

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción y Compuestos Metabólicos en Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) Cultivado con Diferentes Fuentes de Potasio

Por:

JUAN FIDEL RUIZ CAZALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción y Compuestos Metabólicos en Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea*, var.
Itálica) Cultivado con Diferentes Fuentes de Potasio

Por:

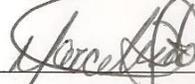
JUAN FIDEL RUIZ CAZALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

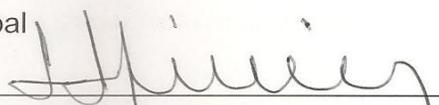
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada:

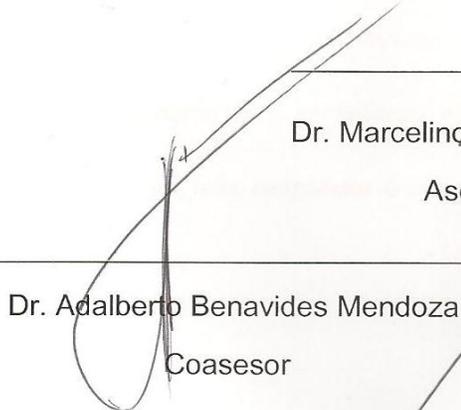


Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente

Asesor Principal



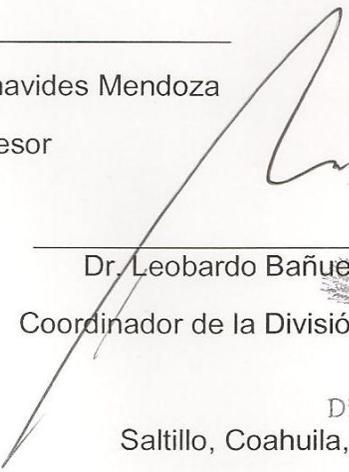
Dr. Luis Ibarra Jiménez



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Coasesor

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2014

AGRADECIMIENTOS

A la vida que me ha dado grandes enseñanzas, y que me ha permitido llegar a esta etapa tan importante para mi y las personas que me estiman.

A mis hermanos, Mario, Carmelita, Gustavo, Verónica, Gina, Adriana, que en todo momento estuvieron al tanto de mi formación , que de igual manera me apoyan y apoyaron, estare eternamente agradecido con ustedes, queridos hermanos los quiero mucho.

A mis tias, gracias por todo los consejos y apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mis compañeros les agradezco por haber sido cómplices en los buenos momentos de mi estancia por este estado, en especial a : Gustavo Cortez, Rubicel Marroquin, Bernardo Tapia, Enrique Quintero, Cristóbal Alvarado, Eduardo Ortega, José Ángel Ortega, Beatriz Hernández, Berenice Bonilla, Jocelyn Vázquez, y a toda la banda de la generación.

A Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente, por darme la oportunidad de realizar el trabajo de investigación y brindar el apoyo incondicional.

A Erick Cazales Luna, por haber apoyado en mi estancia y ser un gran amigo.

A Fredy, job, julio, compañeros de cuarto y grandes amigos, gracias por su amistad colegas.

DEDICATORIAS

A mi Madre

Ma. Magdalena Cazales Altamirano, dedico este trabajo, por haber sido quien me dio la vida principalmente, por haberme apoyado siempre en mi andar por las instituciones educativas en mi formación académica, por ser el bastión de apoyo y una gran persona por todo eso y mas te amo mama.

Mario Alberto Ruiz Cazales, por ser un joven trabajador que no se da por vencido ante los malos momentos, por haber sido el principal apoyo en mi formación académica, por ser un gran hermano, el mejor hermano del mundo.

Gustavo Adolfo Ruiz Cazales, por ser mi hermanote, y brindarme el apoyo necesario para yo concluir mi carrera profesional, mi mejor hermano del mundo.

A mis hermanas, Gina, Carmelita, Verónica, Adriana, dedico este trabajo a ustedes princesas que siempre me han apoyado y nunca han dejado tome malas decisiones.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIAS	II
APÉNDICE	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	2
1.1.1. Objetivos específicos:	2
1.1.2. Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del Brócoli	3
2.1.1. Origen e historia	3
2.1.2. Taxonomía.....	3
2.1.3. Descripción de la Planta.....	3
2.1.4. Fenología.....	4
2.1.5. Requerimientos climáticos.....	4
2.1.6. Requerimientos de suelo y fertilización	5
2.1.7. RIEGO.....	6
2.1.8. Densidad de siembra y población.....	6
2.1.9. Trasplante.....	6
2.1.10. Cosecha	6
2.2. Importancia en México	7
2.3. Importancia en la dieta humana	8
2.4. Clorofilas	9
2.5. Nitratos.....	9
2.6. Potasio.....	10
2.7. El K en los suelos de México	11
2.8. Formas de absorción del potasio	11
2.9. Dinámica del K aprovechable en el suelo	12
	III

2.10.	El K en la solución del suelo (Ks).....	12
2.11.	Fijación de potasio	13
2.12.	El K intercambiable (Ki).....	14
2.13.	El potasio no intercambiable (Kni).....	14
2.14.	Requerimientos del potasio por las plantas.....	14
2.15.	Funciones fisiológicas	15
2.16.	Funciones desde el punto de vista agronómico	15
2.17.	Absorción del K por las plantas.....	16
2.18.	Factores del suelo que afectan la absorción de potasio por la planta (PPI, 1997).....	16
2.19.	Síntomas de deficiencia de potasio en las plantas.....	17
2.20.	Exceso de potasio en las plantas.....	17
2.21.	Interacción del K con otros nutrientes	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1	Localización Geográfica del Área Experimental.....	19
3.2.	Diseño Experimental	19
3.3.	Establecimiento del Experimento	19
3.4.	Material vegetal.....	19
3.5.	Materiales utilizados en el experimento	19
3.6.	Prácticas Realizadas para Establecer el Cultivo	20
3.6.1	Deshierbe	20
3.6.2.	Nivelación de terreno.....	20
3.6.3	Levantamiento de camas.....	20
3.7.	Manejo del Cultivo.....	20
3.7.1.	Siembra	20
3.7.2.	Trasplante.....	21
3.7.3.	Deshierbes	21
3.7.4.	Riegos	21
3.7.5.	Control de plagas	21
3.7.6.	Control de enfermedades	21
3.7.7.	Podas	21
3.8.	Descripción de tratamientos.....	21

3.8.1. Aplicación de los tratamientos	22
3.9. Programa de Nutrición	23
3.10. Variables Estudiadas	23
3.10.1 Longitud Tallo	23
3.10.2. Longitud Raíz	23
3.10.3. Peso Fresco de Tallo.....	23
3.10.4. Peso Fresco de hojas	24
3.10.5. Peso Fresco de raíz.....	24
3.10.6. NO ₃ en Hojas.....	24
3.10.7. NO ₃ en Brácteas.....	25
3.10.8. Clorofilas.....	25
3.10.9. Diámetro ecuatorial.....	25
3.10.10. Diámetro polar	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Longitud de tallo.....	27
4.2. Longitud de Raíz	28
4.3. Peso Fresco de Tallo	29
4.4. Peso Fresco de Raíz.....	30
4.5. Peso Fresco de Hojas.....	31
4.6. Contenido de NO ₃ en Hojas	32
4.7. Contenido de NO ₃ en Brácteas	33
4.8. Contenido de Clorofilas.....	34
4.9. Diámetro Ecuatorial de la Pella	35
4.10. Diámetro Polar de Pellas.....	36
V. CONCLUSIONES	37
VI. BIBLIOGRAFIA.....	38
VII.APÉNDICE	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Longitud de tallo en brócoli, con diferentes fuentes de potasio.....	27
Figura 2. Longitud de raíz de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.	28
Figura 3. Comportamiento de los tratamientos para la variable peso de tallo, con diferentes fuentes de potasio.	29
Figura 4. Peso de Raíz, con diferentes fuentes de potasio.	30
Figura 5. Peso de hojas, con diferentes fuentes de potasio.	31
Figura 6. Contenido de NO ₃ en Hojas de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.	32
Figura 7. Contenido de NO ₃ en brácteas de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.	33
Figura 8. Contenido de clorofilas en hojas de brócoli (Unidades Spad), con diferentes fuentes de potasio.	34
Figura 9. Diámetro Ecuatorial de pella de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.	35
Figura 10. Diámetro polar pella de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.	36

APÉNDICE

Tabla 1. Recomendaciones de fertilización para el cultivo de brócoli.....	5
Tabla 2. Estadísticas de la producción y comercialización de brócoli, en México 2012	8
Tabla 4. Tratamientos estudiados en el Experimento.....	22
Tabla 5. Composición de los fertilizantes estudiados.	22
Tabla 6. Fecha de aplicación de tratamientos	22
Tabla A1. Longitud de tallo.....	44
Tabla A2. Longitud Raíz	44
Tabla A3. Peso Fresco de Tallo	44
Tabla A4. Peso Fresco de Hojas	44
Tabla A5. Peso Fresco de Raíz.....	45
Tabla A6. Contenido de NO ₃ en hojas.....	45
Tabla A7. NO ₃ en Brácteas.....	45
Tabla A8. Contenido de Clorofilas en Hojas de Brócoli	45
Tabla A9. Diámetro Ecuatorial de pellas	46
Tabla A10. Diámetro Polar de pella.....	46
Tabla A11. Comparación de medias de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de las variables, Longitud de tallo, Longitud de Raíz.....	46
Tabla A12. Comparación de medias de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de la variable de Peso Fresco de Tallo.	47
Tabla A13. Comparación de medias de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de la variable NO ₃ en Brácteas.....	47

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el período Agosto-Noviembre de 2012, en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada e Saltillo Coahuila, México. Con el objetivo de Identificar el efecto de la fertilización potásica, en la productividad y compuestos metabólicos en el cultivo del brócoli. En este estudio se evaluó el comportamiento de diferentes fuentes de potasio, en comparación de sulfato de amonio, que es el fertilizante usado regularmente por los productores de brócoli, los tratamientos utilizados, fueron Testigo (Sulfato de Amonio), T2(Nitro k Sul), T3(Sulfato de Potasio), T4(Cloruro de Potasio), T5 (Amifol K), en un diseño completamente al azar. La aplicación de los tratamientos se realizó al suelo a los 28 días después del trasplante y se llevó acabo con intervalos de 5 días, realizando un total de 8 aplicaciones. Las variables evaluadas fueron, longitud de tallo, longitud de raíz, peso fresco de tallo, peso fresco de hoja, peso fresco de raíz, NO_3 en hojas, NO_3 en brácteas, clorofilas, diámetro ecuatorial, diámetro polar. El tratamiento testigo favorece la longitud de raíz, peso fresco de raíz, la concentración de clorofilas y el diámetro ecuatorial y polar de la pella, el tratamiento 2(Nitro k sul) favoreció, la longitud de tallo y mayor peso en hojas, la concentración de NO_3 en hojas se vio favorecido con el tratamiento 5 (Amifol K), el tratamiento 4 (cloruro de potasio), favoreció la concentración de NO_3 en la brácteas de brócoli. Las fuentes potásicas no tuvieron influencia en algunas de las variables, ya que no superaron al testigo, la fuente Nitro K sul aumentó la biomasa en el cultivo de brócoli. Diámetro ecuatorial y polar de la pella no se vio favorecido por la aplicación de fuentes potásicas diferentes al Testigo, si el objetivo es tener productos de calidad el aporte de sulfato de amonio favorecerá para obtener un mejor rendimiento y una planta vigorosa.

Palabras clave: Brócoli, Clorofilas, Nitratos, Diámetro de la pella.

I. INTRODUCCIÓN

Las crucíferas se consideran las hortalizas de mayor importancia socioeconómica en la región del Bajío, por la superficie de siembra, los ingresos que se obtienen, y por la fuente de trabajo que generan, (Departamento de Agricultura Gigante Verde, 1992), en la actualidad se siembran de 30 a 35 mil has de brócoli y coliflor, en los estados de Guanajuato y Querétaro, el producto que se cosecha se destina principalmente al mercado de exportación, lo que representa una significativa fuente de divisas y que a su vez constituye un incentivo para los productores agrícolas.

En los últimos años el consumo de brócoli se ha incrementado, debido a que se le atribuyen efectos benéficos para la salud, tales como la reducción del riesgo de padecer cáncer, ya que posee un contenido elevado de glucosinolatos, metabolitos secundarios que actúan como anticancerígenos (Moreno *et al.*, 2006).

Los rendimientos de brócoli en el Bajío con el manejo convencional son un poco mayores a 12 Mg ha^{-1} . Sin embargo, esta producción depende de las condiciones edafoclimáticas y del uso de fertilizantes. El rendimiento comercial promedio de los cultivares de brócoli está entre 7 y 12 Mg ha^{-1} , aunque el potencial de producción supera los 20 Mg ha^{-1} , con $80\ 000$ plantas ha^{-1} con un promedio de 250 g por cabeza y diámetros entre 8 y 20 cm (primera calidad) (Lazcano *et al.*, 1997). Estos rendimientos son bajos en relación con los promedios de EE.UU. y Japón, de 30 Mg ha^{-1} (Pihan, 1996; Soto, 1991). Los agricultores altamente tecnificados en El Bajío tienen altos rendimientos, pero no se han documentado. La fertilización potásica recomendada para el brócoli en Guanajuato es $100 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ (Venegas, 1996). Sin embargo, existe poca información experimental sobre las necesidades potásicas de este cultivo bajo sus diferentes técnicas de manejo.

El potasio es esencial para que ocurran normalmente diversos procesos en la planta. Entre estos se pueden mencionar la osmoregulación, activación de enzimas, regulación de pH y balance entre aniones y cationes en las células, regulación de la

transpiración por los estomas y transporte de asimilados producto de la fotosíntesis. A nivel de toda la planta, el K incrementa el área foliar y el contenido de clorofila, retrasa la senescencia y por lo tanto contribuye a una mayor fotosíntesis y crecimiento del cultivo (Dobermann *et al.*, 2000).

Consientes de los retos y el crecimiento poblacional nos trae la necesidad de buscar alternativas de fertilización, esto nos ha orillado a realizar este trabajo, con la intención de indagar los resultados que genera la adición de potasio a la nutrición del brócoli, así como buscar una fuente en donde la calidad de pella aumente, y que no sea siempre el mismo fertilizante utilizado en el campo por los productores de brócoli y así generar nuevos paquetes tecnológicos que sean de ayuda a técnicos y productores en el ámbito laboral.

1.1 Objetivo General

Identificar el efecto de diferentes fuentes de fertilización potásica, en la productividad y compuestos metabólicos en el cultivo del brócoli.

1.1.1. Objetivos específicos:

1.1.2. Cuantificar la concentración de nitratos en hojas y brácteas en el cultivo del brócoli.

1.1.3. Determinar el contenido de clorofilas mediante el suministro de diferentes fuentes de potasio.

1.1.4. Detectar el efecto diversas fuentes de potasio sobre peso de tallos y hojas, además de longitud de raíces en el cultivo del brócoli.

1.1.2. Hipótesis

La productividad y los compuestos metabólicos del brócoli se comportan de manera diferente de acuerdo a la fertilización potásica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del Brócoli

2.1.1. Origen e historia

Casseres (1980), informa que el repollo, coliflor y el brócoli, tienen un ancestro común en una planta silvestre, que quizás llegó al Mediterráneo o del Asia Menor a las Peñas Calcáreas de Inglaterra, a las costas de Dinamarca, así como también a España y Francia. Respecto a su aparición, es más reciente que el repollo o col, y la coliflor, siendo introducido a Estados Unidos en 1925 por inmigrantes italianos (Gray, 1982).

2.1.2. Taxonomía

El brócoli es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia de las crucíferas y al género *Brassica*, especie *oleracea*, variedad *itálica*.

2.1.3. Descripción de la Planta

El sistema radicular del brócoli es abundante y ramificado, de tipo superficial alcanzando una profundidad de 45 a 60cm y extendiéndose lateralmente de 60 a 120 cm, sirve de sostén y anclaje y su función principal es de absorber agua y nutrientes para enviarlos a la parte aérea. Su tallo es sólido y carnoso cuya longitud depende de la variedad llegando a medir hasta 90cm, sirve para sostener las hojas y para transportar agua y minerales además de la translocación de fotosintatos, El número de hojas depende del híbrido; varía de 15 a 18 por planta, son simples, grandes y bien desarrolladas, suculentas con una capa cerosa en el haz. Su función principal es la fotosíntesis y además la transpiración y respiración. Sus flores son perfectas y regulares con 4 sépalos, 4 pétalos blancos o amarillo pálido, 6 estambres, 1 pistilo, la corola es cruzada, es decir con pétalos en forma de cruz. Su órgano de interés comercial es una inflorescencia inmadura, y su forma puede variar de acuerdo al material vegetal. Sus semillas miden de 1 a 2 cm de diámetro y carecen de endospermo (Maroto, 2007).

2.1.4. Fenología

El ciclo vegetativo del brócoli va de los 58 a los 100 días, dependiendo de las características genéticas de las variedades, de las condiciones climatológicas que imperen en el momento de la plantación, de su desarrollo y de la época de cosecha (Departamento de Agricultura Gigante Verde, 1992).

Clasificación de las variedades de acuerdo a su período de cosecha:

Variedad precoz: Aquella que se cosecha a los 58-60 días después de la plantación.

Variedad intermedia.- Aquella que se cosecha a los 75-85 días después de la plantación.

Variedad tardía.- Aquella que se cosecha a los 85-100 días después de la plantación.

El producto comercial del brócoli es la inflorescencia antes de la apertura de sus flores, y a este órgano se le conoce internacionalmente como “pella” o cabeza.

La clasificación de las variedades generalmente se realiza en base a las tonalidades de la pella. En las zonas productoras de nuestro país, las variedades mas solicitadas son aquellas que presentan una pella color verde esmeralda (Valdez, 1994).

2.1.5. Requerimientos climáticos

El brócoli es una hortaliza propia de climas fríos y frescos; sin embargo, en México (región del bajío) se puede explotar durante todo el año. Así mismo, puede tolerar heladas (-2°C) siempre y cuando no se haya formado aun la inflorescencia, ya que esta es fácilmente dañada por las bajas temperaturas del clima. El rango de temperaturas para germinación es de 5° a 28°C, pudiendo llegar a emerger a los 8 y 3 días respectivamente. Las temperaturas ambientales para su desarrollo son de 15° a 25°C, siendo la óptima de 17°C; a temperaturas de 0°C y mayores de 30°C puede detener su desarrollo. Su crecimiento es muy rápido a temperaturas altas durante el desarrollo de la inflorescencia, siendo necesario cosecharlo a tiempo para evitar la apertura de las yemas florales (Valadez, 1989).

2.1.6. Requerimientos de suelo y fertilización

Debido a las diferencias en las características fisiológicas y morfológicas de los cultivos, estos presentan distintos requerimientos nutricionales para alcanzar su máximo productivo. Son varias las estrategias que se siguen para definir los niveles de suficiencia nutricional de los cultivos. Todas ellas tienen alguna debilidad ya que estos niveles son afectados por la velocidad del suministro nutricional, la etapa fenológica, el órgano de muestreo, las condiciones de temperatura ambiental y humedad del suelo, la estación de crecimiento, así como también pueden ser afectados por el genotipo e incluso por la hora de muestreo. Por esa razón no es adecuado que los niveles de suficiencia se determinen en un solo ciclo o un solo tipo de suelo. A veces la variación encontrada en un sitio experimental y otro, hacen que los rangos encontrados sean muy amplios. No obstante estas deficiencias, la técnica de diagnóstico nutricional es útil y suele ser un buen indicador (Castellanos, 1998)

El brócoli se desarrolla bien en cualquier tipo de suelo, prefiriendo los franco-arenosos, con buen contenido de materia orgánica; en cuanto a su pH, se le clasifica como ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH 6.0-6.8, y medianamente tolerante a la salinidad (4mmhos o 2560 ppm) (Valdez, 1994).

La recomendación de fertilización por el INIAP, indica que al momento de trasplante se debe aplicar a chorro continuo, 30% de nitrógeno, 100% de fósforo y el 50% de potasio y azufre; el 50% de potasio y azufre más el 40% de nitrógeno se debe aplicar a los 40 días después del trasplante, en banda lateral, a 10 cm de las plantas y el 30% de nitrógeno restante se debe aplicar después de los 60 días del trasplante (tabla 1).

Tabla 1. Recomendaciones de fertilización para el cultivo de brócoli.

Análisis de Suelo	Kg. ha ⁻¹		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bajo	180-250	120-200	200-300
Medio	100-180	60-120	100-200
Alto	40-100	20-60	40-100

Fuente: Departamento de Suelos y Aguas del INIAP

2.1.7. RIEGO

Para alcanzar altos rendimientos y calidad de las inflorescencias, la planta de brócoli no debe sufrir estrés hídrico, ya sea por falta o exceso de agua y/o calidad de esta. Los requerimientos de agua varían según las condiciones ambientales y el estado de desarrollo del cultivo. Posterior al trasplante el riego debería de ser dada 7 a 10 días, dependiendo de las temperaturas existentes (Krarup, 1992). El consumo total por parte de cultivo es de 4000m³ de agua por hectárea o 400 mm de precipitación en el ciclo, los cuales pueden distribuir entres partes, el 35 % en la fase inicial del cultivo (desde el día 1 al 21 del ciclo), el 30 % en la fase intermedia (desde el día 21 hasta el día 40), y el 45 % restante en la fase final del cultivo (Chávez, 2001). El máximo requerimiento hídrico ocurre cuando el cultivo ha alcanzado la máxima cobertura foliar y desarrollo de la inflorescencia, sin embargo los riesgos al inicio deben ser frecuentes para asegurar un buen establecimiento (Krarup, 1992)

2.1.8. Densidad de siembra y población

El brócoli puede sembrarse en forma directa o indirecta (trasplante). El primer sistema se refiere a la utilización de sembradora de precisión, la cual consume un promedio de 2.0 a 2.5 lb·ha⁻¹. En brócoli se obtienen densidades comerciales de 40,000 a 50,000 plantas por hectárea (Cevallos, 2001).

2.1.9. Trasplante

El trasplante se realiza cuando las plántulas alcanzan de 3 a 5 hojas verdaderas, lo que normalmente ocurre a los 30 o 50 días después del semillero (Pollak, 2003).

2.1.10. Cosecha

La cosecha de brócoli requiere de gran disponibilidad de mano de obra que permite que el producto final tenga una gran calidad, principalmente en lo que a punto de pellas se refiere (El Agro, 2003).

Para la cosecha del brócoli se utilizan indicadores físicos, el tiempo, y el diámetro y/o firmeza de la parte comestible.

Esta actividad se realiza cuando su fenología llega a los 70 a 75 días (ya sea en verano o en otoño) se efectúa el primer corte, y de ahí cada 2 o 3 días dependiendo del cultivar y de la superficie sembrada.

Diámetro y firmeza. Cuando la parte comestible este llegando a su etapa de corte o cosecha, la cabeza principal puede alcanzar un diámetro de 25 a 35 cm, y esta debe ser lo más firme y compacta posible (Valdez, 1994).

2.2. Importancia en México

Las regiones más importantes en donde se explota dicho cultivo destacan Guanajuato, Aguascalientes, Baja California Norte, Tamaulipas, Michoacán y Querétaro. El brócoli es una de las especies más prometedoras de las zonas hortícolas del país, pues año tras año la superficie sembrada se está incrementando, debido a su alta demanda en el mercado internacional. El incremento de consumo de brócoli en Estados Unidos, ha permitido la introducción de México en dicho mercado. Actualmente en nuestro país se siembran aproximadamente 35 mil hectáreas, siendo la región del bajío la que dedica mayor superficie a dicho cultivo (Lazcano, 1997).

Para el 2010, la producción de brócoli a nivel nacional, se reportaron 314 mil toneladas. Dentro de los principales cinco estados productores de brócoli: Guanajuato es el principal estado productor con 172 mil toneladas, esto es más del 50% de la producción nacional; Michoacán con 46 mil toneladas, Jalisco 27 mil toneladas, Puebla 17 mil toneladas y Sonora con 14 mil toneladas. Geográficamente la producción de brócoli se extiende por toda la república mexicana, sin embargo las zonas altamente productivas son: la zona centro y zona oriente (SAGARPA, 2010)

El cultivo de brócoli ocupa una gran cantidad de mano de obra, 110 jornales al año/ha. (Departamento de Agricultura Gigante Verde, 1992) en forma directa en las labores de cultivo en el campo, además de ocupar en forma indirecta, otros jornales, por el personal que se requiere durante el proceso, empaque y transporte, en las compañías procesadoras que lo comercializan.

Tabla 2. Estadísticas de la producción y comercialización de brócoli, en México 2012

Cultivo	Sup.		Producción (Ton)	Rendimiento (Ton·Ha)	PMR (\$·Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
	Sup.sembrada (Ha)	Cosechada (Ha)				
Brócoli	24,001.74	23,598.74	334,550.99	14.18	4,969.35	1,666,499.99

Fuente, SIAP 2014

2.3. Importancia en la dieta humana

Es importante en la alimentación humana por su valor nutricional y en la medicina natural. Se ha reportado que tiene propiedades antivirales y por su contenido de cromo, ayuda a regular la insulina y el azúcar en la sangre, reduciendo el riesgo de diabetes (FAO, 2013).

El brócoli contiene una sustancia anticancerígena llamada sulforófano, compuesto que estimula el organismo a producir enzimas capaces de combatir el cáncer, al contrario del efecto que produce la vitamina E y otros antioxidantes, que inciden directamente sobre las moléculas que desencadenan el cáncer (Jaramillo *et al.*, 2002).

También reduce el riesgo de artritis y enfermedades del corazón; además, puede impedir la formación de cataratas y evitar el estreñimiento. Asimismo, es recomendable para quienes padecen de gota, debido a su gran contenido de calcio, hierro y vitamina C., tiene propiedades diuréticas, anti anémicas, laxantes y depuradoras de la sangre, previene el infarto y controla la obesidad (Pinzon *et al.*, 2001).

El Brócoli es una crucífera rica en índoles y flavonoides. Los índoles influyen sobre las enzimas por su importante papel en el sistema de desintoxicación, favoreciendo la destrucción de toxinas y carcinógenos; también, tiene un alto contenido de fibra, proteínas y carotenos, especialmente betacarotenos, que le aportan propiedades

antioxidantes, además es una fuente rica de vitaminas A y C, que contribuyen al buen funcionamiento del sistema inmunológico del organismo y de vitamina K, esencial en la formación de ciertas proteínas indispensables en la coagulación de la sangre y ayuda a mantener la elasticidad de las arterias. Igualmente contiene ácido fólico, de gran importancia al ser imprescindible en los procesos de división y multiplicación celular (Jaramillo *et al.*, 2002).

2.4. Clorofilas

La clorofila es uno de los principales pigmentos en el cloroplasto para la fotosíntesis, y el contenido de clorofila se ha demostrado que tiene una relación positiva con la tasa fotosintética (Thomas *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2003). La capacidad fotosintética se correlaciona positivamente con el rendimiento del cultivo (Rawson y Constable, 1980), y el aumento del contenido de clorofila en los cultivos puede ser una manera eficaz para aumentar la producción de biomasa y rendimiento (Wang *et al.*, 2003).

2.5. Nitratos

La concentración de nitratos en el tejido de las plantas es un indicador del nivel de suficiencia de nitrógeno en la planta (Geraldson y Tyler, 1990). Al respecto (Bres *et al.*, 1991) encontraron que 96% de las hortalizas de hoja, 73% de las plantas de tubérculo y 29% de las hortalizas de fruto, contenían elevadas concentraciones de nitratos debido principalmente a malas prácticas de fertilización.

Los nitratos están tomando cada vez más fuerza como parámetro de calidad del alimento debido a los riesgos que pueden ocasionar a la salud del consumidor. Las dosis máximas permitidas en el consumo han ido variando con el tiempo, avanzando siempre hacia mayores exigencias en el control de estos valores. El consumo de altos contenidos de nitrato en la dieta humana es peligroso debido a que este ion contribuye a la formación de agentes cancerígenos (Hill *et al.*, 1990).

El contenido de nitratos aceptable en la ingesta diaria corresponde a $3.65 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco (Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, 1999). Es decir, la ingesta de nitratos diaria de una persona con un peso corporal de 70 kg no debería superar los

2.59 mg·kg⁻¹. Las hortalizas, en particular, de hoja (lechuga y espinaca) acumulan contenidos de nitratos mayores a otros tipos de alimentos contribuyendo con un 75 % de la ingesta diaria (Hill., *et al.*, 1990).

A pesar de que el nitrato no es una sustancia tóxica en sí, su toxicidad reside en su transformación química en nitrito, que se realiza en parte durante el metabolismo humano. El nitrito producto de la reducción del nitrato puede reaccionar con la hemoglobina, produciendo productos oxidativos y metahemoglobina que conduce a la disminución del suministro de oxígeno en el cuerpo, produciendo problemas respiratorios. También el nitrito puede reaccionar, en medio ácido del estómago, con las aminas, sustancias obtenidas por el metabolismo de los alimentos originando nitrosaminas, las cuales son agentes cancerígenos al humano. Además pruebas de estudios epidemiológicos en animales han demostrado que la exposición a nitrato y nitrito ha aumentado el riesgo para algunos tipos del cáncer (Watson y Muftí, 1996).

2.6. Potasio

Fue descubierto y nombrado en 1807 por el químico británico sir Humphry Davy. Es un metal alcalino de color blanco plateado que puede cortarse con un cuchillo. Tiene una dureza de 0.5. Se da en tres formas isotópicas naturales, de números másicos 39, 40 y 41. El isótopo más abundante es el potasio 39. Se han preparado artificialmente varios isótopos radiactivos (Pratt *et al.*, 1982).

El potasio ocupa el séptimo lugar en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre; se encuentra en grandes cantidades (2.6%) en la naturaleza en minerales primarios tales como: los feldespatos (KAlSi₃O₈) que se encuentran principalmente ortoclasa y microlina en arenas y limos o en forma de micas como la muscovita (H₂KAl₃(SiO₄)₃) o biotita (H, K)₂(Mg, Fe)₂Al₂(SiO₄)₃ la carnalita, la arenisca verde y la silvita. También se encuentra en la estructura de minerales secundarios como: illitas, vermiculitas, cloritas y arcillas estratificadas. En la solución del suelo está presente en una fracción muy pequeña, del potasio total contenido en el suelo, éste oscila entre 0.1 y 100 mg·L⁻¹ de solución (Núñez, 2002).

El potasio es un catión univalente (K^+) y junto con el nitrógeno son absorbidos en grandes cantidades por las plantas. La mayor parte del potasio absorbido depende de la difusión del elemento y de otros factores como contenidos muy altos de calcio y magnesio, los cuales disminuyen la absorción del potasio (Guerrero, 1993).

2.7. El K en los suelos de México

La mayoría de los suelos del país se encuentran con un buen abastecimiento del nutrimento, ya sea porque muchos de los suelos se localizan en zonas áridas, lo que no permite que se lixivie, también por la influencia de las zonas volcánicas que depositan las cenizas ricas en potasio (Núñez, 2002).

Los Vertisoles se caracterizan por su textura arcillosa, y los suelos de Guanajuato se consideran bien abastecidos de K para los requerimientos del cultivo, sin embargo, la alta demanda de este nutrimento por las hortalizas hace que la fertilización potásica sea una práctica regular para el brócoli, cuyo rendimiento medio es $11.6 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en manejo convencional y $24 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en fertirrigación por goteo (Castellanos, 1998).

2.8. Formas de absorción del potasio

El potasio se toma del suelo en forma iónica (K^+). A diferencia del N y P, el K no forma compuestos orgánicos, es un componente importante de los suelos fértiles. Es absorbido en grandes cantidades por las plantas, más que cualquier otro, a excepción del nitrógeno y en algunos casos del calcio (Tisdale y Nelson, 1987).

El contenido de potasio total no se correlaciona con el que absorben las plantas por lo que solo representa la reserva disponible del suelo.

Los suelos más pobres de este nutriente son los ferralíticos altamente intemperizados como los oxisoles y ultisoles, siguiéndoles en este orden los aluviales y siendo los más ricos aquellos que derivan de cenizas volcánicas.

La intemperización de los minerales primarios y secundarios libera el potasio hidrosoluble e intercambiable, que puede ser aprovechado por las plantas (Núñez, 2002).

Por su grado de aprovechamiento por las plantas el K se clasifica en:

El K del suelo, bajo el enfoque moderno se divide en cuatro fracciones, dependiendo de su biodisponibilidad: en la solución del suelo (K_s), intercambiable (K_i), no intercambiable (K_{ni}) y la capacidad amortiguadora de K (cK), (Salomón, 1998).

2.9. Dinámica del K aprovechable en el suelo

El K aprovechable del suelo, procedente de la solubilización de los minerales, de la materia orgánica o los mismos fertilizantes; puede sustraerse por medio de cuatro procesos, que son:

1.- *Absorción por las plantas.*- Esta es proporcional a su contenido en forma aprovechable en el suelo, aún con altas concentraciones, provocando acumulación en los tejidos, lo que técnicamente se llama “consumo superfluo”. En un cultivo anual la mayor acumulación de K ocurre durante la floración. Después pueden retornarse cantidades importantes de K de la planta al suelo.

2.- *Lixiviación.*- Es la pérdida a capas inferiores en el perfil del suelo, lejos de las raíces, este fenómeno se presenta principalmente en los suelos arenosos, altamente permeables de regiones lluviosas.

3.- *Fijación.*- Esto ocurre en presencia de arcillas que lo permiten. Sin embargo esta pérdida no es definitiva, y en suelos muy permeables tiene un efecto residual muy favorable.

4.- *Erosión.*- Esta pérdida es importante cuando los estratos subyacentes contienen menores cantidades de este elemento, este fenómeno si ocurre en los suelos mexicanos (Haylander *et al.*, 1999).

2.10. El K en la solución del suelo (K_s)

La aplicación de fertilizante potásico soluble produce un incremento del reservorio de K_s y posteriormente el K_i , éste finalmente fluye por el proceso de difusión, hacia el

reservorio de Kni. Este proceso tiene una cinética rápida el cual transcurre en 120 horas (Rodríguez, 1993).

La concentración de K en la solución es muy importante en su disponibilidad, a mayor concentración, una mayor cantidad de K se mueve vía flujo de masas, y otro tanto se desplaza por gradiente de difusión hacia la raíz. Estos procesos son afectados por el contenido de agua, la temperatura y las características físicas del suelo. Considerando que el volumen de raíces anuales es de 1% del volumen del suelo, la cantidad de K obtenido directamente en la zona de la raíz es pequeño (Aguado, 1999).

El potasio de la solución del suelo se encuentra en equilibrio con el K intercambiable; la concentración de equilibrio es una propiedad particular de cada suelo y esta determinada por tres factores: 1) cantidad de Ks, 2) contenido de arcillas y 3) mineralogía de las arcillas. También se tiene que tomar en cuenta el tipo de cultivo a desarrollar; hay plantas que tienen la capacidad de tomar el K a concentraciones muy bajas o que son más eficientes en el uso metabólico del K (Uribe y Cox, 1990)

Al absorber los iones K^+ , se modifica el equilibrio eléctrico de la raíz, el cual puede mantenerse mediante uno de los procedimientos siguientes: el intercambio con otro catión (H^+), o la absorción de un anión (NO_3^- o $H_2PO_4^-$). El potasio en solución es muy importante debido a su inmediata y completa disponibilidad; sin embargo, la cantidad presente en la solución del suelo es demasiado exigua como para cubrir las necesidades de las plantas (Thompson y Troech, 1982).

2.11. Fijación de potasio

Es el paso de los iones K^+ de la solución del suelo hacia el interior de las estructuras cristalinas minerales. Con frecuencia la fertilización da lugar a concentraciones de K suficientemente levadas para que ocurra la fijación, y el tipo de mineral arcilloso es el factor más importante en este proceso (Thompson y Troech, 1982). El K se fija por minerales de tipo expandible, como la montmorillonita y algunas illitas. Más que perdido el K fijado debe considerarse inmovilizado o almacenado. En consecuencia el K fijado en la illita se libera más fácilmente que el nativo, eso es por estar en el

lugar más accesible de su estructura. Los mismos autores mencionan que cuando existe fijación de K la CIC del suelo se reduce en una magnitud equivalente porque los iones de K son retenidos fuertemente.

2.12. El K intercambiable (Ki)

Se encuentra retenido en las arcillas principalmente en forma electrostática, y neutraliza las cargas negativas que resultan de las sustituciones isomórficas en su estructura. Los suelos con bajo contenido de arcillas, presentan valores bajos de Ki y pueden ser modificados por el manejo y la composición mineralógica de los suelos (Rodríguez, 1993). La forma intercambiable se considera como la principal fuente primaria de K para la absorción de los cultivos. Muchos experimentos han confirmado que el Ki puede ser usado para predecir la respuesta a fertilizantes potásicos (Haby *et al.*, 1990). Consecuentemente los procedimientos analíticos, usados para estimar las necesidades de fertilizante potásico, emplean los extractantes los cuales remplazan una porción significativa de Ki (Pratt *et al.*, 1982)

2.13. El potasio no intercambiable (Kni)

Se encuentra retenido con una energía de retención alta en sitios específicos en la periferia de la estructura de las arcillas micáceas. Existe una estrecha relación entre el tipo y el contenido de arcilla, y los valores de Kni. Los valores mayores de Kni se asocian a suelos con altas proporciones de arcillas micáceas 2:1 (vermiculitas, illitas); y una disminución de Kni posiblemente obedezca al uso intensivo del suelo. El Kni corresponde al K extraído con HNO₃ 1N, en ebullición, el cual recibe diferentes nombres “K fijado”, “K de la periferia intemperizados”, de las micas “step” K, etc. (Rodríguez, 1993).

2.14. Requerimientos del potasio por las plantas

El potasio consiste de 1.0 a 5.0 % del peso seco del tejido foliar recientemente maduro con valores de suficiencia de 1.5 a 3.0 %. En hortalizas los valores de suficiencia pueden llegar a ser de 6 a 8 % en el tejido de los tallos (Núñez, 2002).

La fertilización potásica recomendada para el brócoli en Guanajuato es de 100 kg K_2O^{-1} (Venegas, 1996).

2.15. Funciones fisiológicas

- Esencial para la síntesis de proteínas.
- Importante en la descomposición de carbohidratos.
- Controla el balance iónico.
- Translocación de metales pesados como el hierro (Fe).

Por otra parte, contribuye a la economía del agua por que regula la apertura estomatal, importante para la absorción de CO_2 y el control de transpiración (Azcón, 2001). Así mismo, aumenta la velocidad de reacción en más de 50 enzimas y en algunos casos, aumenta la afinidad por el sustrato. Entre las enzimas sobre las cuales actúa el potasio, se encuentra la piruvato quinasa, enzima esencial en la respiración y en el metabolismo de los carbohidratos (Marschner, 1998).

Tiene influencia en el uso eficiente del agua, al regir el proceso de apertura y cerrado de los estomas, esto es regulado por la concentración del K en la planta; la escasez de K en la planta no permite que los estomas se abran completamente y que sean rápidos al cerrarse, esto hace que el estrés de la planta sea mayor (PPI, 1997).

Estas múltiples funciones vitales del potasio hacen que sean numerosos los efectos positivos de la fertilización potásica. Una nutrición potásica adecuada mejora muchos aspectos de la calidad de los cultivos: mayor porcentaje comercializable del rendimiento total, aumento en el porcentaje de proteínas en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejora el olor y color de las frutas, aumento del tamaño de frutos de tubérculos, menores pérdidas durante el almacenamiento y transporte, y vida más larga de las frutas y hortalizas en los anaqueles del supermercado (Imas, 2010).

2.16. Funciones desde el punto de vista agronómico

- Es importante en la formación de frutos.
- Mejora la resistencia de los cultivos a las enfermedades.
- Aumenta la resistencia de los cultivos al frío o heladas.

- Incrementa el peso y el llenado del grano.

2.17. Absorción del K por las plantas

Las membranas celulares tienen poca permeabilidad para el potasio, a pesar de esto, es absorbido por las plantas en grandes cantidades. El potasio requerido por las plantas es transportado hasta la raíz por tres mecanismos: contacto, flujo de masas y difusión (Barber, 1961).

Flujo de masa: es el movimiento del agua y nutrientes disueltos, los cuales son conducidos por un gradiente de transpiración.

Difusión: es el movimiento de nutrientes de acuerdo a un gradiente de alta concentración a uno de baja concentración.

Se calcula que menos del 10% del requerimiento de este nutriente es absorbido por intercambio con la micelia coloidal (contacto). El flujo de masas solo aporta una parte que depende de la concentración de potasio y del agua transpirada por la planta. La mayor parte del K se absorbe por difusión; el gradiente de concentración que es generado por la raíz en la solución del suelo (Barber, 1961).

2.18. Factores del suelo que afectan la absorción de potasio por la planta (PPI, 1997)

Las características generales de cada suelo en particular determinan la eficiencia con la que cada cultivo absorberá potasio. Por ejemplo:

1.- Aireación del suelo.- Afecta principalmente la absorción de K que la de cualquier otro nutrimento. La siembra directa o labranza mínima (compactación del suelo), limitan la oxigenación del suelo por lo que incrementan los problemas de deficiencia, esto por la reducida aireación que limita el crecimiento de las raíces.

2.- Contenido de K en el suelo.- A medida que éste es limitante en el suelo, la absorción disminuye.

3.- *Fijación*.- En suelos con alto contenido de arcillas 2:1; que son las que atrapan al K en su estructura, reteniéndolo y no dejándolo disponible, por esto disminuye la absorción por la planta.

4.- *CIC*.- Los suelos con una alta CIC tienen una mayor capacidad de almacenamiento y de intercambio con la planta.

5.- *Temperatura del suelo*.- La baja temperatura reduce la disponibilidad del K y por ende la absorción, ya que la absorción del potasio es alta, cuando las temperaturas oscilan los 25°, debido a su mejor difusión en el suelo.

6.- *Humedad del suelo*.- El agua es necesaria para el movimiento de difusión del K a la raíz. La sequía y los anegamientos reducen la absorción de K por la planta.

2.19. Síntomas de deficiencia de potasio en las plantas

Estos aparecen de diversas formas, uno de los síntomas más comunes de la carencia de K es el marchitamiento o quemado en los márgenes en las hojas, enrollamiento de las hojas hacia arriba (entazado); en el fruto de jitomate se presenta una maduración irregular. Las plantas con carencia de K crecen lentamente; presentando un sistema radicular deficiente, con los tallos muy débiles, por lo que el acame es común. Las semillas y los frutos son pequeños o deformes y la planta presenta una baja disminución en los niveles de almidón y aumento de compuestos nitrogenados solubles. En algunas plantas la deficiencia de potasio ocasiona necrosis marginal de las hojas (Potash & Phosphate Institute, 1996).

La deficiencia de K resulta en acumulación en la planta de azúcares lábiles de bajo peso molecular, amino ácidos y aminos que son una muy buena fuente de alimento para los patógenos que atacan las hojas (Dobermann *et al.*, 2000).

2.20. Exceso de potasio en las plantas

Los excesos de potasio pueden inducir una deficiencia de magnesio o calcio y en algunos casos, manganeso, zinc o hierro (Havlin, 1999).

2.21. Interacción del K con otros nutrientes

El potasio puede interactuar con otros nutrimentos en forma negativa teniendo repercusiones en la nutrición vegetal.

K/Ca.- Los excesos de K reducen la absorción de Ca, mientras que por el contrario el Ca favorece la absorción de K.

K/Mg.- Existe un antagonismo similar al encontrado entre K/Ca.

K/B.- La interacción es limitada en el suelo, pero fuertes adiciones de K incrementan la deficiencia de B, sin embargo, si hay suficiente B en el suelo este antagonismo no ocurre (Núñez, 1961).

K/Na.- El sodio puede sustituir parcialmente al K en algunas plantas, especialmente si el K esta en concentraciones menores al óptimo (Havlin, 1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización Geográfica del Área Experimental

La siembra del cultivo para el presente trabajo se llevó a cabo el día 29 de agosto de 2012. El trabajo se realizó en el área de prácticas ubicado en el Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buena Vista, Saltillo Coahuila, México; en coordenadas corresponde a : 25°23' latitud norte y 101°00' longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1,743 msnm (Martínez, 2004).

3.2. Diseño Experimental

Este trabajo se estableció en un arreglo experimental completamente al azar con 5 tratamientos y 10 repeticiones. Los datos fueron sometidos a un análisis mediante el programa computacional SAS V 9.0, bajo el esquema de un diseño al azar, y se hizo una prueba de rangos múltiples de medias a través de la metodología Tukey ($p \leq 0.05$).

3.3. Establecimiento del Experimento

El experimento se realizó en un área de terreno de 72 m², se delimitó en camas de 9 m de largo, y un espaciamiento entre camas de 80 cm, realizándose así 5 camas en el área asignada para el trabajo.

3.4. Material vegetal

Se utilizó plántula de *Brassica oleracea* var. *Itálica*, Waltham 29, que se caracteriza por ser una planta de porte medio, de ciclo intermedio, hojas onduladas, pellas de tamaño medio compacta, oscuras y azuladas.

3.5. Materiales utilizados en el experimento

A continuación se hace mención de los materiales que se utilizaron en el experimento.

- Material vegetal (plántula de brócoli).
- Pala, Azadón, Talacho.
- Carretilla.
- Botes de 20 litros.
- Atomizadores.
- Mochila de aspersión.
- Pipetas.

- Cintilla de riego (T-tape).
- Tubos pvc 1", codos, tapón para tubo, cemento de pcv.
- Manguera de 6mm.
- Conectores de 6mm
- Microscopio.
- Portaobjetos.
- Navajas, cuchillos.
- Bolsas de papel.
- Twin 20.
- Spad.
- Fertilizantes.
- Agroquímicos.
- Vernier.
- Regla graduada.

3.6. Prácticas Realizadas para Establecer el Cultivo

3.6.1 Deshierbe

Se realizó una práctica de deshierbe en el área a establecer el cultivo, pues se encontraba llena de maleza.

3.6.2. Nivelación de terreno

Se niveló el terreno ya que se encontraba disparejo y esto ocasionaría que hubiera inundación o exceso de humedad y podía afectar el ciclo de cultivo.

3.6.3 Levantamiento de camas

Esta labor se realizó, levantando 5 camas con una medida de 9 metros de largo por 80 cm de ancho cada una.

3.7. Manejo del Cultivo

Al establecer el experimento, durante el ciclo de cultivo se realizaron las siguientes labores.

3.7.1. Siembra

La siembra se llevó a cabo, el día, 23 de julio de 2012, se realizó, en charola de 200 cavidades, se depositó, una semilla por cavidad, con un sustrato de peat-moss, para así tener una emergencia uniforme de las plantas.

3.7.2. Trasplante

Las plantas trasplantadas fueron uniformes en cuanto a buen sistema radicular en cepellón. El trasplante se realizó, el día 29 de agosto del año 2012 a los 35 días después de la siembra en charola; en camas de 9 m de largo por 80 cm de ancho.

3.7.3. Deshierbes

Esta práctica se realizó, cada 6 días pues con la humedad del suelo emergía maleza y tenia, que ser retirada para no afectar a las plantas de brócoli.

3.7.4. Riegos

El riego era por cintilla se dejaba 1 hora el riego y se regaba cada 3 días para mantener la humedad necesaria en el cultivo. Se utilizo, agua potable procedente de la red de sistema de riego del departamento.

3.7.5. Control de plagas

La plaga que se presentó fue palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella* L) y falso minador estas se combatieron con aplicaciones de confidor (imidacron) y Agrimec con un espaciamento de 3 días por aplicación.

3.7.6. Control de enfermedades

Hubo presencia de complejo bacteriano *Erwinia corotovora*, y se controló con aplicaciones de agrymicin con una dosis de .6 gr por cada litro de agua, la aplicación era con espaciamento de 3 días y así evitar que se volviera a presentar la bacteria.

3.7.7. Podas

La brotación de hijuelos o chupones nos llevó, a realizar la práctica, de desbrote y así la planta seguirá con su labor de crecimiento apical y no lateral con hijuelos. Se realizaba cada que el brote tenia, 1" de longitud.

3.8. Descripción de tratamientos

El trabajo se estableció con un sistema completamente al azar con 5 tratamientos y 10 repeticiones.

Tabla 4. Tratamientos estudiados en el Experimento.

Tratamiento	Nombre comercial del producto
T1 (testigo)	Sulfato de Amonio
T2	Nitro K Sul
T3	Sulfato de K
T4	Cloruro de K
T5	Amifol K

Tabla 5. Composición de los fertilizantes estudiados.

FERTILIZANTE	N	P	K	S	Cl
Sulfato de Amonio	21%	0%	%	24%	0%
N K Sul	12%	0%	45%	0%	0%
Sulfato de K	0%	0%	50%	18%	0%
Cloruro de K	0%	0%	60%	0%	90%
Amifol K	0%	0%	31%	0%	0%

3.8.1. Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó directamente a la solución del suelo. Las fechas de aplicación se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 6. Fecha de aplicación de tratamientos

FECHA DE APLICACIÓN
25/09/012
29/09/012
03/10/012
07/10/012
11/10/012
15/10/012

19/10/012

23/10/012

3.9. Programa de Nutrición

Los fertilización se proporcionaba a la planta cada 5 días, esto se aplicaba en la mañana, cabe mencionar que realizó un manejo nutricional con adición de microelementos (micromix), estos microelementos se aplicaban cada 3 días, la forma de aplicación era 2 g/l agua, y se aplicaban 200 ml de solución a cada planta, se aplicaba directamente a la base del tallo.

3.10. Variables Estudiadas

3.10.1 Longitud Tallo

Para estimar esta variable se tomaron 4 plantas al azar, se les extrajo del área de cultivo, se les hizo un deshoje, al mismo tiempo que se les desprendió la parte basal donde esta la raíz, con ayuda de una cinta métrica se tomo la longitud de cada tallo, esto reportándose en centímetros, haciendo un promedio de cada medición, para después realizar el análisis de datos el muestreo de esta variable se realizó a momento de la cosecha.

3.10.2. Longitud Raíz

Para estimar esta variable se tomaron 4 plantas al azar, se les extrajo del área de cultivo, se les hizo un deshoje, al mismo tiempo que se les desprendió la parte basal donde esta la raíz, con ayuda de una cinta métrica se tomo la longitud de raíz de la parte basal del tallo a el ápice de la raíz pivotante, esto reportándose en centímetros, haciendo un promedio de cada medición, para después realizar el análisis de datos el muestreo de esta variable se realizó a momento de la cosecha.

3.10.3. Peso Fresco de Tallo

Para estimar esta variable se tomaron 4 plantas al azar, se les extrajo del área de cultivo, se les hizo un deshoje, al mismo tiempo que se les desprendió la parte basal donde esta la raíz, después se coloca cada tallo en la balanza analítica, reportando

los datos en gramos, se hizo un promedio de datos, para después realizar el análisis de datos, el muestreo de esta variable se realizó a momento de la cosecha.

3.10.4. Peso Fresco de hojas

Para estimar esta variable se tomaron 4 plantas al azar, se les extrajo del área de cultivo, se les hizo un deshoje, las hojas de cada planta se colocaron en la balanza analítica, reportando los datos en gramos, se hizo un promedio de datos, para después realizar el análisis de datos, el muestreo de esta variable se realizó a momento de la cosecha.

3.10.5. Peso Fresco de raíz

Para estimar esta variable se tomaron 4 plantas al azar, se les extrajo del área de cultivo, se les hizo un deshoje, al mismo tiempo que se les desprendió la parte basal donde esta la raíz, después se coloca cada raíz de cada muestra en la balanza analítica, reportando los datos en gramos, se hizo un promedio de datos, para después realizar el análisis de datos, el muestreo de esta variable se realizó a momento de la cosecha.

3.10.6. NO₃ en Hojas

Para la evaluación de esta variable se hizo uso de un LAQUAtwin B-743, que es un medidor de nitrato a prueba de agua con una gran pantalla LCD. Estos equipos incorporan un electrodo de ión plano, único en el mundo diseñado con la última tecnología HORIBA para la medición de microvolumenes. Se tomaron 4 plantas de las 10 representativas, se tomaron 4 hojas por planta, se macero la hoja y con ayuda del equipo Twin NO₃ se cuantifico los nitratos de cada hoja, colocando 3 ml de savia de hoja en la celda de medición, cerramos la cabeza del twin y esperamos 30 segundos a que se estabilice el aparato y arroje el dato de la medición, se hacen 3 repeticiones por cada muestra, posteriormente se hace un promedio de los nitratos en las hojas, para poder realizar un análisis de datos, el muestreo de esta variable se realizó el día 20 de noviembre del 2012.

3.10.7. NO₃ en Brácteas

Para estimar esta variable se tomaron 4 plantas de las 10 representativas, se tomaron 4 brácteas por planta, se macero la bráctea y con ayuda del equipo Twin NO₃ se cuantificó los nitratos de cada bráctea, esto se hace colocando una gota de aproximadamente 3 ml de savia de bráctea, en la celda de medición, se cierra la cabeza del twin20 y esperamos 30 segundos a que se estabilice el aparato y arroje el dato, se hacen 3 repeticiones por cada muestra, posteriormente se hace un promedio de los nitratos en las brácteas, para poder realizar un análisis de datos, el muestreo de esta variable se realizó el día 20 de noviembre del 2012.

3.10.8. Clorofilas

Se utilizó el medidor de clorofila SPAD-502Plus es un instrumento que mide la cantidad de clorofila (un factor importante para la comprensión de la situación nutricional de una planta) en una hoja, y muestra los resultados como valores SPAD. Para estimar esta variable se tomaron 4 plantas de las 10 representativas, se tomaron 4 hojas por planta, las mediciones se realizan con sólo insertar la hoja que se quiere medir en la cabeza de medición y presionando la cabeza cerrándola. Puesto que no hay necesidad de cortar las hojas, las medidas se pueden tomar sin dañarlas, lo que permite que la misma hoja que sea medida varias veces a medida que continúa creciendo y desarrollándose. Se realizaron 6 mediciones, dos en la parte basal de la hoja, otras dos en la parte media de la hoja y por último dos mediciones en la parte apical de la hoja, de estas mediciones se reporta una sola ya que el aparato nos da un promedio de las 6 mediciones realizadas para poder realizar el análisis de datos requerido.

3.10.9. Diámetro ecuatorial

Para estimar esta variable se tomaron las pellas ya formadas de las repeticiones de los tratamientos, con un vernier se toma el diámetro ecuatorial reportándose en centímetros, para después realizar el análisis estadístico requerido, el muestreo de esta variable se realizó a momento de la cosecha.

3.10.10. Diámetro polar

Para estimar esta variable se tomaron las pellas ya formadas de las repeticiones de los tratamientos, con un vernier se toma el diámetro polar reportándose en centímetros, para después realizar el análisis estadístico requerido, el muestreo de esta variable se realizó a momento de la cosecha.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Longitud de tallo

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), los tratamientos analizados en comparación con el testigo no existe diferencia significativa. Estos resultados difieren de (Holcomb 1999) y (Joiner 1996) quienes reportaron que en crisantemo se encontró que la altura aumentó de manera positiva con el incremento en los niveles de K.

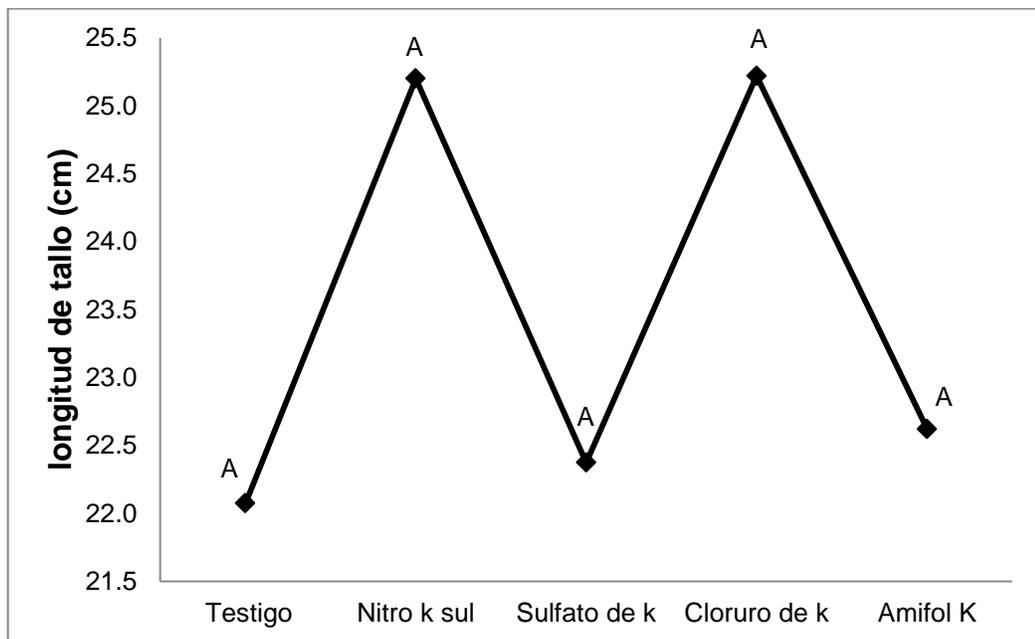


Figura 1. Longitud de tallo en brócoli, con diferentes fuentes de potasio.

4.2. Longitud de Raíz

En la prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), muestra que no existe diferencia significativa entre tratamientos analizados con respecto al testigo. Estos resultados concuerdan con Brouder y Cassman (1994) donde el aporte localizado de potasio en el área de raíces, no presentó efecto sobre la distribución en el crecimiento de las raíces del algodón, confirmando la teoría según la cual, el crecimiento radical no responde a la heterogeneidad espacial del suministro de K del suelo en campo.

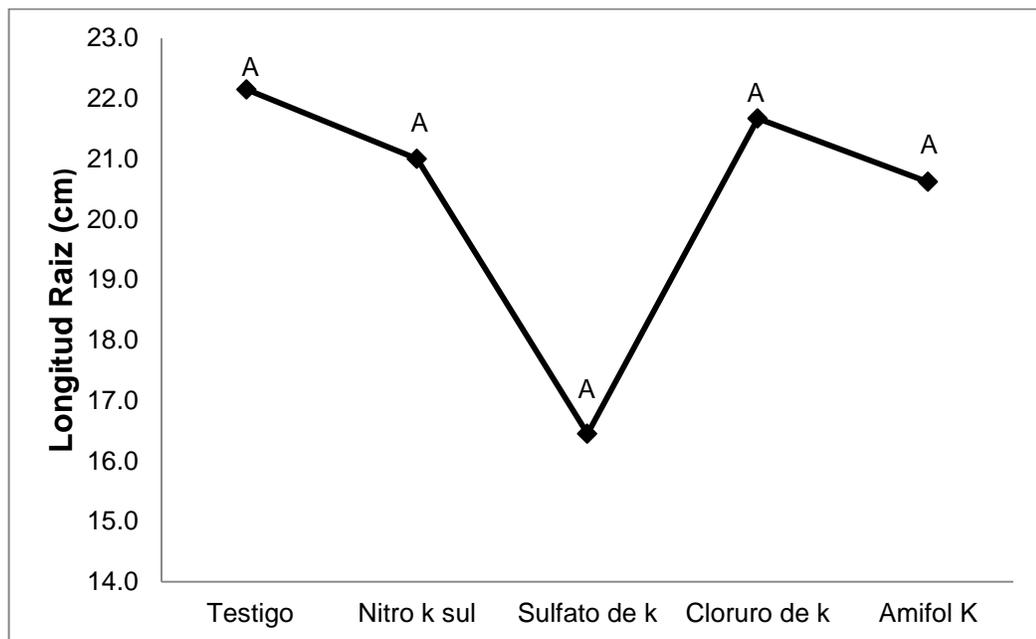


Figura 2. Longitud de raíz de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.

4.3. Peso Fresco de Tallo

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), los tratamientos analizados no muestran diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo al aplicar (Sulfato de K), se obtuvo un incremento en el peso de tallos, con 4 gramos de diferencia entre el tratamiento 2 (Nitro K Sul) con peso menor peso de tallos. Estos resultados no concuerdan con (Núñez, 2005), quien al aplicar sulfato de amonio y nitrato de potasio, no hubo incremento de biomasa en cultivo de brócoli.

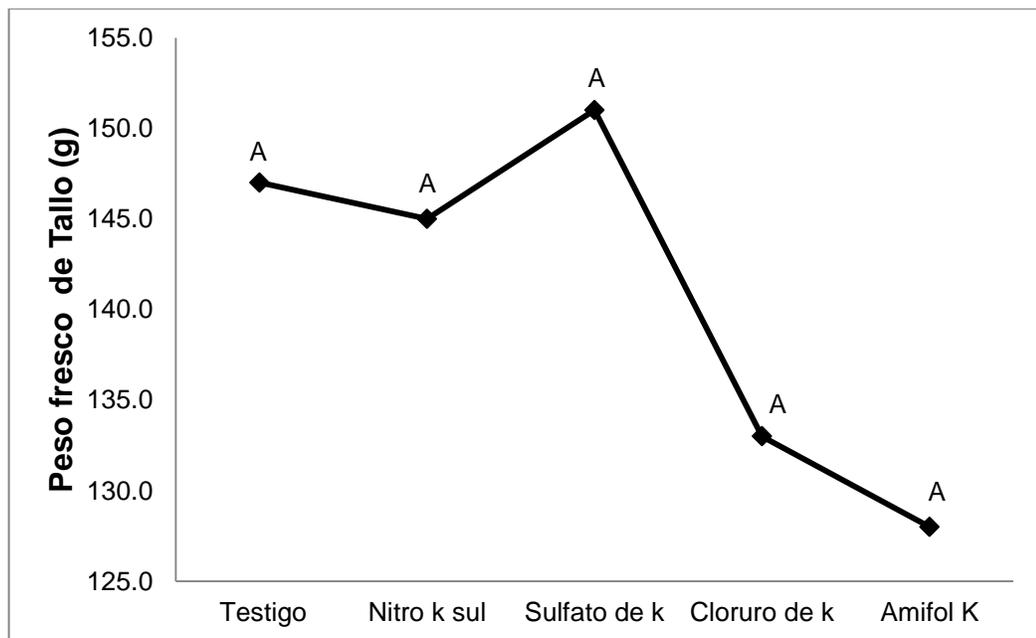


Figura 3. Comportamiento de los tratamientos para la variable peso de tallo, con diferentes fuentes de potasio.

4.4. Peso Fresco de Raíz

En la prueba de rangos múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$), los tratamientos analizados no muestran diferencia significativa con respecto al testigo. Estos resultados difieren de (Godoy 1971) quien en un experimento con duraznero y utilizando diferentes fuentes de potasio, encuentra que sulfato de potasio es quien obtiene mayor rendimiento en peso de raíz con 20 g de diferencia, con respecto a sulfato de potasio.

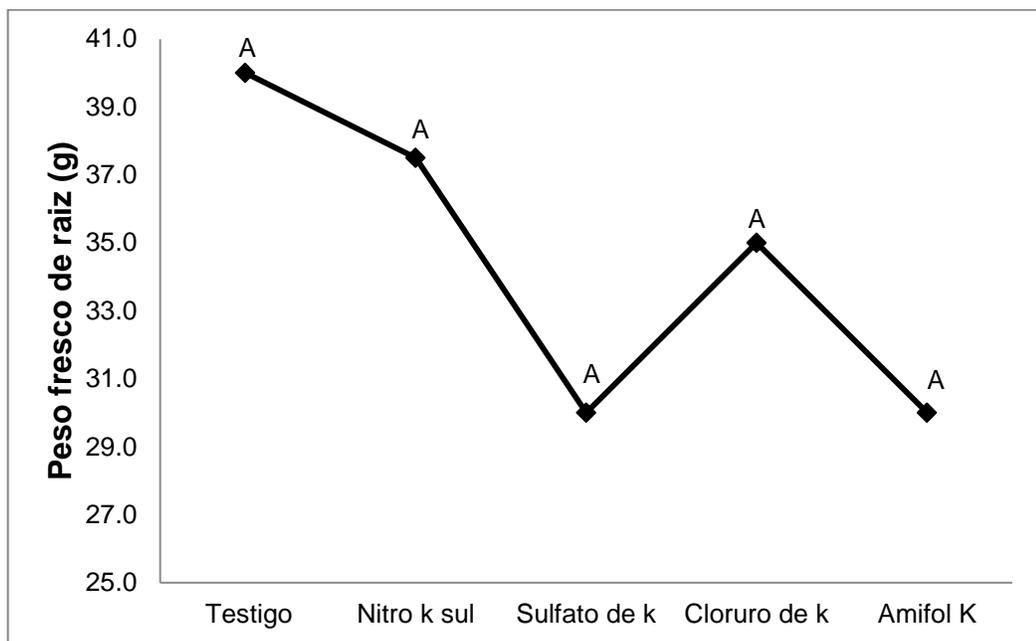


Figura 4. Peso de Raíz, con diferentes fuentes de potasio.

4.5. Peso Fresco de Hojas

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), los tratamientos analizados en comparación con el testigo si existe diferencia significativa, el tratamiento 2 (Nitro K Sul) se obtiene un aumento en el peso fresco de follaje en las plantas de brócoli comparado con el testigo. (Castellarín *et al.*, 2009) el incremento de biomasa, en respuesta a la adición de azufre, es atribuida a una interacción positiva entre nitrógeno y azufre. Esto se puso en evidencia en las eficiencias en el uso del nitrógeno tanto en la producción de biomasa como en el rendimiento en grano en un experimento de trigo.

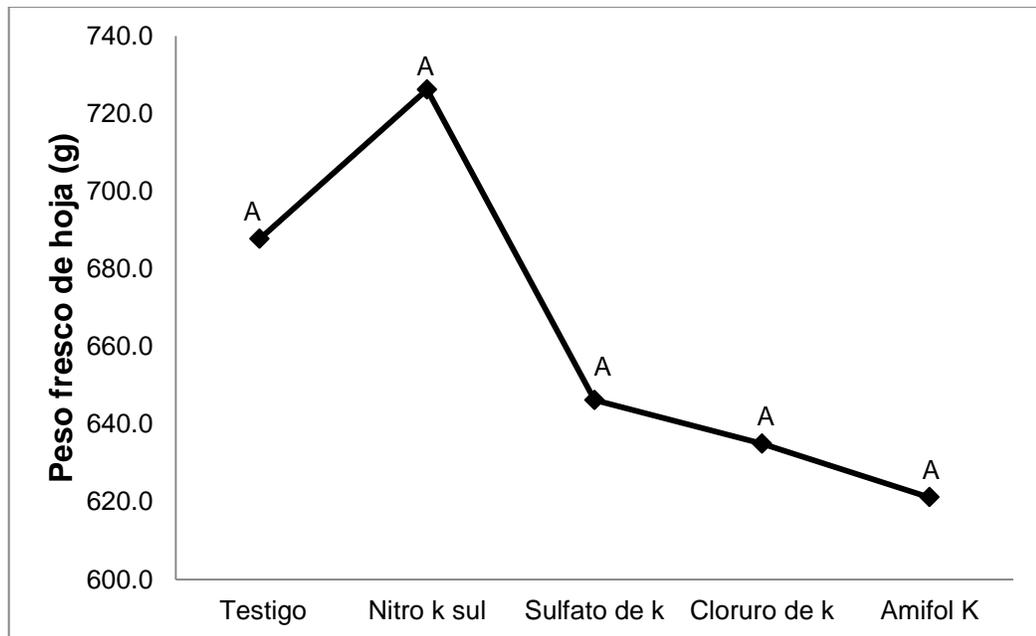


Figura 5. Peso de hojas, con diferentes fuentes de potasio.

4.6. Contenido de NO₃ en Hojas

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$), los tratamientos analizados respecto al testigo muestran diferencia significativa, el tratamiento 5 con un 31 % de potasio y 5% de aminoácidos, tiene mayor concentración de nitratos en hojas. Estos resultados coinciden con (Rincon *et al.*, 1995), donde la concentración de nitratos en hojas de lechuga hubo diferencia significativa con diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Para (Berh, 1992), las diferencias del contenido de nitratos del suelo inciden sobre la asimilación de nitratos en las hojas, según (Roorda 1985), el contenido de nitratos en un cultivo se ve afectado de forma simultánea, por la fertilización nitrogenada y la intensidad lumínica.

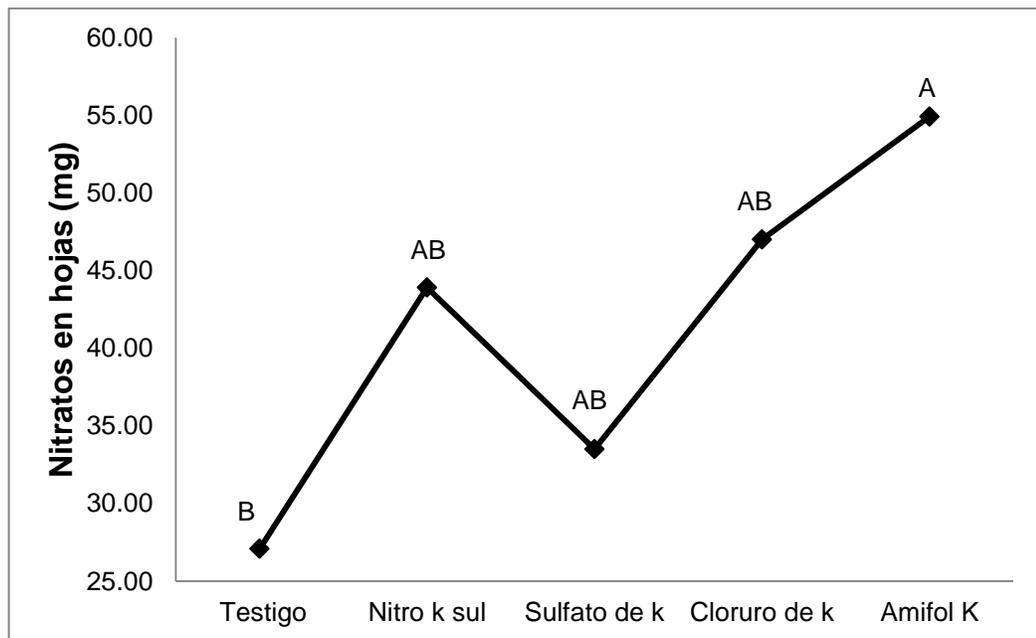


Figura 6. Contenido de NO₃ en Hojas de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.

4.7. Contenido de NO₃ en Brácteas

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$), los tratamientos analizados con respecto al testigo no muestran diferencia significativa. Estos resultados Difieren de He *et al.*, (1994) quien reportó altos niveles de nitratos en peciolo de tomate, en respuesta a la aplicación de nitratos en la solución nutritiva.

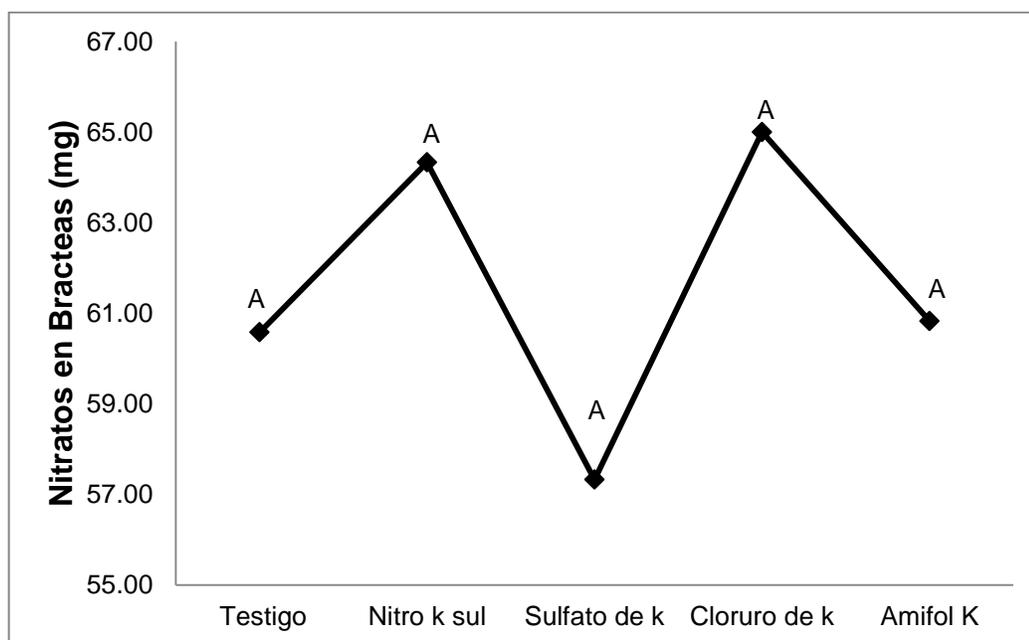


Figura 7. Contenido de NO₃ en brácteas de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.

4.8. Contenido de Clorofilas

De acuerdo a la prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), los tratamientos analizados en comparación con el testigo no tienen diferencia significativa. Estos resultados concuerdan con (Ramírez, 2010) que en una investigación con tulipán holandés agregando fertilización de potasio y calcio, no muestra diferencia en el contenido de clorofilas en los tratamientos evaluados con fertilización potásica.

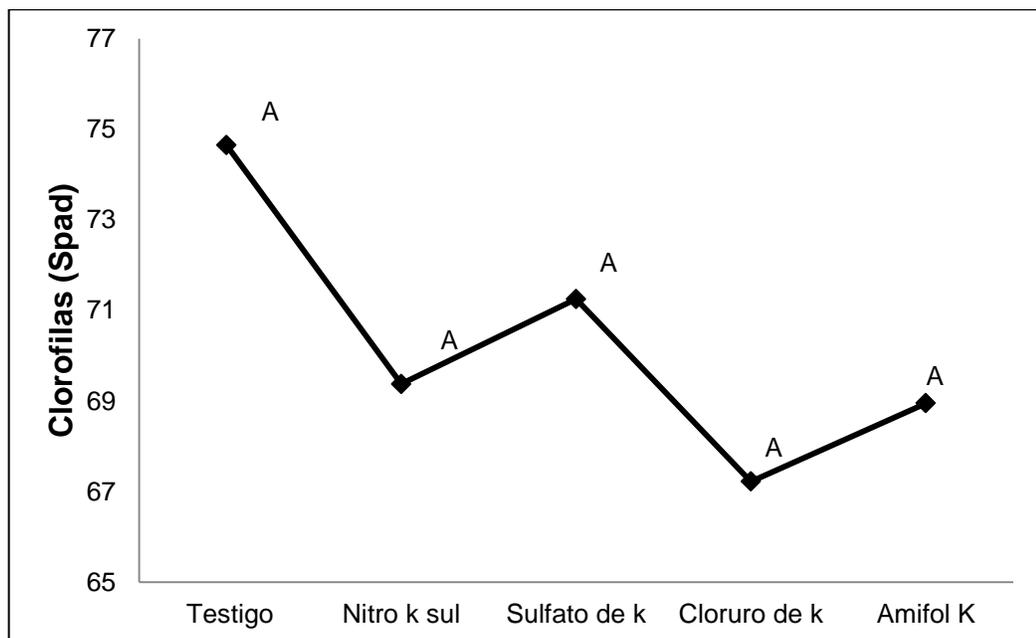


Figura 8. Contenido de clorofilas en hojas de brócoli (Unidades Spad), con diferentes fuentes de potasio.

4.9. Diámetro Ecuatorial de la Pella

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$), se concluye que estadísticamente los tratamientos analizados con respecto al testigo no muestran diferencia significativa, se observa que el tratamiento 1 (Testigo) supera a todos los tratamientos con 9% de diferencia en cuanto a diámetro ecuatorial. Esto no concuerda con (Ramírez Santoyo, 2010) quien trabajando diferentes porcentajes de potasio encuentra que a un porcentaje de 40% de potasio el diámetro del tomate incrementa en comparación del 20% y 60%, respectivamente.

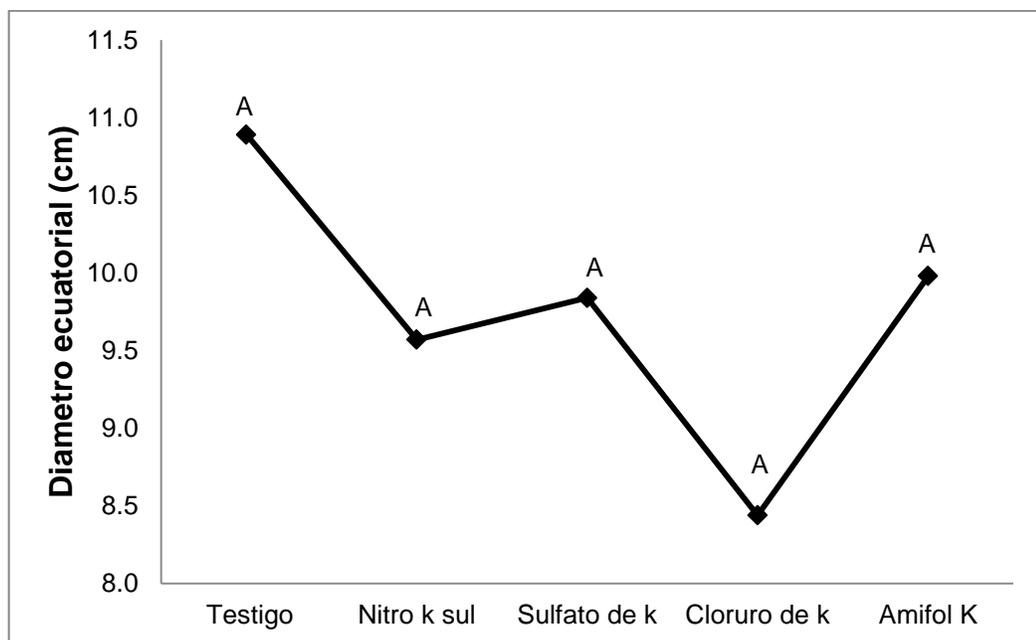


Figura 9. Diámetro Ecuatorial de pella de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.

4.10. Diámetro Polar de Pellas

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$), se concluye que estadísticamente los tratamientos analizados con respecto al testigo no muestran diferencia significativa, el tratamiento 1 (Testigo) supera a todos los tratamientos con 7% de diferencia en cuanto a diámetro polar, concuerda con (Gutiérrez, 1995) que trabajando con Chile, y aplicando diferentes niveles de nitrato de potasio, encuentra que no existen diferencias en cuanto a diámetro polar y ecuatorial, pero aun así se obtiene frutos de muy buena calidad.

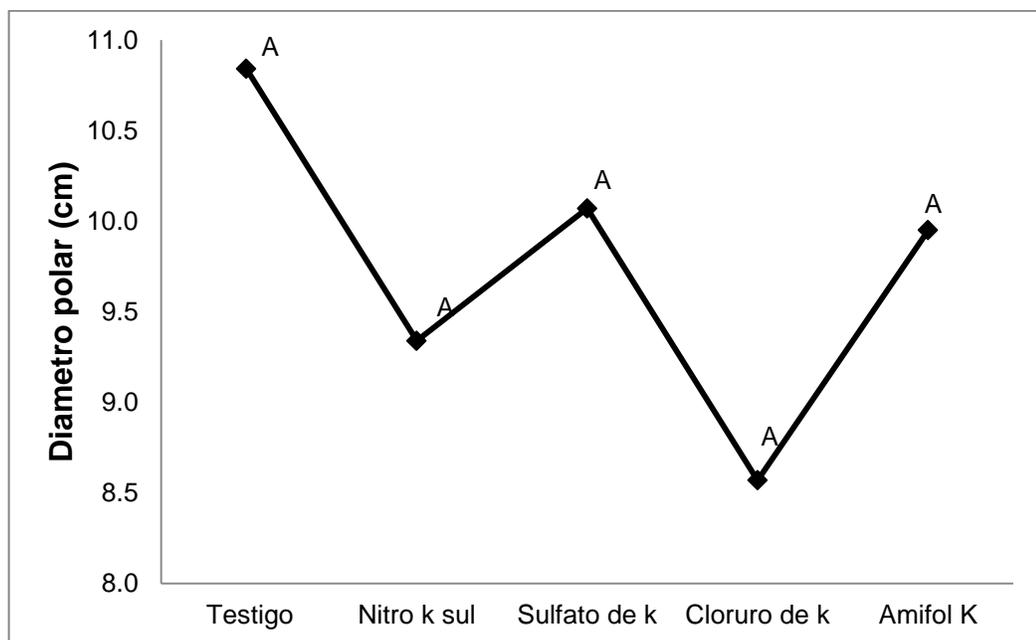


Figura 10. Diámetro polar pella de brócoli, con diferentes fuentes de potasio.

V. CONCLUSIONES

Las diferentes fuentes de potasio puestas en el experimento no presentaron efecto en el cultivo de brócoli, pues mostraron que no aumenta la longitud de tallo así como longitud de raíz, con relación al testigo.

La aplicación de Nitro k sul, que contiene una concentración de 45% de K y 12% de N, favoreció la producción de biomasa esto a la relación entre nitrógeno y azufre en la planta.

El contenido de nitratos en hojas se vio favorecido por la aplicación de amifol k, el producto que tiene una composición de 31% de K_2O y 5% de aminoácidos. Pero la concentración de nitratos en brácteas esta favorecido por la fuente de potasio, Cloruro de potasio.

La concentración de clorofila no fue modificada por ninguno de los tratamientos con fertilización potasica.

Diámetro ecuatorial y polar de pella no se vio favorecido por la aplicación de fuentes potásicas diferentes al Testigo, si el objetivo es tener productos de calidad el aporte de sulfato de amonio favorecerá para obtener un mejor rendimiento y una planta vigorosa.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Aguado, L. G. 1999.** Dinámica del potasio en suelos agrícolas. Tesis de maestría del Colegio de Postgraduados.
- Azcón-Bieto, J y M. Talón. 2001.** Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid, 522p.
- Barber, S. A. 1961.** A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. Journal paper at Purdue University in Agricultural experiment station on sabbatical year with Hans Jenny.
- Bres W A, Kamosa A Golez, E Kozik, J Roszyk, Tyksinski-W (1991).** Nitrate and nitrite contents in vegetables from markets in Poznan. Prace-z-Zakresu-Nauk-Rolniczych. 71:2.9.
- Casseres E. 1980.** Producción de hortalizas.-3 ed. San José, Costa Rica: IICA, 1980, 387P.
- Castellanos R., J. Z. 1998.** El seguimiento de la nutrición del brócoli en los sistemas de fertirrigación. Plantaciones modernas. AGROSEM año 3, 1: 137-152.
- Castellarín, J, M.Pedrol H. M, Dignani, D, Ferraguti, F, y Salvagiotti. 2009.** Interacción del nitrógeno con el azufre y sus efectos sobre la producción de biomasa y el rendimiento en diferentes genotipos de trigo.
- Cevallos, R.2001.** Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento del brócoli (*Brassica oleracea. Var Itálica*). Tesis Ing. Agr. Riobamba, Escuela Superior politécnica de Chimborazo, Escuela de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. 88 p.
- Chávez, F. 2001.** El cultivo de brócoli. Quito-Ecuador. Curso internacional de producción de hortalizas para la exportación (Corporación PROEXANT), 7p.
- Departamento de Agricultura Gigante Verde S.A de C.V. 1992.** Cultivo de Brócoli circular interna. México.

- Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000.** Rice: nutrient disorders & nutrient management.
- El Agro. 2003.** Brócoli producción en constante crecimiento. Editorial UMINASA, S.A. Guayaquil-Ecuador. 10 p.
- FAO. 2013.** Valor nutritivo y usos en la alimentación humana de algunos cultivos autóctonos subexplotados de Mesoamérica. FAO. Santiago de Chile. p. 19.
- Geraldson C.M. K B Tyler. 1990.** Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops.*In: Soil Testing and Plant Analysis.* R L Westerman (ed). Soil. Soc. America. Madison WIS. Pp: 544-562.
- Gray, A.R. 1982.** Taxonomy and Evolution of broccoli. *Economy Botany* 36(4):397-410
- Guerrero, R. 1993.** Los Nutrientes de las Plantas. En: Fertilización de cultivos de clima frío. (vol.3). monómeros Colombo Venezolanos S.A. (E.M.A), Barranquilla, p. 9-13.
- Gutiérrez C.M.A. 1995.** Potasio y Calcio Aplicado al Suelo y su Influencia en la Productividad y calidad de Hortalizas. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Son. 115 p.
- Godoy 1971.** Concentración crítica de potasio en durazneros (*Prunus pérsica*). Tesis Universidad de Chile.
- Havlin, J.D.G. Westfall and S.R. Olsen.1999.** Mathematic models for potassium release kinetics in calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am J.* 9;371-377
- Haylander, L. D., N. Ae, T. Hatta and M. Sugiyama. 1999.** Exploitation of K near roots of cotton, maize, upland rice, and soybean grown in an Ultisol. *Plant and Soil* 208:33-41
- He Y Q, S Terabayashi, T Nanuiki, y Q He. 1994.** Fundamental study for diagnosis in nutrient status of tomatoes cultured in hydroponics-concentration of elements in leaves as influence by nitrate feeding. *Scientific Rep. Kyoto Prefectural University. Agriculture* 46:7-14

- Hill, Y. 2003.** Separating limiting from non-limiting nutrients. *J. plants nutr.* 109: 1381-1390 pp.
- Holcomb E.J, White J.W. 1999.** Potassium fertilization of chrysanthemums using a constant-drip fertilizer solution. Department of Horticulture, The Pennsylvania State University University Park, Pennsylvania.
- Imas, P 2010.** El potasio: Nutriente esencial para aumentar el rendimiento y la calidad de las cosechas. Boletín, ICL Fertilizers.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).** Guía de recomendaciones de Fertilización y Nutrición de Cultivos. Departamento de manejo de suelos y aguas, Estación Experimental Santa Catalina, Quito-Ecuador (en edición).
- Jaramillo, N. J. E.; Atehortúa, L. (Compiladores). 2002.** El poder de los vegetales. "Propiedades y usos populares de la hortalizas de clima frío moderado". Compendio 2. Centro de Investigación La Selva, CORPOICA. Rionegro, Antioquia, Colombia. 60 p.
- Joiner, J. N. 1996.** Effects of P, K, and Mg levels on growth, yield and chemical composition of *Crysanthemum morifolium* 'Indianapolis White #3'. *Proc. Am. Soc Hort. Sci.* 90, 389-396 (1999).
- Krarp, C. 1992.** Seminario sobre producción de brócoli. Consultores de desarrollo agrícola, I., Quito, Ecuador. 26p.
- Lazcano F.I., McCully, y H. Chirinos V. 1997.** Los beneficios del uso de $K_2SO_4-2MgSO_4$, *In: La fertilización balanceada de brócoli en el bajío de México: 3rd Fertilizar Latin America International Conference.* Instituto de la Potasa y el Fosforo. A.C.
- Le Bot, J.S. Adamowicz and P. Robin. 1998.** Modelling plant nutrition of horticultural crops: a review. *Sci. Hort.* 74:47-82.
- Maroto J.V. 2007.** El cultivo de la coliflor y el brócoli. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

- Martínez R.,R. 2004.** El cultivo del Brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) en el norte de Guanajuato. Tesis profesional U.A.A.AN, Saltillo, Coahuila, México.
- Marschner, H. 1998.** Mineral Nutrition of higher plants. Academic Press, San Diego, 889p.
- Ministry of Agriculture, Foot and Fisheries Maff. 1999.** Nitrate in lettuce and spinach. Foot surveillance information sheet 177,11.
- Moreno, D.A.; Carvajal, M.; López-Berenguer, C.; García-Viguera, C. 2006.** Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 41, pp.1508–1522.
- Núñez E. R. 1961.** Interrelations in the absorption and translocation of potassium and boron by tomato plants. Tesis de M. Sc. University of California, Davis.
- Núñez E. R. 2002.** Apuntes del curso de tecnología y uso de fertilizantes. COLPOS.
- Pinzon R., H.; Isshiki Masayoshi. 2001.** El cultivo de algunas hortalizas promisorias en Colombia. Corporación Colombiana Agropecuaria CORPOICA, Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Produmedios. Bogota D. C. 34 p.
- Pratt, P. F., D. Knudsen & G. A. Peterson. 1982.** Lithium, Sodium and Potassium. In: P. F. Pratt (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy # 9. ASA, SSSA. Madison WI. USA.
- Potash & Phosphate Institute, 1997.** Manual internacional de fertilidad de suelos. (Instituto de la Potasa y el Fósforo AC INPOFOS). P81-93.
- Pollak, J. 2003.** Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre el rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) cultivar legacy. Tesis Ing. Agr. En Santiago de Chile. 24-30p.
- Pihan S., R. 1996.** Aspectos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del brócoli. In: Seminario en tecnologías para producir altos rendimientos y buena calidad en brócoli y coliflor. SQM-Nitra-tos Chilenos, Irapuato, Guanajuato. pp: 1-21.

- Ramírez M. M 2010.** La relación K^+/Ca^{2+} de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carr. México–Texcoco km. 36.5 56230, Montecillo, México
- Rincón L., Saez J., Pellicer C. 1995.** Contenido de nitratos en lechuga tipo iceberg en las áreas de cultivo de la región de Murcia. *FEACOAM. Informa*, 4.12.
- Rodríguez S., J. 1993.** La fertilización de los cultivos: un método racional. Colección en agricultura. 3ª edición. Facultad de agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Rodríguez S. J. 1993a.** La fertilización de los cultivos. Colección en agricultura. 2ª edición. Facultad de agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Rodríguez S. J. 1993b.** Manual de fertilización. Colección en agricultura. 1ª edición. Facultad de agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Roorda Van Eysinga 1985.** effect of nitrogen nutrition and global radiation on yield and nitrate content of lettuce grown under glass. *Commun, in Soil sci. Plant anal.*, 16,1293
- Secretaria de Agricultura Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion.**
Monografía cultivo de brócoli julio 2011
- Salomón, E. 1998.** Extraction of soil Potassium with 0.01 M calcium chloride compared to Official Swedish methods. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.*, 29(19-20), 2841-2854.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).** Consultado el 20 de enero del 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Soto J. A. 1991.** Efecto de la fertilización nitrogenada y la población sobre rendimiento y calidad de brócoli (*Brassica oleracea* Var *italica*) durante dos ciclos en Cargo, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 15: 19-27.

- Soon, Y. K. & C. J. Warren. 1993.** Soil solution. In Soil sampling and methods of analysis. Ed by Martin R. Carter for Canadian society of soil science. Lewis Publisher. Florida.
- Tisdale, L. S, Nelson, L. W. 1987.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Traducido por Jorge Balash. Ed. Hispano Americana. México, D. F.
- Thomas, J.A., Jeffrey, A.C., Atsuko, K., David, M.K., 2005.** Regulating the proton budget of higher plant photosynthesis. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 102, 9709–9713.
- Thompson, L. M, F. R. Troech, 1982.** Los suelos y su fertilidad. Editorial Reverte, S. A. España.
- Uribe, E. , y F. R., Cox. 1990.** Dinámica y manejo de potasio en sistemas de altos y bajos insumos en Ultisoles amazónicos. Memorias del taller de investigación en suelos tropicales. RISTROP. San José, Costa Rica.
- Valadez, L.A 1989.** Producción de hortalizas. 1ª Edición. Editorial LIMUSA México, D.F.
- Valdez, L. 1994.** Producción de Hortalizas, editorial UTHEA, noriega editores, Balderas95. Mex. D.F. 8va. Reimpresion 2001.
- Wang, B., Lan, T., Wu, W.R., Li, W.M., 2003.** Mapping of QTLs controlling chlorophyll content in rice (*Oryza sativa* L.). Acta Genet. Sin. 30, 1127–1132. Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli. J. Pharm. Biomed. Anal., 41(5), 1508-1522.
- Watson, R. and S. Mufti. 1996.** Nutrition and Cancer Prevention. New York: CRC Press: 317-325.

VII.APÉNDICE

Análisis de varianza de las variables medidas en las plantas de brócoli tratadas con diferentes fuentes de potasio.

Tabla A1. Longitud de tallo.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	39.71	9.9275	0.86	0.5079
Error	15	172.41	11.494		
Total	19	212.12			

C.V= 14.42672 Media= 23.50

Tabla A2. Longitud Raíz.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	82.797	20.699	1.51	0.2489
Error	15	205.455	13.697		
Total	19	288.252			

C.V= 18.15969 Media= 20.38

Tabla A3. Peso Fresco de Tallo

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	0.0014	0.0036	0.32	0.8569
Error	15	0.01688	0.00115		
Total	19	0.01834			

C.V= 23.75025 Media= 0.14

Tabla A4. Peso Fresco de Hojas

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	0.02963	0.0074	-45	0.7699

Error	15	0.24613	0.0164
Total	19	0.27576	

C.V= 19.31348 Media= 0.66

Tabla A5. Peso Fresco de Raíz.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	0.00032	0.00008	1.55	0.2389
Error	15	0.00077	0.00005		
Total	19	0.00109			

C.V= 20.83465 Media= 0.03

Tabla A6. Contenido de NO₃ en hojas

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	19507302.3	4876825.58	4.68	0.0119
Error	5	15632034.5	4876825.58		
Total	19	35139336.8			

C.V=24.72751 Media= 4128.40

Tabla A7. NO₃ en Brácteas.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	1554291.3	388572.825	0.34	0.8446
Error	15	16983051.3	1132203.42		
Total	19	18537342.6			

C.V= 17.26892 Media= 6161.650

Tabla A8. Contenido de Clorofilas en Hojas de Brócoli

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	127.833	31.95825	1.1	0.3931
Error	15	436.465	29.09766		
Total	19	564.298			

C.V= 7.67424 Media= 70.29

Tabla A9. Diámetro Ecuatorial de pellas

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	31.0892	7.7723	0.44	0.782
Error	45	802.574	17.83497		
Tota	49	833.6632			

C.V= 43.34101 Media= 9.74

Tabla A10. Diámetro Polar de pella

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr >F
Tratamiento	4	28.9092	7.2273	0.37	0.8299
Error	45	882.935	19.62077		
Total	49	911.8442			

C.V= 45.41249 Media=9.75

Tabla A11. Comparación de medias de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de las variables, Longitud de tallo, Longitud de Raíz.

Variables	Tratamiento	Media (cm)	Tukey Agrupamiento
longitud de Tallo	4	25.22	A
	2	25.20	A
	5	22.62	A
	3	22.37	A
	1	22.07	A
longitud de Raíz	1	22.15	A
	4	21.65	A
	2	21.00	A
	5	20.62	A
	3	16.45	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla A12. Comparación de medias de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de la variable de Peso Fresco de Tallo.

VARIABLES	Tratamiento	Media (g)	Tukey Agrupamiento
Peso fresco de Tallo	3	0.151	A
	1	0.147	A
	2	0.145	A
	4	0.133	A
	5	0.128	A
Peso fresco de Hojas	2	0.726	A
	1	0.687	A
	3	0.646	A
	4	0.635	A
	5	0.621	A
Peso fresco de Raíz	1	0.0400	A
	2	0.0375	A
	4	0.0350	A
	3	0.0300	A
	5	0.0300	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla A13. Comparación de medias de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de la variable NO₃ en Brácteas.

VARIABLES	Tratamiento	Media (ppm)	Tukey Agrupamiento
NO ₃ en Hojas	5	5491.8	A
	4	4700.0	AB
	2	4391.8	AB

	3	3350.0	AB
	1	2708.5	B
NO ₃ en Brácteas	4	6500.0	A
	2	6433.3	A
	5	6083.5	A
	1	6058.3	A
	3	5733.3	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla A14. Comparación de medias de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de la variable Contenido de Clorofilas.

VARIABLES	Tratamiento	Media (Spad)	Tukey Agrupamiento
Clorofilas	1	74.650	A
	3	71.250	A
	2	69.375	A
	5	68.950	A
	4	67.225	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Tabla 15. Comparación de medias de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de la variable Diámetro Ecuatorial de pella

VARIABLES	Tratamiento	Media (cm)	Tukey Agrupamiento
Diámetro Ecuatorial de Pella	1	10.89	A
	5	9.98	A
	3	9.84	A
	2	9.57	A
	4	8.44	A
Diámetro Polar de	1	10.84	A
	3	10.07	A

Pella	5	9.95	A
	2	9.34	A
	4	8.57	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes