

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**“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”**

**KEVIN VLADIMIR ACERO VALDEZ
LA PAZ – BOLIVIA
2023**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**"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 de grado como requisito
Parcial para optar el título de
Ingeniero agrónomo*

KEVIN VLADIMIR ACERO VALDEZ

ASESORES:

Ing. M.Sc. Marcelo Tarqui Delgado

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta

Ing. William Alex Murillo Oporto

APROBADO

Presidente comité examinador

LA PAZ – BOLIVIA
2023

Dedicatoria

Le dedico el resultado de todo el esfuerzo puesto en este trabajo a mi hermana Daniela Acero Valdez a quien yo considero ha puesto su fe en mi durante muchos años y se ha convertido en un pilar fundamental de mi vida. A la cual admiro y es el ejemplo que tengo a seguir. Ya que sin ella no habría llegado a este punto en mi vida, el apoyo que me ha brindado durante todo este hermoso transcurso fue en verdad maravilloso.

Agradecimientos

Agradezco a Dios ante todo por darme las esperanzas, valor y fuerzas necesarias para cumplir las metas trazadas, que él te pone en el lugar y momento justo para darte sus mejores enseñanzas

Agradezco a mi Madre Sonia Valdez por todo el esfuerzo y apoyo brindado a lo largo de este recorrido que me enseñó a luchar por mis sueños, a mi Padre Daniel Acero que forjó una fracción de mi carácter.

A mi querida facultad de agronomía que me brindó los conocimientos a lo largo de estos años y despertó mi curiosidad por la investigación y tecnología.

Al Ing. William Murillo Oporto Con el consejo "no tengas miedo al fracaso" y su gran colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

A mis amigos y amigas que me echaron una manito durante el trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial a Rocio que me colaboro muchísimo durante el desarrollo de mi investigación.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	JUSTIFICACIÓN	3
2	OBJETIVOS.....	4
2.1	OBJETIVO GENERAL	4
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3	MARCO TEÓRICO	4
3.1	CULTIVO DEL APIO.....	4
3.1.1	<i>Origen</i>	4
3.1.2	<i>Clasificación taxonómica</i>	4
3.1.3	<i>Características botánicas</i>	5
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO	6
3.2.1	<i>Ciclo fisiológico</i>	6
3.2.2	<i>Requerimientos edáficos</i>	8
3.2.3	<i>Requerimientos climaticos</i>	9
3.2.4	<i>Riego</i>	9
3.2.5	<i>Horas luz</i>	10
3.3	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.....	10
3.4	VALOR NUTRICIONAL	13
3.4.1	<i>Porción comestible</i>	13
3.5	PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	15
3.5.1	<i>Plagas</i>	15
3.5.2	<i>Enfermedades</i>	15
3.6	INVERNADERO.....	16
3.6.1	<i>Humedad</i>	17
3.6.2	<i>Temperatura</i>	17
3.7	AEROPONÍA	17
3.7.1	<i>Materiales usados en areoponía</i>	18
3.7.2	<i>Contenedor ancla</i>	19
3.7.3	<i>Tanque de solución nutritiva</i>	19
3.7.4	<i>Electrobomba</i>	20
3.7.5	<i>Función del sistema aeropónico</i>	20
3.8	SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	20

3.8.1	<i>Concentración de nutrientes</i>	21
3.8.2	<i>PH de la solución</i>	22
3.8.3	<i>Conductividad eléctrica</i>	23
4	LOCALIZACIÓN	24
4.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	24
4.2	CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS	24
4.2.1	<i>Clima</i>	24
5	MATERIALES Y METODOS	25
5.1	MATERIALES	25
5.1.1	<i>Material biológico</i>	25
5.1.2	<i>Material químico</i>	26
5.1.3	<i>Material de germinación</i>	26
5.1.4	<i>Material de almacigo en piscina</i>	27
5.1.5	<i>Material del Sistema de aeroponía</i>	27
5.1.6	<i>Material de control</i>	28
5.1.7	<i>Material de gabinete</i>	28
5.2	MÉTODOS	29
5.2.1	<i>Fase 1 de germinación</i>	29
5.2.2	<i>Fase 2 de la germinación</i>	29
5.2.3	<i>Sistema recirculante de aeroponía</i>	30
5.2.4	<i>Trasplante al sistema de aeroponía</i>	31
5.2.5	<i>Manejo del sistema y el cultivo</i>	31
5.2.6	<i>Diseño experimental</i>	32
6	RESULTADOS Y DISCUSIONES	35
6.1	CONDUCTA DE LA TEMPERATURA	35
6.1.1	<i>Temperatura del ambiente</i>	35
6.1.2	<i>Temperatura en las cámaras del sistema</i>	36
6.2	VARIABLES DE RESPUESTA	37
6.2.1	<i>Altura de planta</i>	37
6.2.2	<i>Peso de corte</i>	39
6.2.3	<i>Área foliar</i>	41
6.2.4	<i>Numero de pencas</i>	43
6.3	ANÁLISIS ECONÓMICO	45
6.3.1	<i>Rendimiento ajustado</i>	46

6.3.2	<i>Beneficio</i>	46
6.3.3	<i>Costos variables</i>	47
6.3.4	<i>Costos fijos</i>	47
6.3.5	<i>Costos totales</i>	48
6.3.6	<i>Beneficio neto</i>	49
6.3.7	<i>Beneficio costo</i>	49
7	CONCLUSIONES.....	50
8	RECOMENDACIONES	53
9	BIBLIOGRAFÍA.....	55
10	ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	5
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	5
TABLA 2 DÍAS DE FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO	12
TABLA 3 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL APIO	14
TABLA 4 ELEMENTOS ESENCIALES O NUTRIMENTOS PARA EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS. 21	
TABLA 5 VARIEDADES DE APIO UTILIZACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN	25
TABLA 6 ELEMENTOS QUÍMICOS PARA LA S.N.	26
TABLA 7 MATERIAL DE GERMINACIÓN	26
TABLA 8 ELEMENTOS DE LA PISCINA PARA ALMACIGO	27
TABLA 9 MATERIAL DEL SISTEMA DE AEROPONÍA	27
TABLA 10 MATERIAL DE CONTROL	28
TABLA 11 MATERIAL DE ESCRITORIO	28
TABLA 12 TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	33
TABLA 13 CAPACIDAD DE LOS TRATAMIENTOS	34
TABLA 14 GRÁFICO DE TEMPERATURA DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO	35
TABLA 15 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA ALTURA CV 7,37	37
TABLA 16 TEST:DUNCAN SEPARACIÓN X VARIEDAD PARA ALTURA ALFA=0,05	38
TABLA 17 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PESO DE CORTE CV 13,07	39
TABLA 18 TEST:DUNCAN PESO DE CORTE VARIEDAD ALFA=0,05	40
TABLA 19 TEST:DUNCAN ALFA=0,05 ESPACIAMIENTOS X VARIEDADES PARA PESO 41	
TABLA 20 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA ÁREA FOLIAR CV 10,73	41
TABLA 21 TEST:DUNCAN ALFA=0,05 VARIEDAD X SEPARACIÓN PARA AREA FOLIAR 43	
TABLA 22 ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA NÚMERO DE PENCAS CV 10,14	44

TABLA 23	TEST:DUNCAN ALFA=0,05 DE VARIEDADES PARA NÚMERO DE HOJAS	45
TABLA 24	RENDIMIENTO BRUTO Y AJUSTADO	46
TABLA 25	BENEFICIO AJUSTADO	47
TABLA 26	COSTOS VARIABLES	47
TABLA 27	COSTOS FIJOS.....	48
TABLA 28	COSTOS TOTALES	48
TABLA 29	BENEFICIO NETO	49
TABLA 30	BENEFICIO COSTO	49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. <i>CROQUIS EXPERIMENTAL</i>	24
FIGURA 2. <i>CROQUIS EXPERIMENTAL PARA UN DBA</i>	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	ELECCIÓN DE LAS VARIEDADES DE APIO	64
ANEXO 2.	PREPARADO DE SEMILLAS PARA GERMINAR	65
ANEXO 3.	CUBRIENDO LAS BANDEJAS GERMINATIVAS CON NYLON NEGRO	65
ANEXO 4.	TRASLADO DE LAS BANDEJAS A LA PISCINA DE ALMACIGO	66
ANEXO 5.	REVISIÓN DEL ESTADO DEL APIO EN LA PISCINA	66
ANEXO 6.	TRASPLANTE AL SISTEMA DE AEROPONÍA	67
ANEXO 7.	PREPARADO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA	67
ANEXO 8.	EXAMINACIÓN DEL RETORNO DE LA S.N. POR LAS CÁMARAS AEROPONICAS.	68
ANEXO 9.	REVISIÓN DEL COMANDO ELÉCTRICO	69
ANEXO 10.	EVALUACIÓN SEMANAL DEL CULTIVO	69
ANEXO 11.	EVALUACIÓN SEMANAL DEL CULTIVO DE APIO (LL)	70
ANEXO 12.	TOMA DE DATOS TEMPERATURA DE LA CÁMARA	70
ANEXO 13.	TOMA DE DATOS TEMPERATURA DEL INVERNADERO	71
ANEXO 14.	TOMA DE DATOS ALTURA DEL APIO	71
ANEXO 15.	TOMA DE DATOS PESO DE CORTE	72
ANEXO 16.	TOMA DE DATOS ÁREA FOLIAR CON LA APLICACIÓN EASY LEAF AREA FREE	73
ANEXO 17.	TABLA DE DATOS DE ALTURA	74
ANEXO 18.	TABLA DE DATOS PESO DE CORTE	75
ANEXO 19.	TABLA DE DATOS ÁREA FOLIAR	76
ANEXO 20.	TABLA DE DATOS NÚMERO DE HOJAS	77
ANEXO 21.	TABLA DE TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DEL INVERNADERO	78
ANEXO 22.	PRESUPUESTO DE UN SISTEMA DE AEROPONÍA DE 18 CÁMARAS.	79
ANEXO 23.	ANÁLISIS DE AGUA	80

ANEXO 24. PRECIO DE PRODUCTOS ESTABLECIDO POR EL CENTRO EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA.....	81
ANEXO 25. DATOS PARA SOLUCIÓN NUTRICIONAL DE CULTIVOS DE HOJA.	83
ANEXO 26. GRÁFICO DE INTERACCIÓN ALTURA.....	83
ANEXO 27. GRÁFICO DE INTERACCIÓN PARA PESO	84
ANEXO 28. GRÁFICO DE INTERACCIÓN PARA ÁREA FOLIAR.....	84
ANEXO 29. GRÁFICO DE INTERACCIÓN NUMERO DE PENCAS	85

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la estación experimental de Cota Cota, Ubicada a una altitud de 3445 metros sobre el nivel del mar, durante la temporada de verano. Se empleó un sistema conocido como aeroponía recirculante para llevar a cabo el estudio, en el cual se evaluaron dos variedades de apio (*Apium graveolens*) en tres niveles verticales diferentes. Cada cámara de producción vertical, con una altura de 1,8 metros, tenía una capacidad de 13, 16 y 22 espacios para plantas respectivamente. Este sistema tiene como objetivo aumentar la producción de los cultivos, aprovechando eficientemente los espacios verticales disponibles.

En esta investigación, se desarrolló un diseño bifactorial de bloques al azar. Mediante este diseño, se pudo demostrar de manera concluyente que se producían cambios significativos en las variables de respuesta, tales como la altura de planta, el peso de corte y el área foliar. Sin embargo, no se observaron cambios relevantes en la variable de respuesta número de pencas.

El análisis de varianza realizado reveló que, en términos del número de pencas, la variedad "Tall Utha 52 – 70" fue la que demostró los mejores resultados, con una media de 14 pencas por planta. Por otro lado, la variedad "Golden Self Blanching" obtuvo un promedio de 7 pencas por planta.

El análisis de varianza reveló que el mejor tratamiento 6 obtuvo los mejores resultados en términos de calidad. Al mismo tiempo se demostró que la variedad de apio "Tall Utha 52 -70" mostró una mayor adaptabilidad al sistema de aeroponía en comparación con su contraparte "Golden Self Blanching".

El análisis de rendimiento reveló que los mejores tratamientos en cuanto a peso por cámara aeropónica fueron T1, T4 y T5 con rendimientos de 1,06 kg/cámara; 1,04 kg/cámara; y 0,99 kg/cámara respectivamente.

SUMMARY

The present investigation was carried out at the Cota Cota experimental station, located at an altitude of 3445 meters above sea level, during the summer season. A system known as recirculating aeroponics was used to carry out the study, in which two varieties of celery (*Apium graveolens*) were evaluated at three different vertical levels. Each vertical production chamber, with a height of 1.8 meters, had a capacity of 13, 16 and 22 spaces for plants respectively. This system aims to increase crop production, making efficient use of available vertical spaces.

In this investigation, a bifactorial randomized block design was developed. Through this design, it was possible to conclusively demonstrate that significant changes occurred in the response variables, such as plant height, cut weight, and leaf area. However, no relevant changes were observed in the response variable number of stalks.

The analysis of variance carried out revealed that, in terms of the number of stalks, the variety "Tall Utah 52 – 70" was the one that showed the best results, with an average of 14 stalks per plant. On the other hand, the "Golden Self Blanching" variety obtained an average of 7 leaves per plant.

The analysis of variance revealed that the best treatment 6 obtained the best results in terms of quality. At the same time it was shown that the celery variety "Tall Utah 52 -70" showed a greater adaptability to the aeroponics system in comparison with its counterpart "Golden Self Blanching".

The yield analysis revealed that the best treatments in terms of weight per aeroponic chamber were T1, T4 and T5 with yields of 1.06 kg/chamber; 1.04 kg/chamber; and 0.99 kg/chamber respectively.

1 INTRODUCCIÓN

En Bolivia el apio (*Apium graveolens* L.) se enmarca entre los rubros de exportación no tradicional y que cada vez crecen ya que estas poseen no solo un consumo alimenticio y con un excelente contenido nutricional, si no que por otra parte son de frecuencia en el uso farmacéutico y la mayor producción de esta se encuentra en santa cruz de la sierra. "El apio es una planta herbácea bianual o perenne, de clima templado-frío, una familia que comprende especies de gran importancia hortícola y medicinal plantas que en el país ha incrementado su caudal de exportación, según lo sostiene María Esther Peña"(PUBLIAGRO, 2021).

Según el censo en Bolivia realizado por el I.N.E.,(2015) "la producción de apio por hectárea es de 1.276,6 Toneladas métricas en 204,2 hectáreas".

Por otra parte, la condición del agua en el altiplano boliviano es una limitante a la producción de hortalizas incluyendo el apio. Cabe destacar que la disponibilidad de tierras por productor es un obstáculo en el momento de tener los rendimientos deseados.

Por lo mencionado la construcción de nuevos métodos de producción se han vuelto no un privilegio si no que ahora se están volviendo necesidades de sustento para la población urbana que rescata consumos: De acuerdo a Juan Jose Estrada, citado en (I.B.C.E., 2015) "Cada boliviano consume en promedio 150 gramos (g) de hortalizas, cuando debería comer unos 400 gramos para mantener su salud".

1.1 Antecedentes

El apio (*Apium graveolens*) es un cultivo con una larga historia que se remonta a civilizaciones antiguas como los egipcios, romanos y griegos, que lo conocieron desde el año 1000 AC En aquellos tiempos, el apio era utilizado en diversas ceremonias deportivas y religiosas, siendo utilizadas para confeccionar coronas y trofeos. Además, se valoraba por sus propiedades medicinales

No fue hasta el año 1623, en Francia, que el apio comenzó a consumirse como condimento, añadiendo su sabor distintivo a platos y recetas. Posteriormente, en 1686, se empezó a consumir en fresco como una hortaliza más de la dieta.

A lo largo de los años, el apio ha ganado popularidad debido a su sabor único y a sus propiedades nutricionales. Hoy en día, se utiliza en una amplia variedad de platos, desde ensaladas y sopas hasta jugos y batidos, gracias a su textura crujiente y su sabor característico.

La aeroponía Fue desarrollada por el Dr. Franco Mazzantini en la Universidad Italiana de Pía. Originalmente utilizó cilindros de PVC colocados en posición vertical como columnas de cultivo; perforó huecos en las paredes del cilindro en donde introdujo las raíces de las plantas. Dentro del cilindro, una tubería con aspersores, pulveriza la solución nutritiva que baña las raíces, las cuales se mantienen en plena oscuridad y reciben la mayor cantidad de aire que cualquier sistema puede ofrecer; esa es una de las grandes ventajas de esta técnica. (Prieto Salazar, 2021).

El viaje al espacio determino las nuevas posibilidades de producción de alimentos, es sabido que el ser humano busca nuevas fronteras para colonizar y para ello también es requerido la producción de alimentos. En cada sector al que vaya, como un claro ejemplo tenemos que los diversos continentes presentes en el planeta tierra el origen de un cultivo como la papa que pertenece a la región del altiplano Perú y Bolivia, pero ahora se cultiva a nivel mundial.

Las plantas han estado en el espacio desde 1960, pero los experimentos de crecimientos de plantas de la NASA comenzaron en serio durante la década de 1990. Los experimentos a bordo del transbordador espacial y la Estación Espacial Internacional han expuestos las plantas a los efectos de micro gravedad. Estos experimentos utilizan los principios de la aeroponía: cultivar plantas en un ambiente de aire/neblina sin tierra y con muy poca agua.

En 1997, los estudios patrocinados por la NASA a bordo de la estación espacial Mir estudiaron semillas y plántulas de frijol adzuki, un cultivo alimentario asiático rico en

proteínas. Mientras los frijoles crecían en gravedad cero, los experimentos de control terrestre observaban como respondía otro grupo de semillas y plántulas en la Tierra. Ambos conjuntos de plantas se trataron con un líquido para el control de enfermedades totalmente natural y de origen orgánico conocido como control orgánico de enfermedades o coloidales de origen orgánico (ODC, por sus siglas en inglés). (National Aeronautics and Space Administration, 2006).

1.2 Justificación

Los rendimientos del apio en zonas del altiplano boliviano son bajas o casi nulas debido a las dependencias climáticas requeridas, en muchos casos se optó por la creación de invernaderos para su cultivo, pero esto tiene un espacio limitado. Según el INE "La precipitación pluvial en los últimos 10 años en estas regiones tiene un promedio de 574 mm". (I.N.E., 2023) encontrándonos con otra limitante para el cultivo de apio.

A pesar que Bolivia cuenta con grandes recursos hídricos en gran parte de su territorio, las zonas más pobladas se caracterizan por su escasez periódica de agua para el sustento de sus sistemas productivos y de las necesidades poblacionales. (P.P.R.H., 2022).

La técnica de aeroponía ofrece una solución de producción eficiente para espacios reducidos y minimiza el consumo de agua. Esto es especialmente beneficiosos para productores en áreas de cultivo limitadas y para la producción urbana, donde la disponibilidad de agua puede ser un desafío debido a la escasez de recolección de agua de lluvia en esta zona.

La aeroponía permite el cultivo de plantas en entorno sin suelo donde las raíces se rocían con solución nutritiva. Esta técnica optimiza el uso del agua al entregar los nutrientes directamente a las raíces de las plantas, minimizando el desperdicio. Además, al no requerir suelo se puede aprovechar al máximo el espacio disponible, lo que es especialmente valioso en áreas urbanas donde el terreno es escaso.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el 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

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la mejor variedad de apio para el sistema de aeroponía vertical.
- Evaluar la mejor densidad para la producción de apio en un sistema de aeroponía vertical.
- Determinar los costos parciales por tratamiento.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 CULTIVO DEL APIO

3.1.1 Origen

El apio es una planta procedente del Mediterráneo, existiendo otros centros secundarios como el Caúcaso y la zona del Himalaya. Se conocía en el antiguo Egipto. Su uso como hortaliza se desarrolló en la Edad Media y actualmente es consumido tanto en Europa como en América del Norte. (Casaca, 2005,p.3).

3.1.2 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica mencionada por (Rubatzky & Yamaguchi, 1997) se presenta de acuerdo a la siguiente descripción:

Tabla 1

Clasificación taxonómica

Taxonomía	
Clase	Magnoliopsida
Orden	Apiales
Familia	Apiaceas (Umbellifereae)
Genero	Apium
Especie	Apium graveolens var. Dulce Mill Golden self Apium graveolens var. Dulce Mill Tall-utah 52-70

Fuente: extraído de world vegetables (Rubatzky & Yamaguchi, 1997)

3.1.3 Características botánicas

- **Raíz:** presenta un sistema radicular compuesto por un órgano principal dotado de una raíz pivotante muy significada, de naturaleza fibrosa y carnosa, complementado por otro secundario, adventicio muy profuso y localizado superficialmente. (Lopez Marin, 2007)

- **Tallo:** según el equipo editorial de INTAGRI "del cuello de la raíz brotan varios tallos herbáceos que alcanzan de 30 a 80 cm de largo" (2021)

- **Hojas:** son pinnado divididas (bipinadas o tripinadas), de color verde claro u oscuro. Las hojas centrales (más jóvenes) tienen escaso crecimiento, están apretadas y forman junto con los pecíolos el "corazón del apio". Hojas alternas en forma de roseta, con un pecíolo carnoso, ligeramente ensanchado en la base, que presenta serie de cordones longitudinales de consistencia más dura que el resto del pecíolo, dispuesta longitudinalmente. (Del Pino, p.1,2. 2016).

También en el sitio web de Eroski consumer "detalla que 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" (fundacion eroski, s/f, parr. 11).

- **Flor:** una inflorescencia en forma de umbelas casi sentadas, pecioladas, dotadas de 6 a 12 radios desiguales, que sustentan en torno a 12 flores; estas últimas, de color blanquecino, están desprovistas de involucro e involucelo. (Lopez Marin, 2007. P.316).

- **Fruto y semilla:** Los frutos, en diaquenio, son equiparados a semillas, son de color marrón y forma triangular, aplastados por una cara y curvados por la opuesta. Además, están recorridos por dos nervios resiníferos que contienen aceites esenciales, cuyo aroma lo impregna y que se extiende por toda la planta. (Lopez Marin, 2007,p.316).

3.2 Características del cultivo

3.2.1 Ciclo fisiológico

La latencia de la semilla presenta una marcada irregularidad que varía en función de la ubicación de la umbela en la que se ha formado. Esta característica está estrechamente relacionada con otros factores, como la resistencia a la fisiopatía, la cual tiende a ser mayor cuando la latencia es más pronunciada. Antiguamente, la latencia se modificaba con hormonas de síntesis, como las giberelinas, y fitorreguladores como el etefón. También existe una interacción de las condiciones ambientales y la incidencia de la latencia, siendo temperatura, luz, humedad relativa, etc., las variables climáticas más relacionadas con ello. Dándose una gran irregularidad en las siembras estivales, recomendándose la reducción de la radiación, aplicando sombreados como práctica obligada (Lopez Marin, 2007,p.316).

Según Thomas y Whitlock (1980) citado en (Del Pino, 2014) La germinación del apio es compleja por varios factores: presenta dormancia, característica relacionada con

los contenidos hormonales de la misma que está gobernada, en primer lugar, por la posición de la semilla en la umbela (dormancia primaria); por lo cual presenta una inhibición para germinar los primeros meses de cosechada. La germinación es muy lenta; la temperatura óptima para la germinación de las semillas de apio es de 21° C (tiempo aproximado 7 días). Además, presenta dormancia secundaria inducida por un inhibidor, cuyo efecto puede ser contrarrestado con la aplicación de giberelinas, cuyos niveles endógenos en la semilla, estarían regulados por la acción del fitocromo. La temperatura y la luz son los factores que interactúan sobre la dormancia secundaria. El comportamiento de la semilla en relación a la luz, es de tipo fotoblástico positivo, ya que requiere luz para germinar, pero sólo cuando las temperaturas superan los 18° C de temperatura. Este factor está estrechamente relacionado con el cultivar, ya que los cultivares amarillos son más sensibles a este problema. Para romper la dormancia secundaria, se puede realizar una inmersión de las semillas en una solución de AG3 o una mezcla de etefón y daminozida, o solo un tratamiento con etefón.

Crecimiento vegetativo

Las plántulas una vez nacidas no resisten rayos solares (se queman), por lo tanto, para evitarlo hay que sombrear el semillero, que se puede recurrir a cubrirlo con malla plástica negro 50% de luminosidad; de esta forma aseguramos una buena nacencia y desarrollo de las plántulas del semillero. La malla del plástico negro se sujeta con arcos y alambres y debe permanecer en el semillero hasta que la planta tenga unas 6 hojas; esta malla no hay que quitarla en seguida, si no cuando la planta tenga 3-4 hojas, se ira quitando por el día y cubriendo luego por la noche, hasta que la planta se haya aclimatado (a las 6 hojas) que se quitara totalmente (Rodriguez Moncholi, 1985).

En cuanto al crecimiento de la planta, sobre todo de los pecíolos de las hojas o pencas, y a los acortamientos de los ciclos de cultivo, los tratamientos con ácido giberélico en determinadas fases fenológicas del desarrollo vegetativo ha quedado en desuso. Han sido sustituidos por el uso de pequeñas protecciones de cubierta, como filmes continuos de plástico multiperforado o tejidos permeables discontinuos de mantas térmicas o cubiertas flotantes, ya que la incidencia de las bajas temperaturas, inferiores

a 10 °C, en las primeras fases del crecimiento en las primeras semanas, rompe la vernalización de la planta y provoca su subida prematura a flor. (Lopez Marin, 2007)

Floración:

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", que se producen con la planta aún joven, con pocas hojas expandidas. Si los requerimientos de la inducción floral fueron satisfechos, bajo otras condiciones ambientales, la planta elonga el escapo floral y se produce la expresión de la floración con la aparición de las umbelas florales y la apertura de las flores propiamente dichas. Las condiciones de inducción a floración son bajas temperaturas con días cortos (acumulación de bajas temperaturas entre 5 y 10 °C y hasta 14 °C, en una acumulación de horas con estas temperaturas en cantidad variable según cultivar, que Horticultura y Floricultura - FCAyF- UNLP- 2016 5 se trata de mayor a 1600 hs), y para que se produzca la expresión de la floración, se debe dar una condición de altas temperaturas y fotoperiodo largo. Por eso es una especie de días cortos – largos (brevilongidiurna). Estas condiciones también dependen del cultivar. Para los amarillos autoblanqueantes, que son "más resistentes a la floración", se requieren mayor cantidad de horas de frío que para los verdes. Cuanta mayor cantidad de horas de frío se hayan acumulado, menor temperaturas y largo de fotoperiodo serán necesarias para producirse la elongación del escapo floral con la aparición de las flores. (Del Pino, 2016).

3.2.2 Requerimientos edáficos

El apio requiere suelos con muy buena provisión de materia orgánica en relación a sus requerimientos hídricos elevados (cerca de la capacidad de campo) por lo que requiere estercoladuras abundantes (20 – 30 t/hectárea) (Vigliola, 2000)

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. Es conveniente mantener un elevado nivel de nitrógeno disponible en las últimas semanas del ciclo del cultivo. Es una planta sensible al déficit de calcio, magnesio y boro, carencias que provocan fisiopatías características (Del Pino, 2016).

3.2.3 Requerimientos climaticos

El apio es una hortaliza de clima templado, que puede llegar a tolerar heladas muy ligeras. Debe contar con temperatura media mensual de 16°C a 21°C para un buen crecimiento y desarrollo del apio. Cuando las temperaturas son mayores a los 25°C y la planta se encuentra cerca de la madurez, esta detendrá su crecimiento y se producirá un sabor fuerte y amargo en la parte comestible. (Equipo Editorial de INTAGRI, 2021).

3.2.4 Riego

Para un riego efectivo asegura (González et al., 2001) citado en (Lopez Marin, 2007, p.322). En una primera etapa, se recomienda dar un riego abundante, de unos 400 m³ /ha, al que le seguirá un período de sequía de un par de semanas, según la climatología reinante, para fomentar el desarrollo del sistema radicular; pudiendo favorecer también esto último la aplicación de esta agua y algunos riegos sucesivos, hasta que la planta llega a tener de 3 a 4 hojas, con su suministro en riego por aspersión. El riego utilizado, cuando es localizado, se hace distribuyendo el agua mediante mangueras porta emisores de polietileno negro, con diámetros interior/externo de 16/18 mm, y con goteros separados 40 cm entre sí, de 2 a 4 l/h de caudal nominal a una presión de 1 atm en la salida del cabezal. También se pueden utilizar cintas de exudación con los 322 Serie Agricultura CAJAMAR CAJA RURAL Cultivos hortícolas al aire libre goteros marcados y una densidad de goteros similar a la de los emisores en la manguera, pero que señalan con mayor rapidez la banda húmeda, aunque no está muy clara la duración de su vida útil con relación al coste de inversión

En una segunda etapa. Durante el cultivo se programarán 2 o 3 riegos semanales, con un caudal discreto de 10 a 12 m³, teniendo en cuenta que es una planta exigente en calidad de agua. Debiendo ser considerado seriamente cuando se fertirriega, al elevar la conductividad de la solución el fertilizante añadido, no debiendo entre ambos sobrepasar los 1,8 dS/m (Vicente y Moreno, 2000). Citado en (Lopez Marin, 2007, p.322). Ya que la conductividad eléctrica (CE) elevada ralentiza el crecimiento de la planta y la compacidad, dificultando además la asimilación del calcio del suelo, con lo que se aumenta el riesgo de aparición de fisiopatías, como la del «corazón negro» (Black heart). Cuando la temperatura se eleva en el ciclo de primavera y el tiempo tiende a ser más seco, la ejecución del riego a la caída del sol favorece la asimilación por la planta de elementos fertilizantes poco móviles.

(Vicente y Moreno, 2000). Citado en (Lopez Marin, 2007, p.322). Indican que como caudales hídricos globales, se puede estimar un suministro entre 5.000 a 6.000 m³/ha para el ciclo de invierno, si se hace con riego localizado, pudiendo alcanzar los 8.000 m³/ha si se trata de riego tradicional. En ciclos de primavera con riego localizado, los caudales se reducen más aún, pudiendo ser suficiente entre 3.500 y 4.500 m³/ha, ya que el acolchado negro de polietileno, de 15 a 20 micras de espesor, que se suele utilizar, unido a las cubiertas flotantes de polipropileno, de 17 g/m², habituales en este ciclo, reducen la evaporación del agua de riego, incrementando su efectividad y ahorro.

3.2.5 Horas luz

El apio se puede sembrar entre comienzos de otoño y principios de la primavera. Por tanto, no le gusta mucho el sol (4 horas al día es suficiente), llevándose mucho mejor con la semisombra (Chile Huerta, 2020).

3.3 Requerimientos nutricionales

Intagri afirma que, para la fertilización del cultivo, además de los nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo y potasio, el apio necesita el suministro de calcio,

boro y magnesio. Además, que muchos productores recomiendan el uso de estiércoles para el aporte de nitrógeno y potasio (Equipo Editorial de INTAGRI, 2021).

Para programar las necesidades alimenticias del cultivo hay que tener en cuenta que, en comarcas productoras, como el Campo de Cartagena, se registran unas extracciones por ciclo de cultivo de 150 kg de nitrógeno, 50 kg de fósforo y 250 kg de potasio, ya que en cada tonelada de materia fresca cosechada se encuentran 3,5 UF de N, 1 UF de P₂O₅, 7,5 UF de K₂O, 1,6 UF de CaO y 0,5 UF de MgO. Siendo estas cifras solo orientativas, ya que las necesidades por período productivo pueden cambiar según ciclo realizado y la incidencia de las variables climáticas, contenidos y fertilidad del suelo, y por el tipo de material vegetal usado (verde, blanco o dorado). (Lopez Marin, 2007)

La misma autora también menciona que los déficits nutritivos, sobre todo en los suelos ligeros, pueden ser restituidos de dos maneras: una tradicional, empleando abonado de fondo seguido de una fracción complementaria en cobertera, y otra utilizada por las CAJAMAR CAJA RURAL Serie Agricultura 323 Apio Josefa López Marín grandes empresas, en su totalidad por fertirrigación. En el primer caso, ante todo hay que comprobar el contenido de materia orgánica del suelo, para que tenga un mínimo de un 1 %; para ello se efectúan aportes de estiércoles, como «gallinaza» y de bovino, en una proporción de 30 a 40.000 kg/ha, a los que pueden acompañar abonos minerales como algún complejo triple o sulfato de magnesio. Después, durante el cultivo, se aplicarán 120 UF de nitrógeno y 160 UF de potasio, como abono de cobertera. En el caso de usar fertirrigación, unas cantidades aproximadas de elementos minerales en kg/ha, para obtener una producción bruta de 90 t/ha serían: 311 de N; 85 de P₂O₅; 680 de K₂O; 75 de Ca y 25 de Mg.

Por su parte (Casaca, 2005) informa que Para obtener una buena producción y de buena calidad, es conveniente que el suelo esté bien estercolado.

Tabla 2 días de fertilización para el cultivo

Al hacer almácigos o semilleros	Usar de 6 a 10 g de Nitrógeno (Urea) por m ²
Durante el periodo vegetativo	Hacer aplicaciones foliares por semana de nitrógeno, manganeso, cobre y zinc, buscar un fertilizante foliar que contenga esos nutrientes
Al momento del trasplante	Aplicar 8qq/Mz de la fórmula 12-24-12
A los 30 días después del trasplante	Aplicar 6,5 qq / Mz de Urea al 46% mas 3 qq de cal
A los 60 días después del trasplante	Aplicar 6,5 qq / Mz de Urea al 46% mas 3 qq de cal
Programa de fertilización foliar	Se recomienda hacer aplicaciones foliares cada 8 o 10 días durante las 8 semanas después del trasplante
Observaciones	Se recomienda un máximo de 6 aplicaciones foliares.

Ilustración 1 fuente tablas casaca

El mismo autor proporciona la información que: En fertirrigación, es recomendable aportar micro elementos en cada riego y la programación puede llevarse a cabo aplicando un abonado de fondo de 25 gr./m² de 15-15-15, enterrado en el suelo. Tras la plantación, regar diariamente durante una semana sin abono. En las dos semanas siguientes, regar tres veces por semana, aportando en cada riego:

- 0,20 g/m² de nitrógeno (N₂).
- 0,10 g/m² de anhídrido fosfórico (P₂O₅).
- 0,20 g/m² de óxido de potasio (K₂O).

Durante el mes siguiente, regar tres veces por semana, aportando en cada riego:

- 0,30 g/m² de nitrógeno (N₂).
- 0,15 g/m² de anhídrido fosfórico (P₂O₅).
- 0,20 g/m² de óxido de potasio (K₂O).

Al siguiente mes, regar tres veces por semana, aportando:

- 0,40 g/m² de nitrógeno (N₂).
- 0,10 g/m² de anhídrido fosfórico (P₂O₅).
- 0,30 g/m² de óxido de potasio (K₂O).

Al siguiente mes, regar tres veces por semana, aportando:

- 0,40 g/m² de nitrógeno (N₂).
- 0,20 g/m² de óxido de potasio (K₂O).

Así mismo también indica que en el caso de las variedades amarillas el abonado puede ser insuficiente, por ello para completar el desarrollo de la planta y darle un porte más erecto se aplican giberelinas a una concentración de 20 ppm.; se aconseja que la planta presente de 50 a 60 cm. de altura y que no se encuentre inducida a flor y acompañarlo con un fertilizante foliar, por ejemplo, urea en una proporción de 200 gr./100 litros de agua.

3.4 Valor nutricional

El apio es un alimento de bajo contenido energético, su consumo resulta saludable y refrescante por su contenido en agua y sales minerales. Después del pepino, el apio es la hortaliza de menor valor energético. El apio es fuente de potasio, el cual contribuye al funcionamiento normal del sistema nervioso y de los músculos. También contiene flavonoides, entre los que cabe citar la miricetina, quercetina y kaempferol (flavonoles), y la luteolina y apigenina (flavonas). Por otro lado, el aceite de semilla de apio contiene ftálicos que son sustancias de origen natural que cuenta con propiedades sobre la mucosa gástrica y un aceite volátil, el apiol. (F.E.N, s/f)

3.4.1 Porción comestible

65 gramos por cada 100 gramos de producto fresco.

Tabla 3 Composición nutricional del apio

Composición nutricional

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (100 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	16	10	3.000	2.300
Proteínas (g)	1,3	0,8	54	41
Lípidos totales (g)	0,2	0,1	100-117	77-89
AG saturados (g)	Tr	Tr	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	Tr	Tr	67	51
AG poliinsaturados (g)	0,1	0,07	17	13
ω -3 (g)*	—	—	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (ω -6) (g)	—	—	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	1,3	0,8	375-413	288-316
Fibra (g)	1,8	1,2	>35	>25
Agua (g)	95,4	62,0	2.500	2.000
Calcio (mg)	55	35,8	1.000	1.000
Hierro (mg)	0,6	0,4	10	18
Yodo (μg)	—	—	140	110
Magnesio (mg)	15	9,8	350	330
Zinc (mg)	0,1	0,1	15	15
Sodio (mg)	126	81,9	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	341	221,7	3.500	3.500
Fósforo (mg)	32	20,8	700	700
Selenio (μg)	3	2,0	70	55
Tiamina (mg)	0,04	0,03	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,04	0,03	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	0,7	0,5	20	15
Vitamina B₆ (mg)	0,1	0,07	1,8	1,6
Folatos (μg)	12	7,8	400	400
Vitamina B₁₂ (μg)	0	0	2	2
Vitamina C (mg)	7	4,6	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (μg)	95	61,8	1.000	800
Vitamina D (μg)	0	0	15	15
Vitamina E (mg)	0,2	0,1	12	12

Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y col., 2013. (APIO). Recomendaciones: Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada. Recomendaciones: Objetivos nutricionales/día. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2011. Recomendaciones: Ingestas Dietéticas de Referencia (EFSA, 2010). 0: Virtualmente ausente en el alimento. —: Dato no disponible. Tr: Trazas. *Datos incompletos.

fuelle 1 fen.org.es/apio.pdf

3.5 Plagas y enfermedades

3.5.1 Plagas

Pueden atacar al apio las siguientes plagas de acuerdo al siguiente listado por (Maroto Borrego, 2008) :

- Araña roja (*Tetranychus telarius*).
- Gusanos grises (*Agrotis* sp.)
- Mosca de la zanahoria (*Psylla rosae* (Fab).
- Mosca del apio (*Phylophyllo heraclei* L.).
- Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*).
- Orugas (Distintas larvas de Lepidópteros).
- Pulgones (*Aphis* spp., *Myzus persicae*).
- Díptero (*Psilla rosae*).
- Díptero (*Liriomiza trifolii*).
- Trips (*Thripstabaco*).
- Rosquilla negra (*Spodoptera litoralis* Boisduval).
- Díptero (*Liriomiza trifolii* Burg).
- Pulgones. Producen abarquillamiento de las hojas.
- Caracoles y babosas.
- Nematodos (*Dytilenchnus dupsaci* Kuehn.).

3.5.2 Enfermedades

Pueden atacar al apio las siguientes agentes patógenos de acuerdo al siguiente listado por (Maroto Borrego, 2008) :

- Mildiu del apio (*Plasmopara nivea* Schr.)
- Mancha foliar o tizón (*Cercospora apii* Fres.)
- Roya (*Puccinia apii*) ∓ *Fusarium* (*Fusarium oxisporum* var. *Apii*).
- Cercosporosis (*Cercospora apii* Fres.).

- Bacterias (*Pseudomonas apii* Tagger, *Erwina carotovora* (Jones) Berseu et al).
- Virosis y microplasma.
- Otros hongos (*Phoma*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, etc.)
- Bacterias (*Pseudomonas apii* Tagger, *Erwina carotovora* (Jones) Berseu et al).
- Virosis y microplasma.

3.6 INVERNADERO

Independientemente del origen de una planta, ya sea a partir de una semilla o una estacilla o por cultivo de tejidos, los primeros días de vida son lo más crítico para su supervivencia. Con el propósito de lograr un mayor número de sobrevivientes a esa etapa se utilizan instalaciones especiales en las que se manejan las condiciones ambientales y se proporcionan las condiciones de crecimiento más favorables para que las nuevas plantas continúen con su desarrollo y adquieran fortaleza necesaria para trasplantarlas al lugar en el cual pasaran el resto de su vida. (Huertas, 2006).

Una estructura normal de invernadero, con una inversión mínima para el control climático interno, debe ser suficiente para proporcionar un ambiente seguro para la producción. Esto nos permitirá mantener nuestros costos de producción tan bajos como sea posible. Este ambiente debe proteger a nuestras plantas de plagas y condiciones climáticas adversas (OTAZU, 2010).

El ambiente donde se desarrollan las plantas condiciona el resultado productivo al influir a corto plazo sobre la producción de asimilados, y a largo plazo, fundamentalmente, sobre el crecimiento del área foliar y su estructura espacial, factores que intervienen decisivamente en la absorción de radiación por el cultivo. Los parámetros climáticos también inciden sobre el balance fuente/sumidero de la planta, relación que determina el patrón de distribución de asimilados, y ejercen una gran influencia sobre la calidad de los frutos que, junto al peso fresco, da lugar al rendimiento de los cultivos. Por tanto, es conveniente conocer en primer lugar la respuesta de los cultivos a las

variaciones de las variables climáticas para optimizar la eficiencia de los procesos que intervienen en el crecimiento y desarrollo del fruto (Lorenzo, 2012).

3.6.1 Humedad

El equipo de humificación es utilizado en invernaderos completamente automatizados. La deshumificación no requiere un equipo especial, sin embargo, se practica en estructuras cerradas. Comúnmente la humificación es necesaria en climas áridos y particularmente durante el invierno (Huertas, 2006)

3.6.2 Temperatura

De acuerdo a (Huertas, 2006) se especifica que los invernaderos y las áreas de acondicionamiento están generalmente equipados con equipos de enfriamiento y calefacción que corresponda al tipo de estructura; por enfriamiento, calentamiento sombreado, luz y luz artificial.

3.7 AEROPONÍA

El crecimiento aeropónico se refiere al crecimiento de un cultivo logrado en el aire. Tales condiciones ocurren en la naturaleza. Por ejemplo las orquídeas en climas tropicales pueden desarrollarse y crecer libremente en los árboles (Iakkireddy, 2014).

Mundoagropecuario citando (agriculturers, 2018, parr.1) en Es un sistema de cultivo que lleva poco tiempo desarrollándose y que actualmente se encuentra en fase de experimentación. Este sistema se basa en el crecimiento de plantas sin necesidad de suelo, que es una de las características principales que definen a los cultivos hidropónicos.

La Aeroponía es un sistema de cultivo en el que las raíces están suspendidas en el aire dentro de un contenedor y son constantemente rociadas con una nube de solución nutritiva por aspersores, el principal medio de soporte para éste cultivo son los tubos de PVC donde las plantas pueden desarrollarse. (PROMUEVE HIDROPONIA, 2014).

En aeroponía se deben usar plantas en óptimo estado. Por razones sanitarias se prefiere el uso de plántulas in vitro. Sin embargo, estas requieren ser manejadas por personal con experiencia. Estas plantas deben tener la edad y tamaño adecuados antes de pasar al periodo de aclimatación y antes de su ingreso al invernadero. A veces, por bajar costos, se producen plántulas muy apretadas con poco espaciamiento para su desarrollo en condiciones in vitro. Estas plántulas demorarán más tiempo en desarrollar un buen sistema radicular en arena. Las plántulas muy viejas y amarillentas no son adecuadas para aeroponía. Otros materiales, como brotes de tubérculos y esquejes, deben estar limpios y libres de enfermedades. La presencia de cualquier síntoma debe ser motivo suficiente para eliminar todo el lote de plantas. Esto puede ser visible especialmente al momento de trasplantarlas de las bandejas de arena a los cajones. El tejido radicular y el tallo subterráneo deben estar completamente limpios y libres de arena. Antes de ponerlas en aeroponía, las plantas deben ser mantenidas en un invernadero limpio con fines de aclimatación. (OTAZU, 2010).

Pero, ¿por qué se recomienda utilizar la aeroponía? Porque mejora los cultivos gracias al movimiento continuo de la solución nutritiva, el cual reduce los riesgos de la salinidad que aparecen cuando se utiliza agua de mala calidad, por otra parte éste sistema radicular se mantiene perfectamente aireado, lo que ayuda a tener una producción de calidad y más abundante. Además permite realizar rotación de cultivo más rápido y con más higiene, se adapta a cualquier tipo de explotación o cultivo ya sea hortícola u ornamental y es un proceso sencillo y fácil de manipular (PROMUEVE HIDROPONIA, 2014).

3.7.1 Materiales usados en aeroponía

- **Nebulizadores:** El principal principio que involucra la aeroponía es el uso de rociadores, nebulizadores, para crear una fina niebla de solución de entrega de nutrientes a las raíces de las plantas, las raíces de las plantas se encuentran suspendidas sobre una cámara cerrada.

Las raíces de las plantas están suspendidas en el aire dentro de una cámara mantenida a un nivel de humedad del 100% y alimentado con una fina pulverización de solución nutritiva. La alimentación en el aire permite que las raíces absorban oxígeno muy necesario, aumentando así según se informa, el metabolismo y la tasa de crecimiento aumentaron a 10 veces mayor que en el suelo. Y hay casi sin pérdida de agua por evaporación (lakkireddy, 2014).

- **Tubo PVC:** Salgado Ornelas menciona que un Tubo PVC se usa como cuerpo de un sistema de aeroponía vertical en el cual se realizan aberturas en las cuales se incorporan codos de PVC para incorporar las plántulas de manera que este entran y las raíces crecen con dirección al centro del cuerpo. (2017, p. 3).

3.7.2 Contenedor ancla

Según (Trees.com, 2022). Menciona que dado que no existen medios en la zona de la raíz para que las plantas se anclen, deben preparar un collar de soporte que sostenga los tallos en su lugar. Estos collares deben ser bastante firmes para mantener las plantas en posición vertical y mantener las raíces en su lugar, pero también deben ser suficientemente flexibles para permitir el desarrollo de las raíces sin restricciones.

3.7.3 Tanque de solución nutritiva

El tanque está ubicado bajo el nivel del suelo para recibir por gravedad la solución nutritiva procedente de los módulos después de cada riego. Está recubierto por un tanque exterior de cemento que impide el contacto con la tierra, reduciendo el peligro de contaminación y manteniendo una temperatura adecuada de la solución nutritiva (15°C). La capacidad del tanque dependerá del tamaño de los módulos. Un tanque de 500 litros es adecuado para un área de producción efectiva de 20 m² (área del módulo). El tanque de la solución nutritiva y el tanque exterior de cemento deben permanecer cerrados para evitar la contaminación. (Andrade Piedra, y otros, 2015)

3.7.4 Electrobomba

Es una máquina para elevar el agua u otro líquido y darle impulso en una determinada dirección.

Cebiar una bomba centrífuga es llenar de agua toda la tubería de aspiración y el rodete, pues si tienen aire no pueden empezar a funcionar. (Navarra, s/f)

3.7.5 Función del sistema aeropónico

En la aeroponía las raíces de las plantas crecen suspendidas en el aire, dentro de cámaras cerradas (también llamados módulos) y son alimentadas mediante una solución nutritiva, que es nebulizada y que puede ser recirculada, es decir, se la puede volver a utilizar.

3.8 Solución Nutritiva

Es la mezcla de diversos fertilizantes que al solubilizarse en agua hacen que los elementos químicos que los forman se ionicen y puedan fácilmente ser absorbidos por las raíces de las plantas. (Rodríguez. 2009).

Este sistema de producción requiere un continuo abastecimiento de nutrimentos, el cual se suministra por medio de una solución nutritiva (SN) que contiene los elementos esenciales para el Óptimo desarrollo de los cultivos. (Favela Chavez, Preciado Rangel, & Adalberto, 2006)

Tabla 4 Elementos esenciales o nutrimentos para el crecimiento de las plantas.

Elemento	Símbolo	Forma de absorción	Elemento	Símbolo	Forma de absorción
Carbono	C	CO ₂	Zinc	Zn	Zn ²⁺ , Zn(OH) ₂ ⁰
Hidrógeno	H	H ₂ O	Manganeso	Mn	Mn ²⁺
Oxígeno	O	H ₂ O, O ₂	Cobre	Cu	Cu ²⁺
Nitrógeno	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	Boro	B	B(OH) ₃ ⁰
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	Molibdeno	Mo	MoO ₄ ²⁺
Potasio	K	K ⁺	Cloro	Cl	Cl ⁻
Calcio	Ca	Ca ²⁺	Silicio	Si	Si(OH) ₄ ⁰
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	Sodio	Na	Na ⁺
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	Cobalto	Co	Co ²⁺
Hierro	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	Vanadio	V	V ⁺

Fuente: Bennett (1997)

3.8.1 Concentración de nutrientes

De acuerdo a. (Rodriguez, 2009). "La cantidad de nutrimentos que requieren las plantas depende del potencial genético (la especie, la variedad, la etapa fenológica), y las condiciones ambientales".

La formulación de nutrientes según Resh 2002: Dice "que todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua, para preparar la solución de nutrientes". Demostrando que la solución debe ser ocupado de acuerdo a los factores en los que se encuentre el cultivo.

3.8.2 PH de la solución

(Santos & Rios, 2016). Indican que la absorción de nutrientes de la S.N. también depende del pH. Cambios drásticos en el pH ocasionan mala absorción de nutrientes.

El pH de una solución nutritiva nos marca el carácter ácido o básico, e influye sobre la solubilidad de los iones. En general, nuestras aguas tienen un pH básico, o sea un pH superior a 7, pudiéndose dar en dichas condiciones insolubilidades y precipitados, ello evita la buena nutrición y provoca la obturación de los goteros en nuestra instalación. La mayor parte de las plantas trabajan bien en soluciones nutritivas con pHs comprendidos entre 5 y 7, en los cultivos hidropónicos generalmente se trabaja con pH de 5,5 a 5,8, puesto que en dicho rango de pH se encuentran mejor disueltos los iones, especialmente el fósforo y los microelementos. Las sustancias que son capaces de liberar iones (H⁺) (protones) son ácidas y las que pueden liberar OH⁻ dan reacciones básicas. El ácido nítrico tiene reacción ácida puesto que libera H. (Baixauli & Aguilar, 2000)

El mismo autor nos indica que el pH actúa manteniendo los iones solubles para la planta y por tanto, mejorando la nutrición. Valores extremos pueden provocar la precipitación de los iones. Con un pH superior a 7,5 puede verse afectada la absorción de fósforo, de hierro y de manganeso, la corrección del pH puede evitar los estados carenciales.

Por otra parte, se afirma que el valor de pH más apropiado para una SN oscila entre 5-6; en esta condición, las sales se encuentran totalmente ionizadas y/o solubilizadas) y por lo tanto disponibles para las plantas. Cuando esto no se cumple, entonces se precipitan los nutrientes. El pH adecuado de la SN evita que los micro nutrientes no disminuyan su solubilidad y por lo tanto su disponibilidad para las plantas, a valores mayores de pH 6, estos también precipitarán químicamente. Una forma de evitar la precipitación del Fe es emplear como fuente formas quelatadas del elemento. El pH adecuado de la SN está en un rango entre 5 a 5.5. (Rodríguez, 2009)

3.8.3 Conductividad eléctrica

La CE se define como la capacidad que tiene una solución de transportar o conducir electricidad por unidad de área. La CE se mide en S/cm² (donde S = Siemens, la unidad del sistema internacional para la conductancia) o mhos/cm. Esta nos da una idea de la cantidad de sales disueltas en la solución. La misma se debe mantener en un rango de 1.8 - 2.3 mmhos/cm. Si no se mantiene este balance puede afectar la disponibilidad de los nutrientes. (Beltrano & Gimenez, s/f)

La concentración total de elementos en una solución nutritiva debería ser de 1.000 y 1.500 ppm, de forma que la presión osmótica facilite el proceso de absorción por las raíces. Esto correspondería a las lecturas del contenido total de sales, entre 1,5 y 3,5 mMho. s. Un medidor eléctrico de conductividad de los normalmente utilizados en el comercio debería usarse para determinar el momento en el cual la solución de nutrientes empieza a estar demasiado concentrada. Las determinaciones se efectuarán sobre las soluciones de nutrientes en el momento de su aporte, y después se irán repitiendo cada vez que se les añadieran nuevas sales. Al incrementarse el nivel de sales totales se incrementará también rápidamente la conductividad eléctrica. La unidad de medida utilizada para expresar la conductancia es un mho. (Resh, 2002).

De acuerdo a la investigación de (Sanchez, Gonzales, Moreno, Pineda, & Reyes, 2014). La planta modifica el consumo de nutrimentos en función de sus fases de crecimiento y desarrollo, condiciones climáticas, y características de la solución nutritiva como la CE.

4 LOCALIZACIÓN

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La presente investigación se realizó en la estación experimental cota cota dependiente la facultad de agronomía de la universidad mayor de san Andrés. Esta misma se encuentra ubicado en la calle 30 de cota cota con las siguientes coordenadas LS-16.536662565787164, LO-68.06397774507256 y una altitud de 3445 msnm (Maxar Technologies, 2022).

Figura 1. *Croquis experimental*



fuentes 2 [imagen satelital google earth]

4.2 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

4.2.1 Clima

De acuerdo a (Weather Atlas, s/f).

El clima promedio en el Cota Cota - La Paz: El mes más cálido (con el máximo promedio de temperatura alta) es Noviembre (17°C). El mes con el promedio de temperatura alta más bajo es Julio (13.5°C). Los meses con el promedio de temperatura

baja más alto son enero y febrero (4.4°C). El mes más frío (con el promedio de temperatura baja más bajo) es Julio (-4.4°C).

El mes con la humedad relativa más alta es Febrero (72%). Los meses con la humedad relativa más baja son junio y Agosto (42%).

El mes más húmedo (con la precipitación más alta) es Enero (133.7mm). El mes más seco (con la precipitación más baja) es Junio (5.1mm).

El mes con más sol es Junio (Promedio de insolación: 8h and 0). El mes con menos sol es Marzo (Promedio de insolación: 4h and 48).

5 MATERIALES Y METODOS

5.1 MATERIALES

5.1.1 Material biológico

Las semillas de apio utilizadas para esta investigación fueron;

Tabla 5 *variedades de apio utilización en la investigación*

Variedad	Unidad	Cantidad	Observación
Tall-uta	Onza	1/8	Variedad de procedencia americana con pencas de excelente calidad y de color verde medio oscuro. Mata vigorosa, pesada y compacta Muy resistente a la subida. De buena producción (Rodriguez Moncholi, 1985).
Golden self	Onza	1/8	Variedad de color verde pálido, planta bastante pesada y compacta. (Rodriguez Moncholi, 1985).

5.1.2 Material químico

El material químico utilizado para la solución nutritiva se presenta a continuación:

Tabla 6 *Elementos químicos para la S.N.*

Sustancia	Unidad	Formula	g/m3
Complejo N,P,K 16-16-16	Gramos		715,99
Nitrato de calcio	Gramos	(NO ₃) ₂ Ca	926,32
Nitrato de amonio	Gramos	NH ₄ H ₂ PO ₄	151,49
Sulfato de magnesio	Gramos	SO ₄ Mg	290,19
Nitrato de potasio	Gramos	KNO ₃	156,37
Quelato de hierro	Gramos	EDTA- Fe	4,98
Cosmoquel menores		S, B, Co, Cu, Mn, Mo, Zn.	30

5.1.3 Material de germinación

Los materiales ocupados para la germinación fueron:

Tabla 7 *Material de germinación*

Material	Unidad	Cantidad
Bandeja de almacigo de 150 espacios	Pieza	3
Nylon negro de 2 micras	M2	6
Espuma de (2x2x3) cm	Pieza	450
Regadera	Pieza	1
Pinzas	Pza	1

5.1.4 Material de almacigo en piscina

El material ocupado para el almacigo hasta obtener la altura deseada fue:

Tabla 8 *Elementos de la piscina para almacigo*

Material	Unidad	Cantidad
Esqueleto metálico de 2x2x0.5	Pza	1
Lona impermeable	M2	10
Oxigenadores	Pza	2
Regadera	Pza	1

5.1.5 Material del Sistema de aeroponía

Los componentes ocupados para el ensamblaje del sistema recirculante vertical de Aeroponía son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 9 *material del sistema de Aeroponía*

Material	Unidad	Cantidad
Tubo PVC 3pg	Pza	18
Nebulizador	Pza	18
Llave de paso plástico	Pza	1
Accesorios en T 1pg	Pza	4
Micro tubo 6mm	M	2
Tubo pvc recirculante	M	45
Electrobomba	Pza	1
Tanque para SN 1200 L	Pza	1
Tubo PVC 4pg (retorno)	Pza	5
Tapa de cierre 1pg	Pza	4
Cinta Teflón	Pza	1

5.1.6 Material de control

Los equipos ocupados para los diversos controles en campo se muestran en la siguiente tabla

Tabla 10 *Material de control*

Material	Unidad	Cantidad
pH metro	Pza	1
Termómetro	Pza	1
Conductivimetro	Pza	1
Balanza analítica	Pza	1
Regla	Pza	1

5.1.7 Material de gabinete

Los materiales ocupados para la recolección de los diversos datos se detallan a continuación.

Tabla 11 *Material de escritorio*

Material	Unidad	Cantidad
Celular	Pza	1
Computadora	Pza	1
Calculadora	Pza	1
Libreta de notas	Pza	1
Bolígrafo	Pza	1

5.2 Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en la estación experimental Cota Cota, específicamente en un ambiente controlado o invernadero. En este contexto, se aprovecharon los espacios inutilizados para implementar es sistema de aeroponía, haciendo uso del sistema recirculante de hidroponía ya existente en el área.

5.2.1 Fase 1 de germinación

En la primera fase de germinación, se utilizó espuma agrícola de almacigo en hidroponía de dimensiones 2x2x3 cm. Para prepararla, se realizaron perforaciones con una pinza a una profundidad de 5mm para la siembra de las semillas. Antes de este proceso la espuma se esterilizo mediante la aplicación con vinagre para eliminar posibles residuos industriales.

Se procedió a colocar la espuma agrícola en las bandejas de germinación, disponiéndola en la superficie con las perforaciones correspondientes. Estas bandejas, fabricadas con plastoformo (poliestileno expandido), tienen una capacidad de 150 espacios. Paralelamente, se realizó la humidificación de toda la espuma agrícola para asegurar las condiciones óptimas de germinación.

Se incorporó las semillas en las perforaciones de las espumas, y se procedió a cubrir las bandejas con el nylon negro simulando oscuridad total durante 10 -15 días hasta la germinación.

5.2.2 Fase 2 de la germinación

Una vez germinadas las semillas se retiró el nylon negro y se llevó las bandejas a la piscina de almacigo para que continúen con su desarrollo hasta obtener una altura y hojas necesarias antes del trasplante final, para ello se preparó la piscina de forma adecuada.

La piscina de 2x2x0.5 con un fondo hecho de lona impermeable con fue desinfectada y preparada con una solución nutritiva específica para almacigo que alcanzaba sus 10 cm de altura. Al mismo tiempo se incorporó los oxigenadores.

El proceso de almacigo duro de 40 días esto debido a que necesitan raíces más fuertes para poder absorber los nutrientes en el sistema de aeroponía

5.2.3 Sistema recirculante de aeroponía

El sistema de Aeroponía fue ensamblado de manera que los Tubos PVC fueran aprovechados por ambos lados paralelos, en las cuales se le realizaron aberturas alternas.

A estas se les incorporo dos tapas al inicio y al final del tubo PVC de manera que se puedan sellar las aberturas naturales y evitar el escape de solución nutritiva

Justo al centro de la tapa superior se incorporó el nebulizador para que por medio de la gravedad incorporara en forma de fina niebla la solución nutritiva y esta ocupo toda la cámara como si de un gas se tratara. Pero con el peso necesario para descender a la parte inferior

Por la parte inferior se selló la tapa al tubo PCV, y en esta tapa por el medio se realizó una pequeña abertura la cual se conecta al sistema recirculante que reconduce al tanque de S.N.

Se realizó este procedimiento para 3 cámaras de 1.80 m de largo para los distintos espaciamientos verticales detallados a continuación:

- Distanciamiento vertical de 15 cm que alberga una capacidad para 22 plantas
- Distanciamiento vertical de 20 cm que alberga una capacidad para 16 plantas
- Distanciamiento vertical de 25 cm que alberga una capacidad para 13 plantas

El tanque de S.N. se encuentra muy por debajo del sistema de aeroponía para obtener una recolección más eficiente. Por encima de la misma se encuentra la

electrobomba que realizo la extracción de la S.N. para que por otra red de tuberías esta conecte con los nebulizadores nuevamente.

5.2.4 Trasplante al sistema de aeroponía

El trasplante al sistema de aeroponía se realizó una vez que las plántulas obtuvieron 3 hojas verdaderas y las raíces visiblemente fuertes de aproximadamente 8 cm de largo. Este proceso fue a los 63 días desde el almacigo de la semilla.

Se incorporó las plántulas a las cámaras por las aberturas alternas realizadas, para ello se envolvió a cada plántula con fibra siliconada por el cuello de manera que este encaje a la perfección en los orificios sin dejar que escape la S.N. pero que al mismo tiempo no estrangule a la plántula en su crecimiento.

La raíz de la planta en el momento del trasplante quedo perfectamente al medio de la cámara y no choco con las paredes de la misma.

5.2.5 Manejo del sistema y el cultivo

5.2.5.1 PH de la solución nutritiva

Para el manejo del pH se utilizó un pH metro con el cual se observaba que la solución se mantenga entre 6.0 y 6.5 en algunas ocasiones esta tendía a acidificarse para ello el procedimiento de control y restablecimiento a su pH neutro era el de agregar agua en el tanque de solución nutritiva.

En casos muy extremos de cambio de pH se realizó un cambio total de solución.

5.2.5.2 Temperatura

Para el control de temperatura se utilizaron dos termómetros.

El termómetro a distancia que se utilizó para medir la temperatura dentro de la cámara de aeroponía que oscilaba entre 24°C y 26°C condición favorable para las raíces.

El termómetro ambiental que se utilizó para medir la temperatura del invernadero la cual llegó a tener una temperatura mínima de 10°C para el mes de diciembre y una temperatura de 38° C para el mismo mes. El promedio de temperatura durante el ciclo del cultivo fue de un máximo de 34°C y como mínimo 13,25°C, teniendo una temperatura media de 23,7 °C.

5.2.5.3 Conductividad eléctrica

Con un conductivímetro se medía la cantidad de sales en esto no llegó a bajar de 1,4 mhos/cm² ya que al término de 15 días se realizaba el cambio de la S.N.

5.2.6 Diseño experimental

En la presente investigación, se utilizó un diseño de bloques al azar (DBA) con arreglo bifactorial. (Ochoa Torrez, 2013) y (Gabriel et al. 2017)

5.2.6.1 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \lambda_j + \alpha\lambda_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Una observación
- μ = Media poblacional
- β_k = Efecto del k - esimo bloque
- α_i = Efecto del i - esimo nivel del factor A (variedad de semilla)
- λ_j = Efecto del j - esimo nivel del factor B (distanciamiento vertical)
- $\alpha\lambda_{ij}$ = Efecto del i - esimo nivel del factor A, con el j - esimo nivel del factor B (interacción A x B) (variedad de semilla x distanciamiento vertical)
- ϵ_{ijk} = Error experimental

5.2.6.2 Tratamientos

La interacción entre las dos variedades de apio y las tres distancias verticales en prueba con de tres bloques, nos dan como resultado seis tratamientos y 18 unidades experimentales.

Factor A: Dos Variedades de Apio Tall utah 52-70 y Golden self.

Factor B: Tres distancias verticales (0,15 m, 0,20 y 0,25 m).

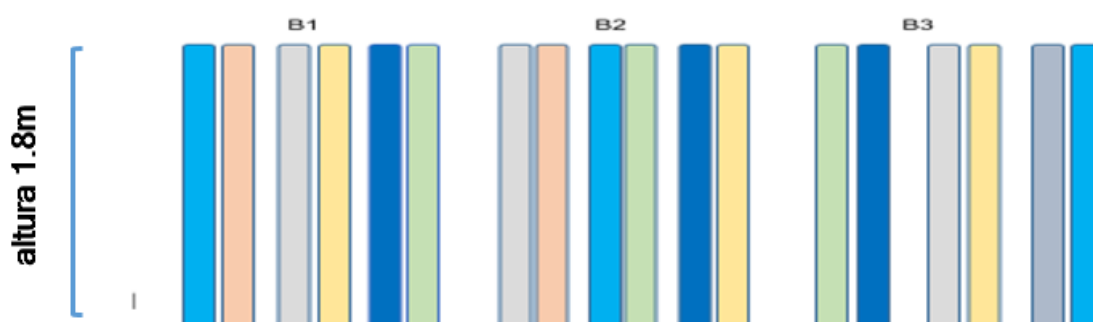
A continuación, se detalla la combinación de los factores de estudio.

Tabla 12 *Tratamientos en estudio*

Factor A	Factor B	Interacción	TRAT
Variedad 1	densidad 1	A1*B1	1
	densidad 2	A1*B2	2
	densidad 3	A1*B3	3
Variedad 2	densidad 1	A2*B1	4
	densidad 2	A2*B2	5
	densidad 3	A2*B3	6

5.2.6.3 Croquis experimental

Figura 2. *croquis experimental para un DBA*



Fuente 3 elaboración propia

Tabla 13 Capacidad de los tratamientos

T1	T2	T3
Capacidad de plantas 22	Capacidad de plantas 16	Capacidad de plantas 13
T4	T5	T6
Capacidad de plantas 22	Capacidad de plantas 16	Capacidad de plantas 13

5.2.6.4 Variables de respuesta

- **Altura de planta:** para la recolección de este dato se tomó la altura desde la base del cuello de la planta del apio con una regla. Esta toma de datos se realizó en el día de cosecha
la cantidad de días ocupados hasta el día de toma de datos altura fue de 105 días desde el día de en el que se colocó las semillas, con un aproximado de 3.5 meses.
- **Área Foliar:** después de transcurrir 105 días, se procedió a medir el área foliar utilizando la aplicación móvil "Easy Leaf Area Free" versión 2021 para dispositivos Android. Esta aplicación, desarrollada por Hsien Ming Easlon de la Universidad De California, permite medir el área foliar utilizando la cámara del celular. Antes de su utilización, la aplicación fue sometida a pruebas que demostraron su precisión y confiabilidad en la obtención de datos.
- **Numero de pencas:** para obtener el número de pencas se realizó un conteo manual durante la cosecha del apio.
- **Peso de planta (sin raíz):** para obtener estos datos se ocupó una balanza analítica y se realizó la medición de peso a partir a partir de la suma de pencas cosechadas por planta.
- **Análisis económico:** se tomó como referencia el modelo para análisis económico de (Garcia & Paredes, 2014) que contempla una base de costos variables, costos fijos, costos totales, beneficio neto y beneficio/costo (B/C).

6 RESULTADOS Y DISCUSIONES

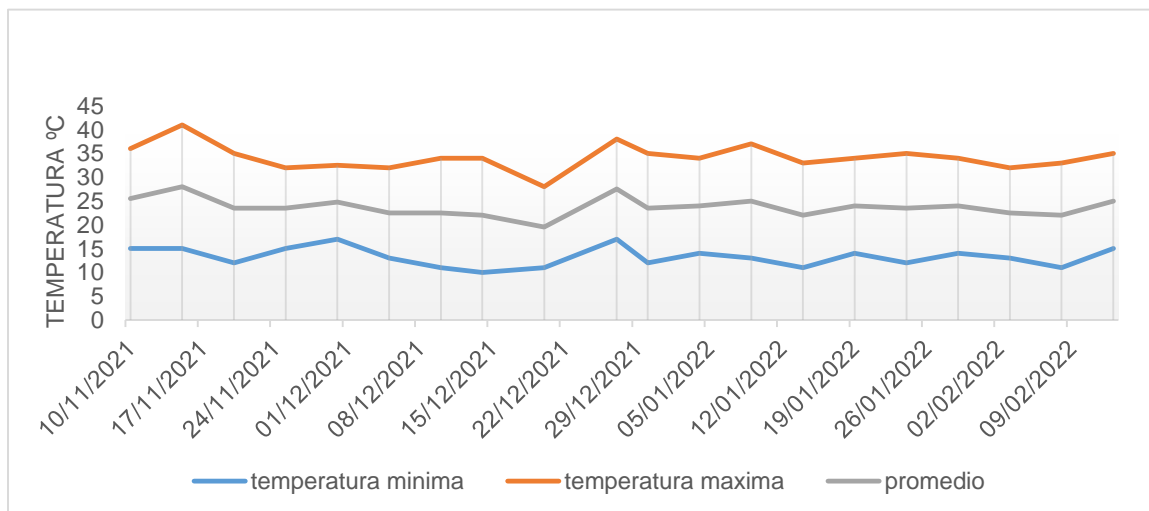
Los resultados y discusiones se demuestran de acuerdo a los datos de las variables de respuesta que se tomaron como parámetro en la presente investigación las cuales que por medio de un análisis de varianza ajustaron una respuesta.

6.1 CONDUCTA DE LA TEMPERATURA

6.1.1 Temperatura del ambiente

Se tomó los datos de temperatura con una frecuencia de cada 5 días de esta manera poder ver las alteraciones sufridas durante el mes de noviembre en el cual se puso la germinación hasta el mes de marzo al finalizar el ciclo del cultivo para la cosecha.

Tabla 14 *Gráfico de temperatura durante el ciclo del cultivo*



En la gráfica anterior se muestra las temperaturas alcanzadas en el invernadero durante el ciclo del cultivo obsérvese que las temperaturas altas se encontraban por encima del valor requerido por el cultivo. Que de acuerdo a de acuerdo a Gamboa el apio

puede tolerar una máxima de 29.5°C y un mínimo de 4.5 °C por lo que si sobre pasa esta temperatura el apio tendera a dejar de crecer y tener un sabor amargo (Gamboa, 2022).

En una prueba de control de temperatura en épocas de heladas en apio el mejor resultado fue con temperaturas de: una temperatura media de 10.1 °C una temperatura máxima de 17.1 °C y una temperatura minima de 4,9 (Mormeneo et al. 2001)

Por otra parte el requerimiento de temperaturas bajas para inducir la floración de esta especie, se conoce a partir de los estudios de Thompson (1929) citado en (Favaro & Bouzo, s/f), considerándose que la temperatura límite de vernalización está entre 14 y 16°C.

6.1.2 Temperatura en las cámaras del sistema

De acuerdo al registro de temperaturas dentro de la cámara de producción vertical en el sistema de aeroponía esta obtuvo una temperatura media de 24°C siendo una temperatura óptima para el desarrollo radicular del apio.

El autor (Fischer, Torrez, & Torres) menciona que en la zona radical el desarrollo de la planta aumenta al aumentar la temperatura edáfica siendo un parámetro de 25°C a 35°C como máximo aseverando que esto depende de la especie y el ciclo fisiológico en el que se encuentre, de la misma manera que existe un desarrollo en temperaturas mínimas de 8°C a 15°C. como la papa.

Lenz 1979 citado (Fischer, Torrez, & Torres) en indica que el crecimiento de las raíces, a menudo, está limitado por temperaturas de la rizosfera un buen desarrollo radical generalmente aumenta con temperaturas ascendentes en el suelo de 25°C a 30°C.

6.2 VARIABLES DE RESPUESTA

6.2.1 Altura de planta

Para determinar las diferencias que existe en los diferentes tratamientos se realizó una prueba de varianzas la cual nos arrojó los diferentes datos. En la siguiente tabla podemos observar y analizar los resultados para la altura de la planta.

Tabla 15 *Análisis de la varianza para altura CV 7,37*

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	
Bloque	237,35	2	118,68	22,3	0,0002	**
Variedad	4,5	1	4,5	0,85	0,3795	N.S.
Separación	19,23	2	9,62	1,81	0,2139	N.S.
variedad * separación	61,54	2	30,77	5,78	0,0215	*
error	53,23	10	5,32			
total	375,86	17				

Se demostró estadísticamente con una probabilidad de error de $0,02\% < 5\%$ que, en cada bloque del diseño, la altura del apio cambio significativamente. Se pueden identificar varios factores que podrían haber causado este cambio. Uno de ellos podría ser un posible cambio de temperatura en el invernadero. Además, se demostró una disminución en la presión de salida en cada pulverizador que distribuye la solución nutritiva. Al inicio, los pulverizadores expulsan la solución con una presión adecuada. Sin embargo, al realizar un recorrido por la cantidad de pulverizadores en el sistema, se reduce haciendo que el ultimo pulverizador presente una disminución significativa en la solución nutritiva que expulsa.

Se demostró estadísticamente con una probabilidad del $2,15\% < 5\%$ que una combinación de espaciamientos verticales y las variedades de apio producen diferencias en la altura(cm) del apio.

En el caso de la variedad Golden Self tiene un mejor resultado si tiene una distancia de 20 cm y en el caso de la variedad Tall Utha tiene una mejor altura si esta se la cultiva a una distancia de 25 cm a diferencia de sus opuestos la variedad Golden Self

da en resultado malo si ocupa la distancia de 25 cm y en el caso de la variedad Tall Utha tiene un resultado negativo si ocupa la distancia de 20 cm como especifica la gráfica. Ver anexo 26

Para un análisis más detallado se realizó una prueba Duncan.

Tabla 16 Test:Duncan separación x variedad para altura Alfa=0,05

Variedad	Separación	Medias	n	E.E.
Golden Self	20 cm	33,6	3	A
Tall Utha	25 cm	32,8	3	A
Tall Utha	15 cm	32,07	3	A
Golden Self	15 cm	31,93	3	A
Tall Utha	20 cm	30,57	3	A B
Golden Self	25 cm	26,9	3	B

En la tercera prueba de interacción entre variedad por espaciamiento vertical podemos identificar que el tratamiento número 6 (Var. Tall Utah a 25 cm) tiene más desarrollo en altura. También se identifica que la variedad Tall Utah es la que tiene un promedio de altura de 31,81 cm y la variedad Golden Self alcanza un promedio de 30,81 cm. Por ello podemos indicar que en cuanto a altura se refiere la variedad Tall Utah es la que mejor variedad que se adapta a el sistema de Aeroponía.

Según las investigaciones realizadas por Molina (2017), menciona que el cultivo del apio en un sistema de hidroponía NFT, obtuvo alturas de 46,55 cm para la variedad "Andino" de apio y 44,63 cm para la variedad "Mambo" de apio

Además, según las investigaciones de Palomino (2021), se encontró que, en un sistema de raíces flotantes, la variedad de apio "Tall Utah" alcanzo una altura de 56,6 cm en la primera cosecha, mientras que la variedad "Golden Self" obtuvo una altura de de 47,61 cm en la misma etapa de cosecha.

La característica del apio considera que esta alcanza una altura de entre 30 a 80 cm de altura variando entre varios factores edafoclimaticos y días de cosecha.

6.2.2 Peso de corte

para determinar las diferencias que existe en los diferentes tratamientos se realizó una prueba de varianzas la cual nos arrojó los diferentes datos. En la siguiente tabla podemos observar y analizar los resultados para el peso de corte de la planta.

Tabla 17 *Análisis de la varianza peso de corte CV 13,07*

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	
Bloque	13905,29	2	5952,64	113,59	0,0001	**
Variedad	781,44	1	781,44	12,77	0,0051	**
Separacion	410,35	2	205,17	3,35	0,0769	N.S.
variedad * separación	757,57	2	378,19	6,19	0,0179	*
error	612,09	10	61,21			
total	16466,34	17				

Se demostró estadísticamente con una probabilidad de error de $0,001\% < 5\%$ que, en cada bloque del diseño, el peso del apio cambio significativamente. Se pueden identificar varios factores que podrían haber causado este cambio. Uno de ellos podría ser un posible cambio de temperatura en el invernadero. Además, se demostró una disminución en la presión de salida en cada pulverizador que distribuye la solución nutritiva. Al inicio, los pulverizadores expulsan la solución con una presión adecuada. Sin embargo, al realizar un recorrido por la cantidad de pulverizadores en el sistema, se reduce haciendo que el ultimo pulverizador presente una disminución significativa en la solución nutritiva que expulsa.

Mediante un análisis estadístico con una probabilidad de error del $0,51\%$ inferior al 5% , se revelo que la variedad "Tall Utah" produce un mayor peso de corte (en gramos) en comparación con la variedad Golden Self. Esto se debe a que la variedad "Tall Utah" se caracteriza por tener un diámetro de cuello más amplio, lo que resulta en un mayor número de pencas en comparacion con la variedad "Golden Self".

También se demostró estadísticamente con una probabilidad del $1,79\% < 5\%$ que una combinación de espaciamientos verticales y las dos variedades de apio que se pusieron a prueba, producen diferencias en el peso de corte (g).

En el caso de la variedad Golden Self tiene un mejor resultado si tiene una distancia de 20 cm y en el caso de la variedad Tall Utha tiene un mejor peso si esta se la cultiva a una distancia de 25 cm, a diferencia de sus opuestos la variedad Golden Self da en resultado negativo si ocupa la distancia 25cm y en el caso de la variedad Tall Utha tiene un resultado negativo si ocupa la distancia número 1.

Para un análisis más detallado se realizó una prueba Duncan.

Tabla 18 Test:Duncan peso de corte variedad Alfa=0,05

Variedad	Medias	n	E.E.	
Tall Utah	66,43	9	2,61	A
Golden Self	53,26	9	2,61	B

La investigadora (Palomino S. , 2021) menciona que la variedad "Tall Utah" logra un rendimiento de 4,39 kg/m² y la variedad "Golden Self" 3,68 kg/m².

La investigación realizada por Calle (2023), menciona que en un sistema de hidroponía NFT obtuvo: a la variedad de apio "Tall Utah" un alcance de peso de 139,04 g por planta mientras que la variedad "Golden Self" alcanzo un peso de 110,53 g. de esta manera podemos apreciar que éntre las dos variedades, existe una diferencia significativa de pesos.

Ademas, un estudio llevado a cabo por Choque (2021), se comprobó que la variedad "Tall Utah" alcanzo un promedio de peso de 167,9 g, mientras que la variedad "Golden Self" tuvo un incremento promedio de 177,39 g. Sin embargo, se sospecha que pudo haber habido un manejo deficiente de los datos de estudio.

La investigación demuestra una clara superioridad de la variedad "Tall Utah" en comparación con la variedad "Golden Self".

Una segunda prueba individual de espaciamientos verticales se demuestra que la distancia vertical numero 2 (20cm) es la más adecuada para producir peso en ambas variedades, seguido de la distancia vertical numero 3 (25cm) con muy poca diferencia y dejando a la distancia vertical numero 1 (15cm) que es la que menos peso genera en el apio.

Tabla 19 Test:Duncan Alfa=0,05 espaciamientos x variedades para peso

Variedad	Separación	Medias	n	E.E.
Tall Utah	25 cm	77,43	3	A
Tall Utah	20 cm	69,3	3	A B
Golden Self	20 cm	58,8	3	B C
Golden Self	15 cm	53,77	3	C
Tall Utah	15 cm	52,57	3	C
Golden Self	25 cm	47,2	3	C

En la tercera prueba de interacción entre variedad por espaciamiento vertical; se ha demostrado de manera efectiva que si existe una mejora significativa cuando hay una combinación de ciertos factores. Específicamente, se demostró que el tratamiento numero 6 (variedad Tall Utha x distancia a 25 cm) tiene más desarrollo en términos de peso.

6.2.3 Área foliar

Para determinar las diferencias que existe en los diferentes tratamientos se realizó una prueba de varianzas la cual nos arrojó los diferentes datos. En la siguiente tabla podemos observar y analizar los resultados para el área foliar del apio.

Tabla 20 Análisis de la varianza para área foliar CV 10,73

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	
Bloque	90500,82	2	45250,41	76,7	0,0001	**
Variedad	150,22	1	150,22	0,25	0,6248	N.S.
Separación	4415,98	2	2207,99	3,74	0,0612	N.S.
variedad * separación	5731,11	2	2865,55	4,86	0,0336	*
error	5899,32	10	589,93			
total	106697,44	17				

Se demostró estadísticamente con una probabilidad de error de $0,01\% < 5\%$ que, en cada bloque del diseño, el peso del apio cambio significativamente. Se pueden identificar varios factores que podrían haber causado este cambio. Uno de ellos podría ser un posible cambio de temperatura en el invernadero. Además, se demostró una disminución en la presión de salida en cada pulverizador que distribuye la solución nutritiva. Al inicio, los pulverizadores expulsan la solución con una presión adecuada. Sin embargo, al realizar un recorrido por la cantidad de pulverizadores en el sistema, se reduce haciendo que el ultimo pulverizador presente una disminución significativa en la solución nutritiva que expulsa.

Se realizó un análisis estadístico que arrojó resultados significativos con un nivel de confianza del $6,12\%$ mayor que el 5% . Estos resultados indican que las diferencias en el espaciamiento vertical no generan una variación significativa en el área foliar de las variedades de apio, tanto "Tall Utah" como "Golden Self". En otras palabras, no se observaron beneficios adicionales en el área foliar de ambas variedades de apio debido a las diferentes separaciones verticales utilizadas.

Se realizó un análisis estadístico que revelo de manera significativa, con un nivel de confianza del $62,48\%$ mayor que el 5% , que no existe una diferencia en el promedio del área foliar (cm^2) entre ambas variedades de apio. En otras palabras, se encontró que las variedades estudiadas producen un promedio similar de área foliar

Se demostró estadísticamente con una probabilidad del $3,36\% < 5\%$ que, estos resultados arrojados, indican que la combinación de diferentes espaciamientos verticales junto con las distintas variedades de apio genera diferencias estadísticamente significativas en el área foliar (cm^2). En resumen, se encontró evidencia estadística de que las variaciones en cuanto a área foliar se deben a una combinación de los factores de estudio.

En el caso de la variedad Golden Self tiene un mejor resultado si tiene una distancia vertical numero 2 (20 cm) y en el caso de la variedad Tall Utha tiene un mejor resultado si esta se la cultiva a una distancia de separación vertical numero 3 (25cm) a diferencia de sus opuestos donde la variedad Golden Self da en resultado negativo si

ocupa la distancia vertical numero 3 (25cm) y en el caso de la variedad Tall Utha tiene un resultado negativo si ocupa la distancia número 2(20cm).

Tabla 21 Test:Duncan Alfa=0,05 variedad x separación para area foliar

Variedad	Separación	Medias	n	E.E.	
Tall Utah	25 cm	276,33	3	14,02	A
Golden Self	20 cm	226,13	3	14,02	B
Golden Self	15 cm	223,57	3	14,02	B
Golden Self	25 cm	220,4	3	14,02	B
Tall Utah	15 cm	209,13	3	14,02	B
Tall Utah	20 cm	<u>201,97</u>	3	14,02	B

En la tercera prueba de interacción Duncan entre variedad por espaciamiento vertical, se pudo demostrar de manera concluyente que efectivamente existe una mejora cuando se combinan ambos factores. Los resultados indican que el tratamiento número 6, que consiste en la variedad "Tall Utah" con una distancia de 25 cm entre plantas, muestra un mayor desarrollo del área foliar (cm²). Por lo tanto, se identifica que este tratamiento es el más efectivo en términos de promover el desarrollo del área foliar en comparación con el resto de combinaciones evaluadas.

6.2.4 Numero de pencas

Con el fin de determinar la diferencia entre tratamientos, se llevó a cabo un análisis de varianza que mostro los datos correspondientes. A continuación, se muestra un ANVA que muestra y analiza los resultados obtenidos.

Tabla 22 *Análisis de la varianza para número de pencas CV 10,14*

FV	SC	gl	CM	F	p-valor	
Bloque	5,44	2	2,72	2,43	0,1384	N.S.
Variedad	186,89	1	186,89	166,53	0,0001	**
Separación	7,44	2	3,72	3,32	0,0785	N.S.
variedad * separación	1,44	2	0,72	0,64	0,5459	N.S.
error	11,22	10	1,12			
total	212,44	17				

Se realizó un análisis estadístico que arrojó con una probabilidad de error del 13,84% mayor que 5%, lo cual indica que no se observaron cambios significativos en el número de pencas por bloque.

Se demostró estadísticamente con una probabilidad de error del 7,85% > 5% que las diferencias de espaciamientos verticales no generan una diferencia en el número de pencas de las variedades de apio variedades tall utha y Golden self. Indicándonos que el número de pencas de las dos variedades del apio no reciben beneficios extra por la diferencia de separaciones verticales.

Se demostró estadísticamente con una probabilidad de error del 0,01% < 5%, lo cual demuestra de manera significativa que el número de pencas del apio varía entre las dos variedades en estudio. Estos resultados respaldan que si existe un cambio estadístico en el número de pencas entre variedades de apio.

Se demostró estadísticamente con una probabilidad del 54,59% > 5% que una combinación de espaciamientos verticales y las variedades de apio no producen alteraciones significativas en el número de pencas.

Para un análisis más detallado se realizó una prueba Duncan.

Tabla 23 Test:Duncan Alfa=0,05 de variedades para número de hojas

Variedad	Medias	n	E.E.	
FA2	13,67	9	0,35	A
FA1	7,22	9	0,35	B

En la primera prueba individual de variedades, se demostró que la variedad "Tall Utah" presenta superioridad en el número de hojas frente a la variedad "Golden Self". Este resultado indica que existe una diferencia significativa en la cantidad de pencas que se desarrolla en cada variedad de apio, siendo la variedad Tall Utah la que demuestra un mayor número en términos de producción.

De acuerdo a la investigación realizada por Cusi (2020), el numero de pencas obtenidos para la variedad de apio Tall Utah en modo tradicional, o de siembra en suelo con una dosis de biol alcanza a 38 pencas.

En el estudio realizado en un sistema hidroponico de raices flotantes por le investigador Palomino A. (2021), se encontro que la variedad tall Utah del apio alcanzo un promedio de 13,67 pencas, mientras que la variedad Golden Self obtuvo en promedio de 10,44 pencas. Estos resultados respaldan la sustentacion de que la variedad Tall Utah tiene mayor numero promedio de pencas en comparacion con la variedad Golden Self.

6.3 Análisis económico

En el análisis de rentabilidad de producto apio, se consideran los costos relevantes que están directamente relacionados con el producto. Estos costos incluyen aquellos que tienen un impacto directo en la producción y comercialización del apio. Al realizar este análisis, se buscó determinar si la utilidad generada por el producto es positiva o negativa.

Es importante tener en cuenta que, debido a que el sistema ocupa espacios no aprovechables, no se toma en cuenta el rendimiento en términos de metro cuadrado. En lugar de eso, se enfoca en evaluar los costos y beneficios directamente asociados con el producto apio. Esto permite tener una visión más precisa de la rentabilidad del producto sin considerar la superficie utilizada.

Al considerar únicamente los costos relevantes y evaluar la utilidad generada, se obtendrá una medida más precisa de la rentabilidad del producto apio en el contexto específico de espacios no aprovechables.

6.3.1 Rendimiento ajustado

Debido a que existe una pérdida en cualquier tipo de producto se tomó como una ponderación del 10% de pérdida para un ajuste más equilibrado.

Tabla 24 *Rendimiento bruto y ajustado*

RENDIMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6
bruto (g)	53,7	58,8	47,2	52,57	69,3	77,43
ajustado (g)	48,33	52,92	42,48	47,313	62,37	69,687
total peso por tratamiento ajustado bruto	1181,4	940,8	613,6	1156,54	1108,8	1006,59
total peso por tratamiento ajustado	1063,26	846,72	552,24	1040,886	997,92	905,931

6.3.2 Beneficio

El beneficio se obtiene del total de peso por tratamiento llevado a el número de bolsas generados a partir del peso total por tratamiento ajustado al 10 %. A partir de este punto se considera el precio de venta por unidad de bolsa

Tabla 25 *beneficio ajustado*

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Peso por tratamiento ajustado	1063,26	846,72	552,24	1040,8	997,92	905,931
Numero de bolsas de 200g aprox.	5	4	3	5	5	4
Precio por unidad de bolsa	2,5	3	3	3	3	3
Beneficio Bs por tratamiento ajustado	13,28	10,58	6,90	13,01	12,47	11,32

6.3.3 Costos variables

Son aquellos que se presentan de vez en cuando y de manera inesperada dentro de este rango se encuentra la materia prima, en este caso los insumos ocupados para un ciclo productivo.

Tabla 26 *Costos variables*

Insumo	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Semilla	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nutrientes	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
Total costos variables	15,52	15,52	15,52	15,52	15,52	15,52

6.3.4 Costos fijos

los costos fijos son gastos con los que se deben cumplir independientemente de su nivel de producción. Es decir, aquellos costos mensuales, bimestrales o anuales que debe cumplir sin importar su número de ventas alcanzadas.

para estos costos tenemos en cuenta los gastos de alquiler, servicios básicos, etc.

Tabla 27 *Costos fijos*

Descripción		T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Invernadero	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Alquiler	Sistema de aeroponía	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50
Servicios básicos	Luz	13,62	13,62	13,62	13,62	13,62	13,62
	Agua	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Organización y gestión	4	4	4	4	4	4
Mano de obra	Siembra	4	4	4	4	4	4
	Cultivo	4	4	4	4	4	4
	cosecha	4	4	4	4	4	4
Total		42,29	42,29	42,29	42,29	42,29	42,29
Total ajustado		46,52	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52

6.3.5 Costos totales

Los costos totales brutos son la suma de los costos variables y los costos fijos y los costos totales ajustados son la suma de los costos variables ajustados más la suma de los costos fijos ajustados

Tabla 28 *Costos totales*

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Costos variables ajustados	15,52	15,52	15,52	15,52	15,52	15,52
Costos fijos ajustados	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52	46,52
Costos totales ajustados	62,04	62,04	62,04	62,04	62,04	62,04

6.3.6 Beneficio neto

El beneficio neto se considera la diferencia entre ingresos y gastos en este caso será la diferencia entre costos totales ajustados y Beneficio Bs por tratamiento ajustado.

Tabla 29 *Beneficio neto*

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Beneficio Bs por tratamiento ajustado	13,28	10,58	6,90	13,01	12,47	11,32
Costos totales ajustados	62,04	62,04	62,04	62,04	62,04	62,04
Beneficio neto	-48,76	-51,46	-55,14	-49,03	-49,57	-50,72

6.3.7 Beneficio costo

Esto representa la ganancia que se puede llegar a obtener por cada unidad invertida detallada en el siguiente cuadro.

Tabla 30 *Beneficio costo*

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
BENEFICIO AJUSTADO	13,28	10,58	6,90	13,01	12,47	11,32
COSTO TOTAL AJUSTADO	62,04	62,04	62,04	62,04	62,04	62,04
RELACION B/C	0,21	0,17	0,11	0,21	0,20	0,18

Aunque el beneficio costo realizado a nivel superficial muestra que una gran perdida. Esta llega a tener una mejora a lo largo del tiempo

De acuerdo a (Arredondo & Motta, 2022) el sistema vertical de aeroponía para hortalizas entre ellas el apio tiene una rentabilidad a largo plazo

7 CONCLUSIONES

Acorde a las variables de respuesta obtenidos podemos aclarar que los objetivos específicos se cumplen en función de la siguiente deducción:

- La diferencia observada en cada bloque del diseño revela que hubo un efecto significativo en la producción del apio, teniendo para la variedad:

Tall Utah, se observaron las siguientes medias en cada bloque del diseño:

Bloque 1: Altura promedio de 39,2 cm, peso promedio de 102 g y un área foliar promedio de 334 cm².

Bloque 2: Altura promedio de 32,4 cm, peso promedio de 68,7 g y un área foliar promedio de 206,2 cm².

Bloque 3: Altura promedio de 27,2 cm, un peso de 28,1 g y un área foliar de 128,3 cm².

Para la variedad Golden Self, se observaron las siguientes medias en cada bloque del diseño:

Bloque 1: Altura promedio de 36,0 cm, peso promedio de 80,8 g y un área foliar promedio de 297 cm².

Bloque 2: Altura promedio de 29,7 cm, peso promedio de 59,3 g y un área foliar promedio de 216,5 cm².

Bloque 3: Altura promedio de 26,8 cm, peso promedio de 19,7 g y un área foliar promedio de 156,6 cm².

Entre los factores que ocasionaron este cambio en las variables de respuesta, se podría identificar un probable cambio de temperatura en el invernadero. Las variaciones de temperatura pueden tener un impacto significativo en el desarrollo del cultivo del apio. Si se produjo un cambio repentino esto podría explicar las diferencias observadas en la altura, peso y área foliar entre los diferentes bloques del diseño. Además, se identificó una pérdida de presión de salida en la secuencia en cada pulverizador que distribuye la solución nutritiva. Esta pérdida de presión puede haber afectado la eficacia y uniformidad de la aplicación de solución nutritiva en las plantas de apio. Al inicio, los pulverizadores

pueden haber funcionado adecuadamente, liberando la solución nutritiva con buena presión. Sin embargo, a medida que avanzaba la secuencia es posible que haya producido una disminución en la presión, lo que podría haber afectado la distribución adecuada de nutrientes en las plantas y, en última instancia su desarrollo.

- En el sistema de aeroponía recirculante, se demostró que el mejor desarrollo cualitativo del cultivo lo presenta la variedad Tall Utah. Los resultados demuestran que obtuvo un peso promedio de 77,6 g por planta, un número de pencas promedio igual a 15 y un promedio de área foliar de 273.3 cm².
- Estos valores verifican que la variedad Tall Utah ha demostrado un crecimiento estable en el sistema de aeroponía recirculante. Esto sugiere que la variedad es altamente adecuada para este tipo de sistema, ya que ha logrado un desarrollo cualitativo sobresaliente.
- Las distancias verticales tienen mayor efecto en la variedad Tall Utha produciendo un mejor desarrollo de esta misma, mientras el distanciamiento sea el más amplio mejor desarrollo tiene el apio. En el caso del efecto en la variedad Golden Self los distanciamientos no producen efectos que mejoren el desarrollo, cualquiera que fuera la distancia.
- Para el sistema de aeroponía recirculante el resultado cuantitativo que se obtuvo fue: T1 con 1,18 kg/cámara; T4 con 1,15 kg/cámara; T5 con 1,10 kg/cámara; T6 con 1 kg/cámara; T2 con 0,94 kg/cámara; y T3 con 0.61 kg/cámara. Siendo aconsejable usar la variedad Tall Utha en cualquier distancia debido a las ventajas cualitativas que esta presenta en dicha evaluación.
- En la investigación, se encontró que los tratamientos T1 y T4 en el sistema de aeroponía para el cultivo de apio no son rentables en el primer corte. Ambos tratamientos tienen un índice de Beneficio/Costo (B/C) de 0,21, que indica que los beneficios no superan los costos involucrados. Se sugiere realizar ajustes en los costos o mejorar la eficiencia del cultivo para lograr una mayor rentabilidad, estas determinaciones son importantes para tomar decisiones relacionadas a la implementación abrupta y gestión del cultivo de apio en aeroponía, considerando

la rentabilidad económica como factor determinante para el éxito del proyecto agrícola.

- Es importante tener en cuenta que (Arredondo & Motta, 2022) indican que un sistema de aeroponía para hortalizas, incluyendo el apio, puede llegar a ser rentable a largo plazo. Es importante considerar la rentabilidad de cualquier sistema de cultivo depende de múltiples factores, como los costos de producción, el mercado, la eficiencia del sistema y la gestión adecuada.
- En el contexto específico de la investigación mencionada, los tratamientos T1 y T4, aunque fueron los mejores respecto de los otros tratamientos, no fueron rentables en el primer corte. Eso no significa que el sistema carezca de potencial para proveer rentabilidad a largo plazo. Por lo tanto es recomendable tener en cuenta la perspectiva de (Arredondo & Motta, 2022) que con un mejor ajuste de costos, eficiencia del sistema y una gestión adecuada se logre una rentabilidad.

8 RECOMENDACIONES

Acorde a los resultados obtenidos en la presente investigación realizada se pretende mejorar el sistema de producción utilizado aconsejando los siguiente:

- Una recomendación para mejorar la eficiencia del sistema de Aeroponía es utilizar un filtro de anillas. El cual posee un funcionamiento de filtrar partículas sólidas que puedan obstruir los pulverizadores. Al instalar este filtro en el sistema de suministro de solución nutritiva, se reducirá el riesgo de cualquier corte de suministro de nutrientes al cultivo mantenido el flujo constante dentro de la cámara de producción vertical. De esta manera optimizaremos la producción de apio.
- Una sugerencia para mejorar el ambiente dentro de las cámaras en el sistema de producción vertical es utilizar material oscuro y cubiertas de color blanco. Esta combinación permite que no ingrese la luz dentro de las cámaras, manteniéndolos completamente oscuros, favoreciendo de esta manera el buen desarrollo de las raíces de las plantas.
- Al mismo tiempo la cubierta de color blanco por la parte externa permite un rebote de luz con dirección a las hojas que lo aprovechan de manera efectiva para realizar la fotosíntesis y al mismo tiempo un crecimiento de las plantas.
- La combinación de cámaras PVC oscuro y cubierta de blanco ofrece un equilibrio ideal entre la oscuridad para el desarrollo de las raíces y el rebote de la luz para la fotosíntesis. Esto contribuye en optimizar el crecimiento de las plantas en el sistema de Aeroponía.
- Es recomendable obtener una electrobomba que produzca la presión necesaria en el sistema de distribución de solución nutritiva. Esto con el fin de que la distribución sea homogénea para todo el sistema. Una presión insuficiente puede resultar en una distribución desigual para todo el sistema y de esta manera afectar negativamente en el desarrollo de las plantas. Por otro lado, una presión excesiva puede provocar un exceso de pulverización o incluso dañar el sistema de tuberías y pulverizadores.

- Se recomienda realizar más cortes en el cultivo de apio con el objetivo de mejorar la relación beneficio costo. Aunque pronto se demostró que los tratamientos evaluados no eran rentables, se demostró una tendencia a tener ganancias.
- Además, se sugiere extender el tiempo del cultivo en el sistema antes del primer corte, inclusive si el apio presenta una ligera consistencia fibrosa. Esto se debe a que prolongar el tiempo de crecimiento puede permitir un mayor desarrollo del apio y, en última instancia, una mayor producción.
- Por otra parte, se vio que cultivos como la lechuga tienen una muy baja resistencia al PMP también existen cultivos como la albaca que tienen una elevada resistencia al PMP además de tener un muy buen desarrollo en este sistema. Sugiriendo de esta manera probar con este último cultivo mencionado.
- Se sugiere probar la capacidad de cámaras aeropónicas por metro cuadrado.

9 BIBLIOGRAFÍA

agriculturers. (16 de 08 de 2018). *Los cultivos aeroponicos y la ciencia de la aeroponia*. Recuperado el 10 de 03 de 2023, de agriculturers.com/: <https://agriculturers.com/los-cultivos-aeroponicos-y-la-ciencia-de-la-aeroponia/>

Andrade Piedra, J., Barona, D., Benitez , J., Chuquillanqui, C., Garcia, M., Kromann, P., . . . Potosi, B. (2015). *Manual para la Producción de Semilla de Papa usando Aeroponía: Diez años de Experiencias en Colombia, Ecuador y Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), . Quito, Ecuador.

Arredondo, M. J., & Motta, A. j. (2022). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCION DE CULTIVÓS AEROPÓNICOS EN GRANJAS VERTICALES*. Tesis, Universidad De Lima, Lima - Peru. Recuperado el 04 de 06 de 2023

Baixauli, C., & Aguilar, J. (2000). *Cultivo sin Suelo de Hortalizas*. (P. y. Cansillerira De agricultura, Ed.) Valencia, España: Generalitat Valencia. Recuperado el 11 de 03 de 2023

Beltrano, J., & Gimenez, D. (s/f). *Cultivo en Hidroponia*. La Plata, Buenos Aires, Argentina: Edulp. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1

Calle, J. (2023). *EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE DOS VARIETADES DE APIO (*Apium graveolens* L.) BAJO DIFERENTES TIEMPOS DE CORTE EN EL SISTEMA NFT EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA – LA PAZ*. Tesis, Universidad Mayor de San Andres. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/32084/T-3139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Casaca, A. D. (04 de 2005). *el cultivo del apio*. Obtenido de ncsu.edu: https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/El_Cultivo_del_Apio.pdf
- Chile Huerta. (20 de 03 de 2020). *El cultivo del apio*. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de chilehuerta.cl: <https://chilehuerta.cl/2020/03/20/el-cultivo-del-apio/#:~:text=Por%20tanto%2C%20no%20le%20gusta,siempre%20h%C3%BAmedo%2C%20pero%20no%20encharcado.>
- Choque, D. B. (2021). *EVALUACIÓN DE DOS VARIETADES DE APIO (Apium graveolens L.) EN TRES DENSIDADES DE TRASPLANTE EN SISTEMA HIDROPÓNICO (NFT), EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA - LA PAZ*. Tesis, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Recuperado el 03 de 06 de 2023, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25766/T-2855.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cusi, L. (2020). *EFFECTO DE TRES NIVELES DE BIOL EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE DOS VARIETADES DE APIO (Apium graveolensL.), BAJO AMBIENTE PROTEGIDO, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA*. Tesis, Universidad Mayor De San Andrés, La Paz. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24906/T-2774.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Del Pino, M. (2014). *repositorio insitucional de la UNLP*. Recuperado el 05 de 03 de 2023, de sedici.unlp.edu.ar: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66573/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Pino, M. (2016). *GUIA DIDACTICA: CULTIVO Y PRODUCCION DE APIO*. Recuperado el 06 de 03 de 2023, de academia.edu: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48182172/7-Guia_apio_y_lechuga_2016_2-libre.pdf?1471634442=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DHorticultura_y_Floricultura_FCAyF_UNLP_2.pdf&Expires=1678726593&Signature=Ih-yo9JO1jewcGqXx5YRP7mR-VgFh8tfD

Equipo Editorial de INTAGRI. (2021). *el cultivo del apio*. Obtenido de intagri.com: <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/el-cultivo-de-apio>

F.E.N. (s/f). *verduras y hortalizas*. Recuperado el 07 de 03 de 2023, de fen.org.es/: <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/apio.pdf>

Favaro, J., & Bouzo, C. (s/f). *CULTIVO DE APIO Cátedra de Cultivos intensivos – Fac. de Ciencias Agrarias -UNL*. Recuperado el 21 de 03 de 2023, de www.academia.edu: https://www.academia.edu/31354549/CULTIVO_DE_APIO

Favela Chavez, E., Preciado Rangel, P., & Adalberto, B. M. (2006). *MANUAL PARA LA PREPARACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS*. Recuperado el 11 de 03 de 2023, de www.nutricaodeplantas.agr.br: https://www.nutricaodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf

Fischer, G., Torrez, F., & Torres, J. (s.f.). Efecto de la temperatura del suelo sobre la planta . *Revista comafi*, XXIV(3), 78-92. Recuperado el 21 de 03 de 2023, de https://www.researchgate.net/profile/Gerhard-Fischer-2/publication/257069715_Efecto_de_la_temperatura_del_suelo_sobre_la_planta_1_Crecimiento_y_desarrollo/links/02e7e5248ddc8c01b3000000/Efecto-de-la-temperatura-del-suelo-sobre-la-planta-1-Crecimiento-y-de

fundacion eroski. (s/f). *EROSKY CONSUMER hortalizas y verduras guia practica de verduras*. Recuperado el 06 de 03 de 2023, de verduras.consumer.es: <https://verduras.consumer.es/apio/introduccion#:~:text=Forma%3A%20el%20apio%20es%20un,con%20apariencia%20semejante%20al%20perejil>.

- Gabriel, J., Castro, C., Valverde, A., & Indacochea, B. (2017). *Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios*. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Jipijapa, Ecuador.
- Gamboa, S. (2022). *Cultivo y manejo del Apio*. Obtenido de unlp.edu.ar: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/115507/mod_folder/content/0/APIO2022.pdf?forcedownload=1
- García, J. A., & Paredes, L. M. (2014). *Estrategias Financieras Empresariales* (primera ed.). (J. Callejas, Ed.) México: Patria.
- Huertas, L. (2006). *viveros*. Obtenido de horticom.com: http://www.horticom.com/revistasonline/revistas/viveros06/l_huertas.pdf
- I.B.C.E. (21 de 12 de 2015). *Bolivia registra bajo consumo de hortalizas*. Recuperado el 28 de 02 de 2013, de Instituto Boliviano de Comercio Exterior: <https://ibce.org.bo/principales-noticias-bolivia/noticias-nacionales-detalle.php?id=60899&idPeriodico=2&fecha=2015-12-21#:~:text=Cada%20boliviano%20consume%20en%20promedio,pa%C3%ADses%20que%20menos%20consumen%20hortalizas.>
- I.N.E. (diciembre de 2015). *censo nacional agropecuario 2013*. Recuperado el 28 de 02 de 2023, de Instituto Nacional de Estadística: https://ipdrs.org/images/en_papel/archivos/CENSO-AGROPECUARIO-BOLIVIA_final.pdf
- I.N.E. (2023). *CLIMA Y ATMOSFERA*. Recuperado el 04 de 03 de 2023, de Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.gob.bo/index.php/medio-ambiente/clima-y-atmosfera/>
- Infoagro. (s/f). *El Conductividad eléctrica (CE)*. Obtenido de infoagro.com: https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53

lakkireddy, k. (14 de 05 de 2014). *Role of Hydroponics and Aeroponics in Soilless Culture in Commercial Food*. Recuperado el 10 de 03 de 2023, de researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/234118878_Role_of_Hydroponics_and_Aeroponics_in_Soilless_Culture_in_Commercial_Food_Production/link/02bfe50f5defcac680000000/download

Lopez Marin, J. (01 de 02 de 2007). *Apio. Cultivos horticolas al aire libre*. Recuperado el 05 de 03 de 2023, de researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/314259656_Apio_Cultivos_Horticolas_al_aire_libre

Lorenzo, P. (07 de 2012). *EL CULTIVO EN EL INVERNADERO Y SU RELACION CON EL CLIMA*. Obtenido de publicacionescajamar.es: <https://publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/publicaciones-periodicas/cuadernos-de-estudios-agroalimentarios-cea/3/3-536.pdf>

Maroto Borrego, J. V. (2008). *Elementos de la horticultura general*. Madrid, España: Mundi-Prensa. Recuperado el 07 de 03 de 2023

Maxar Technologies. (27 de 10 de 2022). *Google Earth*. Obtenido de earth.google.com: https://earth.google.com/web/search/Centro+Experimental+Cota+Cota+Agronomia+Umsa,+La+Paz/@-16.53694036,-68.06403546,3416.6031077a,248.94102237d,35y,-121.05373304h,40.54208022t,0r/data=Cp8BGnUSbwoIMHg5MTVmMjE0NWlONGU4OTNmOjB4MTI3YTU4YmRjZDZmYjMwMxmk_RO3ZYk

Molina, J. F. (2017). *Efecto de soluciones nutritivas en 2 variedades de apio (Apium graveolens) sembrado en condiciones hidropónicas en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas*. tesis, Universidad Estatal de Quevedo, Los Rios - Ecuador. Recuperado el 01 de 06 de 2023, de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3301/1/T-UTEQ-0131.pdf>

- Mormeneo, I., Cantamutto, M. A., Peralta, O., & Gaido, E. (2001). Cultivo invernal de apio con protecciones térmicas. *Rev. Arg. de AGROMETEOROLIGÍA Universidad del Sur*, 2(1), 49-52. Obtenido de <http://agrometeorologia.criba.edu.ar/Downloads/APIO.pdf>
- National Aeronautics and Space Administration. (2006). *Progressive Plant Growing Has Business Blooming*. Recuperado el 02 de 03 de 2023, de nasa.gov: https://www.nasa.gov/pdf/164449main_spinoff_06.pdf
- Navarra. (s/f). *BOMBAS HIDRAULICAS*. Obtenido de Navarra.es: <https://www.navarra.es/nr/rdonlyres/4f8a02b4-a60a-42ea-9017-7c19f8722fa2/305689/bombas2.pdf>
- Ochoa Torrez, R. R. (2013). *INTRODUCCIÓN AL MANEJO DEL SAS (SISTEMA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO)*. La Paz, Bolivia.
- OTAZU, V. (2010). *Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía*. Recuperado el 09 de 03 de 2023, de core.ac.uk: <https://core.ac.uk/download/pdf/132683347.pdf>
- P.P.R.H. (2022). *Plan Plurinacional de Recursos Hídricos 2021 - 2025*. La Paz, Bolivia. Recuperado el 08 de 03 de 2023
- Palomino, A. (2021). *COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE APIO (Apium graveolens L.) EN SISTEMA HIDROPÓNICO DE RAÍCES FLOTANTES BAJO DIFERENTES DOSIS DE SOLUCIÓN NUTRITIVA*. Tesis, Universidad mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. Recuperado el 04 de 06 de 2023, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/28571/T-3006.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Palomino, S. (2021). *COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIEDADES DE APIO (Apium graveolens L.) EN SISTEMA HIDROPÓNICO DE RAÍCES FLOTANTES BAJO DIFERENTES DOSIS DE SOLUCIÓN NUTRITIVA*. Tesis,

Universidad Mayor De San Andrés, La Paz - Bolivia. Recuperado el 04 de 06 de 2023, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/28571/T-3006.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Prieto Salazar, S. S. (09 de 2021). Aeroponía Cultivo sin tierra. *Ciencia Por Alumnos*, 2007-6614(27), 26. Recuperado el 10 de 03 de 2023, de <https://www.anahuac.mx/mexico/EscuelasyFacultades/ingenieria/sites/default/files/inline-files/REVISTA+CIENCIA-SEPTIEMBRE-DICIEMBRE-2021.pdf>

PROMUEVE HIDROPONIA. (21 de 08 de 2014). *AEROPONÍA: UNA TÉCNICA DE OTRO NIVEL*. Recuperado el 10 de 03 de 2023, de [hidroponia.mx/](https://hidroponia.mx/aeroponia-una-tecnica-de-otro-nivel/)
<https://hidroponia.mx/aeroponia-una-tecnica-de-otro-nivel/>

PUBLIAGRO. (10 de 03 de 2021). *El apio es otro producto de exportación que tiene Bolivia en la actualidad*. Recuperado el 27 de 02 de 2023, de [publiagro.com.bo/](https://publiagro.com.bo/2021/03/apio-exportacion-bolivia/)
<https://publiagro.com.bo/2021/03/apio-exportacion-bolivia/>

Resh, H. (2002). *Cultivos Hidroponicos Nuevas tecnicas De Produccion* (5ta ed.). (C. De Juan, Ed.) España: Aedos, S.A. Recuperado el 11 de 03 de 2023

Rodriguez Fuentes, H. (04 de 2009). *Soluciones Nutritivas Hidroponicas: Factores y Criterios Para su Formulación*. Recuperado el 12 de 03 de 2023, de [drco-mag.yolasite.com/](https://drco-mag.yolasite.com/resources/Solucionesnutritivashidroponicasfactoresycriteriosparaformulacion.pdf)
<https://drco-mag.yolasite.com/resources/Solucionesnutritivashidroponicasfactoresycriteriosparaformulacion.pdf>

Rodriguez Moncholi, F. (1985). Cultivo del apio. *horticultura Revista de Industria Distribucion y Socieconomia*, 43,44.

Rubatzky, V. E., & Yamaguchi, M. (1997). *World Vegetables Principles, Production, and Nutritive Values*. California, E.E.U.U.: Curtis Tow Graphics. doi:10.1007/978-1-4615-6015-9

Salgado Ornelas, S. M. (12 de 2017). *Aeroponia. Elaboración de diseños para prototipos de agricultura urbana*. Obtenido de repositorio.iberopuebla.mx: http://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3787/aeroponia_articulo_final-final.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Sanchez, F., Gonzales, L., Moreno, E., Pineda, J., & Reyes, E. (2014). DINÁMICA NUTRIMENTAL Y RENDIMIENTO DE PEPINO CULTIVADO EN HIDROPONÍA CON Y SIN RECIRCULACIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA. *Rev. Fitotec. Mex.*, 37(3), 261-269. Recuperado el 12 de 03 de 2023, de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v37n3/v37n3a13.pdf>

Santos Coello, B., & Rios, D. (2016). *Cálculo de Soluciones Nutritivas* (1ra ed.). Tenerife, España: Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. . Recuperado el 12 de 03 de 2023

Trees.com. (20 de 12 de 2022). *Una mirada profunda a la aeroponía*. Obtenido de www.trees.com/: <https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/aeroponic>

Vigliola, M. I. (2000). *Manual de horticultura*. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur S.A. Recuperado el 07 de 03 de 2023

weather atlas. (2002-2019). Recuperado el 5 de 11 de 2019, de <https://www.weather-atlas.com/es/bolivia/el-alto-clima#temperature>

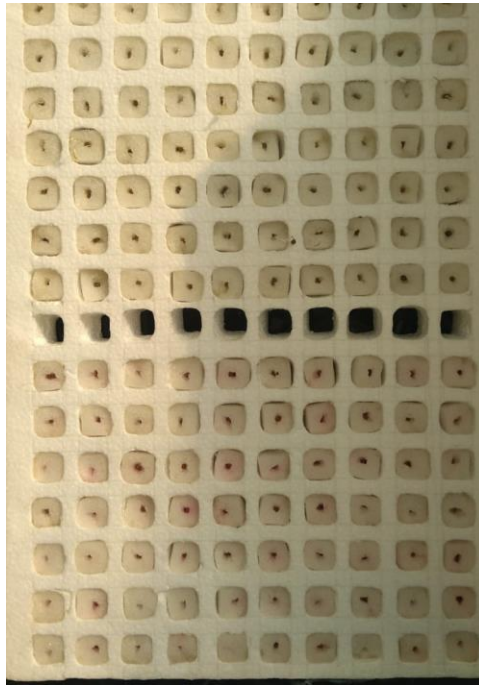
Weather Atlas. (s/f). *Clima y prevision metereológica mensual La Paz, Bolivia*. Recuperado el 12 de 03 de 2023, de www.weather-atlas.com: <https://www.weather-atlas.com/es/bolivia/la-paz-clima#temperature>

ANEXOS

Anexo 1. *Elección de las variedades de apio*



Anexo 2. *preparado de semillas para germinar*



Anexo 3. Cubriendo las bandejas germinativas con nylon negro



Anexo 4. *Traslado de las bandejas a la piscina de almacigo*



Anexo 5. *Revisión del estado del apio en la piscina*



Anexo 6. *Trasplante al sistema de aeroponía*



Anexo 7. *Preparado de la solución nutritiva*



Anexo 8. *Examinación del retorno de la S.N. por las cámaras aeropónicas.*



Anexo 9. *Revisión del comando eléctrico*



Anexo 10. *Evaluación semanal del cultivo*



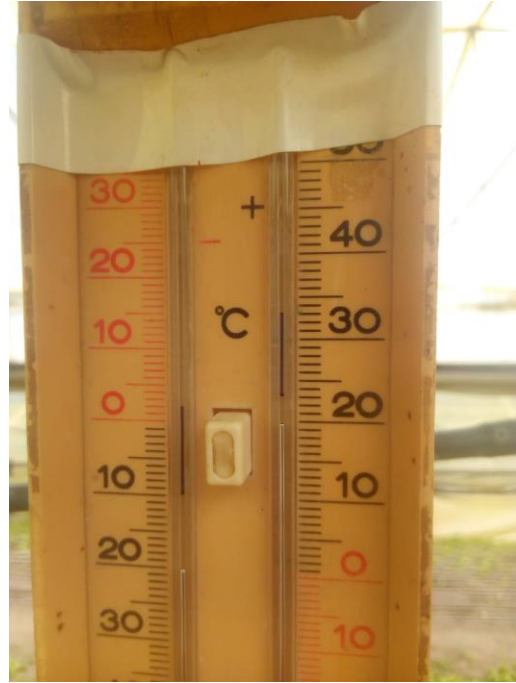
Anexo 11. *Evaluación semanal del cultivo de apio (II)*



Anexo 12. *Toma de datos temperatura de la cámara*



Anexo 13. *Toma de datos temperatura del invernadero*



Anexo 14. *Toma de datos altura del apio*





Anexo 15. *Toma de datos peso de corte*



Anexo 16. *Toma de datos área foliar con la aplicación Easy Leaf Area Free*



Anexo 17. Tabla de datos de altura

	Variedad	Separación	Bloque	Altura (cm)
T1	FA1	FB1	1	37,5
T2	FA1	FB2	1	39,5
T3	FA1	FB3	1	31
T4	FA2	FB1	1	33,3
T5	FA2	FB2	1	34
T6	FA2	FB3	1	40
T1	FA1	FB1	2	30,7
T2	FA1	FB2	2	33,3
T3	FA1	FB3	2	25
T4	FA2	FB1	2	35,2
T5	FA2	FB2	2	29,7
T6	FA2	FB3	2	32,4
T1	FA1	FB1	3	27,6
T2	FA1	FB2	3	28
T3	FA1	FB3	3	24,7
T4	FA2	FB1	3	27,7
T5	FA2	FB2	3	28
T6	FA2	FB3	3	26

Anexo 18. *Tabla de datos peso de corte*

	VARIEDAD	SEPARACIÓN	BLOQUE	PESO (G)
T1	FA1	FB1	1	80,7
T2	FA1	FB2	1	91,5
T3	FA1	FB3	1	70,2
T4	FA2	FB1	1	81,1
T5	FA2	FB2	1	105,5
T6	FA2	FB3	1	120,7
T1	FA1	FB1	2	62,7
T2	FA1	FB2	2	63,2
T3	FA1	FB3	2	52
T4	FA2	FB1	2	51,2
T5	FA2	FB2	2	73,3
T6	FA2	FB3	2	81,6
T1	FA1	FB1	3	17,9
T2	FA1	FB2	3	21,7
T3	FA1	FB3	3	19,4
T4	FA2	FB1	3	25,4
T5	FA2	FB2	3	29,1
T6	FA2	FB3	3	30

Anexo 19. *Tabla de datos área foliar*

	VARIEDAD	SEPARACIÓN	BLOQUE	AREA FOLIAR (CM2)
T1	FA1	FB1	1	304,7
T2	FA1	FB2	1	305,1
T3	FA1	FB3	1	281,2
T4	FA2	FB1	1	314,3
T5	FA2	FB2	1	298,9
T6	FA2	FB3	1	390,8
T1	FA1	FB1	2	206,5
T2	FA1	FB2	2	222,8
T3	FA1	FB3	2	220,3
T4	FA2	FB1	2	197,2
T5	FA2	FB2	2	129,9
T6	FA2	FB3	2	291,5
T1	FA1	FB1	3	159,5
T2	FA1	FB2	3	150,5
T3	FA1	FB3	3	159,7
T4	FA2	FB1	3	115,9
T5	FA2	FB2	3	122,3
T6	FA2	FB3	3	146,7

Anexo 20. *Tabla de datos número de hojas*

	VARIEDAD	SEPARACIÓN	BLOQUE	Nº DE HOJAS
T1	FA1	FB1	1	9
T2	FA1	FB2	1	7
T3	FA1	FB3	1	6
T4	FA2	FB1	1	14
T5	FA2	FB2	1	13
T6	FA2	FB3	1	13
T1	FA1	FB1	2	8
T2	FA1	FB2	2	7
T3	FA1	FB3	2	8
T4	FA2	FB1	2	16
T5	FA2	FB2	2	16
T6	FA2	FB3	2	12
T1	FA1	FB1	3	7
T2	FA1	FB2	3	6
T3	FA1	FB3	3	7
T4	FA2	FB1	3	14
T5	FA2	FB2	3	12
T6	FA2	FB3	3	13

Anexo 21. *tabla de temperaturas máximas y mínimas del invernadero.*

TEMPERATURA DEL INVERNADERO °C			
Fecha	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Promedio
10/11/2021	15	36	25,5
15/11/2021	15	41	28
20/11/2021	12	35	23,5
25/11/2021	15	32	23,5
30/11/2021	17	32,5	24,75
05/12/2021	13	32	22,5
10/12/2021	11	34	22,5
14/12/2021	10	34	22
20/12/2021	11	28	19,5
27/12/2021	17	38	27,5
30/12/2021	12	35	23,5
04/01/2022	14	34	24
09/01/2022	13	37	25
14/01/2022	11	33	22
19/01/2022	14	34	24
24/01/2022	12	35	23,5
29/01/2022	14	34	24
03/02/2022	13	32	22,5
08/02/2022	11	33	22
13/02/2022	15	35	25

Anexo 22. *Presupuesto de un sistema de Aeroponía de 18 cámaras.*

COSTO DE SISTEMA AEROPONICO					
Material	Ítem	unidad	cantidad	Costo/u (Bs)	Costo/to (Bs)
Cámara	tubo PVC 3 plg	pza	18	15	270
	nebulizador	pza	18	22,5	405
	conector de micro tubo	m	18	0,4	7,2
	micro tubo 6mm	m	2	0,8	1,6
	tapa rosca para tubo de 1plg	pza	18	2,5	45
	tubo PVC 1pg 3mm	m	25	5	125
	conector T para tubo PVC 1plg	pza	4	3	12
	tapa para tubo PVC de 3plg	pza	36	3,3	118,8
	chupón de goma para soporte para enlace	pza	18	0,5	9
	enlace porta gotero	pza	18	1,5	27
conexión	codo para tubo PVC 1,5 plg	pza	3	3	9
	tubo PVC de 1,5plg	m	15	7	105
	tubería polietileno 1 plg	m	40	1,5	60
	Valvular LR mixta 20x3/4 RH	pza	1	12	12
	tubo PVC 3plg para retorno	pza	20	15	300
	T unión dentada 20-20-20 mm	pza	1	3	3
tanque de solución nutritiva	electrobomba de 2Hp	pza	1	3500	3500
	filtro de absorción	pza	1	100	100
	llave de paso para tubo de 1,5	pza	1	35	35
	unión americana de 1,5 plg	pza	1	10	10
	tanque de 1200 l	pza	1	1200	1200
	tubo de 1,5 plg	m	2	5	10
sistema eléctrico	contactor	pza	1	160	160
	cable de calibre eléctrico	m	20	2	40
	interruptor principal	pza	1	35	35
TOTAL					6599,6
10 % DE COSTOS IMPREVISTOS					7259,56

Anexo 23. Análisis de agua.

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 77/16

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A77/16

Cliente:	FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA
Solicitante:	Srta. Roxana Ticona Quispe
Dirección del cliente:	Calle Araona # 9055, Zona Villa Ingenio
Procedencia de la muestra:	Centro Experimental de Cota Cota
	Provincia: Murillo
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Grifo de Carga de Horticultura - Fac. Agronomía
Responsable del muestreo:	Srta. Roxana Ticona Quispe
Fecha de muestreo:	10 de mayo de 2016
Hora de muestreo:	10:55
Fecha de recepción de la muestra:	10 de mayo de 2016
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 10 al 26 de mayo 2016
Caracterización de la muestra:	agua de grifo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Btella Pett
Código LCA:	77 -1
Código original :	A -1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Limite de determinación	A -1 77 -1
pH	EPA 150.1		1 - 14	8.3
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1.0	88
Cloruros	SM-4500-Cl-B	mg Cl/l	0.020	1.1
Sulfatos	SM 4500-SO4=E	mg/l	1.0	16
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0.019	2.7
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0.21	0.65
Calcio	EPA 215.1	mg/l	0.32	11
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0.18	2.5
Dureza total	SM 2340 - B	mg CaCO ₃ /l	2.0	38
Fósforo total	EPA 385.2	P-PO ₄ ³⁻ mg/l	0.010	< 0.010
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0.30	< 0.30

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
EPA = Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, junio 12 de 2016.


Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



cc: ANE
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Anexo 24. Precio de productos establecido por el centro el centro experimental cota cota.

RES.FAC.AGRONOMIA No. 2107/2017 DECANAT

**RESOLUCION DEL HONORABLE CONSEJO FACULTATIVO
FACULTAD DE AGRONOMIA**

A, diciembre 12 de 2017

VISTOS Y CONSIDERANDO

Que, el Honorable Consejo Facultativo en sesión ordinaria de la fecha ha tomado conocimiento de la nota CITE: CECC_200/2017, del Director del Centro Experimental Cota Cota, Ing. Estanislao Poma Loza, solicitando la aprobación de las planillas de precios de la cartera de productos, generado a partir del Centro Experimental Cota Cota.

Que, como es de conocimiento amplio, dentro las diferentes actividades del Centro esta los resultados generados a partir de diferentes actividades académicas, productivas y de investigación que se realizan por el personal de docentes investigadores, docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica, estudiantes en calidad de tesis, pasantes y personal administrativo, también informarle que las actividades de cosecha, poscosecha, embañado, embolsado y traslado se realizan con regularidad los días lunes y jueves de cada semana ininterrumpidamente.

Que, el Honorable Consejo Facultativo, en atención a la solicitud, ha determinado emitir la presente Resolución.

**POR TANTO,
EL HONORABLE CONSEJO FACULTATIVO EN USO DE SUS ATRIBUCIONES RESUELVE:**

Art. Primero Autorizar la solicitud del Director del Centro Experimental Cota Cota, Ing. Estanislao Poma Loza, de las planillas de precios de la cartera de productos, generado a partir del Centro Experimental Cota Cota, para la Tienda Facultativa "BIOMARKET", de acuerdo al siguiente detalle:

CUADRO 1. PRECIO DE PRODUCTOS CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA, GESTIÓN 2018

Nº	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO BS.	
				POR MAYOR	POR MENOR
CC.001	Miel de abeja	Kg	1.00	60.00	70.00
HORTALIZAS DE HOJA					
CC.002	Lechuga cressa x 600 gr.	bolsa	1.00	5.00	6.00
CC.003	Lechuga cressa x 300 gr.	bolsa	1.00	2.50	3.00
CC.004	Acelga bolsa de 300 gr.	bolsa	1.00	2.00	2.50
CC.005	Espinaca virulay x 200 gr.	bolsa	1.00	4.00	5.00
CC.006	Espinaca N.Z. x 200 gr.	bolsa	1.00	2.00	2.50
CC.007	Espinaca morada x 100 gr.	bolsa	1.00	3.00	3.50
CC.008	Lechuga suiza x 100 gr.	bolsa	1.00	5.0	7.0
CC.009	Lechuga señorita x 400 gr.	bolsa	1.00	5.0	6.0
CC.010	Lechuga morada x 400 gr.	bolsa	1.00	5.0	6.0
CC.011	Apio x 300 gr.	bolsa	1.00	2.0	2.5
CC.012	Perejil x 300 gr.	bolsa	1.00	2.00	2.50
CC.013	Cebollín x 200 gr.	bolsa	1.00	3.00	3.50
ESPECIAS AROMATICAS					
CC.014	Huacataya x 50 gr.	bolsa	1.00	1.50	2.00
CC.015	Quirquiña x 50 gr.	bolsa	1.00	1.50	2.00
CC.016	Hierba buena x 50 gr.	bolsa	1.00	1.50	2.00
CC.017	Menta x 50 gr.	bolsa	1.00	2.00	2.50
CC.018	Orégano fresco x 50 gr.	bolsa	1.00	4.00	5.00
CC.019	Cilantro x 50 gr.	bolsa	1.00	1.50	2.00
CC.020	Cilantro x 100 gr.	bolsa	1.00	2.50	3.00
CC.021	Rucula x 100 gr.	bolsa	1.00	4.00	5.00
CC.022	Albahaca de hoja x 50 gr.	bolsa	1.00	3.00	4.00
CC.023	Albahaca de talle x 50 gr.	bolsa	1.00	2.00	2.50
CC.024	Manzanilla x 200 gr.	bolsa	1.00	2.00	2.50
CC.025	Taraxil x 100 gr.	bolsa	1.00	2.00	2.50
CC.026	Esp. cics aromáticas deshidratadas x 10 gr.	sobre	1.00	1.50	2.50
HORTALIZAS DE RAIZ					
CC.027	Rabanito x 400 gr.	bolsa	1.00	4.00	5.00
CC.028	Beterraga	kg	1.00	3.00	3.50
CC.029	Zanahoria x 400 gr.	bolsa	1.00	2.00	2.50
CC.030	Zanahoria baby x 200 gr.	bolsa	1.00	3.00	4.00

N°	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO BS.	
				POR MAYOR	POR MENOR
HORTALIZAS VARIAS					
CC.031	Morrón x 400 gr.	bolsa	1.00	1.00	5.00
CC.032	Apio de tallo x 200 gr.	bolsa	1.00	3.00	2.50
CC.033	Vainita x 400	bolsa	1.00	4.00	5.00
CC.034	Lacota x 200 gr.	bolsa	1.00	2.00	3.00
CC.035	Ulupico x 50 gr.	bolsa	1.00	8.00	10.00
CC.036	Aveja verde	@	1.00	70.00	80.00
CC.037	Aveja verde x 400 gr.	bolsa	1.00	5.00	6.00
CC.038	Calabacín x 200 gr.	unidad	1.00	2.00	2.5
CC.039	Sukini x 200 gr.	bolsa	1.00	2	3
CC.040	Sukini x 300 gr.	bolsa	1.00	3	4
CC.041	Fruilla	kg	1.00	18.00	23.00
OTROS					
CC.042	Haba verde	@	1.00	60.00	70.00
CC.043	Haba verde	libra	1.00	2.50	3.00
CC.044	Papa consumo grande	@	1.00	50	60
CC.045	Papa consumo mediano	@	1.00	40	50
CC.046	Papa consumo pequeño	@	1.00	30	40
CC.047	Papa gourmet	bolsa	1.00	6	7
CC.048	Cebolla	@	1.00	20	25
CC.049	Choclo mediano	unidad	1.00	0.80	1
CC.050	Fornje (cebada verde), x 20 kg.	anarro	1.00	30	35
CC.051	Fruita deshidratada x 30 gr.	sobre	1.00	5	6
CC.052	Amaranto	kg	1.00	14	18
CC.053	Fruita deshidratada x 50 gr.	sobre	1.00	10	12
CC.054	Humus de lombriz	kg	1.00	7	10
CC.055	Compost	kg	1.00	2	3
CC.056	Leña	anarro	1.00	8	10
VIVERO MULTIPROPOSITO					
CC.057	Plantín de especies forestales pequeño	unidad	1.00	6	8
CC.058	Plantín de especies forestales mediano	unidad	1	8	10
CC.059	Plantín de yerbas aromáticas pequeña	unidad	1.00	5	6
CC.060	Plantín de yerbas aromáticas mediana	unidad	1	8	10
CC.061	Plantín de yerbas aromáticas pequeña	maceta	1.00	6	8
CC.062	Plantín de yerbas aromáticas medianas	maceta	1.00	10	12
CC.063	Plantín frutal pequeño	unidad	1.00	10	12
CC.064	Plantín frutal mediano	unidad	1.00	12	15
CC.065	Plantín frutal grande	unidad	1.00	18	25
CC.066	Plantín ornamental pequeño	unidad	1.00	6	8
CC.067	Plantín ornamental mediano	unidad	1.00	8	10
CC.068	Plantín ornamental grande	unidad	1.00	10	15
CC.069	Plantín ornamental climaceta	unidad	1.00	16	20
CC.070	Macaón escolar 1	unidad	1.00	5	6
CC.071	Macaón escolar 2	unidad	1	12	15
CC.072	Macaón escolar 3	unidad	1	16	18

Art. Segundo Instruir a la Unidad de Administración Desconcentrada en el marco de la normativa contable, tomar en cuenta el artículo precedente.

Art. Tercero El Director del Centro Experimental Cota Cota, es responsable del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Ing. JOSE EDUARDO OYTEDO FARFAN
DECANO a.i. DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
PRESIDENTE DEL HONORABLE CONSEJO FACULTATIVO



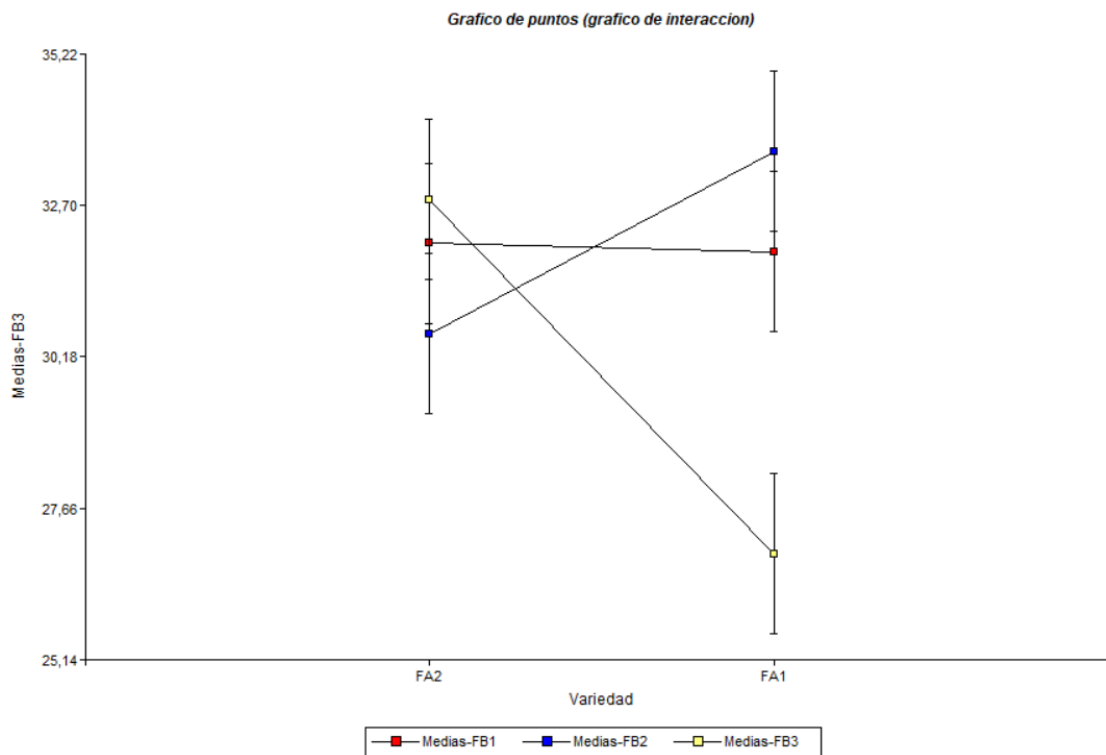
Co. -EEOO, EAD ADAG Archivo
Ref. H.R.ACR-1860
JHO/ANky

Héroes del Acre N° 1850 (Ex Asilo San Ramón) Tels: 2491558 - Fax: 2484835 - Casilla Correo N° 930
La Paz - Bolivia

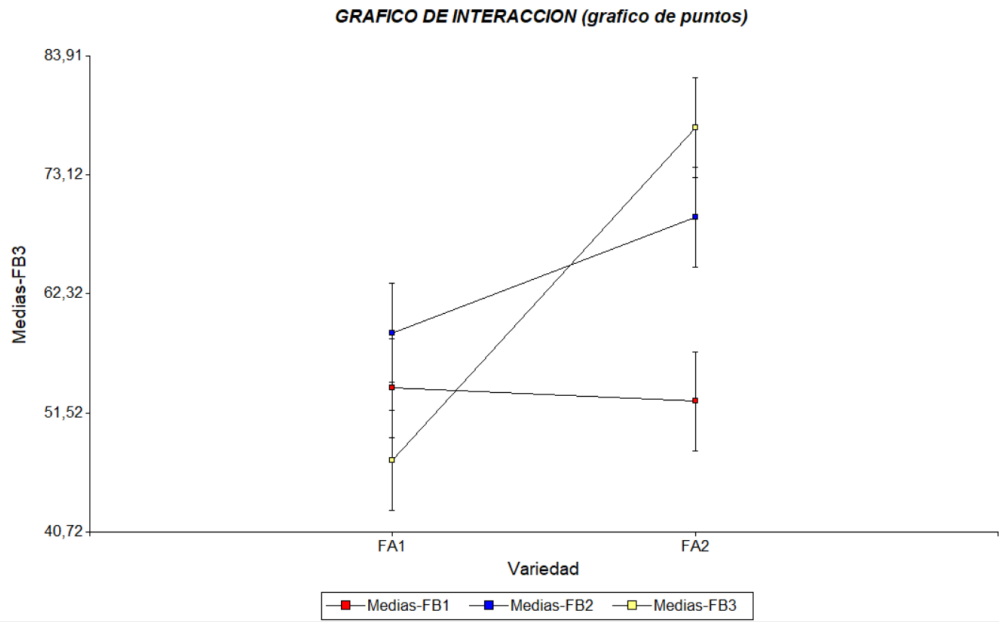
Anexo 25. *Datos para solución nutricional de cultivos de hoja.*

Fertilizante Químico	g/1000 L	g/ 1200L
16 – 16 – 16 NPK	715,99	859,185
Nitrato de Calcio	926,32	1111,579
Nitrato de amonio	204,5	245.39
Sulfato de Magnesio	290,19	348,22
Nitrato de Potasio	295,65	354,78
Quelato de Hierro	4,98	5,97

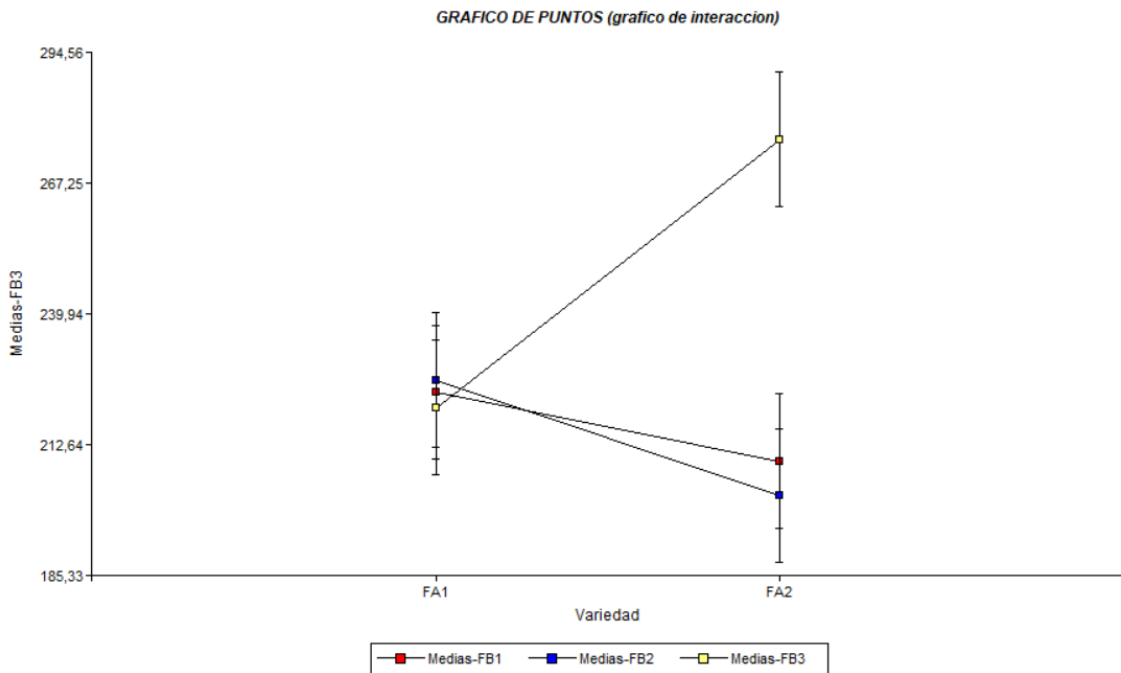
Anexo 26. *Gráfico de interacción altura.*



Anexo 27. *Gráfico de interacción para peso*



Anexo 28. *Gráfico de interacción para área foliar*



Anexo 29. *Gráfico de interacción número de pencas*

