el apio se motiva principalmente, por la acción de temperaturas vernalizantes, durante un cierto tiempo (normalmente temperaturas por debajo de 7° a 10 °C, actuando por un periodo comprendido entre 14 y 28 días), cuando la planta ya tiene un cierto tamaño, momento en que es capaz de recibir el estímulo vernalizador. Desde que se planta, hasta que se recolecta, tiene una duración aproximada de unos 4 meses (Vigliola, 1992).

2.3.5. Semilla

La semilla es de tamaño muy pequeño (1 gramo contiene aproximadamente 300 semillas), con muy pocas reservas y sin embriones, o con embriones mal desarrollados y muy pequeños (Pino, 2022).

2.4. Descripción del Cultivo de apio

Las características del apio según Vigliola (1992).

- **Forma:** El apio es un tallo grueso, hueco, estriado y alargado que se compone de pencas de forma cilíndrica, recorridas longitudinalmente por un surco profundo, de las que brotan numerosas hojas con apariencia semejante al perejil.
- **Tamaño y peso:** Las pencas suelen tener una longitud de entre 30 y 60cm. en las variedades cultivadas. Sin embargo, el tamaño comercial suele ser de 25 a 30cm tras la cosecha, al apio se le cortan las pencas, se limpian, se lavan, se escurren y se embolsan, sin dejar al descubierto los extremos superiores de los tallos. Tras este proceso, se pierde hasta el 30% del peso inicial de las pencas, y se obtienen piezas de entre 400 y 900 gramos. El peso idóneo se encuentra entre 460 y 720gramos.
- **Color:** Si se dejan crecer de forma natural, las pencas adquieren un color que va del verde amarillento al verde oscuro. Si proceden de cultivo, suelen blanquearse durante las etapas finales de crecimiento. Para ello, se cubre la planta de modo que sólo las hojas reciben luz. En este caso, las pencas son de color verde claro.
- **Sabor:** Las hojas tienen un sabor muy intenso, acre, ligeramente amargo y agradable. El sabor del tallo es más suave y tiene cierto gusto anisado y una textura crujiente. El blanqueado, además de eliminar el color verde, también reduce notablemente el sabor.

2.5. Valor nutricional

El apio contiene vitaminas A, B1, B2, B6, B9, C y E, minerales como el potasio, sodio, calcio, zinc, magnesio, hierro, azufre, fósforo, cobre y silicio, aceite esencial y fibra (Martínez *et al.*, 2016).

Según INFOAGRO, citado por Santos (2019), el valor nutritivo del apio se aprecia en el cuadro 1:

Cuadro 1. Valor nutritivo del apio

Valor nutricional del apio en 100 g de materia fresca	
Calorías (cal)	17
Agua (%)	92
Proteínas (g)	2
Glúcidos (g)	1
Sodio (mg)	110
Potasio (mg)	300
Calcio (mg)	40
Vitamina C (mg)	12

Fuente: INFOAGRO citado por Santos (2019)

2.6. Importancia del apio

El cultivo de apio se utilizó como planta medicinal por sus propiedades diuréticas, carminativas y depuradoras de la sangre, debido a la presencia de un glucósido llamado apina y un aceite esencial compuesto principalmente por apiol y limoneno. La composición nutricional está compuesta por la vitamina A, vitamina B1, B2 y C (Vigliola, 1992).

El mismo autor menciona que el cultivo de apio de pencas se consume en fresco y hervido en muchos países de Europa Occidental y Estados Unidos, donde es apreciado por su alto valor nutritivo, así como sus propiedades, en cierta manera afrodisíacas.

Otros usos del apio son las extracciones de aceites esenciales para la industria, el empleo del polvo del apio deshidratado en fábricas de pastas y sopas, y la conserva de pencas (Vigliola, 1992).

2.7. Diversidad de especies

En general, en contraposición con otras hortalizas, se puede decir que el apio presenta una escasa diversidad, con un número restringido de cultivares. Aunque se mencionan características diferentes en la longitud del peciolo, respuesta a enfermedades, floración prematura, precocidad y otros aspectos que afectan la producción; el germoplasma disponible es bastante similar, con poca variación. La principal diferencia está dada por el color del producto final (color de sus tallos), aspecto según el cual se distinguen dos grupos: el apio verde y el apio blanco (Cerdas y Montero, 2004).

2.7.1. Apio (verde) Tall Utah 52-70

Posee tallos largos, de 70 – 80 cm, con hojas verdes claras. El tallo es verde amarillento. Tolerante al virus del mosaico del apio. Se adapta bien a suelos franco liviano y profundo con buen drenaje con pH 5,5-7,8 rico en materia orgánica (Semval, 2022).

2.7.2. Apio (verde) Gigante

Es el de mayor consumo en Costa Rica. La planta es más compacta y de un color verde oscuro desde las hojas hasta casi el centro de la planta, y con más resistencia en almacenamiento (Cerdas y Montero, 2004).

2.8. Requerimientos del cultivo

2.8.1. Clima

Surec (2017), menciona que en cuanto al requerimiento de horas luz, el crecimiento del apio es satisfactorio durante los días cortos, el incremento de la intensidad lumínica y la duración de la longitud del día le resultan favorables y en relación a la temperatura, el apio es una planta suculenta que requiere climas frescos, siendo las temperaturas medias más propicias para su desarrollo entre los 15 °C y 18 °C.

2.8.2. Humedad

Morales (2022), sostiene que el cultivo de apio no sufre daño alguno cuando su humedad relativa se encuentra entre 30% a 70% valores alejados del 70% ocasionan daños a las plantas al igual que valores inferiores al 30%.

2.8.3. Suelo

Es una especie que no requiere terrenos con texturas especiales, aunque es exigente en cuanto a drenaje. Los suelos ricos en materia orgánica son muy adecuados para su cultivo. Los límites de pH son de 6,8- 7,2. Es una planta sensible a la salinidad con los límites máximos de tolerancia entre 2-3 mmhos/cm (Pino, 2022).

2.8.4. Agua

Según Martínez *et al.* (2016), el apio cuando está en las primeras fases de su desarrollo, el riego debe ser abundante y regular, ya que la plántula debe tener un crecimiento continuo.

En todo su ciclo, este cultivo sufre estrés si hay escasez de agua en el suelo. Se puede regar tanto por gravedad como por riego localizado como por aspersión o goteo. Es un cultivo exigente en agua de buena calidad. Si la conductividad eléctrica del agua de riego es elevada se frena el desarrollo vegetativo, provoca aperturas de la planta y favorece los problemas de "corazón negro", debido a una deficiente asimilación de calcio.

Surec (2017), señala que por las condiciones de su ambiente de origen el apio requiere abundante cantidad de agua especialmente en los periodos de alta temperatura y al final del ciclo de cultivo. Se estima que el requisito mínimo durante el ciclo es de alrededor de 900 mm con una demanda baja al inicio (salvo luego del trasplante).

2.9. Abono orgánico

Los abonos orgánicos son materiales de origen natural, la calidad depende de sus materias primas y de su proceso de preparación. Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas (Aliaga, 2020).

La fuente de abono orgánico en las huertas es el estiércol, que por su aporte de materia orgánica posee una acción física, pues favorece la agregación, una acción biológica por el aporte de microorganismos que elaboran sustancias cementantes y aglutinantes, y también una acción química, ya que la descomposición de materia orgánica libera ácidos que solubilizan nutrientes de compuestos orgánicos insolubles, como el fosfato tricálcico (Vigliola, 1992).

El mismo autor menciona que los abonos orgánicos, se conocen como enmiendas, fertilizantes orgánicos, existen diversas fuentes orgánicas como ser: abonos verdes, estiércoles, compost, humus de lombriz, bio abonos, verificando su composición química, su proceso de preparación e insumos que se emplean. Estos evolucionan en dos formas: se mineralizan y se humifican.

2.9.1. Importancia del abono orgánico

Son considerados abonos orgánicos a los estiércoles, residuos de cultivo y la materia orgánica procedente del compostaje. Los abonos orgánicos mejoran la calidad del suelo, tanto en su estructura como en la fertilidad, incorporando nutrientes y microorganismos beneficiosos para la producción agrícola; así mismo, favorecen la aireación y oxigenación

del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. En la parte práctica, permiten reaprovechar residuos orgánicos reduciendo los desechos familiares y reducen la dependencia de agroquímicos con efecto directo en la inocuidad de los alimentos y los costos de producción (Salazar *et al.*, 2021).

2.9.2. Propiedades de los abonos orgánicos

De acuerdo con Salazar *et al.* (2021), los abonos orgánicos tienen unas propiedades con efecto directo sobre la calidad del suelo, aumentando su fertilidad; entre las principales propiedades encontramos:

- La mejora de la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- El incremento de la permeabilidad del suelo, permitiendo mayor profundidad en la filtración de agua de lluvia y/o riego, ya que influye en el drenaje y la aireación de éste.
- Aumenta la retención del agua en el suelo en las épocas de calor. Aumenta la aireación y oxigenación del suelo.
- Es fuente de energía para microorganismos beneficiosos. Reduce la contaminación de agua y suelos.

2.9.3. Estiércol bovino

Según Gómez citado por Apaza (2020), indica que el estiércol es una buena fuente de nutrientes y materia orgánica y se ha estado utilizando como fertilizante para diferentes cultivos, ya que aporta nutrientes al suelo, el uso del estiércol vacuno como fertilizante orgánico produce efectos positivos, tanto en el establecimiento de cultivos como en los rendimientos.

Según Laura citado por Apaza (2020), refiere que el uso de estiércol o abonado derribado de estiércol animal, cumple una función importante en el reciclaje de nutrientes orgánicos, en el desarrollo de una estructura de suelos y contribuye al manejo de los desechos.

2.9.4. Requerimientos nutricionales del apio

Las extracciones promedio de nutrientes para un rendimiento de 20 a 30 t/ha se necesita 240 kg de N, 120 kg de P_2O_5 y 240 kg de K_2O (Smith, 2009).

La extracción para el cultivo de apio requiere una cierta cantidad de nutrientes para un rendimiento de 20 t/ha son: N = 130 kg/ha, P = 50 kg/ha, K= 200 kg/ha (Chilon, 1997).

2.9.5. Rendimiento

En el cuadro 2, se observa el promedio de rendimiento de dos variedades de apio con 0,95, 1,9 y 3,8 kg/m² de estiércol ovino.

Cuadro 2. Rendimiento del apio por m²

Variedades	Niveles de estiércol ovino			Promedio (kg/m ²)
	N1	N2	N3	
Tall Utah 52-70	0.98	1.34	1.84	1.39
Golden blanchino	0.94	1.27	1.77	1.33
Promedio (kg/m ²)	0.96	1.31	1.81	1.36

Fuente: Machaca (2007)

2.9.6. Beneficio costo

Machaca (2007), en una investigación con niveles de fertilización de estiércol bovino menciona que con el tratamiento T₃ con 3,8 kg/m² de estiércol ovino es el que mejor beneficio aporta en el cultivo de apio llegando a tener por cada un boliviano invertido tiene una ganancia de 2.6bs, el tratamiento T₂ con 1,9 kg/m² tiene un beneficio de 1.9bs y el tratamiento T₁ con 0,95 kg/m² tuvo un beneficio de 1.4bs, inferior a los demás niveles debido a lo que se aplicó muy poca cantidad de estiércol de ovino y se obtuvo bajos rendimientos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente estudio se realizó en la Sede Experimental de Kallutaca perteneciente a la Universidad Pública de El Alto, localizada en la Provincia Los Andes, Segunda Sección del Municipio de Laja, al Oeste del departamento de La Paz. Situada a 16°31'28" de Latitud Sur, 68°18'30" de Longitud Oeste, a una altitud de 3,901 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de 15 km de la ciudad de El Alto (Ceja) (Mayta, 2012).



Figura 1. Imagen satelital del are de estudio (GoogleEarth, 2024)

3.2. Características Edafoclimáticas

3.2.1. Clima

Según SENAMHI citado por Mayta (2012), las condiciones climáticas de la Sede Experimental de Kallutaca, corresponde a la clasificación del altiplano, seco húmedo. La incidencia de helada se presenta en los meses de mayo a agosto, con una temperatura promedio anual de 7.1°C., con masas de aire frío provenientes del Norte que causan olas de frío principalmente en verano e invierno, a una velocidad de viento de 9.7 km*hr-1, con una precipitación pluvial que alcanza 613.1 mm por año, por los meses de septiembre a abril.

3.2.2. Suelo

Según Trigo citado por Mayta (2012), la característica edafológica de la zona de referencia presenta suelos configurados de arena y arcilla, con un declive de 2-5%, la condición física del suelo es arable, los suelos son poco profundos, de 15 a 30 cm, la capa arable presenta una textura de franco arcilloso, con una habilidad de retención de agua moderada. El pH varía ligeramente de acida a neutro (6.4 a 6.8). El contenido de la materia orgánica varía de 0.05 a 3.07%.

3.2.3. Cultivos y vegetación

La zona de estudio presenta una diversidad de especies vegetales perennes y arbustivas, las mismas son consideradas plantas invasoras para el cultivo de cañahua. Las especies de estrato bajo se encuentran como Chiji (*Distichlis humilies Phil*); Cebadilla (*Bromus unioides Balh*); Diente de león (*Taraxacum officinale Weber*); Bolsa de pastor (*Capsella bursa-pasrori L.*); Auja-auja (*Erodium cicutarum L.*); K"ora lupu-lupu (*Tarasa tenella Krapov.*); Mostaza (*Brassica rapa L.*); Muni muni (*Bidens andiloca Kunth*), entre otras (Mayta, 2012).

3.3. Materiales

3.3.1. Material de estudio

En el presente trabajo de investigación se utilizó dos variedades de semilla de apio (*Apium graviolens L.*), que fueron Tall Utah 52-70 y Gigante y estiércol bovino.

3.3.2. Material de escritorio

- CD
- Computadora portátil
- Impresora
- Libreta de campo
- Bolígrafos
- Hoja bond tamaño carta
- Tablero

3.3.3. Material de campo

- Pala
- Picota
- Motocultor
- Rastrillo
- Carretilla
- Cuerda
- Cinta de goteo
- Válvulas programadoras
- Fumigadora
- Flexometro
- Wincha
- Estacas de madera
- Yutes
- Letreros
- Guantes
- Baldes
- Balanza de precisión

3.4. Metodología

3.4.1. Procedimiento experimental

3.4.1.1. Preparación del sustrato para almacigo

El preparado del sustrato se realizó en una almaciguera de madera de 0,50 m de ancho, 1 m de largo y una profundidad de 0,10 m, donde se colocó turba previamente cernida, tierra negra y arena fina cernida, en una relación de (40:30:30% respectivamente), esto equivale a (4 palas de turba, 3 palas de tierra negra y 3 palas de arena fina).

- Primero se procedió a cernir con una malla milimetrada la turba, tierra negra y arena respectivamente por separado.
- Una vez realizado el cernido, se lo desinfecto mediante el método de solarización, todos los sustratos por separado.

- Seguidamente, vaciar los sustratos a la almaciguera la turba, tierra negra y arena en una relación de (40:30:30%), luego mezclarlo y seguidamente nivelarlo, posteriormente se lo dio un riego con la regadera para luego realizar la siembra de la semilla.

3.4.1.2. Siembra de la semilla de apio

Luego de la preparación del sustrato en la almaciguera, se dividió en dos partes para la siembra de las dos variedades, y seguidamente se procedió a la siembra de las dos variedades manualmente, dispersando a chorro continuo, distribuyendo lo más homogéneamente posible. Posteriormente, se cubrió con turba previamente cernido (3 a 4 veces el tamaño de la semilla), teniendo cuidado de no taparlos mucho. Asimismo, se procedió al tapado con nailon plástico, esto con el fin de mantener la humedad en la almaciguera.

3.4.1.3. Análisis de suelo y estiércol bovino

El muestreo se realizó por el método de zigzag, obteniendo seis muestras a 20 centímetros de profundidad, las cuales se mezclaron y cuarteadas homogéneamente hasta obtener una muestra compuesta de 1 kilogramo de suelo, que posterior a ello se puso en una bolsa de plástico, luego secado a temperatura de ambiente finalmente fue llevado a laboratorio.

3.4.1.4. Limpieza de terreno

Como parte de las labores previas se realizó la limpieza y deshierbe de malezas dentro y en el contorno de la parcela experimental.

3.4.1.5. Preparación del suelo

El preparado del terreno se realizó con el roturado y mullido del área experimental con la ayuda de un motocultor.

3.4.1.6. Instalación de la cinta de goteo para riego

Primero se instaló la válvula programable PG-6050, que tiene las siguientes características según (VYR, 2024).

- Alimentación con 2 pilas AAA de 1.5 V alcalina.

- Salida: Cierre motorizado. (Funcionamiento a presión 0 BAR).
- Sellado: IP-68.
- Duración de la batería con dos baterías alcalinas AAA por más de una campaña.
- Conexión superior al grifo de 3/4 "o 1" con ajuste giratorio y goma para encajar y sellar.
- Salida inferior de rosca macho de 3/4 "o conector rápido.
- Apertura y cierre manual del programador.
- Número de programas: un programa secuencial
- Fácil instalación, programación y uso gracias a su diseño versátil y control de sistema híbrido.

Seguidamente, se procedió con la instalación y tendido de las cintas, el cual tuvo una distancia de 30 cm entre emisores y 50 cm entre líneas, teniendo en cada tratamiento 3 líneas de cintas y 15 emisores, y toda la instalación de riego trabajó con un caudal de 0,32 l/s (ver anexo 20).

3.4.1.7. Trazado de parcelas

El trazado de las parcelas se realizó con la ayuda de una cinta métrica, de acuerdo a las dimensiones establecidas, donde cada unidad experimental tenía 2.4 m².

3.4.1.8. Aplicación de los tratamientos

La aplicación del estiércol bovino se incorporó a las unidades experimentales de acuerdo a las dosis establecidas donde al tratamiento T₁ y T₄ no se incorporó estiércol, al tratamiento T₂ y T₅ en total se les añadió 2,40 kg a ambos tratamientos y del mismo, por planta se le añadió 0,080 kg y finalmente a los tratamientos T₃ y T₆ se le puso 4,80 kg de estiércol bovino a ambos tratamientos y del mismo por planta se incorporó 0,16 kg.

3.4.1.9. Trasplante

El trasplante se realizó aproximadamente a una altura de planta de 14 cm, 4 hojas verdaderas, en 18 parcelas experimentales, con una distancia de 30 cm entre planta y 50 cm entre surco.

3.4.2. Labores culturales

3.4.2.1. Deshierbe y aporque

El deshierbe se realizó en cada unidad experimental, de tal manera que no exista una competencia de nutrientes, así mismo del agua. Esta actividad se realizó de forma manual cada 2 semanas.

3.4.2.2. Aplicación de riego

En el periodo de investigación en el cultivo de apio, se procedió con la programación del riego único para las dos fases fenológicas (trasplante y desarrollo), que corresponde a una aplicación de 20 minutos de riego con control automático de válvulas programables, que contempla frecuencia y tiempo de riego. Esto significa que el riego se estableció cada 24 horas (día), y el tiempo de riego fue establecido por 20 minutos en las horas pico de calor del día (14:00). La lamina de riego establecido por día fue de 0,4 mm y la lámina por el tiempo de investigación fue de 39 mm, lo que significa aplicar una lámina de riego total de 1685 litros de agua, lo que me genera una información de que por planta se utilizó 3 litros de agua en el periodo de investigación (ver anexo 19).

Esta aplicación de lámina de riego mínima se debe a que el suelo cultivable se encuentra encima de un bofedal. Al respecto Alzarreca, mencionado por Taboada (2019), Los bofedales son un tipo de pradera nativa poco extensa con humedad permanente, vegetación siempre verde y de elevado potencial productivo. Se caracterizan por localizarse en suelos húmedos o empapados, donde se maximiza la utilización del agua.

Si se hubiera aplicado un riego por un tiempo de más de 20 minutos, habría problemas de encharcamiento y exceso de humedad en el suelo. Además, puede generar problemas de salinidad, reduciendo la fertilidad y la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las plantas.

3.4.2.3. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, una vez que el 50% de las plantas hayan mostrado una madurez comercial, y se registró los datos de cada unidad experimental en un cuaderno.

3.4.3. Diseño experimental

Para evaluar la producción del apio, se utilizó el: Diseño Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo bifactorial (Alcarraz y Alcarraz, 2019).

Por lo que el modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + Y_k + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Media general del experimento

Y_k = Efecto de k- esima bloque

α_i = Efecto de la i-esima niveles de estiércol bovino

β_j = Efecto de la j-esima variedades de apio

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción del factor A y el factor B

ε_{ijk} = Error experimental

3.4.4. Factores de estudio

Los factores de estudio fueron:

Factor A: Variedades de apio

a1: Tall Utah 52-70

a2: Gigante

Factor B: Niveles de estiércol bovino

b1: 0 t/ha testigo (sin estiércol bovino)

b2: 10 t/ha estiércol bovino

b3: 20 t/ha estiércol bovino

3.4.4.1. Formulación de tratamientos

De acuerdo a los factores experimentales se formularon 6 tratamientos:

T1= a1b1 = Tall Utah 52-70 y 0 t/ha testigo (sin estiércol bovino)

T2= a1b2 = Tall Utah 52-70 y 10 t/ha estiércol bovino

T3= a1b3 = Tall Utah 52-70 y 20 t/ha estiércol bovino

T4= a2b1 = Gigante y 0 t/ha testigo (sin estiércol bovino)

T5= a2b2 = Gigante y 10 t/ha estiércol bovino

T6= a2b3 = Gigante y 20 t/ha estiércol bovino

3.4.5. Variables de respuesta

3.4.5.1. Altura de la planta (AP)

La medición se efectuó con la ayuda de un flexómetro, a 9 plantas marbeteadas de cada unidad experimental, las mismas que fueron seleccionadas al azar en cada una de las unidades experimentales.

3.4.5.2. Numero de pencas por planta (NPP)

Se contabilizo el número de pencas de las mismas plantas escogidas al azar, por cada unidad experimental al momento de la cosecha.

3.4.5.3. Largo de hoja (LH)

Para esta variable se evaluó las plantas ya escogidas con anterioridad de cada unidad experimental, que se midió en (cm) con un flexómetro durante la cosecha.

3.4.5.4. Ancho de hoja (AH)

Esta variable se midió con la ayuda de una regla de 30 cm al momento de la cosecha.

3.4.5.5. Peso por planta (PP)

Al momento de la cosecha se procedió a pesar las plantas seleccionadas, con la ayuda de una balanza de precisión, para luego promediar el peso.

3.4.6. Variables de rendimiento

3.4.6.1. Rendimiento por unidad experimental (RUE)

Se procedido a pesar todas las plantas cosechadas y realizar el pesado total de las plantas, esto para cada tratamiento.

3.4.7. Análisis estadístico

Este análisis económico se realizó con el propósito de comparar los tratamientos que más beneficio pueda generar en la producción de los cultivos de hortaliza, así como el apio. Los datos de costos de producción fueron calculados para una hectárea, mismo con los rendimientos obtenidos por cada uno de los tratamientos.

3.4.7.1. Análisis económico

Este análisis económico se realizó con el propósito de comparar los tratamientos que más beneficio pueda generar en la producción de los cultivos de hortaliza, así como el apio. Los datos de costos de producción fueron calculados para una hectárea, mismo con los rendimientos obtenidos por cada uno de los tratamientos.

- **Ingreso bruto (IB):**

De acuerdo al manual de CIMMYT (1988), se calculó para cada tratamiento, multiplicando el rendimiento ajustado (R) por el precio del producto en bolivianos (P). Este precio se determinó según los mercados de la ciudad de El Alto con promedio de 7 Bs por cada amarro.

$$IB = R * P$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

R = Rendimiento ajustado

P = Precio

- **Ingreso Neto (IN):**

También llamado utilidades, ganancias, etc., se refiere a la diferencia entre el ingreso bruto (IB) y costos totales (CP) de producción (CIMMYT, 1988).

$$IN = IB - CP$$

Donde:

IN = Ingreso Neto

IB = Ingreso bruto

CP = Costos de producción

- **Relación beneficio costo (B/C)**

Se calculó relacionando el ingreso bruto con los costos de producción, para una evaluación económica final. Según (CIMMYT, 1988), una relación < a 1 significa que se incurrieron en pérdidas y una relación > a 1 significa que la actividad económica fue rentable.

$$B/C = IB/CP$$

Dónde:

B/C = Beneficio costo

IB = Ingreso bruto

CP = Costo de producción

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento climático durante el tiempo de investigación

4.1.1. Temperatura

En el presente estudio se registraron las temperaturas máximas y mínimas (Figura 2) desde el trasplante hasta la cosecha.

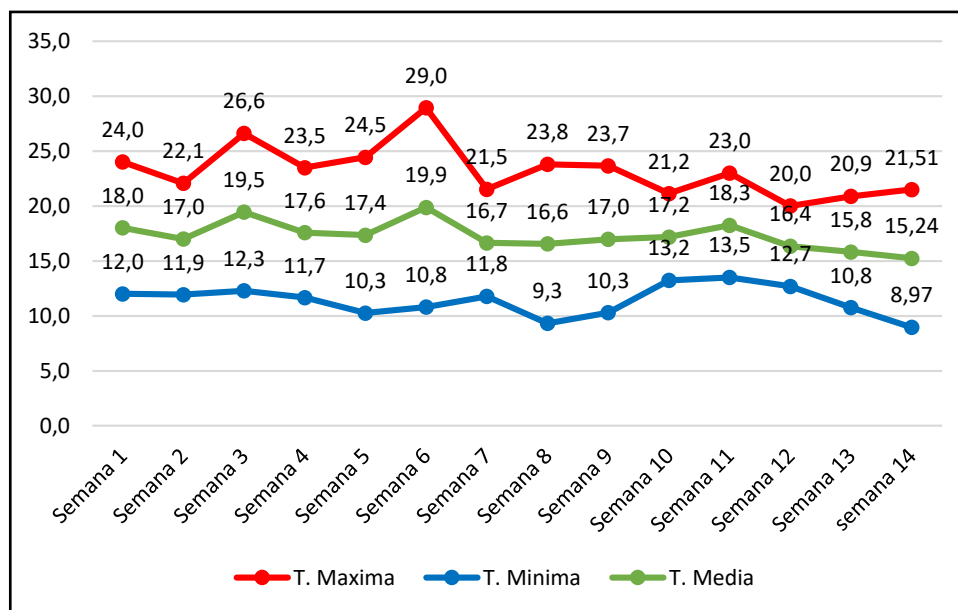


Figura 2. Temperatura máxima, mínima y media gestión 2023-2024, elaboración propia.

De acuerdo a los datos de temperatura obtenidos, las máximas temperaturas registradas ocurrieron en la semana 3 y 6, con 26,6 y 29 °C respectivamente. La temperatura media tubo como máxima en la semana 6, con 19,9 °C, y una mínima en la semana 13, con 15,8 °C. Las mínimas temperaturas ocurrieron en la semana 8 y 14, con 9,3 y 8,97 °C respectivamente.

Se observa que la temperatura media se mantiene casi constante durante todo el período de evaluación, y al respecto Pino (2022), indica que la temperatura óptima para el desarrollo vegetativo oscila entre 15 y 21 °C. Si bien requiere una intensidad moderada de luminosidad, los días largos favorecen el largo de hoja.

Y realizando las comparaciones climáticas, las temperaturas registradas durante el período de evaluación fueron adecuadas para el cultivo de apio, con una temperatura media constante que se mantuvo dentro del rango óptimo para el desarrollo vegetativo (19,9 y 15,8 °C), siendo adecuado para el cultivo. Sin embargo, hubo variaciones en las temperaturas máximas y mínimas, que alcanzaron picos en semanas específicas, pero no afectaron significativamente el crecimiento del apio.

4.1.2. Humedad relativa del ambiente

La medición de la humedad relativa en el interior del invernadero se realizó desde del trasplante hasta la cosecha, los resultados medios pueden apreciarse en la figura 3.

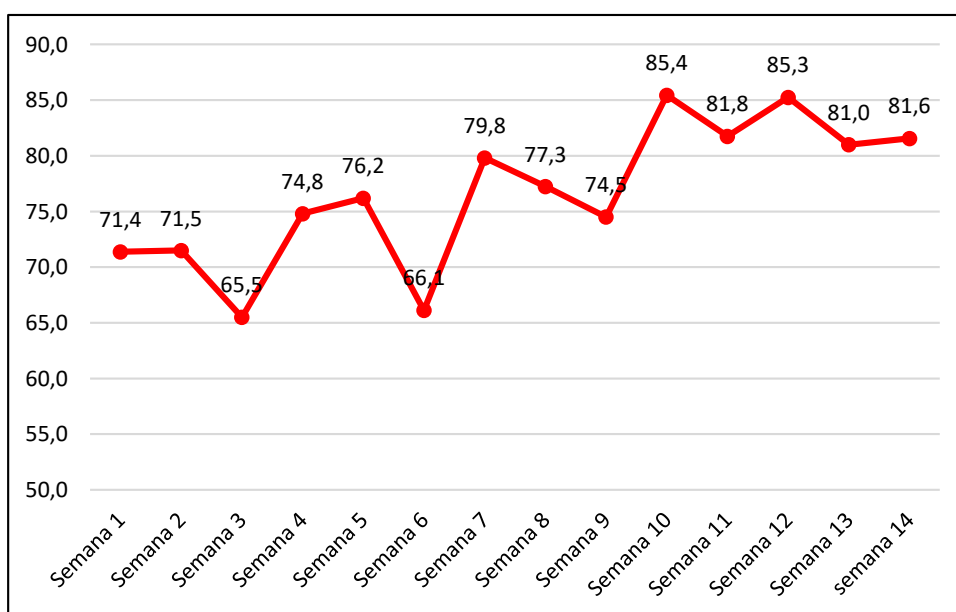


Figura 3. Humedad relativa dentro del ambiente

El rango óptimo de humedad relativa para un rendimiento de 25.6 t/ha se registró de 65.5 a 85.4%, valor aceptable para el cultivo de apio.

Al respecto, en una investigación Morales (2022), sostiene que el cultivo de apio no sufre daño alguno cuando su humedad relativa se encuentra entre 30% a 70%; valores alejados del 70% pueden ocasionar daños a las plantas al igual que valores inferiores al 30%.

Tomando como referencia estos valores, el cultivo no tuvo mucha dificultad para desarrollarse, a pesar de que la humedad dentro del invernadero superó en un 15% el requerimiento del cultivo. Con estas medias registradas durante los meses de estudio, podemos indicar que los cultivos de apio se desarrollaron favorablemente en el área de estudio, logrando un rendimiento notable: la variedad Gigante alcanzó 22,5 t/ha y la variedad Tall Utah 52-70 llegó a 20,6 t/ha.

4.2. Análisis físico y químico de estiércol bovino

Cuadro 3. Análisis físico y químico del estiércol bovino

Parámetros	Unidades	Resultados
pH	-	6.86
Conductividad	mmhos/cm	2.26
Potasio	%	0.054
Nitrógeno total	%	1.78
Materia orgánica	%	73.8
Carbono orgánico	%	41
Fosforo total	%	1.511

Fuente: LAFASA (2023)

El análisis físico y químico del estiércol de bovino (Cuadro 3), muestra un pH de 6.86 y una conductividad eléctrica de 2.26 mmhos/cm, el pH está próximo a la alcalinidad (7), y la conductividad eléctrica es moderada, lo que indica que existe una cantidad moderada de sales solubles, la materia orgánica es del 73.8%, lo cual es muy alto y beneficioso para mejorar la estructura del suelo y la retención de nutrientes. El potasio está en un 0.054%, lo que se considera bajo, pero sigue siendo un aporte útil. El nitrógeno total es del 1.78%, que es alto, proporcionando un buen nivel de este nutriente esencial para el crecimiento vegetativo, el carbono orgánico es esta en el 41%, lo cual es muy alto y contribuye significativamente a la fertilidad del suelo. El fósforo total es del 1.511%, que es medio-alto, y contribuyendo un buen suministro para el desarrollo radicular y la fotosíntesis.

En nuestra investigación, el cultivo del apio asimiló de forma significativa estos elementos que son esenciales para el cultivo. El pH y la conductividad eléctrica están en el rango permisible; asimismo, la materia orgánica es muy alto, pero ayudo para tener un buen rendimiento, al igual que el nitrógeno, carbono orgánico y fosforo. El potasio está en un porcentaje muy bajo, pero todos estos elementos son importantes en el cultivo del apio para un buen desarrollo y rendimiento.

Respecto a esta investigación, Pino (2022) menciona que el apio no requiere terrenos con texturas especiales, aunque es exigente en cuanto a drenaje. Los suelos ricos en materia orgánica son muy adecuados para su cultivo. Los límites de pH son de 6,8- 7,2. Es una planta sensible a la salinidad con los límites máximos de tolerancia entre 2-3 mmhos/cm.

La materia orgánica, con un contenido superior al 4%, se clasifica como alto; asimismo, el nivel de nitrógeno superiores al 0.2% se consideran altos. En cuanto al fósforo, valores que exceden los 14 ppm o 28 kg/ha se consideran altos. Por otro lado, un contenido de potasio inferior a 300 kg/ha se cataloga como bajo (Chilon, 1997).

4.3. Análisis físico y químico del suelo

Cuadro 4. Análisis físico y químico del suelo

Parámetro	Unidades	Resultados
Densidad aparente	g/cm ³	1.053
Porosidad	%	55
Ph	-	8.22
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	4.35
Potasio intercambiable	meq/100g S.	2.774
Nitrógeno total	%	0.48
Materia orgánica	%	7.70
Fosforo disponible	Ppm	88.40
Textura		
Arena	%	21
Limo	%	45
Arcilla	%	34
Clase textural	-	Franco arcilloso

Fuente: LAFASA (2023)

En el análisis físico y químico del suelo (Cuadro4), muestra que tiene una densidad aparente de 1.053 g/cm³. Este valor está en el rango normal para suelos, tiene una porosidad del 55%; esta porosidad es alta, lo cual es adecuado para la retención de agua y aire en el suelo, el pH de 8.22 indica un alta alcalinidad en el suelo, donde puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, tiene una conductividad eléctrica de 4.35 mmhos/cm lo que indica que es un valor alto, en el potasio intercambiable tiene 2.774 meq/100 g S. el nitrógeno total tiene un 0.48% lo que indica un porcentaje medio, en la materia orgánica tiene un 7.70% este contenido de materia orgánica es alto, lo cual es elemental para el cultivo, en fósforo disponible tiene un 88.40 ppm este nivel es alto, en

cuanto a la textura del suelo, franco arcilloso con arena del 21%, limo 45%, y arcilla del 34%, este tipo de suelo proporciona una buena estructura y capacidad de retención de agua.

En nuestro trabajo de investigación, observamos que, a pesar de que el pH del suelo fue alto y algunos elementos nutricionales mostraron niveles altos, otros se encontraron en un punto medio entre alto y bajo. Sin embargo, el cultivo del apio respondió de manera favorable a estas condiciones, lo cual se reflejó claramente en el rendimiento obtenido en cada variedad y bajo cada tratamiento experimental.

Al respecto a la investigación Chilon (1997), menciona que el contenido de nitrógeno en el rango de 0,1-0,2% se clasifica como medio, indicando que está dentro de un nivel aceptable, sin ser considerado ni bajo ni alto. En cuanto al fósforo, valores superiores a 14 ppm se consideran altos, por último, el potasio en el intervalo de 300-600 kg/ha se cataloga como medio, lo cual indica que proporciona una cantidad adecuada de este nutriente.

4.4. Clasificación del estatus de la fertilidad del suelo

Cuadro 5. Cálculos de fertilización

N	0,48 %	36 kg	Medio
P	88,40 ppm	265,2 kg	Alto
K	110 ppm	330 kg	Bajo
M.O.	7,70 %	23,1 kg/m ² /0,3 m	Alto

Ver (anexo 20)

Niveles	M.O. %	N %	P ppm	K ppm
Bajo	Menor a 2	0,1	0 – 6	0 – 124
Medio	2 – 4	0,1 – 0,2	7 – 14	124 – 248
Alto	Mayor a 4	0,2	14	248

Fuente: Chilon (1997)

4.5. Sistemas de riego

- Lámina de agua día: 0,4 mm/m²
- Lámina de agua ciclo: 39 mm/m² = 39 l/m²
- Volumen total: 1685 l
- Volumen por planta: 3 l/planta. Ver (anexo 19)

4.6. Variables agronómicas evaluadas

4.6.1. Altura de planta (AP)

De acuerdo al análisis de varianza de la evaluación de la altura de planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol (Cuadro 6), se aprecia que se tuvieron diferencias significativas entre bloques ($p < 0,05$), que de igual manera entre variedades se tuvieron diferencias significativas, para el factor niveles de estiércol y la interacción variedad*estiércol, se aprecia que no se tuvieron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Teniendo un coeficiente de variación de 5,68 % debajo del 30 %, por lo que podemos señalar que nuestros datos son confiables.

Cuadro 6. Análisis de varianza de altura planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	83,91	2	41,96	4,4	0,0428*
VARIEDAD	64,6	1	64,6	6,8	0,0265*
ESTIERCOL	65,01	2	32,51	3,4	0,0746 NS
VAR.*EST.	9,64	2	4,82	0,5	0,6183 NS
Error	95,53	10,0	9,55		
Total	318,7	17			

* $p < 0,05$; NS

En la prueba de medias de Duncan de altura de planta de dos variedades de apio (Figura 4), se identifican dos grupos distintos en cuanto a la altura promedio de las plantas. En primer lugar, la variedad Gigante alcanzó un promedio de altura de 56,3 cm, mostrando notablemente como la variedad con mayor altura. Esto sugiere que la variedad Gigante tiene un crecimiento más vigoroso o responde mejor a las condiciones de cultivo en comparación con otras variedades. Por otro lado, la variedad Tall Utah 52-70 presentó una altura promedio de 52,5 cm, lo que la ubica en un grupo con una altura menor en comparación con la variedad Gigante.

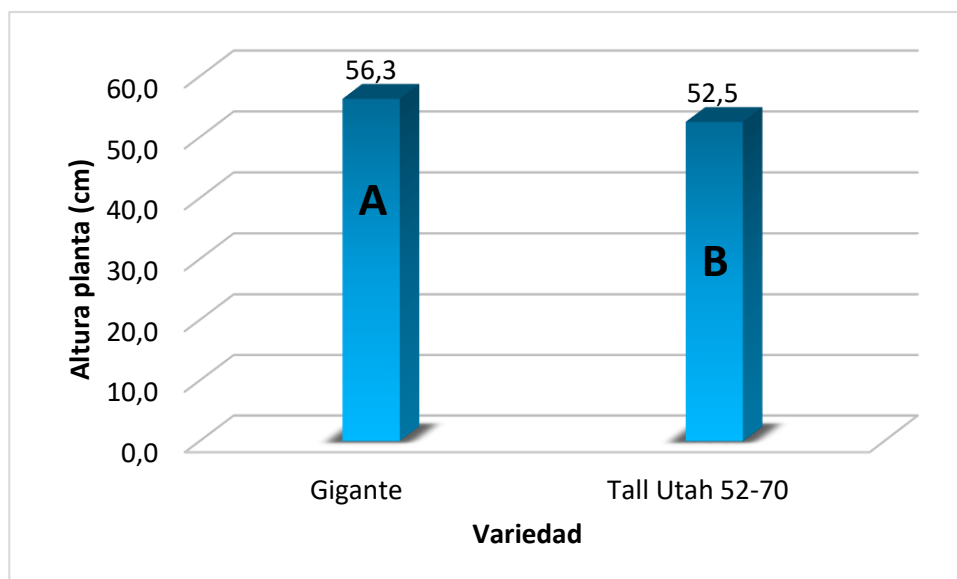


Figura 4. Prueba de medias de Duncan de altura de planta de dos variedades de apio

La variedad Gigante, por sus características morfológicas, superó consistentemente en altura a la Tall Utah 52-70 durante todo el ensayo, así mismo Cusi (2020), en un trabajo de investigación en dos variedades de apio y con tres niveles de biol, indica que la variedad Golden blanchino llegó a una altura de 47.73 cm, con respecto a la variedad Tall Utah 52 – 70, que tuvo una altura de 44.72 cm.

Se puede ver que, en nuestra investigación, la variedad de la variedad Tall Utah 52-70, muestra una altura menor en comparación a la variedad Gigante, pero es mayor a las variedades que estudio Cusi. Sin embargo, los datos específicos de altura proporcionados en los dos estudios son diferentes debido a las distintas condiciones experimentales y variedades comparadas.

Los promedios de altura de planta con diferentes niveles de estiércol (Figura 5) indican cómo la cantidad de estiércol de 20 t/ha, con esta cantidad, las plantas alcanzaron la mayor altura promedio, que fue de 56,4 cm, mientras tanto con 10 t/ha de estiércol, con esta aplicación, la altura promedio de las plantas fue ligeramente menor, alcanzando 55,1 cm y con 0 t/ha sin la adición de estiércol, las plantas tuvieron la menor altura promedio, que fue de 51,9.

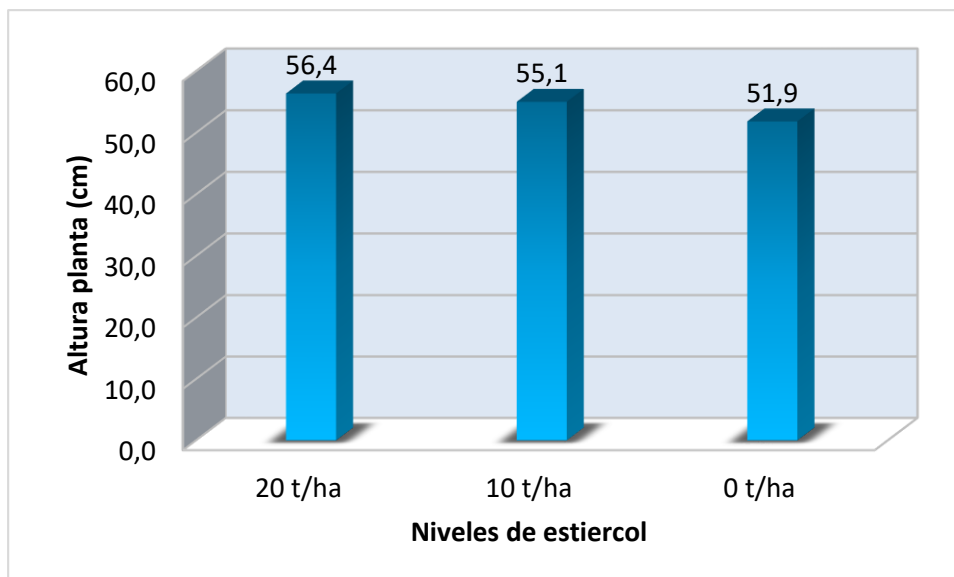


Figura 5. Promedios de altura de planta con diferentes niveles de estiércol

Entre los tres tratamientos no hubo mucha diferencia, aunque nos muestra que a mayor cantidad de estiércol proporciona nutrientes suficientes para un crecimiento óptimo de las plantas y sin la adición de estiércol demuestra la falta de nutrientes y limita el crecimiento. Así mismo, Machaca (2007) realizó un estudio sobre los efectos de los niveles de estiércol ovino en el cultivo de apio. Las diferencias que obtuvo fueron notables entre los diferentes niveles aplicados. Al aplicar $3,8 \text{ kg/m}^2$, las plantas alcanzaron una altura de 53,32 cm. Sin embargo, con $1,9 \text{ kg/m}^2$, la altura disminuyó a 42,54 cm. Y el tratamiento con el nivel más bajo de estiércol, con solo $0,95 \text{ kg/m}^2$, presentó una altura aún menor de 35,05 cm. Estos resultados sobresalen la influencia significativa del estiércol ovino en el desarrollo del cultivo.

Los resultados obtenidos de nuestra investigación son realmente prometedores, ya que, al comparar con los niveles utilizados por Machaca, se lograron resultados superiores utilizando dosis considerablemente menores de estiércol bovino. Esto implica un uso más eficiente y sostenible del estiércol como fertilizante. Como se pudo observar, con el nivel tres de estiércol bovino se obtuvo una altura significativamente mayor en comparación con los niveles dos y uno. En otras palabras, la aplicación del nivel tres de estiércol bovino crea un entorno más favorable para el desarrollo del apio, mejorando su altura y posiblemente otros aspectos de su crecimiento.

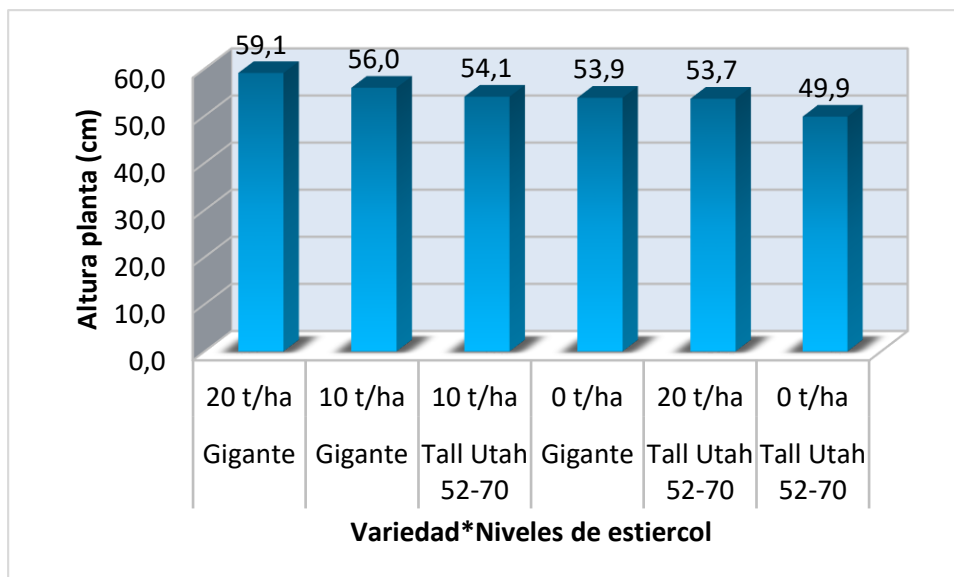


Figura 6. Promedios de altura planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

Los promedios de altura de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol (Figura 6), no muestran diferencias en ninguno de los tratamientos, ya que la altura baja paulatinamente sin mucha diferencia en donde la variedad Gigante con 20 y 10 t/ha obtuvo una altura de 59,1 y 56 cm, seguido por la variedad Tall Utah 52-70 que presentó una altura de 54,1 cm con 10 t/ha, respectivamente la variedad gigante con 0 t/ha obtuvo un promedio de 53,9 cm y por último la variedad Tall Utah 52-70 con 20 y 0 t/ha obtuvo el promedio más bajo de 53,7 y 49,9 cm de altura planta.

El presente estudio sobre la altura de dos variedades de apio se asemeja con los resultados obtenidos por Cusi (2020). En su investigación, Cusi menciona que la variedad Tall Utah 52-70 alcanzó una altura de 49,97 cm sin aplicación de biol, mientras que diferentes concentraciones de biol resultaron en alturas menores: 44,1 cm con 8% de biol, 43,8 cm con 5% de biol y 39,8 cm con 10% de biol. Estos resultados indican que la aplicación de biol no favoreció el crecimiento en altura de la variedad Tall Utah 52-70, lo que contrasta con los hallazgos del presente estudio, donde la misma variedad obtuvo un promedio mayor de 56 cm bajo condiciones diferentes y cabe mencionar que la variedad Gigante el promedio fue mucho mayor.

En nuestro trabajo de investigación, se observaron resultados notablemente superiores en ambas variedades evaluadas, viendo especialmente la variedad Gigante con una altura máxima registrada de 59,1 cm. Es importante considerar las características morfológicas únicas de cada variedad, ya que durante el trabajo de campo se evidenciaron claramente las diferencias en el crecimiento y desarrollo entre ellas. Esta investigación muestra la importancia de seleccionar adecuadamente la variedad de apio, asegurando así un rendimiento óptimo en términos de altura y otras características agronómicas para maximizar la producción del cultivo.

4.6.2. Numero de pencas (NPP)

En el análisis de varianza de numero de pencas por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino (Cuadro 7), se puede observar que entre bloques y entre variedades se tuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), en tanto que para el factor niveles de estiércol y variedades*niveles se aprecia que no se tuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$). Teniendo un coeficiente de variación de 8,23 % debajo de 30 %, lo que indica que nuestros datos son confiables.

Cuadro 7. Análisis de varianza de numero de pencas por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	4,78	2	2,39	12,65	0,0018**
VARIEDAD	20,06	1	20,06	106,18	0,0001**
ESTIERCOL	0,44	2	0,22	1,18	0,3477 NS
VAR.*EST.	0,44	2	0,22	1,18	0,3477 NS
Error	1,89	10	0,19		
Total	27,61	17			

** $p < 0,01$; NS

La prueba de medias de Duncan para el número de pencas por planta de dos variedades de apio (Figura 7), nos presenta dos grupos claramente diferenciados. La variedad Tall Utah 52-70 obtuvo la media más alta, alcanzando 6 pencas por planta. Por otro lado, la variedad Gigante mostró una media de 4 pencas por planta. Lo cual muestra las variaciones significativas en la producción de pencas entre las dos variedades evaluadas.

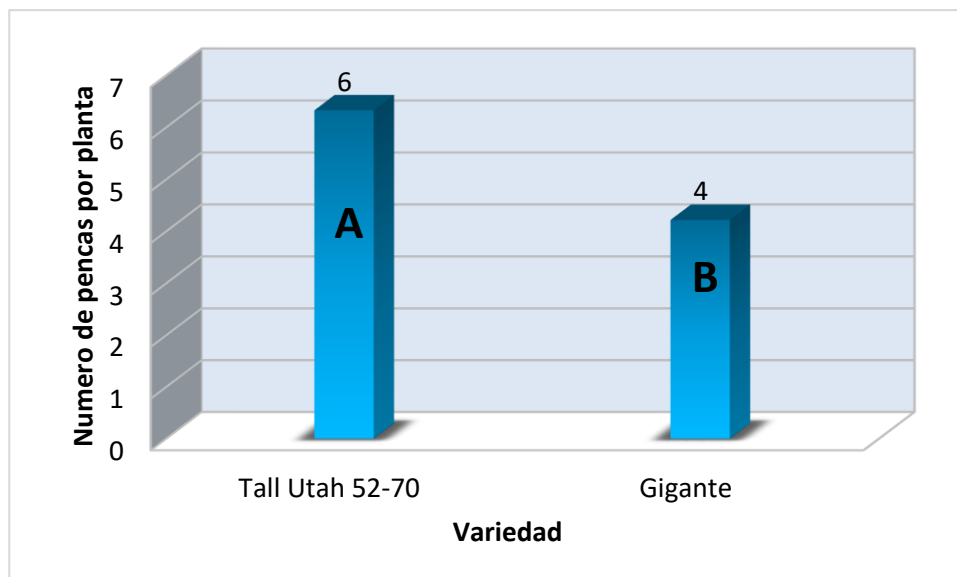


Figura 7. Prueba de medias de Duncan de numero de pencas por planta de dos variedades de apio

Los valores obtenidos en nuestro estudio se asemejan con los resultados por Escobar (2019), según su investigación, al aplicar 10 ml de lixiviado de humus de lombriz por cada litro de agua, lo que equivale al 1 % de concentración, logró obtener con la variedad Tall Utah un promedio de 8 pencas por planta. En tanto, en el Grupo B, que comprende los demás tratamientos, el promedio fue menor, con 6 pencas por planta.

Es importante considerar que las diferencias observadas en el estudio pueden estar influenciadas por algunos factores. Uno de los más significativos es la genética de cada variedad, la cual desempeña un papel importante en los resultados obtenidos. La genética determina las características morfológicas y fisiológicas de las plantas, incluyendo su capacidad para adaptarse al entorno y responder a los tratamientos agronómicos, como el nivel de estiércol aplicado. Este factor genético puede tener una influencia en el rendimiento final del cultivo de apio.

Analizando los promedios de número de hojas por planta con diferentes niveles de estiércol bovino como se muestra en la figura 8, se observa que con 0 t/ha de estiércol, se registró un promedio de 6 pencas por planta. Sin embargo, con 20 t/ha como con 10 t/ha de estiércol, se obtuvo la misma cantidad de 5 pencas por planta. Este resultado muestra que, en este caso, la cantidad de estiércol aplicada no influyó significativamente en el número de hojas por planta. Es importante considerar que otros factores como la calidad del suelo, el pH pueden haber influido en estos resultados y no haya proporcionado un incremento significativo en la producción de hojas.

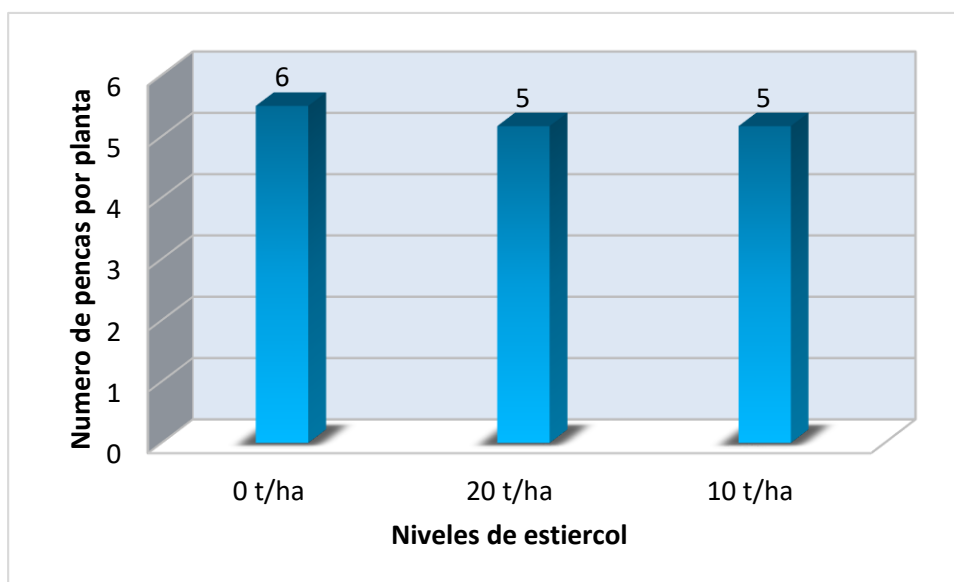


Figura 8. Promedios de numero de pencas por planta con diferentes niveles de estiércol bovino

Así mismo los resultados obtenidos por Machaca (2007), menciona que hay diferencias significativas entre los niveles de estiércol ovino, lo cual puede atribuirse a varios factores. Durante las cosechas llevadas a cabo, se observó una clara tendencia en el número de pencas por planta en relación con la cantidad de estiércol aplicado. Al aplicar 38 t/ha de estiércol ovino, se obtuvo un promedio de 8.4 pencas por planta. Con 19 t/ha disminuyó a 6.5 pencas, y con 9.5 t/ha, se registraron 5.6 pencas en promedio. Además, se observó que el nivel tres de estiércol ovino superó en número de pencas a los niveles dos y uno en todas las cosechas realizadas. Sin embargo, a medida que se sucedían las cosechas, se observó una disminución gradual en el número de pencas por planta. Esto puede atribuirse al impacto acumulativo de las cosechas constantes, lo que podría resultar en una pérdida progresiva de la capacidad de desarrollo fisiológico de las plantas.

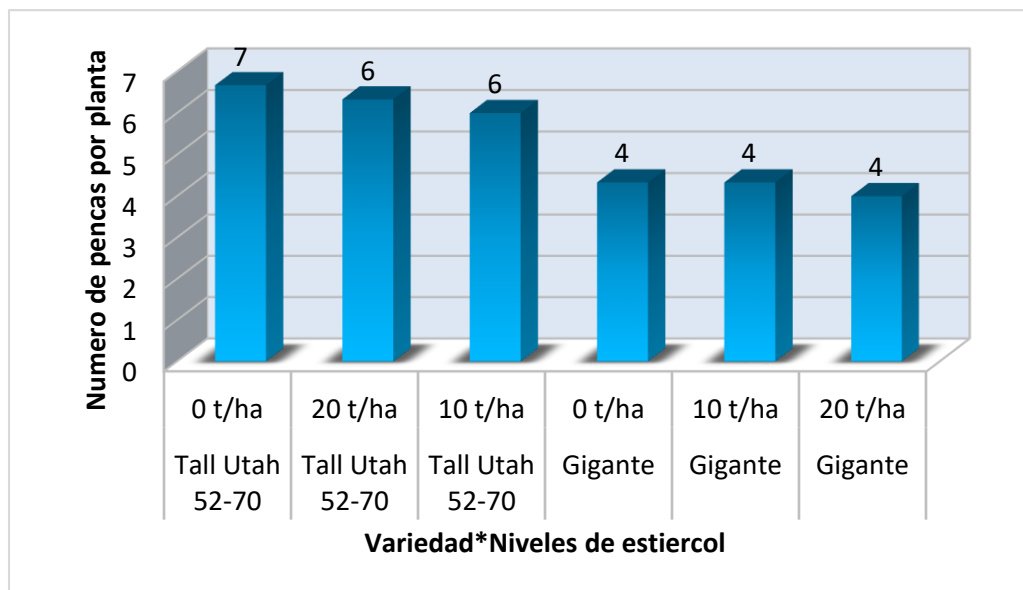


Figura 9. Promedios de numero de pencas por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol

Analizando los promedios de número de pencas por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino como se observa en la figura 9, la variedad Tall Utah 52-70 con 0 t/ha obtuvo un promedio notable de 7 pencas por planta. Mientras que con 20 t/ha como con 10 t/ha de estiércol, esta misma variedad registró la misma cantidad de 5 pencas por planta. Por otro lado, la variedad Gigante mostró el promedio más bajo, con 4 pencas por planta, independientemente de la cantidad de estiércol aplicado, ya sea 0, 10 o 20 t/ha.

La variedad Tall Utah 52-70 parece responder negativamente al aumento de estiércol, ya que la mayor cantidad de pencas por planta se observa sin la adición de estiércol, Por otro lado, la variedad Gigante muestra una estabilidad manteniendo el mismo número de pencas independientemente del nivel de estiércol aplicado. Esto puede indicar a factores más allá del estiércol son determinantes para su desarrollo.

Por otra parte, en estudios realizados por Machaca (2007), indica que con la variedad Tall Utah 52-70 se obtuvo un promedio de 8.5 pencas por planta al aplicar una dosis de 38 t/ha de estiércol ovino. Con una dosis de 19 t/ha, se registraron 6.7 pencas por planta, y con una dosis de 9.5 t/ha, se obtuvieron 5.7 pencas por planta. Además, Machaca menciona que esta variedad superó a otras en todos los tratamientos. Nuestros datos se asemejan a

los resultados de Machaca, aunque las dosis de estiércol bovino utilizadas en nuestras unidades experimentales fueron menores.

4.6.3. Largo de hoja (LH)

El análisis de varianza del largo de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino (Tabla 8), se aprecia que entre bloques y entre variedades se tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$), en tanto que para niveles de estiércol las diferencias presentadas fueron altamente significativas ($p < 0,01$), y para la interacción variedades*niveles muestra que no se tuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$). Teniendo un coeficiente de variación de 5,71 % debajo del 30 %, indicando que los datos obtenidos son confiables.

Cuadro 8. Análisis de varianza de largo de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	36,34	2	18,17	7,39	0,0107*
VARIEDAD	23,35	1	23,35	9,5	0,0116*
ESTIERCOL	79,37	2	39,68	16,15	0,0007**
VAR.*EST.	5,79	2	2,89	1,18	0,3474 NS
Error	24,58	10	2,46		
Total	169,42	17			

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; NS

La prueba de medias de Duncan, aplicada para comparar el largo de hoja entre las dos variedades de apio, se muestra en la figura 10, mostrando la clara diferencia de dos grupos distintos. La variedad Gigante obtuvo un promedio notablemente superior de 28.6 cm en longitud de hoja, en tanto con la variedad Tall Utah 52-70, que presentó un promedio más bajo de 26.3 cm. Este análisis estadístico pone de relieve las marcadas diferencias observadas en el crecimiento foliar entre ambas variedades evaluadas, resaltando la importancia de estos resultados para entender las características de cada variedad de apio en estudio.

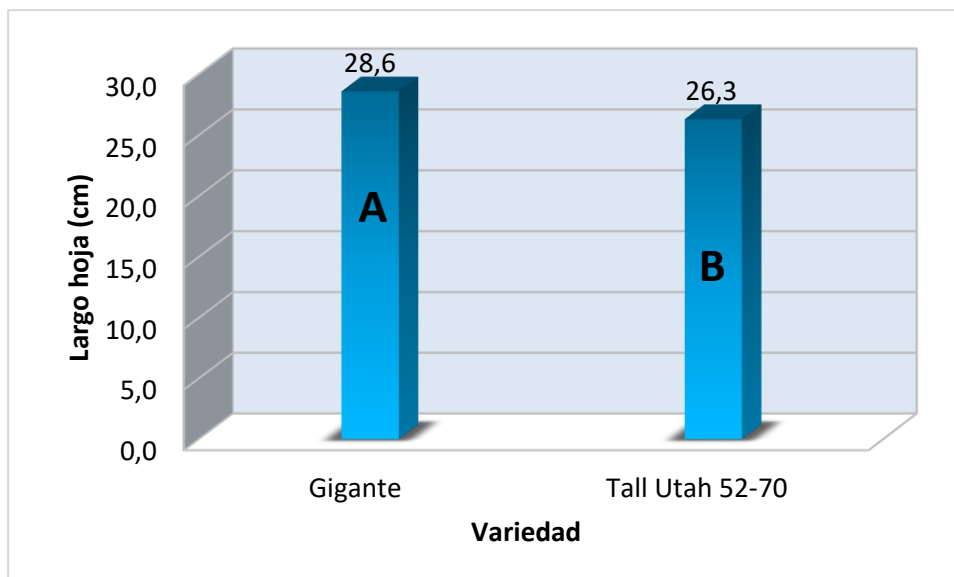


Figura 10. Prueba de medias de Duncan del largo de hoja de dos variedades de apio

Esta diferencia indica que la variedad Gigante tiene una mayor capacidad para desarrollar hojas más largas en comparación con la Tall Utah 52-70. Esto podría atribuirse a varias razones, incluyendo posibles diferencias genéticas que influyen en la morfología foliar de cada variedad.

Por otra parte Mendoza (2019), menciona que la aplicación de lixiviado de humus de lombriz en la variedad de apio Tall Utah 52-70 obtuvo un incremento en el largo de hoja, alcanzando un promedio significativo de 41,4 cm. Esta investigación muestra que el lixiviado de humus de lombriz también es importante en el desarrollo y crecimiento de las plantas de apio.

Mediante la prueba de medias de Duncan de largo de hoja con diferentes niveles de estiércol bovino (Figura 11), nos presenta dos grupos significativamente diferentes, en donde el primer grupo, tratado con 20 t/ha de estiércol bovino, alcanzó un promedio de 30,4 cm en el largo de hoja. Esta cifra es significativamente mayor en comparación con los promedios registrados en el segundo grupo, donde se aplicaron 10 t/ha y 0 t/ha de estiércol, obteniéndose 26,2 cm y 25,7 cm respectivamente.

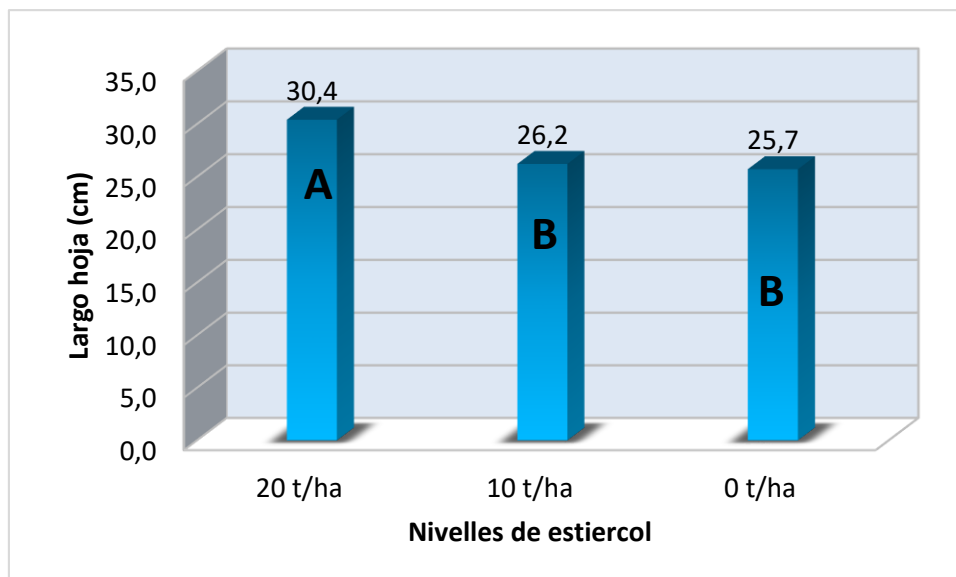


Figura 11. Prueba de medias de Duncan de largo de hoja con diferentes niveles de estiércol bovino

La diferencia observada la cantidad de estiércol bovino aplicada tuvo un impacto directo en el crecimiento foliar del apio. Es posible que la riqueza en nutrientes proporcionada por el estiércol a 20 t/ha haya favorecido un desarrollo más vigoroso y una mayor elongación de las hojas.

Así mismo en un trabajo de investigación Mendoza (2019), Con lixiviado de humus de lombriz, con en la segunda cosecha obtuvo el mejor rendimiento, con 0%, 10, 15 y 20 ml obtuvo 40.7, 44.3, 40, 40,7 cm de largo de hoja.

El análisis de los promedios de largo de hoja de las variedades de apio Gigante y Tall Utah 52-70 con diferentes niveles de estiércol bovino (Figura 12), nos muestra que con una aplicación de 20 t/ha, ambas variedades obtuvieron una longitud de hoja de 30,9 cm y 29,9 cm, respectivamente. En tanto la variedad Gigante registró longitudes de 27,6 cm y 27,3 cm con 0 y 10 t/ha. Por otro lado, la variedad Tall Utah 52-70 mostró menores promedios de 25,2 cm con 10 t/ha y 23,9 cm con 0 t/ha.

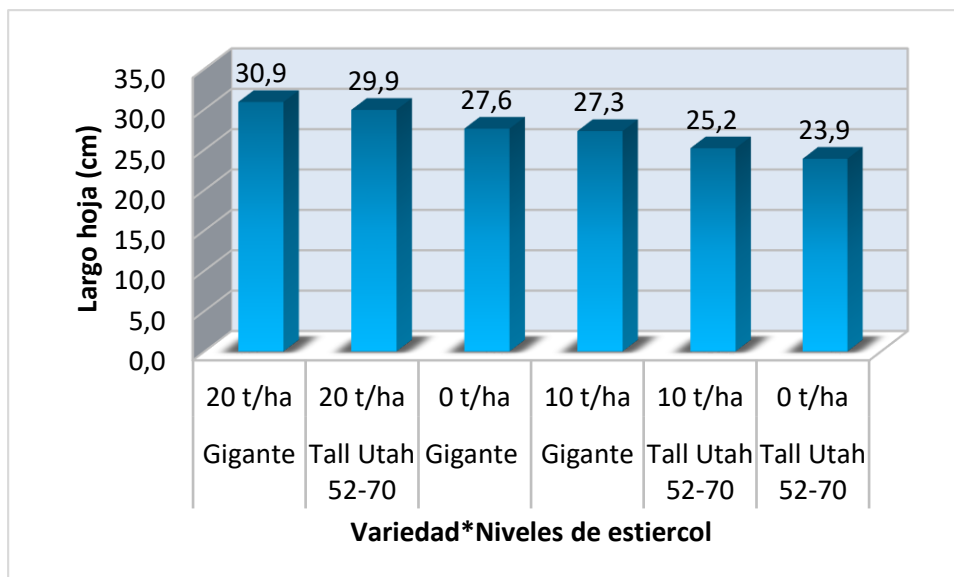


Figura 12. Promedios de largo de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

Los resultados muestran claramente que la aplicación de 20 t/ha de estiércol bovino benefició considerablemente el crecimiento del apio en ambas variedades. Tanto la Gigante como la Tall Utah 52-70 alcanzaron longitudes de hoja notables de 30,9 cm y 29,9 cm respectivamente. Por otro lado, se observó un menor desarrollo foliar cuando se aplicaron menores cantidades de estiércol. Estos resultados indican que niveles más bajos de fertilización pueden limitar el potencial de crecimiento foliar. En promedio con 0%, 10,15 y 20 ml en las tres cosechas con lixiviado de humus de lombriz obtuvo 40,7, 42,3, 39,7 y 39,7 cm de largo de hoja. (Mendoza, 2019).

4.6.4. Ancho de hoja (AH)

El análisis de varianza del ancho de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino (Cuadro 9), se aprecia que entre bloques y entre variedades se tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$), en tanto que para el factor niveles de estiércol se tuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), para la interacción variedad*niveles no se tuvieron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). Teniendo un coeficiente de 9,62 % debajo de 30 %, por lo que podemos señalar que nuestros datos son confiables.

Cuadro 9. Análisis de varianza del ancho de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	18,76	2	9,38	4,47	0,0411*
VARIEDAD	13,01	1	13,01	6,19	0,0321*
ESTIERCOL	97,36	2	48,68	23,17	0,0002**
VAR.*EST.	0,32	2	0,16	0,08	0,9265 NS
Error	21,01	10	2,1		
Total	150,47	17			

*p < 0,05; **p < 0,01; NS

Según la prueba de medias de Duncan del ancho de hoja de dos variedades de apio (figura 13), nos presenta dos grupos diferentes, la variedad Gigante obtuvo el mayor promedio con 15,5 cm, significativamente diferente al segundo promedio registrado por la variedad Tall Utah 52-70 que obtuvo 13,8 cm ancho de hoja.

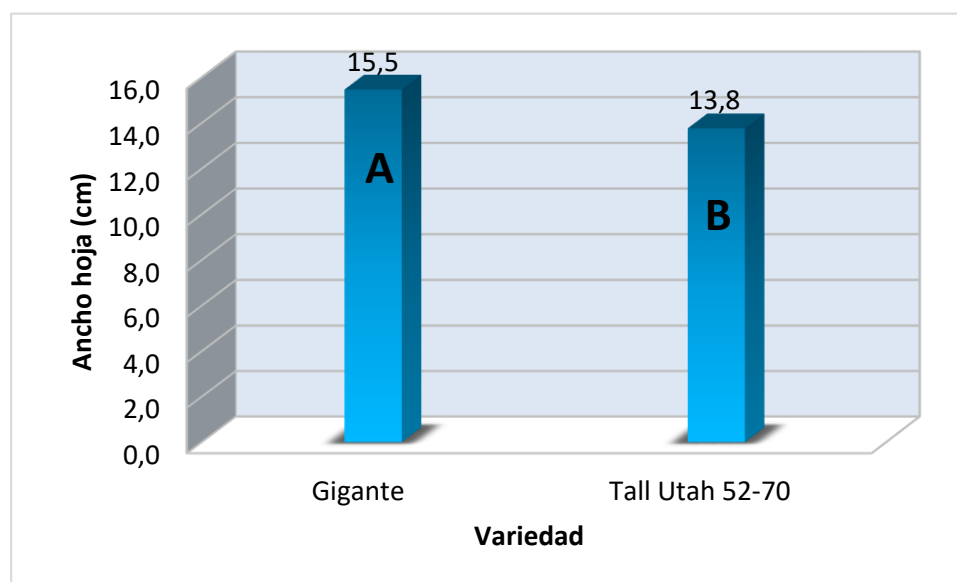


Figura 13. Prueba de medias de Duncan del ancho de hoja de dos variedades de apio

Esta diferencia entre variedades evidencia que la Gigante tiende a desarrollar hojas significativamente más anchas en comparación con la Tall Utah 52-70 bajo las condiciones específicas del estudio y es posible que la Gigante esté genéticamente a obtener hojas más anchas o que haya respondido de manera más favorable a las condiciones específicas de

fertilización, riego y luz proporcionadas durante el cultivo. Asimismo en una investigación Mendoza (2019), menciona que la aplicación de lixiviado de humus de lombriz a la variedad de apio Tall Utah 52-70 obtuvo un promedio de 25 cm de ancho de hoja.

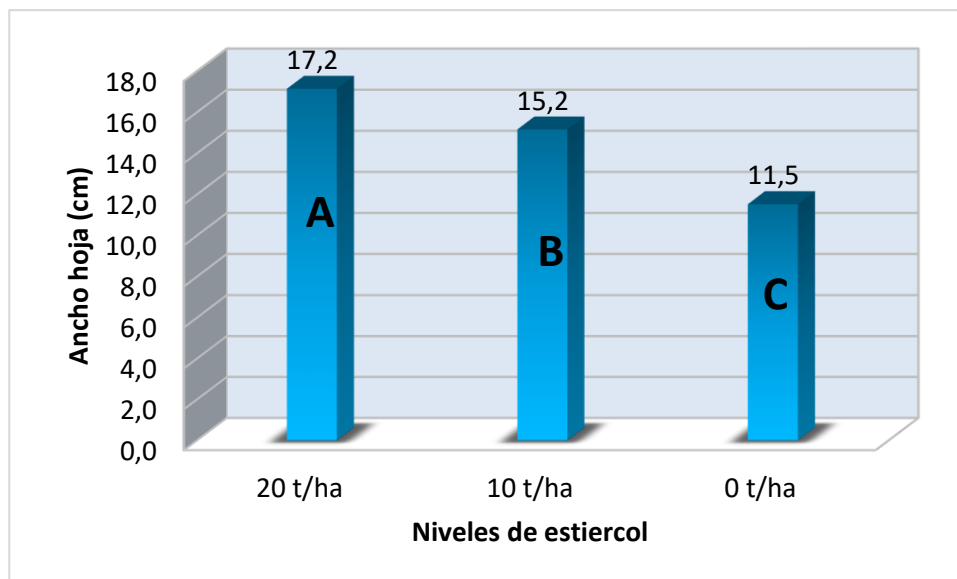


Figura 14. Prueba de medias de Duncan de ancho de hoja con diferentes niveles de estiércol bovino

Según la prueba de medias de Duncan de ancho de hoja con diferentes niveles de estiércol bovino (Figura 14), nos muestra tres grupos diferentes, el primer grupo con 20 t/ha obtuvo el mayor promedio con 17,2 cm, significativamente diferente al segundo grupo con 10 t/ha registro 15,2 cm, en tanto el menor promedio que se obtuvo fue con 0 t/ha registrando 11,5 cm de ancho de hoja.

Estos resultados indican claramente que la cantidad de estiércol bovino aplicada tuvo un impacto directo en el desarrollo del ancho de hoja del apio. El grupo tratado con la mayor cantidad de estiércol mostró hojas significativamente más anchas, lo cual sugiere que la riqueza en nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio proporcionados por el estiércol, promovió un crecimiento foliar más vigoroso y robusto y a medida que fue aumentado el estiércol el ancho de hoja fue aumentando el ancho de hoja. Como también (Mendoza, 2019), en una investigación menciona que se pudo evidenciar que en la segunda cosecha obtuvo mejores rendimientos de apio, con lixiviado de humus de lombriz, con 0% presento

30 cm, con 10 ml obtuvo 27,3 cm, con 15 ml alcanzo los 27,3 cm y por último con 20 de humus obtuvo el menor promedio de 26,7 cm de ancho de hoja.

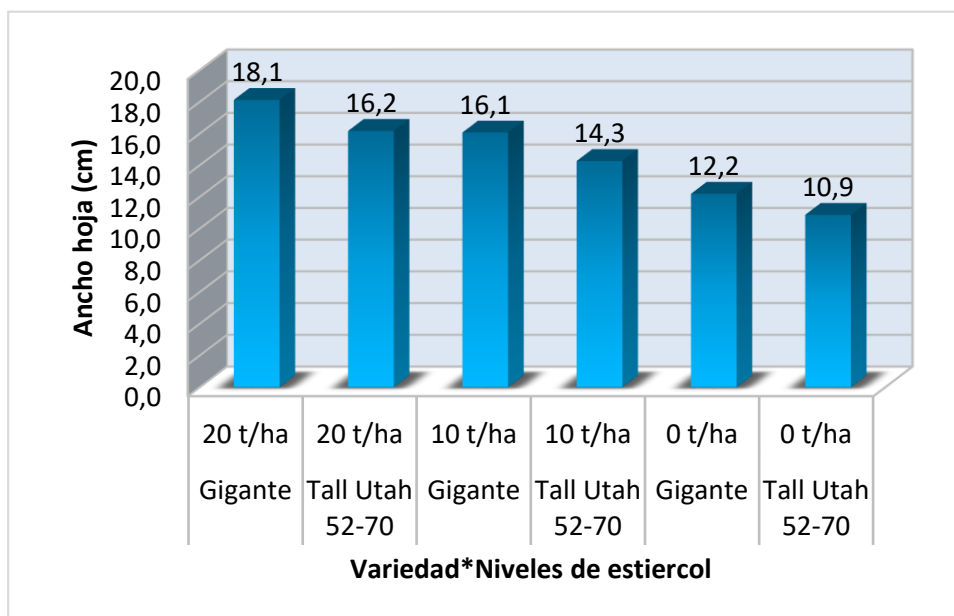


Figura 15. Promedios de ancho de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

Los promedios de ancho de hoja de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino (Figura 15), nos indica que las variedades Gigante y Tall Utah 52-70 ambos con 20 t/ha obtuvieron 18,1 y 16,2 cm, seguidamente las mismas variedades Gigante y Tall Utah 52-70 con 10 t/ha registraron un promedio de 16,1 y 14,3 cm y por último la variedad Gigante y Tall Utah 52-70 ambos con 0 t/ha obtuvieron 12,2 y 10,9 cm de ancho de hoja.

Ambas variedades alcanzaron sus mayores anchos de hoja, con la variedad Gigante obteniendo un promedio de 18,1 cm y Tall Utah 52-70 alcanzando 16,2 cm. Esto sugiere que un alto nivel de fertilización proporciona nutrientes suficientes para maximizar el crecimiento foliar, pero con 10 t/ha hoja disminuyeron ligeramente en ambas variedades, aunque la reducción no es drástica, esto indica que una menor cantidad de estiércol aún promueve un crecimiento significativo, pero no tan óptimo como el nivel más alto. Y por último las plantas mostraron los menores anchos de hoja con 0 t/ha de estiércol. Esto demuestra que la ausencia de estiércol limita el crecimiento foliar, probablemente debido a la falta de nutrientes esenciales.

Al respecto, en una investigación, Mendoza (2019) realizó un estudio en el cultivo de apio en la variedad Tall Utah 52-70 utilizando diferentes dosis de lixiviado de humus de lombriz, con aplicaciones de 0 ml, 10 ml, 15 ml y 20 ml, en promedio de tres cosechas obtuvo 28.3, 25, 24 y 22.3 cm de ancho de hoja. En tanto, las dosis más altas registraron menores longitudes de hoja, indicando que dosis más altas de lixiviado tienen un impacto negativo significativo en el desarrollo foliar del apio.

4.6.5. Peso por planta (PP)

El análisis de varianza de peso por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol (Cuadro 10), Indica que se tuvieron diferencias altamente significativas entre bloques ($p < 0,01$), en tanto que entre variedades se tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$), en el cual también muestra que para el factor niveles de estiércol se tuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), y para la interacción variedad*niveles se aprecia que no se tuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$). Teniendo un coeficiente de variación de 6,48 % debajo del 30 % por lo cual podemos mencionar que nuestros datos son confiables.

Cuadro 10. Análisis de varianza de peso por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	3497,33	2	1748,67	15,94	0,0008**
VARIEDAD	938,89	1	938,89	8,56	0,0152*
ESTIERCOL	9183	2	4591,5	41,84	0,0001**
VAR.*EST.	517,44	2	258,72	2,36	0,1449 NS
Error	1097,33	10	109,73		
Total	15234	17			

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; NS

La prueba de medias de Duncan para el peso por planta de dos variedades de apio (Figura 16) nos muestra dos grupos diferencias en el rendimiento de cada variedad. La variedad Gigante obtuvo la mayor media de peso por planta con 168,9 g, lo que la diferencia significativamente de la variedad Tall Utah 52-70, que registró una media de 154,4 g. Este resultado indica que la variedad Gigante tiene un mayor potencial de producción en términos de peso por planta.

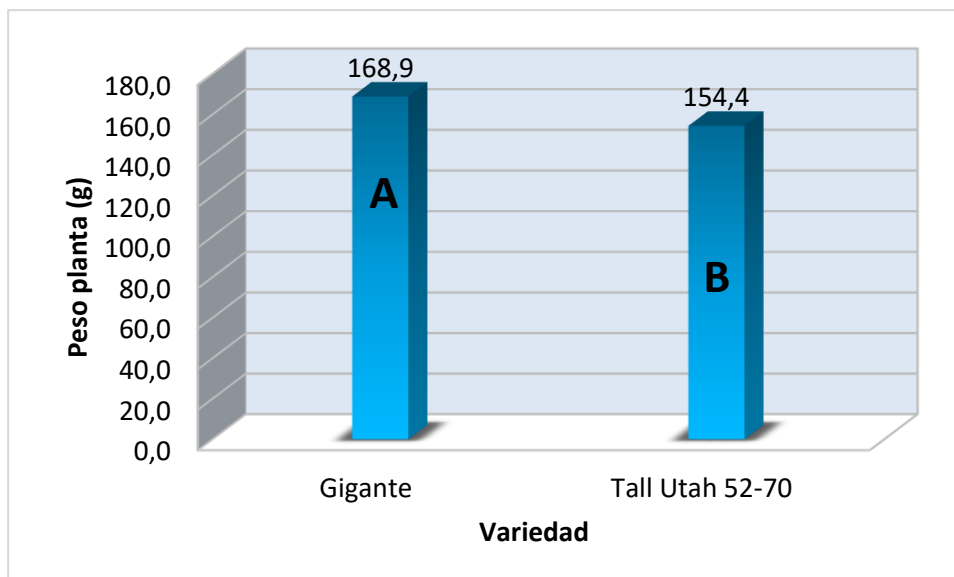


Figura 16. Prueba de medias de Duncan de peso por planta de dos variedades de apio

Lo cual según los datos de Choque (2021), cuando se evaluó el peso de la planta sin raíz a diferentes densidades de plantación, la variedad Tall Utah 52-70 mostró un promedio de 167,92 gramos. Sin embargo, en nuestro trabajo de investigación, la variedad Gigante presentó un promedio de peso significativamente mayor en comparación con la variedad Tall Utah 52-70. Esta diferencia puede atribuirse a las características morfológicas específicas de cada variedad. La variedad Gigante, con sus características morfológicas mostradas durante la investigación, parece tener una capacidad mejorada para absorber y utilizar los nutrientes del suelo, lo que se traduce en un mayor peso de la planta. Estas características incluyen una mayor superficie foliar, que permite una mayor fotosíntesis, y un sistema radicular más extenso, que facilita una mejor absorción de agua y nutrientes. En contraste, la variedad Tall Utah 52-70, aunque muestra buenos rendimientos, no alcanza los niveles de eficiencia en la utilización de recursos que presenta la variedad Gigante.

Según la prueba de medias de Duncan de peso por planta con diferentes niveles de estiércol bovino (Figura 17), nos presenta tres medias significativamente diferentes en donde el grupo tratado con 20 t/ha de estiércol bovino mostró el peso promedio por planta más alto, alcanzando 191,7 g. Esta cantidad significativamente mayor en comparación con los otros tratamientos por otro lado, el grupo con 10 t/ha de estiércol bovino registró un peso promedio de 156,2 g, también significativamente mayor en comparación con el grupo sin aplicación de estiércol (0 t/ha), que obtuvo el peso más bajo con 137,2 g por planta.

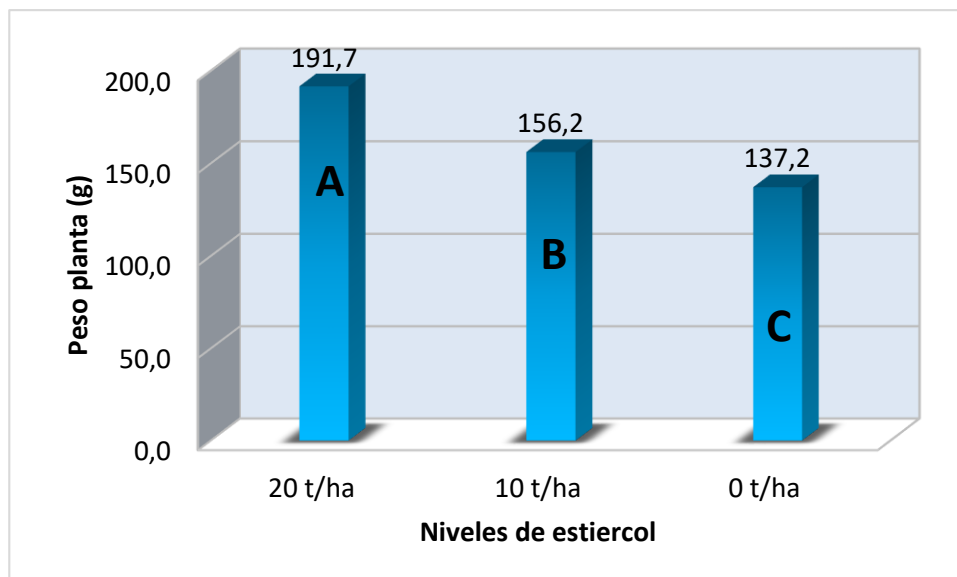


Figura 17. Prueba de medias de Duncan de peso por planta con diferentes niveles de estiércol bovino

El nivel de estiércol aplicado resulta en un mayor peso promedio por planta, lo que claramente indica que una cantidad elevada de nutrientes proporcionados por 20 t/ha de estiércol bovino es importante para maximizar el crecimiento y el desarrollo óptimo de las plantas de apio. Los diferentes niveles de estiércol bovino también muestran un resultado notable en el peso final de las plantas, haciendo notar la importancia de una adecuada fertilización para obtener rendimientos superiores en este cultivo.

En una investigación con dos variedades de apio y con distancias de plantación, el mayor promedio de peso por planta se obtuvo con una distancia de 20 cm, alcanzando 64,05 g, según Acero (2023), esta distancia permitió un crecimiento óptimo debido al espacio disponible para el desarrollo completo de las raíces. En tanto, a una distancia de 25 cm, el promedio de peso por planta fue inferior, alcanzando 62,32 g, lo cual sugiere que un espacio demasiado amplio no proporciona beneficios adicionales significativos. Por último, con una distancia de plantación de 15 cm, se obtuvo un peso promedio por planta de 53,17 g.

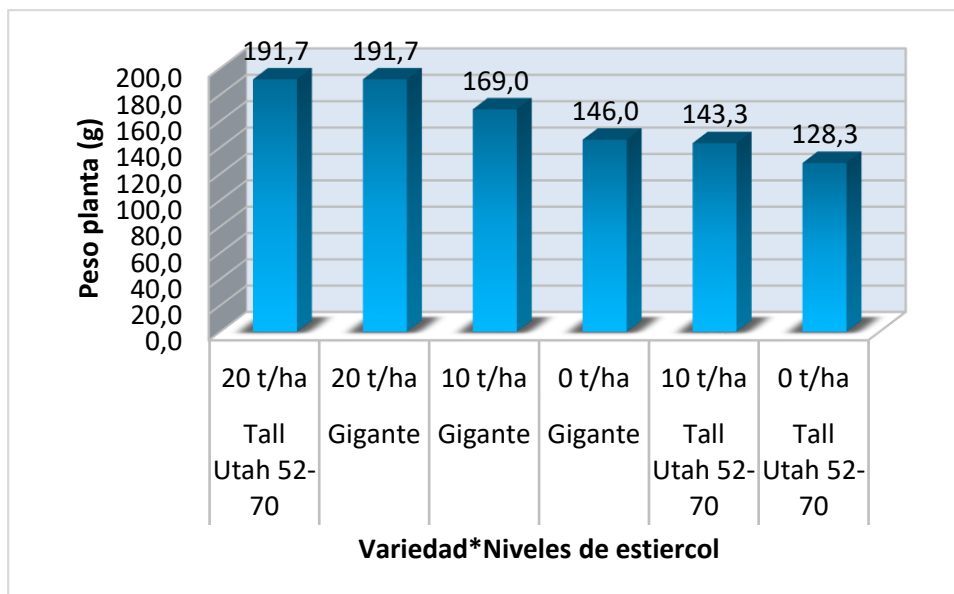


Figura 18. Promedios de peso por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

Los datos promedio del peso por planta de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino (Figura 18), indican que tanto la variedad Tall Utah 52-70 como la Gigante, cuando se tratan con 20 t/ha, alcanzaron un promedio de 191,7 g por planta, en contraste con la variedad Gigante que obtuvo 169 g y 146 g con 10 y 0 t/ha, respectivamente. Por otro lado, la variedad Tall Utah 52-70 con 10 y 0 t/ha de estiércol, mostró los promedios más bajos 143,3 g y 128,3 g.

Estos resultados subrayan la importancia de la fertilización en el cultivo de apio. La aplicación de 20 t/ha de estiércol bovino maximiza el rendimiento para ambas variedades, igualando el peso por planta en Gigante y Tall Utah 52-70. Sin embargo, a niveles más bajos de fertilización, se observan diferencias significativas entre las variedades, con la variedad Gigante mostrando una mayor capacidad para mantener un rendimiento aceptable.

Así mismo en una investigación con dos variedades de apio según Acero (2023), menciona que la variedad Tall Utah a tres distancias 25, 20 y 15 cm de plantación obtuvo un promedio de 77,43 g, 69,3 g y 52,57 g peso/planta en tanto con la variedad Golden Self a 20, 15 y 25 cm obtuvo un peso promedio de 58,8 g, 53,77 g y 47,2 g de peso/planta.

Nuestros resultados obtenidos con los diferentes niveles de estiércol bovino son significativamente mayores en comparación con los mencionados anteriormente. Esta diferencia notable en los pesos promedio por planta puede atribuirse tanto al sistema de plantación empleado como al agregado de estiércol bovino. El estiércol proporciona nutrientes esenciales y mejora la estructura del suelo, lo cual facilita un mejor crecimiento de las plantas y, en consecuencia, un mayor peso por planta. Asimismo, es posible que el sistema de plantación utilizado en nuestro estudio permita una mejor absorción de estos nutrientes, lo que también contribuye a los resultados superiores observados. Estos resultados muestran la importancia de la fertilización orgánica o el adecuado sistema de plantación para maximizar el rendimiento de las variedades de apio.

4.6.6. Rendimiento por unidad experimental (RUE)

El análisis de varianza del rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino (Cuadro 11), se aprecia que entre bloques se tuvieron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), en tanto que entre variedades de igual manera se tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$), para el factor niveles de estiércol se presentaron estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$), y para la interacción variedad*niveles no se tuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$). Teniendo un coeficiente de variación de 6,52 % debajo del 30 %, por lo que podemos mencionar que nuestros datos son confiables.

Cuadro 11. Análisis de varianza del rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	62,4	2	31,2	15,79	0,0008**
VARIEDAD	17,41	1	17,41	8,81	0,0141*
ESTIERCOL	165,22	2	82,61	41,8	0,0001**
VAR.*EST.	9,03	2	4,51	2,28	0,1523 NS
Error	19,76	10	1,98		
Total	273,83	17			

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; NS

Las medias de Duncan del rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio (Figura 19), nos presenta dos grupos diferentes en donde la variedad Gigante tuvo el mayor promedio de rendimiento con 22,5 t/ha, muy diferente a la variedad Tall Utah 52-70 que obtuvo un rendimiento de 20,6 t/ha.

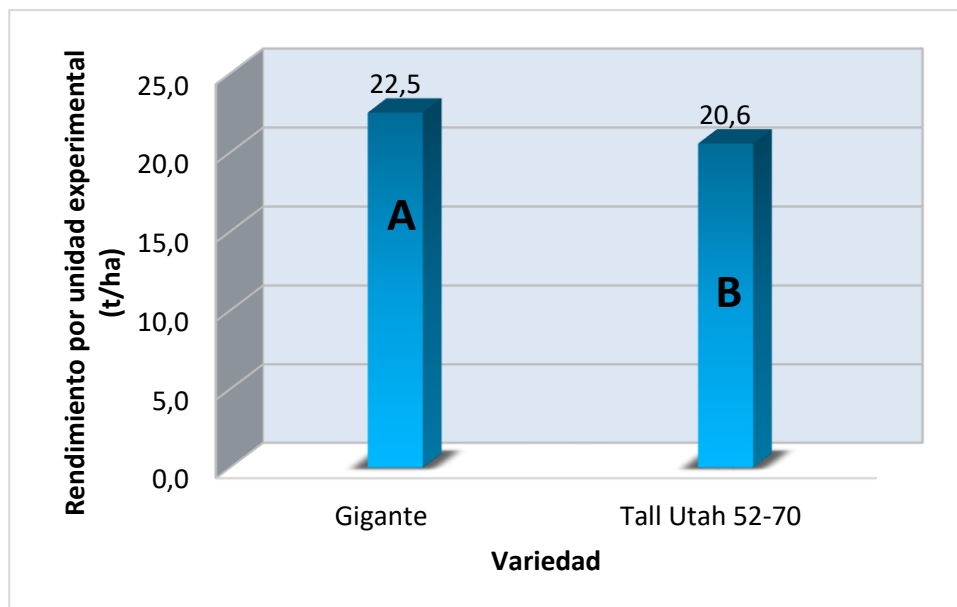


Figura 19. Prueba de medias de Duncan del rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio

Según los resultados obtenidos, la variedad Gigante mostró un rendimiento significativamente mayor en comparación con la variedad Tall Utah 52-70, la cual alcanzó un rendimiento inferior. Esta diferencia en el rendimiento entre las dos variedades demuestra que la variedad Gigante fue más efectiva en la absorción de agua, nutrientes y luz solar, lo que resultó en una producción total por hectárea más alta en comparación con la variedad Tall Utah 52-70 bajo las mismas condiciones de cultivo. Asimismo (Machaca, 2007), menciona las variaciones en promedio entre diferentes variedades al aplicar las mismas cantidades de estiércol de ovino. En su estudio, la variedad Tall Utah 52-70 tuvo un rendimiento de 1,39 kg/m², mientras que la variedad Golden Blanchino alcanzó un rendimiento de 1,33 kg/m². Estos resultados muestran las diferencias entre variedades en cuanto a su capacidad para utilizar eficientemente los recursos disponibles, incluso cuando se les proporcionan las mismas condiciones de fertilización.

Según la prueba de medias de Duncan de rendimiento por unidad experimental con diferentes niveles de estiércol bovino (Figura 20), nos muestra tres grupos diferentes donde con 20 t/ha se obtuvo 25,6 t/ha, estadísticamente diferente al nivel de 10 t/ha que presentó 20,8 t/ha, en tanto la media más baja que se obtuvo fue con 0 t/ha registrando 18,3 t/ha.

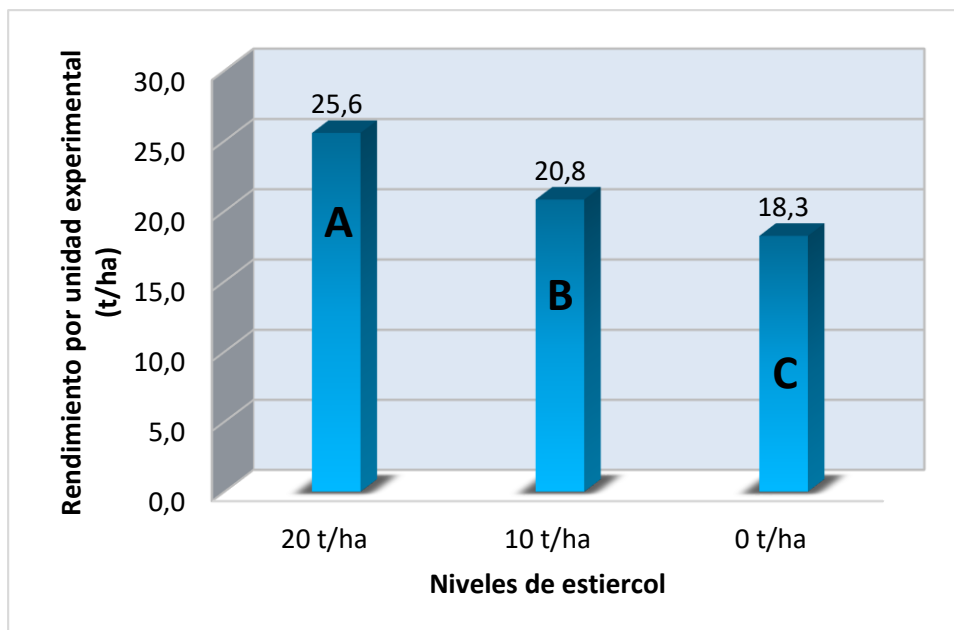


Figura 20. Prueba de medias de Duncan de rendimiento por unidad experimental con diferentes niveles de estiércol bovino

Los resultados obtenidos en el estudio se observan claramente que la fertilización con estiércol bovino es fundamental para maximizar el rendimiento por unidad experimental. Tal y como se observó, la aplicación de 20 toneladas por hectárea de estiércol bovino resultó en el nivel de fertilización que proporcionó el rendimiento más alto, alcanzando un promedio notable de 25,6 toneladas por hectárea. Esta diferencia con respecto a los otros niveles de fertilización estudiados es estadísticamente significativa, lo que indica de manera clara que una alta cantidad de estiércol proporciona los nutrientes esenciales necesarios para maximizar el rendimiento del cultivo.

Por otra parte, según estudios realizados por Machaca (2007), se observó que al aplicar diferentes niveles de estiércol ovino de 38 t/ha, 19 t/ha y 9,5 t/ha, se obtuvieron rendimientos de 1,81 kg/m², 1,31 kg/m² y 0,96 kg/m² respectivamente. Estos resultados destacan que el tercer tratamiento, con 38 t/ha de estiércol, fue el que mostró el mayor promedio en rendimiento. Este hallazgo subraya la influencia positiva del estiércol ovino, proporcionando una evidencia clara de cómo la fertilización puede mejorar significativamente los resultados de cultivos específicos.

Los promedios de rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino (Figura 21), muestran que las variedades Gigante y Tall Utah 52-70, ambas con 20 t/ha de estiércol, tuvieron rendimientos similares de 25,6 y 25,5 t/ha respectivamente. En contraste, la variedad Gigante con aplicaciones de 10 y 0 t/ha de estiércol registró rendimientos de 22,6 y 19,4 t/ha. La variedad Tall Utah 52-70, con 10 y 0 t/ha obtuvieron los rendimientos más bajos de 19,1 y 17,1 t/ha.

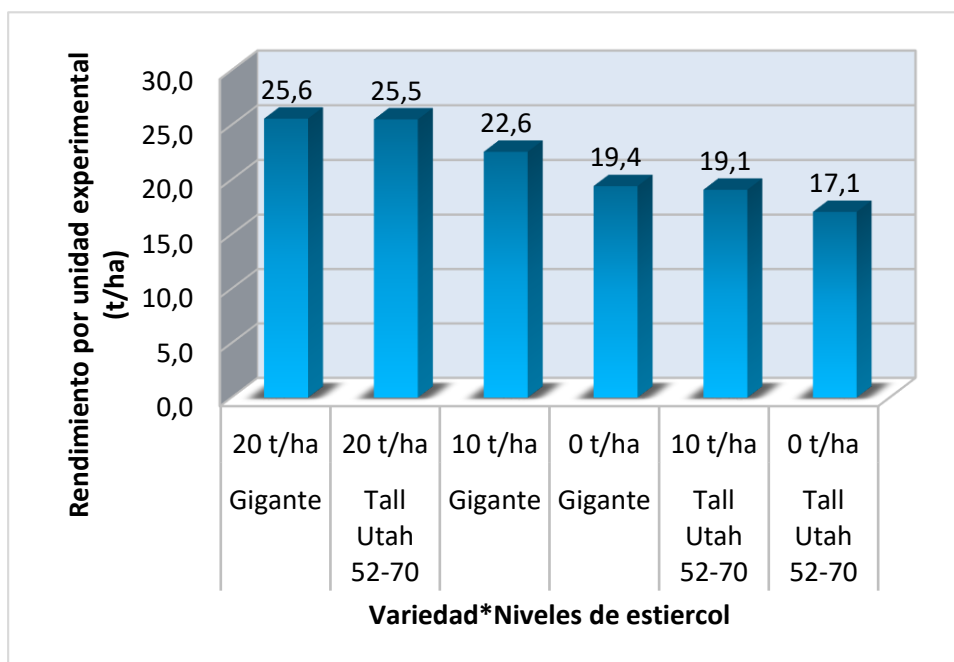


Figura 21. Promedios de rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino

La variedad Gigante y Tall Utah 52-70 con 20 t/ha. Ambas variedades mostraron un rendimiento casi igual, con 25,6 t/ha y 25,5 t/ha respectivamente. Esto sugiere que, a un nivel alto de fertilización, las diferencias en el rendimiento entre las variedades son mínimas lo que indica una capacidad similar para aprovechar los nutrientes adicionales.

En el presente estudio se asemejan los resultados obtenidos por Machaca (2007), con el estudio de estiércol ovino menciona que la variedad Tall Utah 52-72 con las dosis 38 t/ha, 19 t/ha y 9,5 t/ha obtuvo un rendimiento de 1,84 kg/m², 1,34 kg/m² y 0,98 kg/m² y con la variedad Golden blanchino de igual manera con 38 t/ha, 19 t/ha y 9,5 t/ha obtuvo un rendimiento de 1,77 kg/m², 1,27 kg/m² y 0,94 kg/m².

Nuestros resultados obtenidos son mayores a los que obtuvo Machaca esto se debe a la diferencia del estiércol asimismo a las diferentes características del suelo donde en nuestro trabajo de investigación la variedad Gigante obtuvo el mayor rendimiento no teniendo mucha diferencia con la variedad Tall Utah 52-70.

4.7. Análisis económico

Generalmente los trabajos de investigación están dirigidos a dar alternativas al agricultor en la producción de determinados cultivos, donde pueda obtener mayores rendimientos y por ende mayores ingresos económicos.

Es por esta razón que el análisis económico daría las pautas para poder clasificar los tratamientos adecuados tanto en rendimiento como en la obtención de beneficios para poder ser utilizada luego por los agricultores.

Cuadro 12. Análisis económico de cada tratamiento

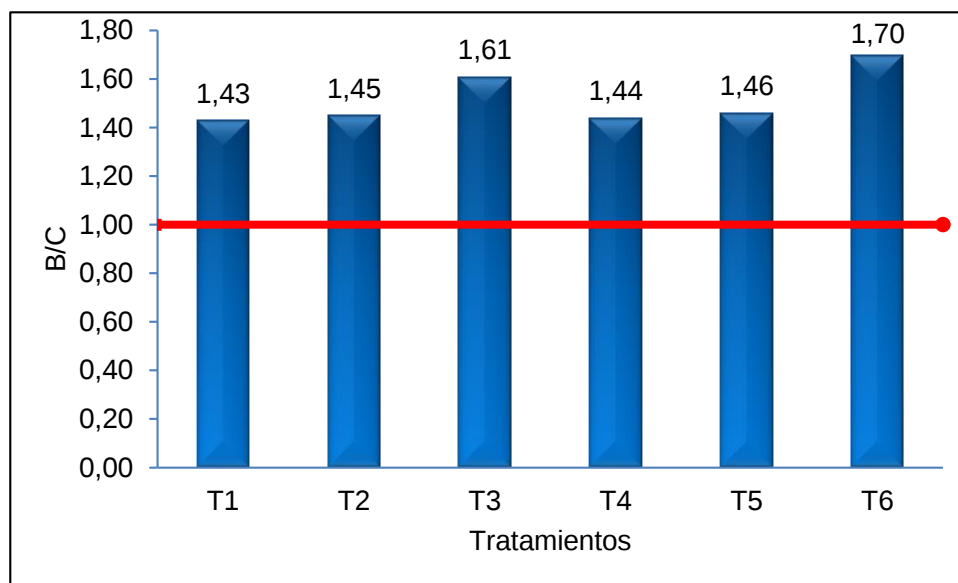
Tratamientos	Costos (Bs)	Rendimiento (kg)	Rendimiento ajustado (kg)	Precio (Bs/kg)	Beneficio Bruto	Beneficio Neto	B/C Bruto	B/C Neto
T1	79,76	17,1	16,25	7	113,75	33,99	1,43	0,43
T2	86,96	18,9	17,96	7	125,72	38,76	1,45	0,45
T3	94,16	22,8	21,66	7	151,62	57,46	1,61	0,61
T4	79,61	17,2	16,34	7	114,38	34,77	1,44	0,44
T5	86,81	19	18,05	7	126,35	39,54	1,46	0,46
T6	94,01	24	22,8	7	159,6	65,59	1,70	0,70

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 12 se presenta el análisis económico que detalla los resultados por tratamiento. Se observa que el tratamiento T₃, con 20 t/ha de estiércol aplicado a la variedad Tall Utah 52-70, generó un ingreso bruto de 151,62 bs. Por otro lado, el tratamiento T₆, también con 20 t/ha de estiércol, pero aplicado a la variedad Gigante, registró el ingreso bruto más alto, alcanzando los 159,6 bs. Estos datos muestran claramente las diferencias en los ingresos brutos según el tratamiento y la variedad utilizada, proporcionando información relevante para evaluar la rentabilidad económica de cada combinación específica de tratamiento y variedad en el cultivo de apio.

Los tratamientos que mostraron los mayores beneficios netos fueron el T₃ con 20 t/ha de estiércol, donde la variedad Tall Utah 52-70 tuvo un beneficio de 57,46 bs, y el T₆ con 20 t/ha de estiércol, donde la variedad Gigante tuvo un beneficio neto de 65,59 bs. Por otro el menor beneficio neto fue el tratamiento T₁ sin incorporación de estiércol en ambas variedades, Tall Utah 52-70 y Gigante, teniendo un beneficio de 33,99 y 34,77 bs.

Figura 22. Relación beneficio/costo



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la relación beneficio costo, se pudo evidenciar que los tratamientos T₃ y T₆ ambos con 20 t/ha de estiércol bovino en ambas variedades Tall Utah 52-70 y Gigante son los más rentables económicamente, con un valor de 1,61 y 1,70 bs respectivamente. Esto significa que por cada boliviano invertido se recupera ese boliviano y se obtiene una ganancia adicional de 0,61 y 0,70 bs. Además, se observa que los demás tratamientos en ambas variedades también son rentables, ya que su relación beneficio costo es mayor a uno.

Machaca (2007), en una investigación con niveles de fertilización de estiércol bovino menciona que con el tratamiento T₃ con 3,8 kg/m² de estiércol ovino es el que mejor beneficio aporta en el cultivo de apio llegando a tener por cada un boliviano invertido tiene una ganancia de 2.6bs, el tratamiento T₂ con 1,9 kg/m² tiene un beneficio de 1.9bs y el tratamiento T₁ con 0,95 kg/m² tuvo un beneficio de 1.4bs, inferior a los demás niveles debido a lo que se aplicó muy poca cantidad de estiércol de ovino y se obtuvo bajos rendimientos.

5. CONCLUSIONES

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

- El comportamiento agronómico en cuanto a la incorporación y uso de diferentes dosis de estiércol bovino en el suelo para el cultivo de apio, muestra que favoreció de manera significativa en el desarrollo de la planta en donde en la altura de planta la variedad que sobresalió fue la Gigante con 56,3 cm y la que obtuvo el menor promedio, fue la variedad Tall Utah 52-70 con 52,5 cm. Por lo cual las diferencias de las variedades en altura de la planta, es debido a las características morfológicas que mostró la variedad Gigante durante todo el ensayo. En cuanto al número de pencas por planta, la variedad Tall Utah 52-70 fue la que alcanzó el máximo valor, registrando un promedio de 6 pencas por planta, mostrando una capacidad superior para desarrollar más pencas en comparación a la variedad Gigante. Por otro lado, la variedad Gigante presentó un rendimiento menor en términos de número de pencas, con un promedio de solo 4 pencas por planta. Esta diferencia notable entre las dos variedades nos muestra la superioridad de Tall Utah 52-70 en esta característica particular. En la variable de largo de hoja, la variedad Gigante mostró el mayor promedio con 28,6 cm, siendo superior a la variedad Tall Utah 52-70 que tuvo el valor más bajo de 26,3 cm. Estas variaciones muestran que la variedad Gigante en longitud de hoja, tiene mayor desarrollo que la variedad Tall Utah 52-70. En cuanto al ancho de hoja, la variedad Gigante tuvo el mayor promedio de 15,5 cm, por otro lado, la variedad Tall Utah 52-70 presentó un promedio de 13,8 cm de ancho de hoja. Aunque este valor es inferior al registrado por la variedad Gigante teniendo mayor capacidad de desarrollo foliar en términos de anchura. En cuanto al promedio de peso por planta, la variedad Gigante fue quien obtuvo un mayor peso de 168,89 gramos, superando notablemente a la variedad Tall Utah 52-70, que obtuvo un promedio de 154,44 gramos. Esta diferencia clara entre ambas variedades subraya la superioridad de Gigante en términos de peso por planta, lo que podría traducirse en una mayor productividad y rentabilidad.
- En el rendimiento por unidad experimental de dos variedades de apio con diferentes niveles de estiércol bovino, se observó que la variedad Gigante, bajo el tratamiento T₆ con 20 t/ha de estiércol, obtuvo un rendimiento de 25,6 t/ha, mientras que con el

tratamiento T₅ con 10 t/ha de estiércol alcanzó un rendimiento de 22,6 t/ha, y con el tratamiento T₄ sin estiércol logró 19,4 t/ha. Por otro lado, la variedad Tall Utah 52-70, con el tratamiento T₃ y 20 t/ha de estiércol, tuvo un rendimiento de 25,5 t/ha; con el tratamiento T₂ y 10 t/ha de estiércol, obtuvo 19,1 t/ha, y finalmente, con el tratamiento T₁ sin estiércol, alcanzó 17,1 t/ha. Estos resultados indican claramente que ambas variedades de apio responden positivamente a mayores niveles de estiércol, mostrando un aumento en el rendimiento proporcional a la cantidad de estiércol aplicado. A medida que se reduce la cantidad de estiércol, el rendimiento disminuye, mostrando la importancia del estiércol bovino como abono orgánico para maximizar la productividad de estas variedades de apio.

- En el aspecto económico, se evidenció que la variedad Gigante, con el tratamiento T₆ y 20 t/ha de estiércol bovino, obtuvo la mayor ganancia, donde por cada boliviano invertido se recupera ese boliviano y se obtiene una ganancia adicional de 0,70 bs. En comparación, la variedad Tall Utah 52-70, bajo el tratamiento T₃ y con la misma cantidad de estiércol, mostró una rentabilidad menor, recuperando también el boliviano invertido, pero generando una ganancia adicional de 0,61 bs. Estos resultados indican que, desde una perspectiva económica, la variedad Gigante con el mayor nivel de estiércol bovino no solo maximiza la producción, sino que también proporciona una rentabilidad superior en comparación con la variedad Tall Utah 52-70 bajo condiciones similares. La diferencia en las ganancias resalta la eficiencia de la variedad Gigante en términos de retorno sobre la inversión, haciendo de esta una opción más atractiva para los productores que buscan optimizar sus beneficios económicos en el cultivo de apio.
- Se pudo observar que con la aplicación de 20 t/ha de estiércol bovino se obtuvo el mayor rendimiento en ambas variedades de apio. A medida que se redujo la cantidad de estiércol incorporado, el rendimiento disminuyó paulatinamente. Estos resultados muestran la importancia de la fertilización en el cultivo, liberando y proporcionando un suministro constante de nutrientes, mejorando los procesos metabólicos y el crecimiento de las plantas. Además, el uso de estiércol bovino no solo mejoró el rendimiento sino también la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua. Esta mejor retención hídrica en el suelo contribuyó significativamente al rendimiento del cultivo, ya que garantizó un suministro constante y adecuado de agua, para el desarrollo del cultivo.

6. RECOMENDACIONES

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

- Realizar estudios con otras variedades en diferentes épocas del año con diferentes estiércoles o al ya estudiado.
- Realizar investigaciones con las mismas variedades en la época de primavera y verano y ver el comportamiento en rendimiento y comparar.
- Se recomienda utilizar semilla certificada para su producción, y previamente realizar pruebas de germinación para no tener pérdida de plantas en el almacigo.
- Incentivar a los agricultores, la producción orgánica en cultivos intensivos de hortalizas, porque no solo mejora los rendimientos del cultivo si no que tiene un efecto directo sobre la estabilidad estructural del suelo y sobre la población de microorganismos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acero, K. 2023. Evaluación del rendimiento de dos variedades de apio (*apium graveolens* L.) A Tres Distancias De Plantación Perpendicular, En Un Sistema De Aeroponía Vertical En El Centro Experimental Cota Cota. Tesis Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 85 p. Consultado 16 mayo 2024. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/33779/T-3182.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcarraz, M. y Alcarraz, N. 2019. Rendimiento en dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tres tipos de abono en la provincia de Andahuaylas-Apurimac. Tesis Ing. Agropecuario Andahuaylas-Peru. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Aliaga, C. 2020. Evaluación de tres niveles del té de estiércol de cuy, en el rendimiento del coliflor (*brassica oleracea* L.) bajo ambiente atemperado, en la ciudad de el Alto. Tesis Ing. Agr. El Alto – Bolivia. Universidad Pública de el Alto. 76 p.
- Apaza, D. 2020. Efecto de diferentes niveles de estiércol bovino sobre la producción de rábano (*raphanus sativus* L.), en ambiente atemperado en la Localidad de Patacamaya. Tesis Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 47 p.
- Cerdas, M. y Montero, M. 2004. Guías técnicas del manejo poscosecha de apio y lechuga para el mercado fresco. r.a. ed. San José-Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. en línea Consultado 8 jun. 2023. Disponible en <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/J11-8683.pdf>
- Chilon, E. 1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. La Paz-Bolivia, Centro de Investigación y Difusión de Alternativas Tecnológicas para el Desarrollo 184 p.
- Choque, D. 2021. Evaluación de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.) en tres densidades de trasplante en sistema hidropónico (NFT), En El Centro Experimental De Cota Cota - La Paz. Tesis Ing. Agr. La Paz- Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 83 p. Consultado 12 mayo 2024. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25766/T-2855.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México, 79 p.
- Cusi, L. 2020. Efecto de tres niveles de biol en el comportamiento productivo de dos variedades de apio (*Apium graveolens* L.), bajo ambiente protegido, en el Centro Experimental de Cota Cota. Tesis Ing. Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 76 p. Consultado 13 mayo 2024. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24906/T-2774.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- GoogleEarth. 2024. Coordenadas geograficas de la Sede Experimental de Kallutaca Disponible en <https://earth.google.com/web/@-16.52417879,-68.30777074,3901.88860678a,230.97027071d,35y,0h,0t,0r/data=OqMKATA>
- Machaca, F. 2007. Efecto de niveles de estiercol de ovino en el rendimiento de variedades de apio (*Apium graveolens* L.), bajo ambiente protegido en el Municipio De El Alto. Tesis Ing. Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andres. 85 p. Consultado 10 mayo 2024. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5116/T-1157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez, D.;Muggeridge, J.;Souza, J.;Carvajal, L.;Jerez, F. y Sánchez, F. 2016. Manual para el Cultivo de Hortalizas. Tarija-Bolivia, ONG Organización Espenza Bolivia (OEB). 69 p.
- Mayta, A. 2012. Evaluación agromorfológica y componentes de rendimiento de doce accesiones de cañahua en condiciones de Kallutaca. Tesis Ing. Agr. El Alto – Bolivia. Universidad Pública de el Alto. 68 p.
- Mendoza, D. 2019. Evaluación del efecto de tres dosis de lixiviado de humus de lombriz en el comportamiento productivo de apio (*Apium graveolens* L.), bajo ambiente protegido en la zona de Callapa - La Paz. Tesis Ing. Agr. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 169 p. Consultado 18 mayo 2024. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20693/T-2661.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morales, C. 2022. Biofortificación del cultivo de apio (*Apium graveolens* L.) mediante la utilización de yodo agrícola. Tesis Ing. Agr. Cevallos – Ecuador Universidad Técnica de Ambato 32 p.
- Pino, M. 2022. Cultivo y produccion de apio. s.a. ed. Buenos Aires-Argentina Universidad Nacional de la Plata 22 p.
- Salazar, A.;Farel, J. y Vela, M. 2021. Abonos Orgánicos. Santa Cruz – Bolivia, Instituto de Capacitación del Oriente (ICO). 44 p.
- Santos, G. 2019. Efecto de tres inductores de crecimiento en el rendimiento de dos variedades de apio (*Apium graveolens*) en condiciones de Yanahuanca. Tesis Ing. Agr. Cerro de Pasco - Perú. Universidad Nacional Daniel Alcides 54 p.
- Semval. 2022. Apio Tall Utah. Disponible en <https://agrosemval.com/producto/apio-tall-utah/>
- Smith, E. 2009. The vegetable gardeners bible. Noorth Adanms, Massachusetts, EE.UU, Storey Publishing. 352 p.
- Surec, S. 2017. Evaluación de tres densidades de siembra en la producción de apio, (*apium graveolens* L.), en la aldea Chirijuyú, Tecpán, Chimaltenango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 60 p.

- Taboada, C. 2019. Evaluación de la influencia en la actividad antrópica en el manejo del Bofedal de Peñas Altiplano Norte. Journal de ciencia y tecnologia agraria. 9(1): 1. Consultado 23 junio 2024. Disponible en http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-14042019000100002&lng=pt&nrm=iso
- Vigliola, M. 1992. Manual de horticultura. Buenos Aires – Argentina, Editorial, Hemisferio Sur. 89 p.
- Vigliola, M. 2001. Manual de horticultura. Buenos Aires – Argentina, Editorial, Hemisferio Sur. 89 p.
- VYR. 2024. PG-6050 Programador de grifo mecanico secuencial. España, Consultado 23 de junio 2024. Disponible en <https://www.vyrsa.com/es/catalogo/productos/pg-6050-mecanico-secuencial/>

Anexo 1. Costos de producción del cultivo de apio

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COST/UNIT Bs.	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1 INSUMOS				20,30	27,50	34,70	20,15	27,35	34,55
1. Semilla	Onza	0,01	25,00	0,25	0,25	0,25	0,10	0,10	0,10
2. Bolsas de celofan para enbolsado	Paquete	0,33	15,00	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95	4,95
3. Estiercol bovino (abono organico)	kg	7,2	1,00	0,00	7,20	14,40	0,00	7,20	14,40
4. Turba	Sacos	1	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
6. Transporte de Insumos	global	1	7,00	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
2 PREPARACIÓN DE ALMACIGUERAS				4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10
1. Adecuación de almaciguera	Hr.	0,14	10,00	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
2. Nivelado	Hr.	0,07	10,00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
3. Abonado	Hr.	0,05	10,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
4. Siembra	Hr.	0,08	10,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
5. Riego (cada 2 días/5 minutos)	Hr.	0,07	10,00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
3 PREPARACIÓN DE SUELOS				5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70
1. Limpieza de la parcela	Hr.	0,14	10,00	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
2. Chunteo del suelo manual	Hr.	0,2	10,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
3. Desterronado (manual)	Hr.	0,08	10,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
4. Abonado (turba)	Hr.	0,06	10,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
5. Nivelado (manual)	Hr.	0,09	10,00	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
4 RIEGO APERTURA DE CABEZALES				2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
1. Tendido de cintas de goteo	Hr.	0,08	10,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
2. Mantenimiento de cintas de goteo	Hr.	0,05	10,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
3. Aplicación riego por goteo	Hr.	0,07	10,00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
5 SIEMBRA				8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30
1. Siembra (Trasplante)	Hr.	0,7	10,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
6 LABORES CULTURALES				6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
1. Riego (cada 2 días/30 minutos)	Hr.	0,08	10,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3. Aplicación tipos de abono en tratamientos)	Hr.	0,3	10,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
5. Deshierbe	Hr.	0,3	10,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
7 COSECHA				7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50
1. Corte	Hr.	0,3	10,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
2. Recolección	Hr.	0,15	10,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
2. Toma de datos al momento de la cosecha	Hr.	0,3	10,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
8 POST COSECHA				6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30
2. Limpieza y embolsado	Hr.	0,5	10,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
4. Acomodo en canastas (Cajas)	Hr.	0,06	10,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
5. Entrega y envió	Hr.	0,07	10,00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
9 COMERCIALIZACION MERCADO DE ABASTO				7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10
1. Transporte (Invernadero - mercado)	global	1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
2. Acomodo punto de venta	Hr.	0,05	10,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
3. Entrega a detallistas y consumidores	Hr.	0,05	10,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
4. Recojo y cargado de cajas	Hr.	0,05	10,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
4. Cobranzas	Hr.	0,06	10,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
TOTAL COSTO DIRECTO				68,10	75,30	82,50	67,95	75,15	82,35
1. Agua de riego (sistema de mantenimientos)	m3	2	2,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
11. Alquiler terreno (43,2 m2)	global	1	40,00	6,66	6,66	6,66	6,66	6,66	6,66
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				11,66	11,66	11,66	11,66	11,66	11,66
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN (C.D.+C.I.)				79,76	86,96	94,16	79,61	86,81	94,01

Anexo 2. Análisis químico del suelo del lugar del experimento



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



RES: FAC.AGRO.LAB. N°162

INTERESADO:
ANALISTA DE LAB.:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO:
PROCEDENCIA:

MOISES BRAYNER PALMA
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAF 162_23
 26/09/2023
MOISES BRAYNER PALMA
 Departamento La Paz
 Municipio LAJA-KALLUTACA
 Provincia Los Andes
 Coordenadas X: -16,5167; Y-683167

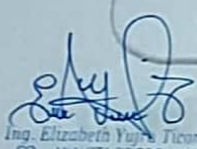
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

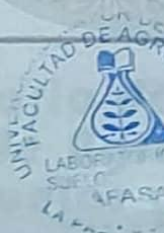
PARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	21	Bouyoucos
	Limo	%	45	
	Arcilla	%	34	
	Clase Textural		Francisco arenoso	
Densidad Aparente		g/cm ³	1.053	Probeta
Porosidad		%	55	(Probeta; Picnómetro)
pH en H ₂ O relación 1:25		-	8.22	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:25		mmhos/cm	4.35	Potenciometría
Potasio intercambiable		meq/100g S.	2.774	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total		%	0.48	Kjendahl
Materia orgánica		%	7.70	Walkley y Black
Fósforo disponible		ppm	88.40	Espectrofotometría UV-Visible

* El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes

* En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra

* Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio


 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS, AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS


 UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
 LAFASA


 Ing. Roberto A. C. Ph.D.
 RESPONSABLE
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
 Telf. IIAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • E-mail: lafasa.suelos@gmail.com
 Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 3. Análisis químico del agua del lugar del experimento



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



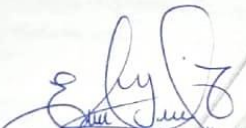
RES: FAC.AGRO.LAB. 0145

INTERESADO:
RESPONSABLE DE ANALISIS:
SOLICITUD:
FECHA DE ENTREGA:
RESPONSABLE DE MUESTREO:
PROCEDENCIA:

ANÁLISIS QUÍMICO MUESTRA DE AGUA
MOISES BRAYNER PALMA
 Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 LAF MO-06
 02/10/2023
 MOISES BRAYNER PALMA
 Departamento La Paz
 Municipio Laja
 Provincia Los Andes
 Comunidad Kallutaca

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH en H ₂ O relación 1:5	-	7.38	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmhos/cm	0.02	Potenciometría

* El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes.
 * En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra.
 * Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio.


Ing. Elizabeth Yujra Ticona
 ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
 DE SUELOS AGUAS Y VEGETALES
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA


 UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
 LAFASA
 LA PAZ - BOLIVIA


Ing. Roberto Miranda C. Ph.D.
 RESPONSABLE
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA

Laboratorio de la facultad de Agronomía en suelos y aguas

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
Telf. IIAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • **E-mail:** lafasa.suelos@gmail.com
Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 4. análisis del estiércol bovino



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



RES: FAC.AGRO.LAB. MO-06

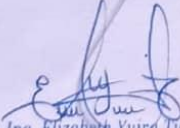
ANÁLISIS QUÍMICO MUESTRA ORGANICA

INTERESADO: MOISES BRAYNER PALMA
RESPONSABLE DE ANALISIS: Ing. Elizabeth Yujra Ticona
SOLICITUD: LAF MO-06
FECHA DE ENTREGA: 02/10/2023
RESPONSABLE DE MUESTREO: MOISES BRAYNER PALMA
PROCEDENCIA: Departamento La Paz
Municipio Laja
Provincia Los Andes
Comunidad Kallutaca

MOISES BRAYNER PALMA
Ing. Elizabeth Yujra Ticona
LAF MO-06
02/10/2023
MOISES BRAYNER PALMA
Departamento La Paz
Municipio Laja
Provincia Los Andes
Comunidad Kallutaca

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
pH en H ₂ O relación 1:5	-	6.86	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmhos/cm	2.26	Potenciometría
Potasio	%	0.054	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Nitrógeno total	%	1.78	Kjendahl
Materia orgánica	%	73.8	Walkley y Black
Carbono Orgánico	%	41	Walkley y Black
Fósforo total	%	1.511	Espectrofotometría UV-Visible

* El informe de laboratorio es válido si se prestan las firmas y sellos correspondientes
* En caso de que el laboratorio no efectuó el muestreo, no es responsable para la representatividad, ni la preservación de la muestra
* Está prohibido la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización escrita del laboratorio


Ing. Elizabeth Yujra Ticona
ANALISTA FÍSICOQUÍMICO
DE SUELOS AGUAS Y VEGETALES
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA


LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
LAFASA
LA PAZ - BOLIVIA


Ing. Roberto Miranda C. Ph.D.
RESPONSABLE
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LAFASA

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • **E-mail:** lafasa.suelos@gmail.com
Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 5. Fotografías del desarrollo de capo

Anexo 6. Cernido de la turba, tierra negra y arena para el almacigo



Anexo 7. Desinfección del sustrato para el almacigo



Anexo 8. Turba, tierra negra, arena relación de (40:30:30%)



Anexo 9. Siembra de la semilla de apio en el almacigo



Anexo 10. Muestreo del suelo



Anexo 11. Preparación del suelo



Anexo 12. Instalación de la cinta de goteo



Anexo 13. Trazado de las parcelas



Anexo 14. Aplicación de los tratamientos



Anexo 15. Trasplante



Anexo 16. Deshierbe y aporque



Anexo 17. Toma de datos



Anexo 18. Cosecha del cultivo de apio







Anexo 19. Lámina de agua

Datos:

1 min. = 60 gotas

1 m² = 6,2 emisores

1 gota = 0.05 ml

Calcular el volumen de agua en un minuto

$$60 \frac{\text{gotas}}{\text{min.}} \times 0,05 \frac{\text{ml}}{\text{gota}} = 3 \frac{\text{ml}}{\text{min.}}$$

Calcular el volumen de agua por m² en un minuto

$$3 \frac{\text{ml}}{\text{min.}} \times 6,2 \frac{\text{emisores}}{\text{m}^2} = 18,6 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2}$$

$$L = 18,6 \frac{\text{ml}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} = 0,0186 \frac{\text{l}}{\text{m}^2}$$

Calcular el volumen de agua por m² en 1 hora.

- **1 hr** = 60 min.

$$0,0186 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} \times 60 \text{ min.} = 1,116 \frac{\text{l}}{\text{m}^2}$$

Calcular el volumen de agua por m² en 20 min.

$$0,0186 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} \times 20 \text{ min.} = 0,372 \frac{\text{l}}{\text{m}^2}$$

Relación → l = mm en un m²

1 l = 1 mm en 1 m²

- **0,372 mm** = 0,4 mm/m²

En un tiempo de riego de 20 minutos se aplica una lámina de 0,4 mm/m² cada 24 horas (día).

- **Lámina de agua**= 0,4 (mm/m²/día
- **Ciclo del cultivo** = 98 días
- **Área**= 43,20 m²
- **Total, de plantas en el campo de estudio**= 540

$$98 \text{ días} \times 0,4 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2 \text{ día}} = 39 \frac{\text{mm}}{\text{m}^2} = 39 \text{ l/m}^2$$

$$43,20 \text{ m}^2 \times 39 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} = 1685 \text{ l}$$

Se utilizó 1685 litros de agua para el riego del cultivo de apio en todo el ciclo del cultivo (desde el trasplante hasta la cosecha).

$$\frac{1685 \text{ l}}{540 \text{ plantas}} = 3 \frac{\text{l}}{\text{planta}}$$

Anexo 20. Metodología de cálculo de fertilización orgánica

Peso del suelo: Para una hectárea

$$L \times L \times h$$

$$100 \times 100 \times 0,3 = 3000 \text{ m}^3$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{ha}} = \frac{\text{volumen en m}^3 \times \text{densidad en kg/m}^3}{\text{Área en ha}}$$

$$\frac{\text{kg}}{\text{ha}} = \frac{3000 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3}{1 \text{ ha}} = 3000000 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

Transformación en términos de nutrientes disponibles del suelo

NITRÓGENO

$$1 \% \text{ coeficiente de mineralización} \rightarrow \text{Decimal} = \frac{\text{porcentaje}}{100} \quad D = \frac{1\%}{100} = 0,01$$

$$\begin{array}{rcl} 100 \% & 3000000 \text{ kg/ha} & \\ 0,48 \% & x & \end{array}$$

$$x = 14400 \text{ kg N/ha} \times 0,01 = 144 \text{ kg N/ha/año}$$

Calcular la mineralización para el ciclo de 3 meses del apio

$$\frac{144 \text{ kg N/ha/mes}}{12 \text{ meses}} = 12 \text{ kg N/ha/mes}$$

$$12 \text{ kg N/ha/mes} \times 3 \text{ meses} = 36 \text{ kg N/ha/ciclo veg. apio}$$

FOSFORO

Fosforo disponibles = 88,40 ppm

En kg.

$$\begin{array}{rcl} 88,40 \text{ ppm} & 1000000 \text{ kg} & \\ x & 3000000 \text{ kg/ha} & \end{array}$$

$$x = 265,2 \text{ kg P disponible/ha}$$

POTASIO INTERCAMBIABLE

2,774 meq/100 g suelo: considerando que es disponible entre 10 y 50 % de k y con el coeficiente de mineralización del 1 % = 0,01

$$2,774 \text{ meq/100 g S} \times 10 \% \times 0,01 = \mathbf{0,277 \text{ meq/100 g S}}$$

$$0,277 \text{ meq/100 g S} \times 0,0391 = \mathbf{0,011 \text{ g de k/100 g de suelo}}$$

$$\begin{array}{rcl} 0,011 \text{ g de k} & 100 \text{ g suelo} & \\ \times & 1000000 \text{ kg} & \end{array}$$

$$\mathbf{x=110 \text{ ppm de k}}$$

Cálculos en kg de potasio

$$\begin{array}{rcl} 110 \text{ k} & 1000000 \text{ kg} & \\ \times & 3000000 \text{ kg/ha} & \end{array}$$

$$\mathbf{x=330 \text{ kg de k disponible/ha}}$$

MATERIA ORGÁNICA

$$\begin{array}{rcl} 100 \% & 3000000 \text{ kg/ha} & \\ 7,70 \% & x & \end{array}$$

$$\mathbf{x=231000 \text{ kg/ha}}$$

$$321000 \text{ kg/ha} \times \frac{1 \text{ ha}}{10000 \text{ m}^2} = \mathbf{23,1 \text{ kg de M.O./m}^2 \text{ con una prof. de 0,3 m}}$$

Nutrientes disponibles en el suelo

N: 36 kg N/ha

P: 88,40 ppm

K: 110 ppm

Clasificación del estatus de la fertilidad del suelo

N	0,48 %	36 kg	Medio
P	88,40 ppm	265,2 kg	Alto
K	110 ppm	330 kg	Bajo
M.O.	7,70 %	23,1 kg/m ² /0,3 m	Alto

Niveles	M.O. %	N %	P ppm	K ppm
Bajo	Menor a 2	0,1	0 – 6	0 – 124
Medio	2 – 4	0,1 – 0,2	7 – 14	124 – 248
Alto	Mayor a 4	0,2	14	248

Fuente: Chilon (1997)

Calculo de la dosis de abonamiento con materia orgánica (estiércol bovino)

Tratamiento 3 (20 t/ha de estiércol bovino)

a) materia seca

% de humedad: 40 % (100 % - 40 % = 60 %)

$$\begin{array}{rcl} 20 \text{ t/ha} & 100 \% \\ x & 60 \% \end{array}$$

x=12 t/ha de estiércol seco

b) Aporte de nitrógeno

$$\begin{array}{rcl} 12 \text{ t/ha} & 100 \% \\ x & 1,78 \% \end{array}$$

x=0,21 t N/ha

$$0,213 \text{ t N/ha} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} = 213 \text{ kg N/ha}$$

c) Aporte de fosforo

$$\begin{array}{rcl} 12 \text{ t/ha} & 100 \% \\ x & 1,511 \% \end{array}$$

x=0,181 t P/ha =181 kg p/ha

d) Aporte de potasio

12 t/ha 100 %
 x 0,054 %

$x=0,0064 \text{ t K/ha}=6,4 \text{ kg K/ha}$

Tratamiento 3 (20 t/ha de estiércol)**Análisis dosis de fertilización de materia orgánica en el cultivo de apio**

Componentes	M.O. kg	N kg	P kg	K kg
Análisis de suelo en 1 m ² x 0,3 m de prof.	23,1	36	265,2	330
Análisis de estiércol bovino		213	181	6,4
Extracción o necesidad del cultivo (20-30 t/ha)		240	120	240

Tratamiento 2 (10 t/ha de estiércol bovino)**e) Materia seca**

10 t/ha 100 %
 x 60 %

$x=6 \text{ t/ha de estiércol seco}$

f) Aporte de nitrógeno

6 t/ha 100 %
 x 1,78 %

$x=0,106 \text{ t N/ha}=106 \text{ kg N/ha}$

g) Aporte de fosforo

6 t/ha 100 %
 x 1,511 %

$x=0,091 \text{ t P/ha}=91 \text{ kg P/ha}$

h) Aporte de potasio

6 t/ha 100 %
 x 0,054 %

$x=0,0032 \text{ t K/ha}= 3,2 \text{ kg K/ha}$

Tratamiento 2 (10 t/ha de estiércol)

Componentes	M.O. kg	N kg	P kg	K kg
Análisis de suelo en 1 m ² x 0,3 m de prof.	23,1	36	265,2	330
Análisis de estiércol bovino		106	91	3,2
Extracción o necesidad del cultivo (20 t/ha)		130	50	200

Tratamiento 1 (0 t/ha sin estiércol)

Componentes	M.O. kg	N kg	P kg	K kg
Análisis de suelo en 1 m ² x 0,3 m de prof.	23,1	36	265,2	330