

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de la Gallinaza Como Fertilizante en el Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) en Condiciones de Campo Abierto

Por:

CHRISTIAN ALEJANDRO HERNÁNDEZ RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de la Gallinaza Como Fertilizante en el Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) en Condiciones de Campo Abierto

Por:

CHRISTIAN ALEJANDRO HERNÁNDEZ RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Asesor Principal



M.C. Raúl Alejandro Ramos Salazar

Asesor Principal Externo



Dra. Laura Raquel Luna García

Coasesor



Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2024



DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.



Christian Alejandro Hernández Ramírez

Nombre y firma

“La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre”

Cicerón

“En la tierra la vida comienza, la siembra da fuerza a la tierra, el hombre con sus manos siente, la lluvia del cielo como un regalo, sembrar es amar en lo profundo, dar vida a lo que en la tierra se esconde. La cosecha es el fruto del amor, la alegría del campo, la gloria de la labor.”

Pablo Neruda

DEDICATORIAS

A mis queridos padres

Olga Ramírez Tovar y Alejandro Hernández Álvarez, este proyecto es para ustedes, por estar siempre a mi lado, cuidándome con su amor incondicional. Ustedes, con sus valores y enseñanzas, me han mostrado el verdadero significado de luchar por mis sueños, creer en mí mismo y esforzarme cada día para ser mejor persona.

Mamá, papá, las lecciones de vida que me han brindado han sido fundamentales. Gracias por enseñarme que, aunque a veces sea necesario dar un paso atrás, siempre es para ganar impulso, nunca para rendirme. Valoro profundamente todo su apoyo, su preocupación y el ánimo constante que me han dado. Hoy, me honra poder dedicarles este logro, el cual es la culminación de un sueño que de niño anhelaba. Este es un reflejo de su esfuerzo y amor incondicional, y me llena de orgullo compartirlo con ustedes. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este proceso

A mis hermanas

Olga Alejandra, Casandra Carolina, Mayte Valentina, Camila Jocelyn, que siempre me mostraron su cariño y ser un pilar en mi vida, por el apoyo en este proceso, por emocionarse y estresarse conmigo en los momentos difíciles y siempre estar ahí, su acompañamiento ha sido esencial. Su amor y confianza me han dado fuerza para enfrentar los desafíos y la determinación para alcanzar este sueño, este logro también es suyo, porque sin su apoyo constante, no habría sido posible llegar hasta aquí

A mis primos

Brayan, Ricardo, por brindarme su apoyo incondicional, por esas veces que hicieron que me exigiera más y con ello demostrar que todo se puede hacer. Por estar conmigo en momentos de presión y miedo.

A mis tíos

José Luz, Gustavo, David, Vicente, Humberto, Jaime, Luis, Pedro, Martín, por su apoyo incondicional, tanto material como moral, su generosidad y cariño me forjaron para hacer las cosas de mejor manera, estuvieron conmigo en momentos de dudas, su ejemplo ha sido fuente constante de inspiración, gracias por todo lo que han hecho por mí, este logro también es suyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de estar aquí y permitirme cumplir con una de tantas metas, un logro especial, al igual ofrezco mi gratitud y las infinitas gracias por rodearme de tanta gente que nunca me dejó solo, creyó en mí y me acompañó en este gran proyecto y a la vida por ser partícipe de esos sueños frustrados de niño que hoy por fin se cumplen.

Me quiero dar las gracias a mí, no solo por haberlo logrado, sino porque a pesar de que algunos días sentía que no podía antes y después de haber comenzado, no me rendí y me convencí de que conseguiría eso y más, solo era el comienzo una gran etapa.

A mi Alma Terra Mater

A la poderosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro quien me regaló una de las mejores etapas de mi vida y marcarme por siempre, quien me permitió forjarme como profesionalista, por siempre ser mi primera y única opción para culminar uno de mis proyectos más grandes. Aquí encontré mi segunda casa, mi segunda familia, gracias por ponerme frente a personas que me apoyaron desde el inicio, por ser la mejor universidad del agro, cada lección, cada desafío y cada momento vivido en sus aulas han sido fundamentales en mi formación.

Al Dr. Alberto Sandoval Rangel

Que me brindó su apoyo en este proyecto, por haber creído en mí y haberme apoyado tanto material como moralmente, agradezco sus consejos y regaños, por haberme transmitido esas ganas de crecer y aprender, por no dejarme solo.

A la Dra. Laura Raquel Luna García

Agradezco su infinito apoyo a pesar que la molestaba todos los días, por su tiempo, su comprensión, por haber creído en mí, su conocimiento y dedicación me dieron tranquilidad, siempre recordare su apoyo como parte esencial de este proyecto.

Al M.C Raúl Alejandro Ramos Salazar

Gracias por depositar tu confianza en mí y enseñarme que jamás debemos de agachar la cabeza, que, si las cosas pasan, son por algo, gracias por ayudarme en todo este proceso tan desgastante y brindarme tu valiosa experiencia.

A mis profesores

Dra. Nadia, Dra. Fabiola Ing. Gerardo, Dr. Víctor, Dr. Enrique, Dr. Armando, Dr. Dueñez, MVZ. Erick, que en forma particular me brindaron su apoyo incondicional en este proceso, por siempre dejarme grandes enseñanzas y brindarme su conocimiento para disipar dudas, por regalarme un poco de su tiempo.

A mis amigos

Jafet, Israel, David, Mico, Fernando, Milton, Pablo, Ricardo, Daniel, Emilio, Alan, Josua, Luis “peruano”, Isaid, Luis S, Fabián, Caro, Lisa, Rebeca, Diana, Tania, Fátima, Andrea, Nay, Daniela, el capi, gracias por haber confiado en mí y haberme apoyado siempre, gracias por regalarme buenos ratos y compartir de mis mejores experiencias, aprecio el tiempo que se tomaron para sacarme de más de un apuro y por aguantarme tanto, los llevare conmigo siempre.

A mi familia

Agradezco su apoyo constante en este pequeño viaje, por sus sabios consejos y cariño incondicional, todos fueron parte importante del proceso, brindándome fuerzas todo este tiempo, este logro también es para ustedes, un reflejo de la persona que me convertí gracias a su orientación y regaños.

A Andrea

Gracias por haber sido parte de este camino y haber compartido momentos que me dieron alegría, tu presencia sigue siendo una inspiración para mí. Alguna vez te conté sobre esto y por fin culminó.

INDICE GENERAL

DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS	vii
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
Objetivo	17
Hipótesis	17
REVISION DE LITERATURA	18
Importancia del cultivo.....	18
Origen e Historia.....	18
Producción mundial	19
Producción nacional	19
Descripción botánica del cultivo.....	21
Taxonomía del cultivo	21
Fenología del cultivo	22
Composición química y valor nutritivo	24
Beneficios para la salud	25
Requerimientos edafo-climatológicos.....	26
Requerimientos nutricionales y fertilización	27
Brócoli variedad Avenger	28
Manejo agronómico del cultivo	29
Plagas y enfermedades.....	31
Malezas.....	32
Fisiopatías.....	33
Cosecha.....	33
Gallinaza.....	34
Importancia de abonos orgánicos en la agricultura	36

Ventajas de aplicación de abonos en el suelo	38
MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
Localización del sitio experimental	39
Clima	39
Obtención de la Gallinaza	39
Obtención de Plántula	39
Actividades para el establecimiento del experimento	40
Preparación del terreno.....	40
Trasplante.....	40
Fertilización.....	40
Deshierbe.....	41
Labores Culturales	41
Control de plagas y enfermedades	42
Diseño experimental.....	43
Variables evaluadas	43
Análisis estadístico.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
Diámetro de inflorescencia (DI)	47
Tasa relativa de crecimiento diámetro de inflorescencia (TRCDI).	48
SPAD	49
Diámetro de tallo	51
Numero de hojas	51
Área foliar por hoja (AFH)	53
Biomasa foliar y biomasa fresca específica	53
Numero de inflorescencias cosechadas	54
Peso total	56
Peso promedio por inflorescencia	57
Rendimiento de inflorescencias de brócoli por hectárea	58
Costos de venta por hectárea Coahuila y California, USA.	60
Análisis multivariado.....	61
CONCLUSIONES.....	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de brócoli (Bolea, 2002).....	23
Figura 2. Etapas fenológicas del cultivo de brócoli, describiendo sus labores, plagas y un control biológico por semanas, desde germinación hasta senescencia (Tapia García y Magaña Lira, 2014).....	24
Figura 3. Tendencia en el crecimiento del diámetro de inflorescencia de brócoli ante la aplicación de diferentes dosis de gallinaza a los 72, 78, 86 y 93 días después del trasplante. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.....	48
Figura 4. Tendencia en la tasa relativa de crecimiento de la inflorescencia de brócoli ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.	49
Figura 5. Medición SPAD, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.	50
Figura 6. Mediciones finales del diámetro de tallo expresadas en milímetros, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.	51
Figura 7. Número de hojas totales por planta de brócoli, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.	52
Figura 8. Área foliar por hoja de brócoli, tomando en cuenta tres hojas por planta, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.	53
Figura 9. Biomasa foliar de la planta de brócoli, tomando en cuenta las diferentes mediciones mostradas, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.	54
Figura 10. Numero de inflorescencias de brócoli cosechadas durante cuatro cortes, así como el total, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.	55
Figura 11. Porcentaje de inflorescencias de brócoli cosechadas, tomando en cuenta un total de 175 plantas por repetición, ante la aplicación de distintas	

dosis de gallinaza. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.	56
Figura 12. Peso total del brócoli cosechado ante la aplicación de diferentes dosis de gallinaza. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.	57
Figura 13. Peso promedio de inflorescencias de brócoli cosechadas, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.	58
Figura 14. Rendimiento de inflorescencias brócoli cosechadas por hectárea, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.	59
Figura 15. Costos de venta de la producción de brócoli por hectárea calculados el día 19 de diciembre de 2023, para el estado de Coahuila y California, USA, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases fenológicas del cultivo de brócoli descritas en orden.....	22
Tabla 2. Información Nutrimental del fruto de Brócoli por cada 100 gr de peso fresco.....	25
Tabla 3. Descripción de tratamientos llevados a cabo en el experimento..._	43
Tabla 4. Análisis de varianza multivariado de cultivo de brócoli, donde se tomó en cuenta el Peso Total, Circunferencia, Diámetro De Tallo, Numero De Pedúnculos, Numero De Hojas Área Foliar Unitaria, Inflorescencias Cosechadas, Peso Promedio Por Inflorescencia Y Biomasa Foliar Total ante la aplicación de diferentes dosis de gallinaza.....	61

RESUMEN

El brócoli es una hortaliza de alto valor nutricional, ampliamente consumida por su versatilidad y beneficios para la salud. En México, es un cultivo de gran importancia económica, con un notable crecimiento en la producción, especialmente en Guanajuato. Sin embargo, los altos costos de producción, especialmente los fertilizantes químicos, representan un desafío para los productores. Así es como la gallinaza emerge como una alternativa viable y económica para reducir el uso de fertilizantes químicos, mejorando la calidad del suelo y promoviendo la sostenibilidad agrícola. Este estudio evaluó el efecto de diversas dosis de gallinaza (2, 4, 8 y 16 t ha⁻¹) sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del brócoli cultivado en ambientes al aire libre en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones por tratamiento y cinco plantas por repetición. Se evaluaron variables como el diámetro de inflorescencia, número de inflorescencias cosechadas, peso total, rendimiento por hectárea, y parámetros fisiológicos como el diámetro de tallo y el número de hojas. Los resultados mostraron que las dosis de 8 y 16 t ha⁻¹ favorecieron el crecimiento de las inflorescencias, con incrementos significativos en diámetro y peso total en comparación con el testigo químico. A pesar de que no se observaron diferencias significativas en algunas variables, como la tasa relativa de crecimiento y número de hojas, los tratamientos con gallinaza demostraron ser rentables, mejorando la calidad del cultivo y contribuyendo a un mayor rendimiento económico. Además, el análisis multivariado indicó que las dosis altas de gallinaza mejoraron significativamente el rendimiento por hectárea y los costos de venta, especialmente en comparación con el testigo. En conclusión, el uso de gallinaza en la fertilización del brócoli incrementó el rendimiento y la calidad del cultivo, además de ofrecer una alternativa económica y sostenible frente a los fertilizantes químicos. Este estudio respalda la viabilidad de usar gallinaza para la producción de brócoli, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola y reduciendo los costos de producción.

Palabras clave: *Brócoli, fertilización orgánica, gallinaza.*

ABSTRACT

Broccoli is a highly nutritious vegetable, widely consumed for its versatility and health benefits. In Mexico, it is a crop of great economic importance, with notable growth in production, especially in Guanajuato. However, high production costs, particularly chemical fertilizers, present a challenge for producers. In this context, poultry litter (gallinaza) emerges as a viable and cost-effective alternative to reduce the use of chemical fertilizers, improving soil quality and promoting agricultural sustainability. This study evaluated the effect of different doses of poultry litter (2, 4, 8, and 16 t ha⁻¹) on the growth, yield, and quality of broccoli grown in open-field environments at the Department of Horticulture, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. The experimental design was a Randomized Complete Block Design with four replications per treatment and five plants per replication. Variables such as inflorescence diameter, number of inflorescences harvested, total weight, yield per hectare, and physiological parameters such as stem diameter and leaf count were evaluated. The results showed that the doses of 8 and 16 t ha⁻¹ favored inflorescence growth, with significant increases in diameter and total weight compared to the chemical control. Although no significant differences were observed in some variables, such as relative growth rate and number of leaves, poultry litter treatments proved to be cost-effective, improving crop quality and contributing to higher economic yield. Furthermore, multivariate analysis indicated that higher doses of poultry litter significantly improved yield per hectare and sales costs, especially compared to the control. In conclusion, the use of poultry litter in broccoli fertilization increased yield and crop quality, while also providing an economic and sustainable alternative to chemical fertilizers. This study supports the viability of using poultry litter for broccoli production, contributing to agricultural sustainability and reducing production costs.

Keywords: *Broccoli, organic fertilization, poultry litter.*

INTRODUCCIÓN

El brócoli es una hortaliza muy notable a nivel mundial, por su alto nivel nutritivo, versatilidad y sobre todo por su aceptación en las dietas saludables (Vinueza, *et al.*, 2023). En el año 2023, México se posicionó como el quinto productor mundial de brócoli, con una cifra de 632,258 mil t, superando a naciones como Italia, Turquía y Pakistán (SIAP, 2023). Este logro destaca la relevancia económica y agrícola que el brócoli ha adquirido en el país.

El impacto del brócoli en México, especialmente en el estado de Guanajuato, ha sido significativo, consolidándose como líder en producción y exportación, con especial énfasis en la zona noreste. De acuerdo a SIAP (2023), la producción nacional de brócoli en 2022 fue un 6.0% mayor que en el año anterior, lo que subraya su relevancia como una hortaliza de alto impacto. Su papel es crucial, tanto en la seguridad como en la nutrición alimentaria. Esta hortaliza se ha convertido en un pilar para muchos agricultores, representando su patrimonio y medio de subsistencia. A lo largo de los años, su producción y valor han experimentado un crecimiento constante, impulsado por una demanda sostenida, particularmente de países importadores como Estados Unidos y Canadá (Rocha y Cisneros 2019). Su versatilidad, lo destaca entre las principales hortalizas de la zona, sin embargo, los crecientes costos de producción plantean un desafío que merece atención. A nivel nacional, el consumo per cápita de brócoli se sitúa en 1.4 kg por persona, representando el 3.9% del valor total de la producción de hortalizas en el país, según datos del mismo organismo. Sin embargo, diversos factores como la pandemia mundial, conflictos bélicos y el presente cambio climático han incrementado los costos de producción del cultivo de brócoli. El incremento más notable es en los fertilizantes químicos convencionales, generando la necesidad de explorar alternativas sostenibles que maximicen las cosechas, reduzcan costos y garanticen la seguridad alimentaria.

La gallinaza puede ser una alternativa viable para disminuir el uso de fertilizantes químicos convencionales. La industria avícola, de acuerdo a Galeano y

Sánchez (2013), no solo aporta huevos y carne, sino que también desecha un producto valioso: la gallinaza, este subproducto procesado se presenta como una opción sustentable además que es reconocida por su alta concentración de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes esenciales, su uso como fertilizante orgánico no solo beneficia a los productores en términos de ganancias, sino que también contribuye a mitigar la erosión del suelo y mantener un equilibrio ecológico al mejorar la retención de humedad ofreciendo beneficios tales como el desarrollo óptimo de cultivos y la reducción de costos. En un contexto donde el cambio climático y el aumento en los precios de fertilizantes químicos impulsan la búsqueda de alternativas económicas y sostenibles, la gallinaza procesada destaca como una solución integral. Lozano, *et al.* (2017), señalan y concluyen que los pocos trabajos de investigación en la fertilización de brócoli consideran que, el factor principal al problema que causa una baja productividad y la contaminación de suelos, es la utilización excesiva y errónea de fertilizantes compuestos y simples. Investigaciones adicionales, como la de Saucedo Jiménez (2022), respaldan la efectividad de la gallinaza en el cultivo orgánico de papa, destacando su contribución al mejoramiento del suelo. El estudio revela que el 79% de los agricultores entrevistados del grupo TADE SAC en Huánuco, Perú, están de acuerdo en que la gallinaza, como fertilizante orgánico, enriquece el suelo con nutrientes esenciales como potasio, calcio y fósforo, impulsando de esta manera la producción orgánica de papa.

Por lo tanto, en esta investigación se plantea evaluar el efecto de diversas dosis de gallinaza en el crecimiento, el rendimiento y la calidad del brócoli cultivado en ambientes al aire libre. Se busca determinar cuál dosis de gallinaza maximiza la productividad del cultivo sin comprometer la calidad del producto final y evaluar la sostenibilidad de esta práctica en términos económicos y ambientales.

Por lo anterior, el presente trabajo se plantea lo siguiente:

Objetivo

Evaluar el impacto en el crecimiento, rendimiento y calidad de cuatro dosis distintas de gallinaza en comparación con una fertilización química base en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*).

Hipótesis

Al menos una dosis de gallinaza mejorará las variables de crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de brócoli en comparación del testigo.

REVISION DE LITERATURA

Importancia del cultivo

Según datos proporcionados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP (2023), Estados Unidos se ubica como el principal mercado de exportación del brócoli, donde su venta aumentó en gran manera las divisas, con un aproximado de 586 millones de dólares, seguido de Canadá con 11 millones de dólares y el resto a otros 8 mercados con 1.5 millones de dólares en conjunto.

La demanda mundial y nacional a lo largo de estos últimos años ha venido creciendo exponencialmente debido a que la población ha cambiado el hábito de consumo ya que es un alimento rico en vitaminas y antioxidantes (Canchari, 2022).

Conforme han pasado los años, el cultivo de brócoli ha mostrado gran versatilidad adentrándose en el mercado internacional, esto con ayuda de las nuevas variedades que han surgido, demostrando lo redituable que se ha vuelto su producción y que, a pesar de diferentes condicionantes sigue siendo de alta importancia en el sector agroalimentario.

Respecto a lo anterior, menciona el secretario de Desarrollo Agroalimentario y Rural, Paulo Bañuelos Rosales (Secretaría de Gobierno de Guanajuato, 2023), que este cultivo es una hortaliza de alta importancia en el estado de Guanajuato, considerado como el “rey del brócoli”, igualmente es patrimonio y orgullo para todos los guanajuatenses porque por décadas ha sido el Estado con la mayor producción en el país; y bien se sabe que las mesas de los mexicanos se surten de ello, pero sobre todo el extranjero que es a dónde va la mayor parte de la producción. Es vital para la economía de productores locales y va creciendo a gran escala.

Origen e Historia

La palabra brócoli proviene del término italiano “broco” que quiere decir brote, en alusión a la parte comestible y preciada de la planta (Jaramillo & Díaz, 2006).

En el manual del cultivo de CICYTEX (González García, 2021) se establece que el brócoli es originario del viejo continente, específicamente de Italia. Actualmente, en Oriente próximo y en las costas del mar Mediterráneo oriental aún

se encuentran especies silvestres que son antecesoras comunes de coles y coliflores. Hay referencias de estas plantas desde épocas muy antiguas y su dispersión por el mundo se le atribuye a los comerciantes y navegantes del Mediterráneo, ya que, a través de ellos llegó a la península Ibérica, zonas del mediterráneo occidental y al Reino Unido. Su cultivo se extendió por Europa a partir del siglo XVI y en el siglo XX se expandió al resto de países donde hoy se cultiva esta hortaliza, destacando Estados Unidos y Japón como países donde se hace mejora de variedades cultivadas. En el caso de Estados Unidos, el cultivo se introdujo durante la época colonial, popularizado por los inmigrantes italianos que trajeron esta hortaliza al Nuevo Mundo, aunque en un principio no fue bien recibido por su fuerte sabor, pero hoy en día se considera uno de los vegetales más recomendados debido a sus propiedades nutraceuticas (Castellanos, 2015).

Producción mundial

China es el mayor productor de brócoli a nivel mundial, con una superficie cultivada de poco más de 480 mil hectáreas, lo que representa el 34.9% del total global (SIAP, 2023). Sin embargo, a pesar de su liderazgo en producción, no figura entre los principales exportadores. Esto se debe a que gran parte de su producción se destina al consumo interno, como destacan Rocha y Cisneros (2019), quienes señalan que las exportaciones de China son significativamente menores en comparación con México. En contraste, México, el segundo mayor exportador mundial, se posiciona como uno de los principales proveedores para mercados internacionales clave, como Estados Unidos, consolidando su relevancia tanto en producción como en comercio exterior (FAOSTAT, 2021). Por su parte, España lidera las exportaciones globales, con un volumen superior a las 400 mil toneladas (t), destacando su papel predominante en el comercio internacional de brócoli y coliflor (FAOSTAT, 2021).

Producción nacional

El volumen de la producción nacional en el año 2013 fue de 416 mil t, y 632 mil t en el 2022, mostrando un claro aumento en el rendimiento, manteniendo un promedio de 545 mil t (SIAP, 2023)

Dentro de los principales estados productores de brócoli se encuentran Guanajuato con 412,780 t, Puebla con poco más de 47 mil t, Michoacán con 39 mil t, Sonora con 28 mil t y Jalisco con casi 23 mil t. En cuanto a la cotización del brócoli, en Guanajuato hubo un aumento del 2.8 % en comparación al año anterior, el cual ayudó al incremento del valor de producción a un 9.4%, significa que obtuvo más de 240 millones de pesos a diferencia de 2021 (SIAP, 2023).

En producción mensual nacional, se indica que este producto es muy estable, ya que, tiene disponibilidad durante el año, y es en los meses de marzo, abril, septiembre y octubre, en los cuales hay más producción, con un promedio de 17.5 t ha⁻¹ y un precio rural aproximado de 6,957 pesos por t (SIAP, 2023).

De acuerdo con el Panorama Agroalimentario (SIAP, 2023), en el apartado de importaciones se analiza la evolución de la distribución mensual del comercio exterior. Los meses con mayor valor de importaciones son mayo, con un 12.7%, y agosto, con un 19.6%. Estas variaciones están influenciadas por factores como la demografía del país y una menor demanda en otros periodos, entre otros aspectos.

En el caso de las exportaciones, los meses con mayor relevancia fueron marzo, con un 11.4%, y diciembre, con un 11.3%. Durante estos meses, los productores obtuvieron mayores beneficios gracias a mercados más amplios y mejor remunerados, lo que a su vez contribuye al fortalecimiento de la economía del sector primario. Este incremento en las exportaciones no solo mejora los ingresos de los productores, sino que también genera más oportunidades de empleo y mejores condiciones laborales para los trabajadores agrícolas.

En el contexto del comercio exterior, el organismo en cuestión señala que uno de los factores cruciales en el año 2022 fue la contracción de las exportaciones, superando las 18,777 t, lo que representó un aumento del 4.3% con respecto al año anterior (2021). Este aumento en las exportaciones generó un impacto significativo, propiciando que los comerciantes nacionales pudieran ofrecer un volumen mayor durante el mismo período.

Descripción botánica del cultivo

En el manual de cultivo de brócoli, González García (2021) nos describe sus partes principales de la siguiente manera:

Raíz: Es pivotante con abundantes raíces secundarias, normalmente alcanzar de 50 - 70 cm de profundidad. Su amplia zona y buen desarrollo radicular le permite un buen anclaje y alta capacidad de absorción de agua y nutrientes.

Tallo: La planta desarrolla un tallo principal relativamente grueso (3 a 6 cm de diámetro), de 60 a 90 cm de alto. Es la fase de floración los tallos que sustentan las partes de la inflorescencia (brotes florales), emergen de axilas florales y forman inflorescencias, generalmente, una mayor central de mayor tamaño y otras laterales, que se desarrollan tras el corte de la inflorescencia central.

Hojas: Son de tamaño grande, hasta 50 cm de longitud y 30 cm de ancho, dependiendo de la variedad pueden tener de 15 a 30 hojas, son de color verde oscuro, azuladas, rizadas, usualmente alternas y a distancias cortas formando entrenudos cortos lo que da su forma de roseta.

Inflorescencia: La inflorescencia, llamada cabeza o inflorescencia, es una masa densa de yemas y/o botones florales comestibles de color verde grisáceo, azulado o morado, que puede alcanzar un diámetro de 20 a 35 cm, dependiendo de la variedad. No están cubiertas por las hojas como sí sucede en la coliflor. La formación de la inflorescencia generalmente no requiere vernalización, es decir, no requieren de un periodo de bajas temperaturas para florecer, pero de igual manera, existen variedades que necesitan más fríos y algunas otras resistentes a diferentes ambientes.

Fruto: Durante el proceso de fructificación se forman los frutos y las semillas, estas últimas se ubican en una especie de vaina que se conoce como silicua, contiene de 3 a 8 semillas y mide aproximadamente de 3 a 4 cm.

Taxonomía del cultivo

Jaramillo y Díaz (2006), clasifica la planta de brócoli de la manera siguiente:

Reino	Vegetal
Phylum	Traqueofitas
Subphylum	Pteropsidas
División	Spermatophyta
Subdivision	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Dialipétala (Arquiclamídeas)
Orden	<i>Papaverales (Roedales)</i>
Familia	<i>Cruciferae (Brassicaceae)</i>

Toledo (2003) menciona acerca de la taxonomía del brócoli, que es una dicotiledónea anual perteneciente a la familia Cruciferae, identificándose con el nombre de *Brassica oleracea* L. var. *itálica*, y que el vínculo taxonómico entre brócoli y coliflor es particularmente estrecho, existiendo evidencias que indican un posible rol del brócoli como progenitor de la coliflor, debido a que tiene una estructura floral menos compleja.

Fenología del cultivo

Gutierrez Liñan (2017), clasifica las fases de cultivo de brócoli cinco formas distintas de acuerdo con el desarrollo en campo:

Tabla 1. Fases fenológicas del cultivo de brócoli descritas en orden

Crecimiento	Inducción floral	Formación de inflorescencias	Floración	Fructificación
En esta fase, la planta desarrolla	Se inicia la formación de flor en el	La etapa más importante, es donde se obtiene	Durante esta etapa los tallos	Flores ya fecundadas, forman frutos

hojas y tallos, hojas grandes y gran cantidad de agua, tallos gruesos y fuertes.	centro de la planta, periodo de frío para poder iniciar con este proceso. Sigue emitiendo hojas.	la cosecha antes que comience la apertura de flores. Va dependiendo de variedades, aproximadamente a los 85 días.	comienzan a crecer y las flores inician su apertura.	llamados silicuas y con ello la formación de nuevas semillas, color café claro u oscuro y de tamaño pequeño.
--	--	---	--	--

Según Bolea (2002), el ciclo biológico del brócoli abarca de 150 a 180 días, desde la germinación hasta la formación de una nueva planta. Esta clasificación coincide con lo reportado por otros autores en investigaciones similares y es comparable con el ciclo de la variedad utilizada en el presente estudio. Aunque el ciclo general se mantiene constante, puede variar significativamente debido a factores como las condiciones climáticas, la región de cultivo, el manejo agronómico y el tipo de fertilización aplicado, entre otros.

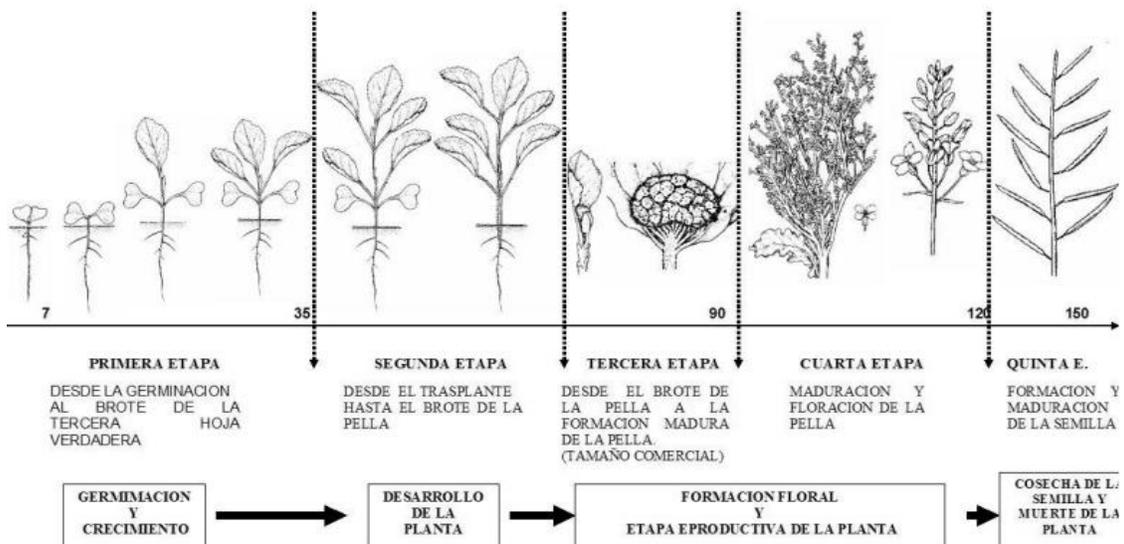


Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de brócoli (Bolea, 2002)

El ciclo fenológico del brócoli se desarrolla en aproximadamente 24 semanas, desde la germinación en el semillero hasta la senescencia y la cosecha de semillas, como se muestra en la figura 2. Según Tapia García y Magaña Lira (2014), este ciclo se divide en cuatro etapas fundamentales que abarcan el desarrollo del cultivo: las etapas fenológicas específicas, las labores culturales necesarias, la incidencia de las principales plagas y los daños que estas pueden causar, y, finalmente, el control de plagas mediante el uso de remedios caseros y extractos botánicos. La interpretación de estas etapas se fundamenta en estudios previos, detallando cada fase por semana y los aspectos clave asociados a cada una.

Cultivo de Brócoli

SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ETAPAS DE DESARROLLO																								
	GERMINACIÓN	DESARROLLO DE HOJAS Y TALLO										FORMACIÓN DE INFLORESCENCIA					INFLORESCENCIA EN MADUREZ COMERCIAL				FORMACIÓN DE FRUTOS	MADURACIÓN DE FRUTOS Y SEMILLAS	SENESCENCIA	
LABORES	CUIDADO EN ALMÁCIGO		TRASPLANTE	RIEGO, DESHIERBE, CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES										COSECHA						COSECHA DE SEMILLA				
PLAGAS, MALEZAS Y ENFERMEDADES																								
CONTROL			PULGÓN TE DE TABACO		GUSANO MEDIDOR Y DORSO DE DIAMANTE AJO, CEBOLLA Y JABON					BOTRYTIS, ALTERNARIA, MILDIU VELLOSO, PUDRICIÓN ALGODONOSA APLICACIONES DE AJO CON JABON														

Figura 2. Etapas fenológicas del cultivo de brócoli, describiendo sus labores, plagas y un control biológico por semanas, desde germinación hasta senescencia (Tapia García y Magaña Lira, 2014).

Composición química y valor nutritivo

Cadena (2023) hace énfasis que el valor nutritivo del brócoli (Tabla 2), ha despertado gran interés por sus compuestos bioactivos descubiertos en múltiples estudios, por lo que es considerado un superalimento debido a su impacto favorable hacia la salud.

Tabla 2. Información Nutricional del fruto de Brócoli por cada 100 gr de peso fresco.

VALOR NUTRICIONAL	
Porción: 100 gr de brócoli fresco	
Energía (Kcal)	28
Proteínas (g)	3.1
Grasa Total (g)	0.1
Hidratos de carbono disponibles (g)	2.4
Fibra dietética total (g)	3
Sodio (mg)	24
Potasio (mg)	180
Vitamina A (μ ER)	51
Vitamina C (mg)	40.1
Vitamina E (mg ET)	1.3
Ac. Fólico (μ g)	30
Calcio (mg)	51
Hierro (mg)	0.6

Beneficios para la salud

El consumo de brócoli ofrece múltiples beneficios para la salud. Este vegetal contribuye a reducir el riesgo de cáncer, gracias a su contenido de poderosos antioxidantes que también asisten en la desintoxicación del organismo. Además, fortalece la salud de los ojos, ayuda a retrasar el proceso de envejecimiento y promueve la salud cardiovascular al reducir el colesterol. Asimismo, su consumo previene la osteoartritis, disminuye la inflamación y fortalece tanto la salud ósea

como el control de la diabetes. Castellanos enfatiza que consumir el brócoli crudo es la mejor manera de aprovechar estas propiedades, ya que conserva intactas sus características nutricionales, maximizando sus beneficios (Castellanos, 2015).

Requerimientos edafo-climatológicos

Zamora (2016), define los siguientes requerimientos del brócoli en términos generales:

Temperatura: se adapta mejor a temperaturas promedio de 16 °C, su rango óptimo está entre 15 y 25 °C. Soporta temperaturas bajas de hasta -2 °C siempre y cuando la inflorescencia ya esté formada. A temperaturas más extremas las plantas desarrollan tamaño pequeño, cabezas deformes o normales, pero de color púrpura ocasionando una baja en calidad. La semilla germina en 7 días a temperaturas de 7 y 35 °C, las plantas desarrollan tamaño pequeño, cabezas deformes o cabezas normales, pero de color púrpura ocasionando una baja en calidad. En relación a lo anterior, Pozas Cárdenas (2017), menciona que es tolerante a temperaturas bajas y recalca que en fase de crecimiento las temperaturas óptimas van de 20 a 24°C y en la fase de inducción floral 10 a 15°C.

Suelo y pH: Se adapta mejor a suelos con buen drenaje, aunque puede desarrollarse en un amplio rango de texturas de suelos. Menciona que algunos rendimientos aceptables han sido reportados en suelos arenosos y arcillosos - limosos. Es ligeramente tolerante a suelos ácidos (6 a 6.8 de pH). Para el suelo, las crucíferas no son muy exigentes, van desde suelos arenosos hasta suelos orgánicos y en suelos pesados también logran su producción, la humedad es determinante en cualquiera de todos, se tiene que regular dependiendo del suelo que se tenga, siendo moderadamente tolerantes a sales del suelo (2.8 dS/m) y muy sensibles cuando se le establecen en suelos arcillosos (1.6 dS/m). En algunos suelos como los arenosos llegan a tolerar hasta 4.9 dS/m y en suelos medios 2.8 dS/m. Su rendimiento se va reducido en un 10% a 4 dS/m y hasta en un 50% a 8 dS/m (Casseres, 1980).

Otros autores como Krarup (1992), mencionan que otro requerimiento es la humedad, la cual debe oscilar alrededor de 60% de la capacidad de campo como

mínimo, y el 80% como máximo, si esta desciende del 50%, la producción se puede reducir gradualmente entre el 25 y 30 %. Asimismo, Hidalgo (2006), dice que la humedad relativa media alta favorece el desarrollo del cultivo y la calidad del producto, no debe ser menor de 70%, logrando el óptimo con humedad del 80%.

El brócoli es una hortaliza de clima templado, sus requerimientos de agua son demandantes, su promedio óptimo por mes de temperatura es de 15° a 18° C, alcanzando como máximo una media de 23° y mínima de 5° para que con ello se tenga un mejor crecimiento y calidad. Para su germinación las temperaturas van de 26 a 30°, requiere un PH de entre 6.6 y 6.5, toleran mucha acidez y hasta con un PH de 7.6 pueden crecer teniendo una buena nutrición, sin deficiencias (Casseres, 1980).

Requerimientos nutricionales y fertilización

Según Zamora (2016), el brócoli puede requerir una fertilización de aproximadamente 220-40-00 kg por hectárea o incluso más, dependiendo de las condiciones del cultivo. No obstante, el autor destaca que no existe una fórmula universal, siendo indispensable realizar análisis previos de agua y suelo para determinar las necesidades específicas del cultivo. También es importante considerar si se incorporan aportes adicionales, como abonos orgánicos. Antes del trasplante, se recomienda aplicar un enraizador para favorecer el desarrollo del sistema radicular.

En cuanto a la dosificación de fertilizantes, Zamora sugiere aplicar entre un tercio y la mitad del nitrógeno, junto con la totalidad del fósforo y el potasio, durante la pre-siembra. Posteriormente, el nitrógeno restante debe distribuirse en dos aplicaciones: una al momento del aclareo y otra cuando comiencen a formarse las primeras yemas. Este manejo permite optimizar la disponibilidad de nutrientes según las etapas clave del desarrollo del cultivo.

Berríos y Pérez (2022) destacan que el brócoli es un cultivo con altas demandas de nitrógeno, considerado el macronutriente más crucial para su desarrollo y rendimiento óptimo. Este elemento es fundamental no solo para el

brócoli, sino también para la producción agrícola en general. Los autores reportan un rango amplio de necesidades nutricionales para este cultivo, que varía entre 125 y 560 kg de nitrógeno por hectárea, dependiendo de las condiciones específicas. No obstante, subrayan la importancia de contrastar estos valores con la disponibilidad de nutrientes en el suelo, a fin de ajustar las dosis de fertilización y optimizar el manejo del cultivo.

Según SAKATA (s.f.), en su Manual de Cultivo, se recomienda realizar una fertilización de fondo con una fórmula de 18-46-00 kg. Para la fertilización de cobertura, sugiere aplicar 12-12-17 kg durante los primeros 40 días posteriores al trasplante, y después de este periodo, utilizar una fórmula de 13.5-00-45 kg. El manual enfatiza que estas recomendaciones deben adaptarse a las condiciones específicas de suelo y clima de cada región, para garantizar un manejo eficiente y adecuado del cultivo.

Orzolek *et al.* (2015) recomiendan que la selección y aplicación de fertilizantes se base en los resultados de análisis de suelo realizados anualmente o por ciclo de cultivo. En ausencia de un análisis, sugieren tasas generales de aplicación de NPK de 120-100-100 libras por acre al voleo, o 35-50-50 libras por acre si se aplican en bandas al momento de la siembra. Además, destacan la importancia de corregir la acidez del suelo mediante la aplicación de cal, cuando sea necesario, para mantener un pH óptimo entre 5.8 y 6.6, dependiendo de las características del suelo y la región. Estas recomendaciones se traducen en aproximadamente 54-45-45 kg por cada 4 hectáreas.

Brócoli variedad Avenger

La variedad Avenger, según el Manual de Hortalizas de SAKATA (2023), se distingue por varias características que la posicionan como una opción destacada en el mercado. Entre sus principales fortalezas, combina una alta calidad con productividad y rendimiento superior, además de ofrecer excelente retención de color y poscosecha. Es una variedad versátil, adaptada tanto al mercado fresco

como al procesado, donde se posiciona como líder en el segmento de mercado fresco.

En cuanto a sus características, la planta presenta un sistema radicular vigoroso, cabezas grandes, pesadas y compactas, con granos finos de un atractivo color verde azulado. La variedad Avenger es adecuada para su cultivo en diferentes épocas del año, desde invierno y media estación hasta verano, en altitudes superiores a 1000 msnm. Se maneja como un cultivo a campo abierto con un ciclo promedio de 105 días, aunque este puede variar según las condiciones específicas de la zona y el manejo agronómico implementado.

Manejo agronómico del cultivo

Diversos manejos agronómicos han sido documentados en la producción de brócoli, los cuales varían según la región y los recursos económicos disponibles. Poza Cárdenas (2017) describe en su investigación una serie de prácticas iniciales que incluyen el subsoleo, el arado a una profundidad de 30 a 40 cm y el rastreo. Posteriormente, sugiere la formación de camas, la incorporación de materia orgánica y el acamado. Antes de la siembra, destaca la importancia de que el suelo tenga buena humedad, alcanzando su capacidad de campo, para garantizar un trasplante exitoso. Además, resalta la necesidad de definir un distanciamiento adecuado entre plantas para lograr la densidad óptima del cultivo.

Por su parte, Orzolek *et al.* (2015) subrayan la importancia de la selección del sitio de cultivo. Señalan que el brócoli se desarrolla mejor en suelos con buen drenaje y propiedades óptimas de retención de agua. En suelos arenosos, destacan la necesidad de una irrigación adecuada para asegurar el crecimiento óptimo de la planta, así como el desarrollo correcto de la cabeza principal y los brotes laterales.

Bastidas (2015) resalta la importancia de la selección y preparación del terreno, alineándose con otros autores en la relevancia de estas prácticas para la producción de brócoli. En su investigación, detalla pasos clave para optimizar el manejo del cultivo:

La preparación del terreno requiere un buen labrado para garantizar condiciones óptimas de siembra. En cuanto a la siembra, esta se realiza en semilleros, donde las plantas permanecen alrededor de 45 días. Posteriormente, en el trasplante, las plantas deben alcanzar un promedio de 19 cm de altura y contar con siete hojas, asegurándose de trasladarlas con el cepellón intacto para preservar su estabilidad y facilitar la absorción de nutrientes.

El riego debe ser abundante y regular durante la fase de crecimiento. Sin embargo, en las etapas de inducción floral y formación de la inflorescencia, es preferible mantener el suelo en estado de tempero, evitando una humedad excesiva. Respecto al abonado, se recomienda incorporar un alto nivel de materia orgánica aproximadamente un mes antes del trasplante.

Para controlar las malas hierbas, es esencial mantener el terreno libre de estas, ya que pueden interferir con el desarrollo adecuado de las plantas. Finalmente, en la recolección, se debe cosechar con el número adecuado de hojas para proteger las inflorescencias, las cuales deben permanecer cerradas y con las características de color específicas de la variedad cultivada.

Toledo (2003), menciona que para elección y preparación del terreno se deben considerar algunos aspectos como las características de suelo, deben ser buenas (textura media, buen drenaje, no rocoso, sin problemas de sales), el terreno no debe tener siembra de crucíferas consecutivas, se recomienda rotar con maíz y leguminosas, para su correcta preparación debe incluir nivelación y el suelo debe estar bien mullido, debe ser arado y luego degradado, una alternativa sustentable es incorporar estiércol, composta y finalmente si el terreno es fértil, se puede almacigar sin fertilización adicional.

La preparación de terreno, en este caso para las crucíferas, tiene como objetivo dejar el suelo en las mejores condiciones y acciones favorables para el cultivo, favorece el desarrollo radicular, mejora la aireación, favorece la circulación de agua, favorece a la vida microbiana, aumentado la actividad bioquímica, incorpora, destruye malezas e insectos. Igualmente, las labores de labranza varían

de acuerdo al tipo de suelo y contenido de humedad, en cualquier caso, se debe considerar que para que la hortaliza se desarrolle bien, necesita de una buena preparación para que sistema radicular se desarrolle correctamente (Holle y Montes, 1985).

Plagas y enfermedades

El brócoli no queda exento en este rubro y como en todos los cultivos es importante considerar las diferentes plagas y enfermedades que pueden atacar, tener control oportuno sobre ellas, para ello las diversas opiniones de autores concuerdan en la gran mayoría.

Pozas Cárdenas (2017), menciona las plagas principales durante el ciclo de cultivo, Palomilla (*Plutella xylostella*), Gallina ciega (*Phyllophaga spp*), Mariposa blanca (*Pieris spp.*), Áfidos (*Aphis spp.*), Pudrición de la base del tallo (*Rhizoctonia sp*), Pierna negra (*Leptosphaeria maculans*), Alternaría (*Alternaria sp*), Bacterias: *Xanthomonas Erwinia* y *Pseudomonas*.

Webb *et al.*, (2019) nos recalcan que la palomilla de dorso de diamante es la plaga principal de crucíferas en Florida y además el gusano falso medidor también se considera una plaga importante, sin embargo, ha causado menores problemas en la última década a diferencia de la palomilla y como otros autores dicen que ahora hay insectos que causan problemas ocasionales los cuales se incluyen: áfidos (pulgón del repollo y pulgón verde), el chinche arlequín de la col, el gusano soldado, el gusano perforador de las coles y el gusano trozador (negro y granulado). También se enlistan Gusano Falso Medidor (*Trichoplusia ni*, Hübner), Gusano Soldado (*Spodoptera exigua*, Hübner), Gusano de Franjas Cruzadas (*Evergestis rimosalis*, Guenée), entre otros que son importantes y que han venido afectando gravemente en cuanto a rendimiento, pérdida de hasta 70%.

Zamora (2016) comparte las mismas ideas con diferentes autores, infiere que los insectos-plaga más frecuentes que atacan al cultivo del brócoli en algunas regiones como lo es Sonora son: el gusano falso medidor de la col *Trichoplusia ni* (Hubner), gusano importado de la col *Pieris rapae* (L.), gusano telarañero del repollo

(*Hellula undalis* (F.), palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.), el pulgón harinoso de la col (*Brevicoryne brassicae* (L.) y el pulgón verde del durazno (*Myzus persicae* (Sulzer).

De igual forma, este autor nos habla un poco de la enfermedad más común, el mildiú vellosa (*Peronospora parasitica*) es la principal enfermedad fungosa en brócoli. Actualmente existen variedades tolerantes a esta enfermedad. Otra enfermedad que le ataca es la pudrición negra de las crucíferas causada por la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*.

Orzolek *et al.*, (2015) hablan que los insectos son un problema potencial importante en la producción de brócoli y lo importante que es tener control oportuno sobre ellos, con los escarabajos pulga, los gusanos medidores, los gusanos de col importados, las polillas dorso de diamante y los áfidos todos pueden causar pérdidas de cosechas.

Arratia *et al.*, (2022) concluyen después de investigaciones que Con base en las características culturales, morfológicas y moleculares se identificó a *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium verticillioides* como agentes causales de la pudrición del florete en brócoli en el estado de Guanajuato, México. Este es el segundo reporte de *Alternaria alternata* y *Fusarium oxysporum* como agentes causales de la pudrición del florete en brócoli cultivado en México, y el primer reporte en identificar a *Fusarium verticillioides* como parte del complejo de agentes causales de esta enfermedad.

Malezas

Zamora (2016) recomienda que los primeros 30 días deberán las plantas de brócoli estar libre de malezas mediante prácticas culturales como escardes (aporques) o aplicar herbicidas pre-emergentes como Oxifluorfen (1 a 1.5 l ha⁻¹) o Trifluralina (2 l ha⁻¹) y DCPA (10 kg h⁻¹).

Fisiopatías

Según Pozas Cárdenas (2017), las principales fisiopatías que pueden afectar al cultivo de brócoli están relacionadas con factores ambientales y deficiencias nutricionales específicas. La formación prematura de la cabeza ocurre cuando no existe estrés hídrico en los primeros estadios de desarrollo y hay una falta de fertilización nitrogenada. Las yemas y flores secas son consecuencia de una deficiencia de molibdeno, que puede corregirse mediante la aplicación foliar de molibdato de sodio o amonio a una dosis de 3.5 kg ha^{-1} . Por otro lado, el tallo hueco es provocado por una deficiencia de boro combinada con temperaturas superiores a $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Este problema puede resolverse mediante la aplicación foliar de boro en dosis de $1.0\text{-}1.5 \text{ kg ha}^{-1}$ o utilizando bórax en cantidades de $25.0\text{-}35.0 \text{ kg ha}^{-1}$. Finalmente, el edema o ampolla se presenta en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas elevadas durante días nublados, lo que también representa un desafío para el manejo del cultivo.

Cosecha

Zamora (2016) señala que, para la cosecha de las cabezas de brócoli, estas deben ser firmes al tacto y cortadas manualmente utilizando una navaja o cuchillo lechugero. Las cabezas representan la parte principal del rendimiento total y alcanzan un diámetro de 15 a 18 cm. Para considerarse de buena calidad, no deben presentar defectos como el "ojo de gato" (cat-eye), floretes quebrados, separados o deformes.

Por su parte, Kehr y Pilar (2012) enfatizan que las inflorescencias centrales deben cosecharse cuando alcancen su tamaño máximo, lo cual varía según la variedad cultivada, asegurándose de que las yemas florales permanezcan cerradas. Además, recomiendan triturar e incorporar los residuos de cosecha al suelo debido a su acción biofumigante, que se debe a la liberación de glucosinolatos.

Holle y Montes (1985) argumentan que el momento ideal para la cosecha se determina cuando el producto alcanza su máxima calidad, lo cual debe mantenerse durante las etapas posteriores. Sin embargo, aclaran que no existe una regla fija

para la cosecha, ya que está influenciada por factores como las diferencias entre especies, las condiciones climáticas y la distancia al mercado.

Gallinaza

La gallinaza es uno de los abonos orgánicos con mayor tasa de mineralización, siendo ampliamente utilizada como fertilizante orgánico. Según Estrada (2005), su composición depende en gran medida del sistema y las condiciones de alojamiento de las aves. En explotaciones avícolas en jaula, la gallinaza se compone de deyecciones, plumas, residuos de alimento y huevos rotos que se mezclan al caer al suelo.

Por su parte, Díaz *et al.* (2017) reportaron que, en el cultivo de calabacita, el uso de gallinaza procesada, la inoculación micorrízica, o una combinación de ambos, presentó efectos similares a los obtenidos con fertilización inorgánica en las características de la planta, el fruto y la producción general. Estos resultados subrayan la eficacia de la gallinaza como alternativa sostenible a los fertilizantes sintéticos.

Cotrina Cabello *et al.* (2020) destacan que el uso de abonos orgánicos, como la gallinaza, contribuye significativamente al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En un experimento realizado en 2017, en el que se utilizaron diferentes mezclas nitrogenadas y abonos, se observó que la gallinaza y el bocashi lograron los mayores incrementos en la concentración de macronutrientes, especialmente nitrógeno.

Casas y Guerra (2020) describen la gallinaza como un abono orgánico compuesto por una mezcla de diversos elementos, entre los que se encuentran la defecación y orina de las gallinas, residuos de alimento, células mucosas del aparato digestivo y microorganismos de la biota intestinal. Este conjunto de componentes transforma lo que podría considerarse desperdicio en un material con propiedades beneficiosas para el suelo, mejorando su fertilidad de manera significativa.

Por su parte, Intagri (s.f.) subraya que la producción intensiva de la industria avícola no solo proporciona alimentos como huevos y carne, sino también residuos orgánicos de alta calidad. La gallinaza es especialmente valorada por su elevado contenido de N-P-K y su capacidad para incrementar la materia orgánica del suelo, lo que resulta en una mejora en la productividad de los cultivos.

Para evitar confusiones entre los términos, el autor aclara la distinción entre gallinaza y pollinaza, dado que suelen usarse de manera indistinta en algunas ocasiones. La gallinaza se refiere a las excretas de gallinas ponedoras que se acumulan durante su etapa de producción. Este material incluye, además, restos de alimento desperdiciado y plumas de las aves, generando un abono rico en materia orgánica y nutrientes. En contraste, la pollinaza proviene de aves de engorda destinadas a la producción de carne. Este material se acumula desde el inicio del ciclo de engorda hasta que las aves son llevadas al mercado. Además de las excretas, la pollinaza incluye restos de alimento, plumas e incluso materiales usados como cama en los galpones, lo que puede alterar su composición y características. Esta diferenciación es crucial para un manejo adecuado de estos abonos orgánicos, ya que sus usos y propiedades pueden variar dependiendo de su origen.

Estrada (2005) señala que el uso individual de la gallinaza es adecuado y muestra resultados significativos en comparación con otras mezclas, destacándose como una alternativa viable tanto para la producción en campo abierto como en agricultura protegida. Su comportamiento positivo en diferentes cultivos la posiciona como una opción prometedora para el mercado de producción orgánica, ofreciendo la posibilidad de agregar valor a la producción agrícola a través de la reducción de costos y, en algunos casos, la maximización del rendimiento.

El autor también menciona que la calidad de la gallinaza depende de varios factores, entre los cuales destacan el tipo de alimento suministrado a las aves, su edad, la cantidad de alimento desperdiciado, el volumen de plumas presentes, la temperatura ambiente y la ventilación de las naves avícolas. Entre estos, el tiempo de permanencia de la gallinaza en las instalaciones es especialmente relevante, ya que una acumulación prolongada, acompañada de olores amoniacales intensos,

puede disminuir considerablemente su contenido de nitrógeno. Finalmente, la calidad del abono también está influenciada por el tratamiento recibido durante el proceso de secado.

Estrada (2005) analiza diversos factores que influyen en la cantidad de gallinaza producida, considerando aspectos como la edad de las aves y su línea de producción. En relación con la edad, destaca que las aves más jóvenes generan menores cantidades de excretas, dado que su consumo de alimento es menor durante las etapas iniciales de crecimiento. Por otro lado, en el caso de los pollos de engorda, la situación es más compleja, ya que la gallinaza producida incluye no solo las deyecciones, sino también el material utilizado como cama en los galpones.

El autor enfatiza que, en promedio, cada ave produce alrededor de 1.1 kg de excretas frescas por cada kilogramo de alimento consumido, reduciéndose a aproximadamente 0.3 kg una vez que estas se han secado. Este cálculo refleja la importancia de considerar tanto la alimentación como las condiciones de manejo al evaluar la cantidad de gallinaza generada. Edad de ave: el cual destaca que las aves más pequeñas excretan en menor cantidad, esto debido a que consumen menos alimento en esa etapa de crecimiento.

Importancia de abonos orgánicos en la agricultura

Los abonos orgánicos desempeñan un papel crucial en la agricultura al ser una fuente destacada de vida bacteriana para el suelo y un elemento esencial para la nutrición de las plantas. Estos materiales no solo contribuyen a la degradación de los nutrientes presentes en el suelo, haciéndolos más asimilables para las plantas, sino que también cumplen funciones adicionales de gran importancia. Entre ellas, se encuentra la capacidad de calentar el suelo, lo que favorece el desarrollo del sistema radicular. En su ausencia, los suelos tienden a volverse fríos y menos propicios para el cultivo, una condición que puede ser especialmente relevante para los productores que buscan mejorar tierras con bajas características productivas o implementar alternativas sustentables que reduzcan costos (Puente, 2010).

Por otro lado, Medina *et al.* (2011) señalan que el uso de abonos orgánicos no ha sido suficientemente destacado como fuente clave de fertilización, en parte debido a la falta de información clara sobre el manejo de la materia orgánica. Los autores subrayan que la incorporación de materia orgánica al suelo es fundamental para la regulación de numerosos procesos relacionados con la productividad agrícola, incluyendo su potencial para reemplazar fertilizantes sintéticos. Este último aspecto cobra particular relevancia ante los crecientes costos de los fertilizantes químicos. Además, enfatizan que la implementación de prácticas agrícolas limpias y ecológicas, impulsadas por el uso de abonos orgánicos, está adquiriendo mayor relevancia y se proyecta como una tendencia significativa en las generaciones futuras.

El uso de abonos orgánicos en combinación con fertilización química en dosis ajustadas permite disminuir costos y mejorar las características del suelo. La aplicación de estos abonos incrementa el rendimiento total y comercial del cultivo, la producción de materia seca, la acumulación de nitrógeno en los tubérculos y el contenido de carbono de la biomasa microbiana en el suelo (Romero *et al.*, 2000). Si bien la incorporación de abonos orgánicos no es una práctica reciente, investigaciones más recientes han enfocado sus esfuerzos en optimizar su uso, buscando un mejor aprovechamiento de estos valiosos residuos orgánicos con resultados ampliamente respaldados.

Los abonos nitrogenados, cuando se aplican en exceso durante el desarrollo del cultivo o al final del ciclo, suelen ser poco efectivos debido a la lixiviación, lo que impide su adecuada asimilación por las plantas. Además, cuando no existe un equilibrio entre los nutrientes, las cabezas de brócoli pueden formarse sueltas y con una calidad inferior. Para evitar estos problemas, se recomienda incorporar estiércol y abonos orgánicos como base en cualquier tipo de suelo, complementándolos con menores cantidades de fertilizantes químicos según las necesidades específicas del cultivo. Estudios han demostrado que, para el brócoli, los abonos orgánicos son superiores a los químicos, ya que permiten una liberación lenta del nitrógeno a lo largo de su desarrollo. Esta estrategia no solo beneficia la fertilidad del suelo, sino

que también mejora la economía del productor al reducir la dependencia de insumos químicos (Casseres, 1980).

Ventajas de aplicación de abonos en el suelo

En cuanto a sus ventajas, se destaca que el uso de gallinaza es altamente rentable en comparación con otros materiales evaluados, incentivando el uso de abonos orgánicos como alternativa a los fertilizantes químicos. Además, se resalta que estos abonos no solo ofrecen beneficios equivalentes en términos de rendimiento agrícola, sino que también contribuyen a producir alimentos más seguros y libres de agroquímicos (Catota y Ramírez, 2020).

Enríquez Haro (2021) concluye que los abonos orgánicos, como estiércoles de diferentes animales y el humus de lombriz, representan una excelente alternativa frente a los fertilizantes químicos. Estos abonos no solo mejoran las características fisicoquímicas del suelo y el valor nutricional de las hortalizas, sino que también benefician significativamente la economía del productor. Su uso incrementa la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, al tiempo que reduce la presencia de microorganismos perjudiciales para el desarrollo de los cultivos. Además, el autor recomienda capacitar a los productores e incentivar el uso de abonos orgánicos como una estrategia para hacer la agricultura más rentable.

Por su parte, Porta Casanellas *et al.* (1994) destacan que el uso de abonos orgánicos contribuye al aumento de la capacidad de retención de humedad en el suelo. Asimismo, su incorporación mejora la aireación, la circulación del agua y favorece procesos como la adsorción e intercambio de iones, proporcionando energía y nutrientes para la microbiota del suelo. También incrementa el contenido de CO₂, lo que favorece la penetración y el crecimiento de las raíces, promoviendo el desarrollo integral de las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El experimento se estableció en el área experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada a siete km de la ciudad de Saltillo, ubicándola en la región sur del estado Buenavista, Saltillo, Coahuila en las coordenadas 25° 21' 21.6" LN y 101° 02' 10.3" LO con una altura de 1742 msnm. El área experimental, fue previamente utilizada para el cultivo de cebolla y se preparó con antelación al inicio del experimento. La parcela abarcaba alrededor de 560 m² y estaba equipada con sistema de riego por goteo.

Clima

En Buenavista, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y muy agradable durante el resto del año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 26 °C y rara vez baja a menos de 2 °C o sube a más de 29 °C. El 87% del tiempo durante el mes de septiembre, se puede encontrar nublado y/o parcialmente nublado. Fue durante esta temporada en la cual se desarrolló el inicio del ciclo de cultivo, teniendo algunos frentes fríos y varias semanas con una tasa de humedad alta.

Obtención de la Gallinaza

La gallinaza fue proporcionada por el Ing. Gustavo Hernández Álvarez del rancho Guadalupe, San Luis de la Paz, Gto, proveniente de un negocio particular situado en Dr. Mora, Gto. Fue transportada en costales de 40 kg.

Obtención de Plántula

La plántula se obtuvo en el semillero el Óvalo ubicado en Rancho Fracción los órganos, Villagrán, Guanajuato, por parte del Gerente de Agricultura Andrés Vargas López y el ing. José Luz Hernández Álvarez de la empresa Expor San Antonio, donde fue desarrollada hasta el tiempo de trasplante, variedad "Avenger" perteneciente al GRUPO SAKATA. Esta variedad es de las más antiguas en el mercado, que a la fecha sigue mostrando gran versatilidad y

buenos resultados durante y al final de cosecha, con buena cabeza y peso, grandes características que lo hacen única en el ciclo de otoño-invierno, por ello fue la que se consideró para realizar el trabajo de investigación.

Actividades para el establecimiento del experimento

Preparación del terreno

Se formaron 20 surcos de 35 m de longitud y 0.8 m de separación de forma manual utilizando azadones. Los surcos presentaron un ancho de 0.4 m y una altura de 0.3 m. A todos los tratamientos, incluidos los que recibieron diferentes dosis de gallinaza y el testigo con mezcla de base química, se les complementó la fertilización mediante fertirrigación con la solución nutritiva Hoagland ajustada al 50%. Esto permitió evaluar de manera representativa el impacto de la gallinaza en comparación con el testigo químico (Acea, 2021). El riego se realizó mediante un sistema de goteo, con emisores colocados a 0.2 m de distancia y un gasto de 1 litro por hora por emisor. Antes de cada riego de trasplante, se revisaron y corrigieron posibles fugas en el sistema.

Trasplante

Se trasplantó manualmente con ayuda de una estaca de madera y se manejó a hilera sencilla a una distancia de 0.2 m, coincidiendo cada plántula con cada emisor de goteo. Antes del trasplante se aplicó riego de plantación de seis horas aproximadamente. El trasplante se realizó los días 05 y 06 de septiembre 2023. Posteriormente, se realizó un riego pesado de asentamiento, dejando transcurrir cuatro días antes de iniciar los riegos normales. Este intervalo permitió ajustar la nutrición y generar un estrés controlado en las raíces, favoreciendo así un mejor desarrollo del sistema radicular.

Fertilización

El programa de fertilización comenzó el 21 de septiembre de 2023, utilizando la solución nutritiva Hoagland ajustada al 50% de los requerimientos del cultivo. Este ajuste se realizó con el objetivo de evaluar la efectividad de la gallinaza y observar su comportamiento de manera más precisa. Los cálculos

para la fertilización se realizaron restando los niveles de nutrientes presentes en el agua de riego, según el análisis realizado al inicio del ciclo de cultivo. Los fertilizantes utilizados incluyeron NKS, MAP, ácido fosfórico, urea y MicroMIX (UltraSol).

Durante las primeras cinco semanas, el riego con solución nutritiva se programó para una duración de una hora. Posteriormente, poco antes de iniciar la floración, este tiempo se incrementó a dos horas, en función de las condiciones climáticas y los niveles de humedad registrados durante el ciclo. Además, las aplicaciones de fertilización mineral se vieron influenciadas por las intensas lluvias y la alta humedad ambiental, lo que redujo su frecuencia y permitió una mayor expresión de las características de la gallinaza.

Deshierbe

El deshierbe de malezas se realizó manualmente con azadones cuando las plantas tenían aproximadamente tres semanas de desarrollo. Posteriormente, se llevó a cabo un monitoreo continuo para garantizar un control adecuado. Esta práctica fue fundamental para reducir la incidencia de plagas y evitar la competencia por agua y nutrientes, factores que pueden comprometer el desarrollo del cultivo. Un control inadecuado de malezas puede prolongar el ciclo productivo y generar deficiencias en las plantas. El periodo crítico de competencia de las malezas ocurre durante las primeras cinco semanas, etapa en la que el cultivo es más vulnerable. Pasado este periodo, las raíces del cultivo desarrollan mayor resistencia y dominancia sobre las malezas, aunque se recomienda mantener un control constante para minimizar los efectos negativos en el rendimiento.

Labores Culturales

Aproximadamente a los 32 días después del trasplante (ddt), se realizó el aporque y la escarda del cultivo de manera manual utilizando azadones. Esta práctica contribuyó a maximizar el desarrollo del sistema radicular, mejorar la oxigenación del suelo y proporcionar un mayor soporte a las plantas, favoreciendo significativamente su desarrollo.

Además, cada 15 días se llevó a cabo el lavado de las cintillas de riego para evitar la obstrucción de los goteros por residuos que pudieran infiltrarse, asegurando así un suministro eficiente de agua y nutrientes durante el ciclo del cultivo.

Control de plagas y enfermedades

Desde la segunda semana, se tomaron medidas preventivas contra el mildiú veloso (*Hyaloperonospora brassicae*) y la podredumbre bacteriana (*Pseudomonas marginalis*), debido a la alta humedad ambiental registrada en ese periodo. El 2 de octubre de 2023, se realizó un monitoreo que arrojó un umbral de infestación de 0.7, detectándose la presencia de larvas de palomilla dorso diamante (*Plutella xylostella*) y posibles indicios de pulgón verde (*Myzus persicae*). Ante esta situación, se programó una aplicación de insecticidas para el 3 de octubre, utilizando las dosis más bajas recomendadas en la DLS50. Se aplicaron 7 ml de Novaluron (Salsa-RIVAS) por cada 20 litros de agua, complementados con 1 ml/L del coadyuvante PHASE-1, empleando una bomba de fumigación de 20 L. Posteriormente, se mantuvo un monitoreo semanal para el control de plagas.

En la quinta semana, la alta humedad causada por lluvias volvió a ser un problema, por lo que se aplicó una mezcla foliar compuesta por 1 cc de Acibuffer (DELTA), 1 cc de Penetrex (DELTAPYR-DELTA), 5 g de Oxicob-85 (ADAMA), 2 cc de Yugo, y aminoácidos MicroMix (UltraSol), todo diluido por litro de agua y aplicado con una bomba de 20 L. Esta estrategia ayudó a mitigar los efectos negativos en las plantas y aprovechó la aplicación foliar para fortalecer su desarrollo.

Durante la sexta semana, el monitoreo reveló un umbral de infestación de 0.8, con la presencia de larvas de dorso diamante (*Plutella xylostella*) y áfidos (*Myzus persicae*, *Brevicoryne brassicae*). Se programó una fumigación con Indoxacarb (Avaunt EC/FMC) a una dosis de 15 ml por 20 L, *Bacillus thuringiensis* subsp. aizawai (Xentari DF-VALENT) a 16.5 g por 20 L, y Sulfoxaflor (Toretto-CORTEVA) a 1.7 ml por 20 L, utilizando también el adherente PHASE-1 a 1 ml/L. Tras esta aplicación, cuatro monitoreos posteriores mostraron umbrales de

infestación en cero. Las aplicaciones realizadas posteriormente fueron preventivas, utilizando fungicidas y aminoácidos para manejar las condiciones de alta humedad y los frentes fríos registrados al final del ciclo.

Los umbrales de infestación se determinaron mediante el conteo aleatorio de plantas, revisando desde la raíz hasta el inicio de la formación del botón floral.

Diseño experimental

El experimento se estableció con un diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones por tratamiento y cinco plantas por repetición, los tratamientos se aplicaron directamente a los surcos (dirigidos) y se incorporarán manualmente. Los tratamientos evaluados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Descripción de tratamientos llevados a cabo en el experimento

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo Fertilización Base (Compo Expert-Blaukorn 250 kg ha ⁻¹)
T2	Gallinaza 2 T Ha ⁻¹
T3	Gallinaza 4 T Ha ⁻¹
T4	Gallinaza 8 T Ha ⁻¹
T5	Gallinaza 16 T Ha ⁻¹

Destacando que los precios utilizados se tomaron el día 28 de agosto de 2023, el precio por saco de 25 kg de Compo Expert-blaukorn es de \$1300.00 MXN, respecto al precio por t de la gallinaza el cual ronda los \$700.00 MXN t⁻¹.

Variables evaluadas

Diámetro de Inflorescencia (DI). Se midió el diámetro de la inflorescencia de 5 plantas por repetición a los 72, 78, 86 y 93 días después del trasplante (ddt) con un vernier digital marca MEASURING. Los datos obtenidos se reportaron en mm.

Tasa relativa de crecimiento diámetro de inflorescencia (TRCDI). Se estimó cada medición realizada con ayuda de la siguiente formula:

$$TRC = \frac{\ln C_2 - \ln C_1}{t_2 - t_1}$$

Donde C_1 y C_2 son las circunferencias de la inflorescencia en dos momentos consecutivos, t_1 y t_2 son los tiempos correspondientes a los dos momentos de medición, y \ln representa el logaritmo natural, los resultados se expresaron en $\text{mm mm}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

Diámetro de tallo (DT). Se midieron 3 plantas por repetición con un vernier digital marca MEASURING, eligiéndolos al azar al momento de cosechar las inflorescencias y se expresó en mm.

Número de hojas (NH). Se hizo un conteo manual de hojas, eligiendo tres plantas al azar por repetición.

Área foliar por hoja (AFH). Se tomaron medidas de tres hojas de tres plantas por repetición con la aplicación Petiole (Petiole LTD), y se expresó el resultado en cm^2 .

Área foliar total por planta (AFT). Se calculó con la siguiente fórmula:

$$AFT = (AFH)(NH)(2)$$

El resultado se expresó en m^2 , considerando tanto la superficie adaxial como la abaxial de la hoja. Por este motivo, se multiplica por 2 para reflejar la totalidad de ambas superficies.

Biomasa foliar total (BFT). Se pesó la biomasa total con ayuda de una báscula digital X y se expresó en gramos (g).

Biomasa foliar por hoja (BFH). Se hizo una relación con los datos obtenidos de BFT y NH, y se expresó en gramos.

Biomasa fresca específica (BFE). Se calculó con la siguiente fórmula:

$$BFE = \frac{BFH}{AFH}$$

Y el resultado se expresó en g cm^{-2} .

SPAD. Se hizo una medición con un medidor de clorofila marca MaquiGra, a los 50 ddt, eligiendo cinco plantas al azar por repetición.

Numero de inflorescencias cosechadas (NIC). Se realizaron cuatro conteos manuales de inflorescencias cosechadas, seccionando en cajas por tratamiento.

Peso total (PT). Se pesó el total de inflorescencias cosechadas en cada cosecha con una báscula digital marca X, teniendo un total de cuatro datos y se expresó el resultado en kilogramos.

Porcentaje de inflorescencias cosechadas (PIC). Se tomó en cuenta un total de 175 inflorescencias por repetición y se estimó el porcentaje de inflorescencias cosechadas.

Peso promedio por inflorescencia (PPI). Se estimó con la siguiente fórmula:

$$PPI = \frac{PT}{NIC}$$

Y el resultado fue expresado en gramos.

Rendimiento por hectárea en kilogramos (RHK). Se estimó con la siguiente fórmula:

$$RHK = \frac{(IH)(PPI)}{1000}$$

Y se expresó en kg ha⁻¹.

Rendimiento por hectárea en t (RHT). Se estimó con la siguiente fórmula:

$$RHT = \frac{RHK}{1000}$$

Y se expresó en t ha⁻¹.

Costo de venta por hectárea en Coahuila (CVHCoah). Se estimaron los costos de venta de acuerdo al rendimiento total por tratamiento en relación a precios que arrojaba el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) del día 19 de diciembre de 2023 y se expresó en pesos mexicanos MXM.

Costo de venta por hectárea california (CVHCAUSD). Se estimaron los costos de venta de acuerdo al rendimiento total por tratamiento en relación al precio de venta en el estado de California, USA el día 19 de diciembre de 2023 (Market News, USDA), costos expresados en dólares USD.

Costo de venta por hectárea californiana (CVHCAMXN). Se calculó utilizando CVHCAUSD y el precio de venta del dólar al 19 de diciembre de 2023 marcado por el Banco de México (BANXICO).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron utilizando un diseño de bloques completos al azar. Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias mediante el método LSD de Fisher, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Para la variable "diámetro de inflorescencia", se realizó una prueba de comparación de medidas repetidas en el tiempo (Hotelling). Además, se efectuó un análisis de varianza multivariado (MANOVA) utilizando el criterio de Wilks y una prueba de suma de medias de Hotelling ($p \leq 0.05$), considerando las variables PT, CP, DT, NP, NH, AFH, NIC, PIC y BFT.

El análisis de datos se realizó empleando el software estadístico InfoStat v. 2020 (Grupo InfoStat, Córdoba, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diámetro de inflorescencia (DI)

La figura 3 muestra las tendencias del diámetro de inflorescencia a lo largo del tiempo (72, 78, 86 y 93 días después del trasplante, DDT) para los cinco tratamientos evaluados. Los resultados de la prueba de Hotelling para medidas repetidas en el tiempo, con un valor de p de 0.0256 (Willks), indican diferencias significativas entre los tratamientos en su evolución temporal. Esto refleja cómo las diferentes dosis de gallinaza impactaron el crecimiento de las inflorescencias en comparación con el testigo químico. La gráfica permite visualizar claramente cómo el tratamiento con 8 ton ha^{-1} logró los valores más elevados en el diámetro de las inflorescencias a lo largo del tiempo, siendo estadísticamente diferente al testigo y a las dosis 2 y 16 ton ha^{-1} , lo que resalta la eficacia de la gallinaza como un fertilizante orgánico. Estos resultados subrayan la importancia de utilizar dosis adecuadas para maximizar el crecimiento y la productividad del cultivo de brócoli.

La dosis 8 ton ha^{-1} mostró los mayores valores en el diámetro de inflorescencias, lo que sugiere un impacto positivo de las dosis más altas de gallinaza en estas etapas avanzadas del desarrollo. Esto puede deberse al aporte gradual y sostenido de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, derivados de la mineralización de la gallinaza. Sin embargo, la dosis más alta de gallinaza (16 ton ha^{-1}) no mostró un desempeño superior al de otras dosis más moderadas, como las 8 ton ha^{-1} , debido a varios factores que pueden influir en la dinámica del suelo y el desarrollo del cultivo.

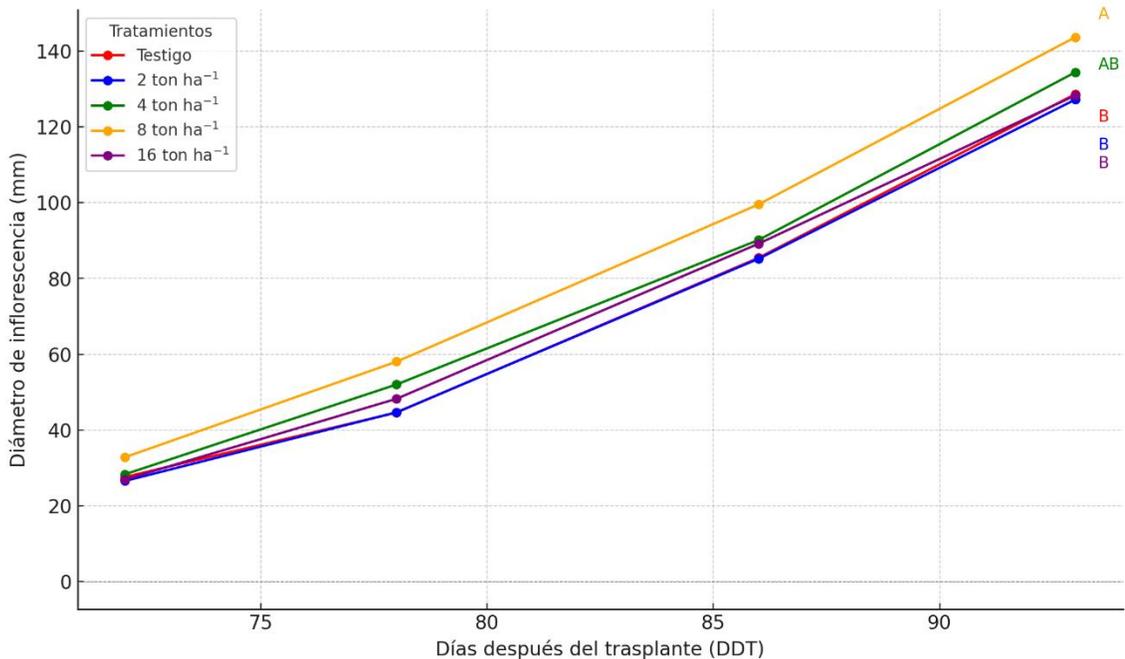


Figura 3. Tendencia en el crecimiento del diámetro de inflorescencia de brócoli ante la aplicación de diferentes dosis de gallinaza a los 72, 78, 86 y 93 días después del trasplante. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.

Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Willks $p > 0.05$).

Tasa relativa de crecimiento diámetro de inflorescencia (TRCDI).

La TRCDI, no presentó diferencias significativas en ningún tratamiento y tampoco en la comparación de medidas repetidas en el tiempo, lo que se observa en la figura 4. Los resultados obtenidos contrastan con el trabajo de Alfaro Quinto (2023), quien reveló que no existieron diferencias significativas en relación al crecimiento del diámetro de inflorescencias de brócoli, utilizando humus (5 t ha⁻¹), alcanzando medias máximas de 17.43 cm, concluyendo que los diámetros alcanzados se ven influenciados al peso ganado de cada inflorescencia, a su vez la densidad de plantación, factores como el clima y la nutrición son determinantes para que exista mayor variabilidad. Coincidiendo con Vilema Vilema (2017), quien muestra que no existieron diferencias significativas en relación al crecimiento de

las inflorescencias de brócoli y en su experimento se redujo la fertilización química hasta en un 40% y lo restante se reemplazó utilizando zeolita y carbón activado, por consiguiente, un factor determinante para el desarrollo de las inflorescencias.

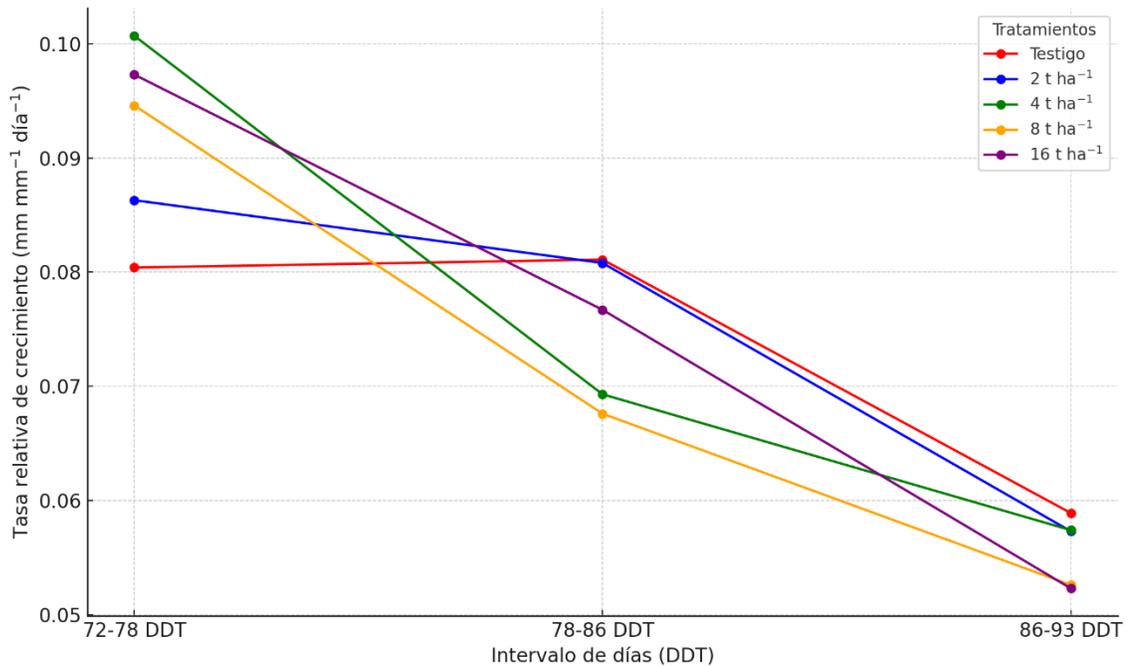


Figura 4. Tendencia en la tasa relativa de crecimiento de la inflorescencia de brócoli ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.

Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Willks $p > 0.05$).

SPAD

En la figura 5 se muestra que no hubo diferencias estadísticamente significativas para esta variable, a pesar de que la gallinaza es una fuente importante de materia orgánica, las dosis y el tiempo de asimilación de minerales no fueron suficientes para que la planta de brócoli alcanzara sus valores máximos. Se sabe que el brócoli asimila el nitrógeno lentamente durante todo su desarrollo, lo que resalta la importancia de utilizar abonos orgánicos, no solo para reducir costos sino también para favorecer la microbiota del suelo. Sin embargo, la sola incorporación de abonos no es suficiente para que el cultivo exprese todo

su potencial. Se recomienda realizar aplicaciones suplementarias de fertilizantes nitrogenados en dosis bajas durante el desarrollo del cultivo, especialmente en regiones lluviosas. También se sugiere aplicar aminoácidos foliares, según Casseres (1980).

Los resultados obtenidos coinciden con los de Mora Bautista (2021), quien encontró que no había diferencias estadísticamente significativas al aplicar 100 gramos por planta de vermicompost junto con harina de roca, tanto en el momento del trasplante como a los 30 y 60 días después del trasplante, aunque la incorporación de fertilizante orgánico mostró valores más altos en algunos tratamientos. Caballo Méndez *et al.*, (2016) concluyen que las unidades SPAD están estrechamente relacionadas con el contenido de clorofila y nitrógeno en las hojas de diversos cultivos hortícolas.

Por otro lado, Miguel Cruz (2019) evidenció que la mayoría de sus tratamientos tuvieron contenidos de clorofila muy similares entre sí, con excepción de algunos tratamientos inoculados con la cepa P61 (*Pseudomonas tolassi*) y otro tratamiento con la misma cepa, pero con 100% de fertilización Steiner, los cuales mostraron rendimientos más bajos.

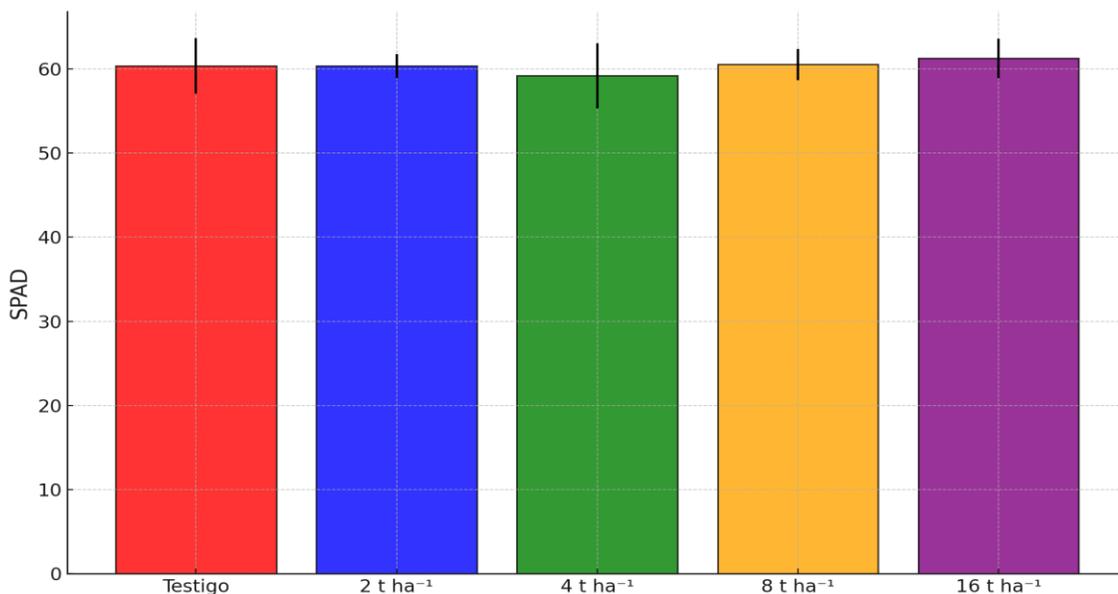


Figura 5. Medición SPAD, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza. Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Diámetro de tallo

No existieron diferencias estadísticamente significativas en ningún tratamiento como se muestra en la figura 6. Respecto a los resultados obtenidos, Lazo Ramírez (2016), obtuvo resultados inferiores ante la aplicación de gallinaza en dosis de 10 y 20 t ha⁻¹ con medidas promedio de 24.8 mm y 30 mm. Destacando en esta investigación que la dosis de 4 t ha⁻¹ obtuvo promedios de 36.06 mm, 20.2 % más respecto al otro experimento. Llomitoa Gavilanez (2022) muestra valores inferiores en la utilización de gallinaza como abono orgánico en el cultivo de la Col (2-6 kg m²), registrando datos inferiores a los obtenidos en esta investigación, a los 60 ddt (21.12 cm) y a los 90 ddt (21.54 cm).

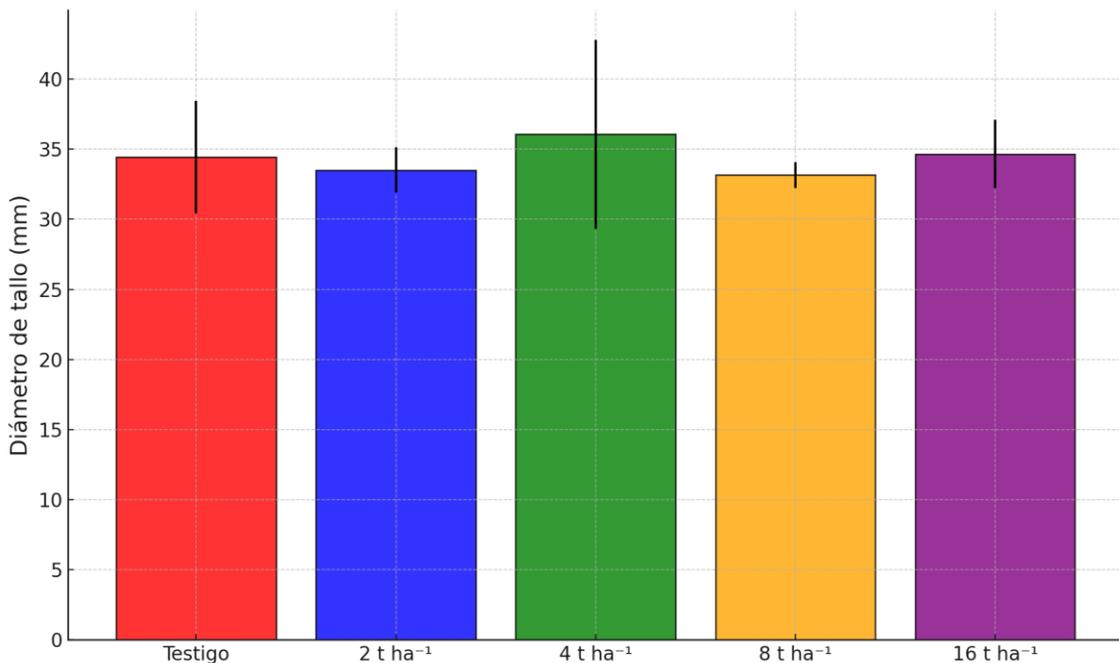


Figura 6. Mediciones finales del diámetro de tallo expresadas en milímetros, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Numero de hojas

En los ANOVA aplicados en esta investigación, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el conteo de hojas por planta a los 104 ddt (Figura 7). Lo anterior, difiere por lo encontrado por Catota y Ramírez

(2020), quienes, en su investigación, encontraron diferencias significativas, destacando que el con una fertilización completamente orgánica registró un mayor número de hojas (21.65 hojas por planta) en comparación con el tratamiento químico (20.60 hojas por planta). Además, su estudio revela que el número de hojas del brócoli no se ve afectado por la aplicación de gallinaza, a diferencia del tratamiento químico que, aunque inicialmente mostró un mayor número de hojas, luego no fue asimilado, lo que sugiere una variante en su efecto.

Por otro lado, Huanca y Fernández (2019) también reportaron la ausencia de diferencias significativas en su investigación, a pesar de haber obtenido un coeficiente de variación del 23.32%, superior al registrado en nuestra investigación (2.55%). A pesar de ello, lograron un promedio de 23 hojas por planta, cifra similar al promedio obtenido en nuestro estudio (21 hojas/planta). Por último, Seijas Gabiño (2022) obtuvo resultados inferiores en cuanto al efecto de la gallinaza, registrando un promedio de 15 hojas por planta en tratamientos con 50 y 60 t ha⁻¹

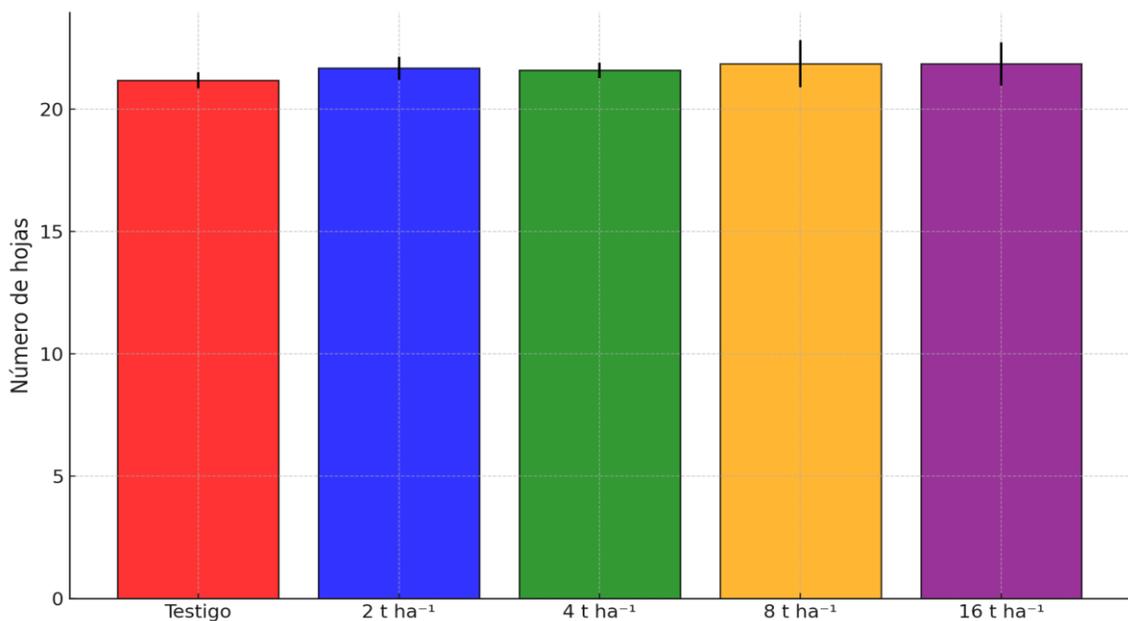


Figura 7. Número de hojas totales por planta de brócoli, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Área foliar por hoja (AFH)

En cuanto a AFH, así como al área foliar total, que se observan en la figura 8, no existieron diferencias estadísticamente significativas en las mediciones realizadas con la aplicación Petiole (Petiole LTD). Contreras Bravo (2018), realizó mediciones manuales de largo y ancho y con ayuda de imágenes tomadas con una cámara digital, apoyándose del software Imagine G que evalúa el largo y ancho de manera directa, datos similares respecto al tratamiento 4 de esta investigación (16 t ha^{-1}), con medias de 577.83 cm^2 , en su investigación se obtuvieron datos a los 30 ddt (586.40 cm^2), 60 ddt (962 cm^2) y a los 85 ddt ($2,110 \text{ cm}^2$), tomándose en cuenta tres plantas por repetición. Datos superiores a los tratamientos 1,2,3 y al testigo respectivamente. Se debe tomar en cuenta que las mediciones pueden variar a causa del método de medición.

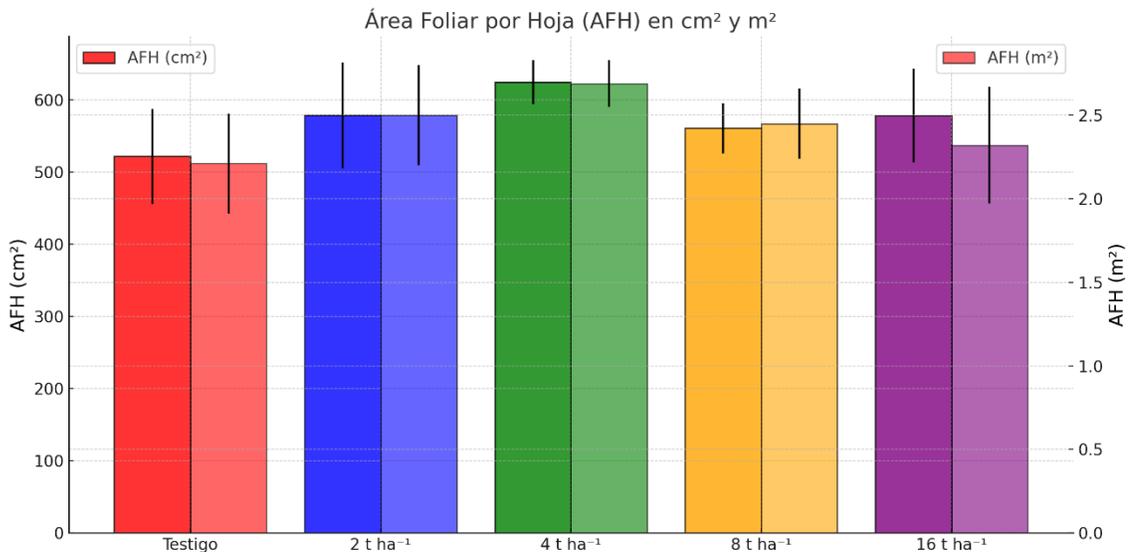


Figura 8. Área foliar por hoja de brócoli, tomando en cuenta tres hojas por planta, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Biomasa foliar y biomasa fresca específica

Como se muestra en la figura 9, no se encontraron diferencias estadísticas significativas para las mediciones de biomasa foliar, tanto total, como por hoja, además tampoco hubo diferencias significativas en la biomasa fresca específica. Igualmente, Alfaro Quinto (2023), en su investigación no obtuvo diferencias entre

sus tratamientos y concluyó que las mezclas de sus abonos usados no influyeron en las variables estudiadas, sin embargo, reportó que la biomasa fresca foliar varió de 1.35 a 1.5 kg por planta, resultados superiores a los encontrados en esta investigación.

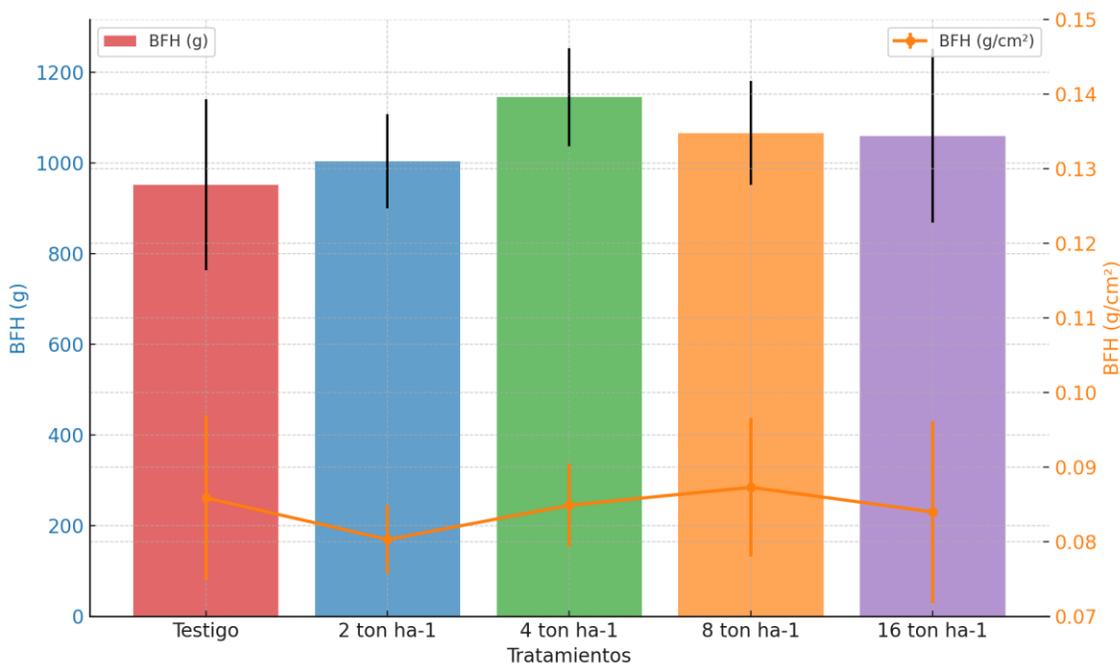


Figura 9. Biomasa foliar de la planta de brócoli, tomando en cuenta las diferentes mediciones mostradas, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Numero de inflorescencias cosechadas

Como se muestra en la figura 10, de acuerdo con el análisis de varianza de la prueba de medidas repetidas en el tiempo, no existieron diferencias significativas en el NIC, aunque en la segunda cosecha, las dosis que obtuvieron mejor rendimiento de inflorescencias cosechadas fueron la de 8 t ha⁻¹ (19.00 ± 2.94 inflorescencias) y 16 t ha⁻¹ (17.25 ± 2.22 inflorescencias), fueron superiores en un 58.33% y 43.75% en comparación con el testigo (12.00 ± 4.97 inflorescencias). En las la primer, tercer y cuarta cosecha, así como el total de inflorescencias cosechadas no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados respecto al testigo. De igual forma, al tomar en cuenta un

total de 175 plantas por repetición, los datos obtenidos de porcentaje de inflorescencias cosechadas, mostrados en la figura 11, señalan que al aplicar dosis de 8 t ha^{-1} ($10.86 \pm 1.58\%$) y 16 t ha^{-1} ($9.86 \pm 1.27\%$) se incrementa el porcentaje de cosecha a diferencia del testigo que alcanzo ($6.86 \pm 2.84\%$) en la segunda cosecha. Nuevamente las la primer, tercer y cuarta cosecha, así como el total, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al testigo utilizado.

Manosalvas Cevallos (2016) en sus resultados muestra que al usar 15 t ha^{-1} de humus y una mezcla de compost + humus ($5 \text{ y } 5 \text{ t ha}^{-1}$), obtuvo resultados superiores (42 inflorescencias por parcela) a la cosecha de los 93 ddt, que tuvo diferencias significativas, sin embargo, sus resultados fueron inferiores en comparación con el número total de inflorescencias cosechadas (106 inflorescencias promedio por tratamiento).

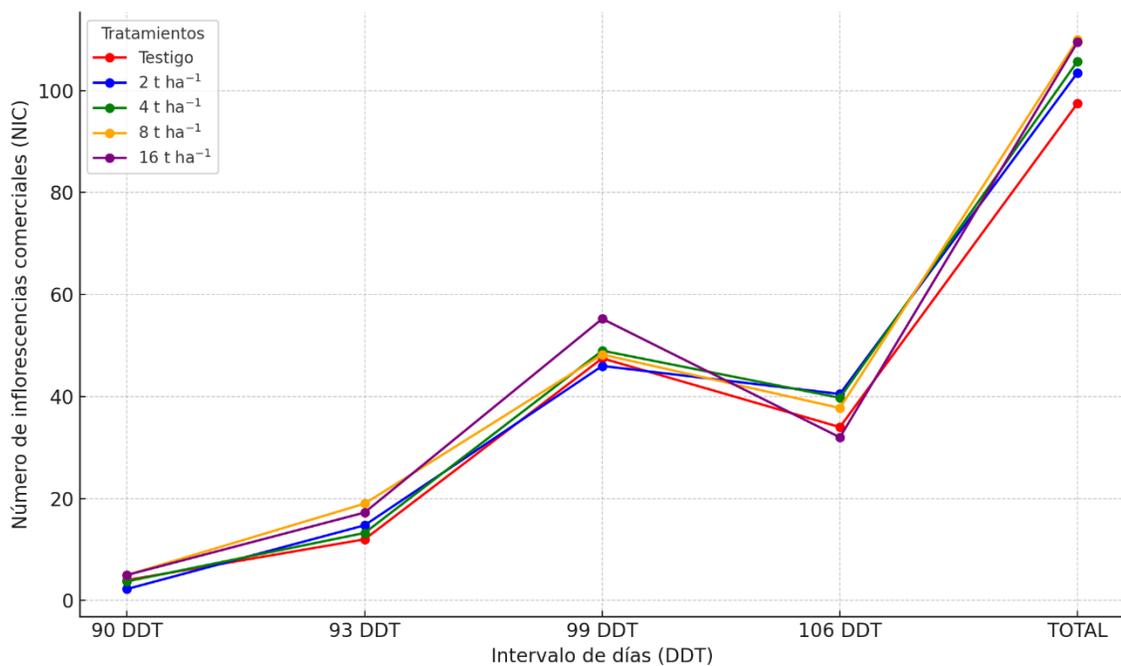


Figura 10. Numero de inflorescencias de brócoli cosechadas durante cuatro cortes, así como el total, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.

Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Willks $p > 0.05$).

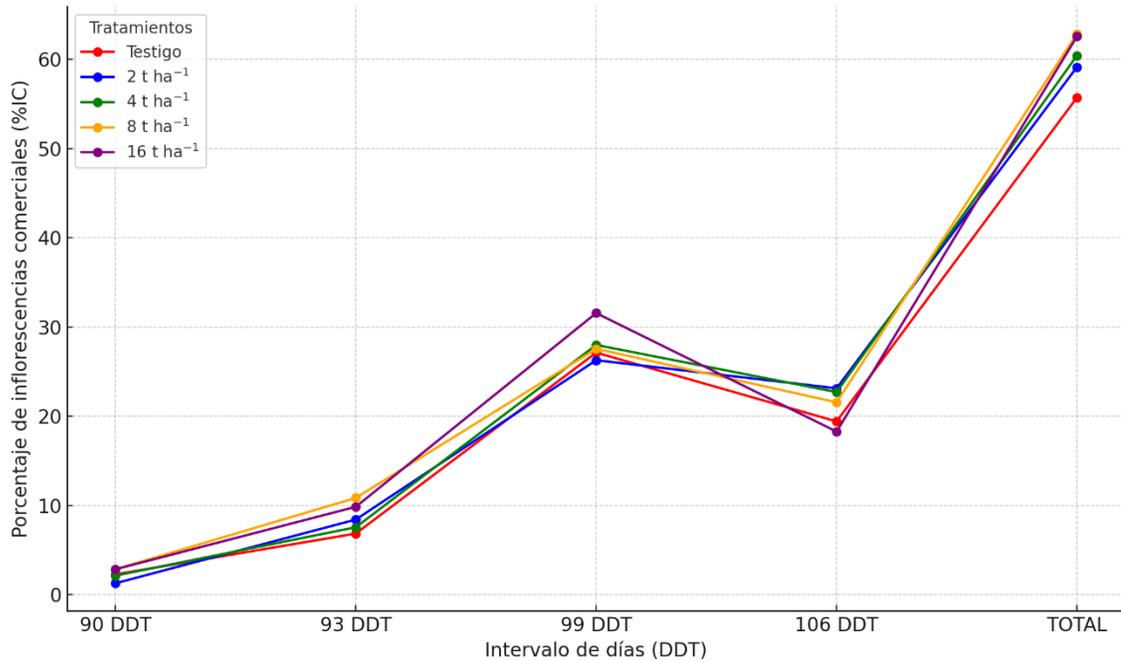


Figura 11. Porcentaje de inflorescencias de brócoli cosechadas, tomando en cuenta un total de 175 plantas por repetición, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.

Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Willks $p > 0.05$).

Peso total

De acuerdo con la figura 12, en las cosechas evaluadas, existe que, en la segunda cosecha, al aplicar gallinaza en dosis de 16 t ha⁻¹ (21.96 ± 2.21 kg) se incrementa el volumen de peso un 35.38 % a diferencia del testigo (16.22 ± 2.43 kg), respecto a las otras mediciones no se encuentran diferencias significativas, sin embargo, en la prueba de medidas repetidas en el tiempo, se observa que las dosis, 8, 16 y 4 t ha⁻¹ obtuvieron valores mayores en comparación al testigo. Los resultados obtenidos en esta investigación son superiores en relación al trabajo realizado por Ubidia Valencia (2014) que obtuvo pesos promedio en relación a peso por inflorescencia de 324 gr donde recalca diferencias significativas en su estudio. Por otro lado, Cruz Tobar *et al.* (2018), registro valores promedio generales en peso de .84 kg por inflorescencia, en cuanto al tratamiento con

composta registro valores superiores con .97 kg, pero con valores inferiores en cuanto a rendimiento por tratamiento, donde obtuvo 24.68 kg promedio por tratamiento.

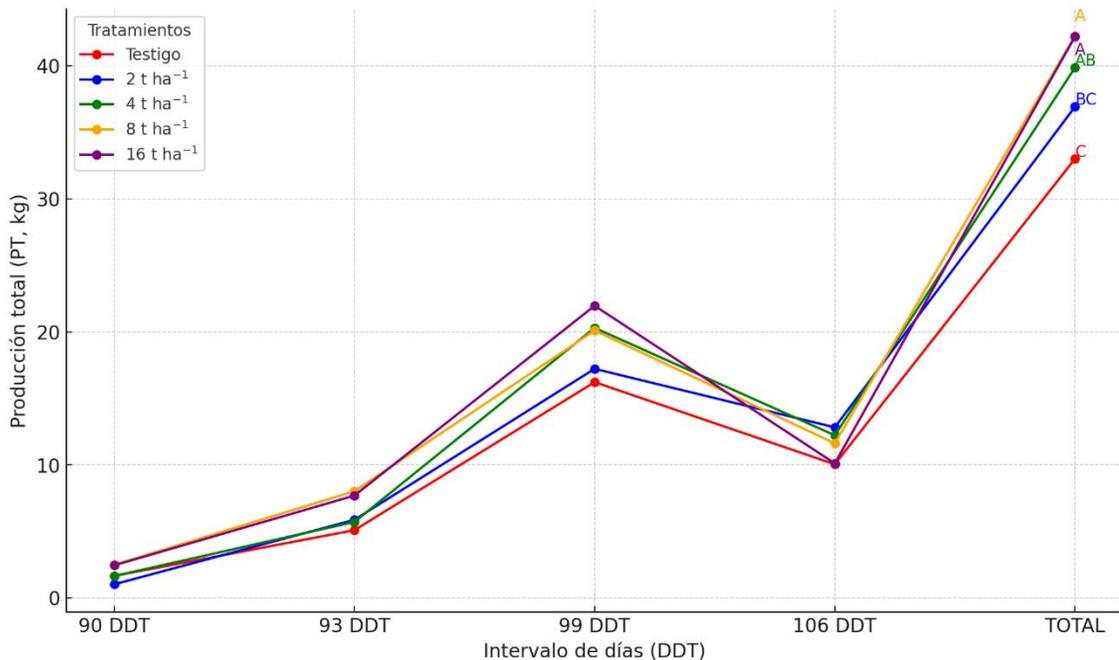


Figura 12. Peso total del brócoli cosechado ante la aplicación de diferentes dosis de gallinaza. Prueba de comparación de medias en medidas repetidas en el tiempo.

Prueba Hotelling. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Willks $p > 0.05$).

Peso promedio por inflorescencia

En la figura 13, se analiza que al aplicar gallinaza en dosis de 16 t ha⁻¹ (386.63 ± 20.78 g), así como las dosis 8 (384.49 ± 29.02 g) y 4 t ha⁻¹ (377.24 ± 11.60 g) se obtuvieron valores superiores al testigo en un 14.02%, 13.39% y 11.26%, respectivamente.

Catota y Ramírez (2020), muestran resultados superiores en la utilización de gallinaza, obteniendo pesos promedio de 512.48 g por inflorescencia, incentivan al uso de abonos para tener buenos rendimientos. En relación con lo anterior, Lazo Ramírez (2016) obtuvo resultados similares en el peso de la inflorescencia del brócoli utilizando de dosis de 10 t ha⁻¹ (420.3 g), dentro de su

investigación destaco la dosis de 40 t ha⁻¹ con los pesos promedio más altos por inflorescencia (775.5 g).

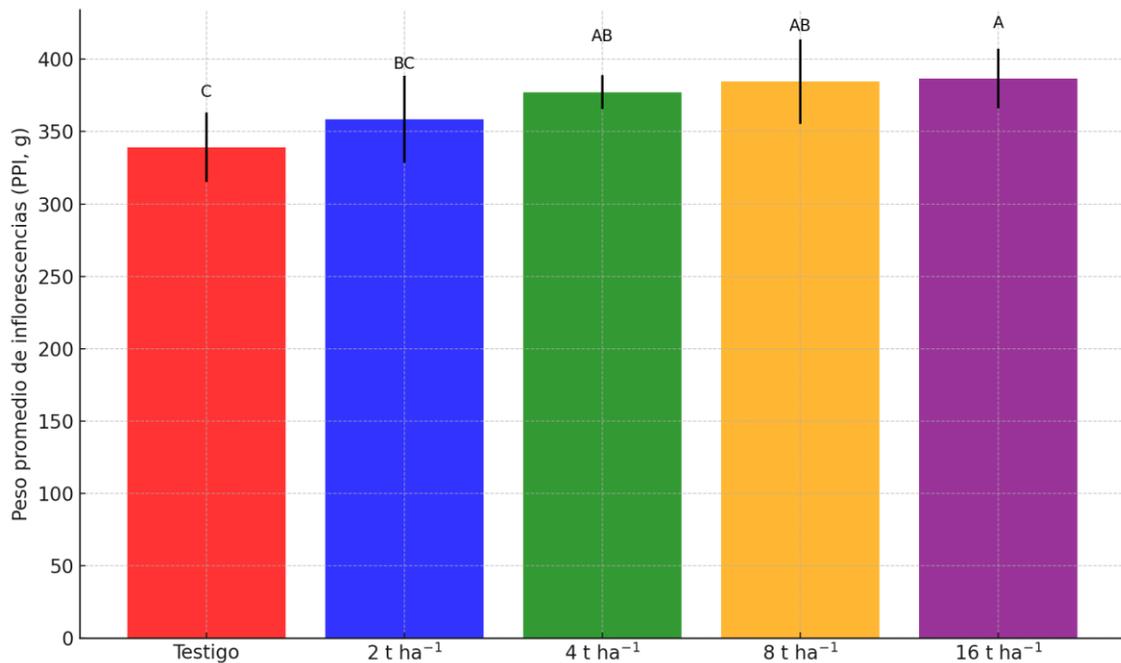


Figura 13. Peso promedio de inflorescencias de brócoli cosechadas, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Rendimiento de inflorescencias de brócoli por hectárea

Con el objetivo de encontrar mejores resultados en cuanto a rendimiento con las distintas dosis aplicadas, se destaca en la figura 14 que, las mayores diferencias en un incremento de producción se obtuvieron usando dosis de gallinaza de 16 t ha⁻¹ logrando hasta 15071.43 ± 1115.55 kg h⁻¹ y con 8 t ha⁻¹ logrando 15080.36 ± 947.94 kg ha⁻¹, si estos datos los transformamos a t ha⁻¹, se encuentran los mismos valores para las dosis de gallinaza de 16 t ha⁻¹ alcanzamos hasta 15.07 t de producción y con 8 t ha⁻¹, 15.08 t, respecto a las 11.7 t del testigo, en el resto de los tratamientos no se encuentran diferencias significativas en los otros tratamientos y tampoco diferencias para las inflorescencias por hectárea calculadas.

Esto demuestra que el uso de gallinaza como fertilizante es eficaz y aplicable a niveles de producción altos, teniendo buenos rendimientos que son destacables

en comparación con el uso de fertilizantes químicos. Los resultados finales obtenidos en el rendimiento de brócoli (kg ha^{-1}), son superiores en un 50.62% a los de Lazo Ramírez (2016), el cual, en sus dosis de gallinaza usadas, las más cercas a las del presente experimento fueron la de 10 t ha^{-1} , donde obtuvo un rendimiento de $10,005.7 \text{ kg ha}^{-1}$ y con la dosis de 20 t ha^{-1} logro hasta $10,690.2 \text{ kg ha}^{-1}$ de producción, destacando su dosis de 40 t ha^{-1} con un rendimiento de $18,487.7 \text{ kg ha}^{-1}$.

Catota y Ramírez (2020), en relación a los resultados obtenidos, mostro un rendimiento superior en la aplicación de gallinaza ($23,155.32 \text{ kg ha}^{-1}$). Asimismo, Galeano y Sánchez, (2013), obtuvieron un rendimiento superior de $23,960 \text{ kg ha}^{-1}$ usado una dosis de gallinaza de 20 t ha^{-1} .

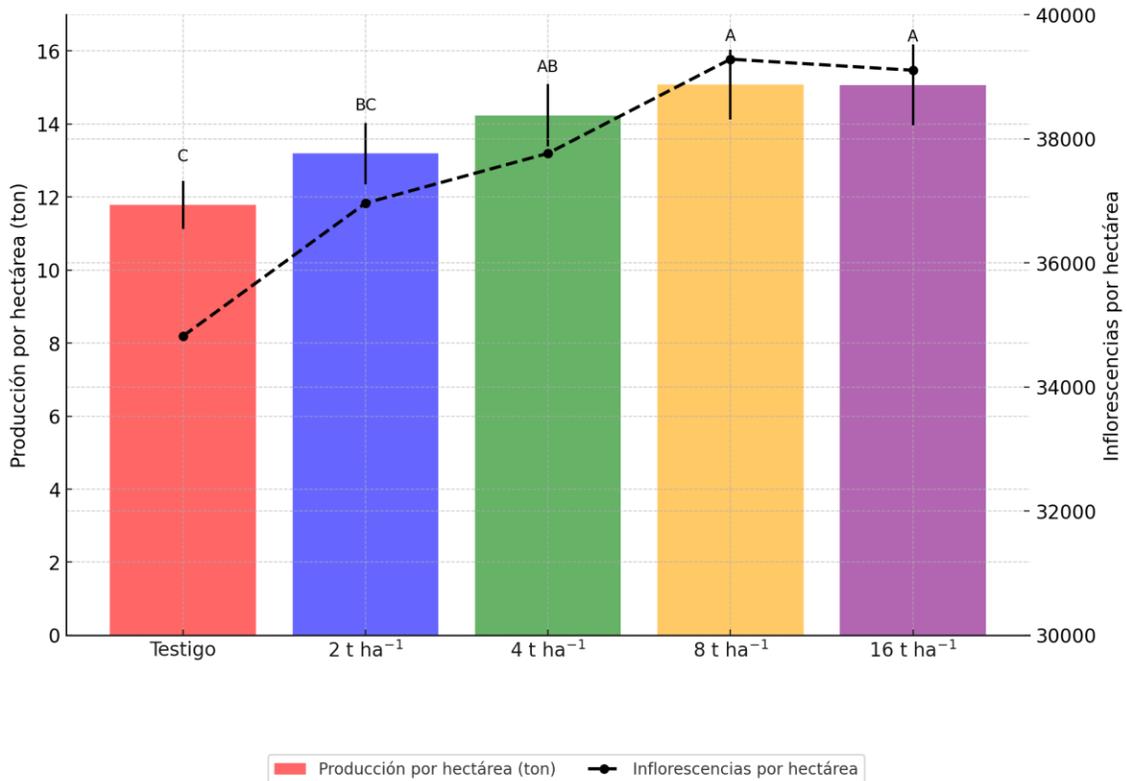


Figura 14. Rendimiento de inflorescencias brócoli cosechadas por hectárea, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Costos de venta por hectárea Coahuila y California, USA.

Se observa en la figura 15, diferencias estadísticamente significativas con ganancias económicas muy notables, las cuales destacan los tratamientos con dosis de 16 t ha⁻¹ para el estado de Coahuila (391857.15 ± 29004.22 pesos MXM), para California, USA (713029.29 ± 52776.53 pesos MXM) y con la dosis de 8 t ha⁻¹ (392089.29 ± 24646.39 pesos MXM), California, USA (713451.70 ± 44846.94 pesos MXM), respecto al testigo, en Coahuila (306451.79 ± 17360.50 pesos MXM), California, USA, (557624.39 ± 31589.43 pesos MXM), en el resto de los tratamientos no existieron diferencias significativas.

Estos resultados demuestran que con el uso de la gallinaza se pueden tener mayores ingresos de ventas respecto al testigo químico utilizado, logrando así una eficiencia de capital y mayor beneficio del productor.

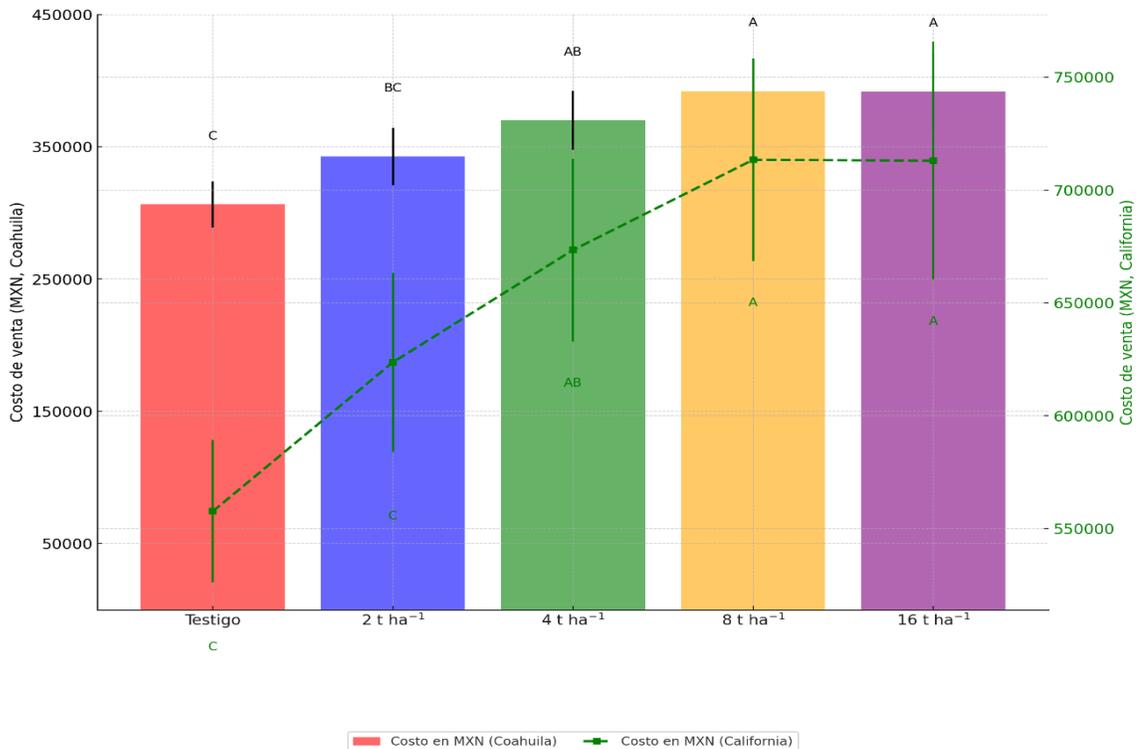


Figura 15. Costos de venta de la producción de brócoli por hectárea calculados el día 19 de diciembre de 2023, para el estado de Coahuila y California, USA, ante la aplicación de distintas dosis de gallinaza.

Prueba LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Análisis multivariado

En la Tabla 3 se observan los resultados de un análisis de varianza multivariado con prueba de Wilks y una prueba de suma de medias de Hotelling, donde se tomaron en consideración las variables importantes para los productores de brócoli en cuanto a producción (peso total de cosecha, inflorescencias cosechadas y peso promedio por inflorescencia), calidad (circunferencia, diámetro de tallo, número de pedúnculos) y producción de esquilmos (número de hojas, área y biomasa foliares). El análisis nos muestra que, en la suma de medias, las dosis de 4, 8 y 16 t por hectárea no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, si muestran diferencias significativas en comparación del testigo químico, al mostrar una suma de medias de mayor valor, por su parte la dosis de 2 t por hectárea no presenta diferencias significativas comparada con el testigo.

Tabla 4. Análisis de varianza multivariado de cultivo de brócoli, donde se tomó en cuenta el Peso Total, Circunferencia, Diámetro De Tallo, Numero De Pedúnculos, Numero De Hojas Área Foliar Unitaria, Inflorescencias Cosechadas, Peso Promedio Por Inflorescencia Y Biomasa Foliar Total ante la aplicación de diferentes dosis de gallinaza.

Tratamiento	MANOVA
Testigo	2067.37 C
2 ton ha-1	2205.97 BC
4 ton ha-1	2421.34 A
8 ton ha-1	2293.27 AB
16 ton ha-1	2302.76 AB
p-value	0.0386

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

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian el impacto positivo de las dosis de gallinaza sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de brócoli. En particular, las dosis de 8 t ha^{-1} y 16 t ha^{-1} se destacaron por mejorar significativamente el diámetro de inflorescencias, el número de inflorescencias cosechadas y el peso total, en comparación con el testigo químico. Aunque no se observaron diferencias significativas en algunas variables como la tasa relativa de crecimiento o el número de hojas, la aplicación de gallinaza favoreció el desarrollo de los cultivos en general, especialmente en términos de rendimiento y calidad de la cosecha.

El análisis multivariado confirmó que las dosis de 4, 8 y 16 t ha^{-1} no presentaron diferencias significativas entre sí, pero sí mostraron mejores resultados en comparación con el testigo químico. Aunque la dosis más baja (4 t ha^{-1}) es la opción más económica, las dosis mayores (8 y 16 t ha^{-1}) demostraron no solo mejoras en el rendimiento del cultivo, sino también un potencial adicional para mejorar las condiciones del suelo a largo plazo. El mayor aporte de nutrientes de estas dosis más altas podría favorecer la estructura y la microbiota del suelo, contribuyendo a una agricultura más sostenible.

Además, el análisis de costos de venta indicó que las dosis de gallinaza también mejoraron los ingresos económicos, lo que resalta su potencial como una alternativa rentable frente a los fertilizantes químicos. Estos hallazgos apoyan la viabilidad de integrar gallinaza en los sistemas de fertilización para la producción de brócoli, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles, rentables y ecológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro Quinto, D. d. (2023). Rendimiento en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Avenger empleando enmiendas orgánicas. lamolina.edu.pe: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6093>
- Arratia-Castro, Alda A., Fernández-Herrera, Ernesto, Gómez-Espinoza, María G., Herrera-Flores, Teresa S., Moreno-Contreras, María G., Anda, Eva M. Licea-de, & Ramírez- Bustos, Irene I. (2022). *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium verticillioides* agentes causales de la pudrición del brócoli en México. *Revista Chapingo*. Serie horticultura, 28 (3), 175-188. Publicación electrónica del 13 de diciembre de 2022.
- Bastidas Quintana, M. E. (2015). Importancia de la exportación y la producción de brocolí de la provincia de Cotopaxi: estrategias de comercialización hacia los mercados no tradicionales años 2010-2014. repositorio.ug.edu: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/bd697875-df73-4f92-9905-5f76fa1542ce>. Consultado en noviembre de 2015
- Berríos Reyes, P. A., y Pérez Pastor, A. (2022). Efecto de la fertilización mineral de nitrógeno sobre la fisiología y rendimiento de brócoli. repositorio.upct: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/10756>
- Bolea J. (2002). Cultivo de Coles, Coliflores y Brócolis. Editorial Síntesis. Primera edición. Barcelona – España.
- Cadena Ponce, D. (2023). <http://riaa.uaem.mx/>. Estudio sobre la composición química del extracto metanólico del bagazo del brócoli, *Brassica oleracea* var. *italica*: <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/4140>
- Carballo Méndez, F. d., Rodríguez Ortiz, J. C., García Hernández, J. L., Alonso Alcalá Jáuregui, J., Preciado Rangel, P., Rodríguez Fuentes, H., & Villarreal Guerrero, F. (2017). Efecto de gallinaza y biosólido en mezcla con turba. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo, 49, 193-202.

https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652017000200014&lng=es&tlng=es.

- Canchari Gomez B.H (2022), Dosis de abono orgánico y mineral en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica). [Tesis Inédita]. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Facultad De Ciencias Agrarias.
- Casas Rodríguez, S., & Guerra Casas, L. D. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. *Rev. prod. anim.*, 32. *scielo.sld.cu*: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202020000300087
- Casseres, E. (1980). Producción de hortalizas. San José, Costa Rica: Instituto interamericano de ciencias agrícolas.
- Castellanos, L. (2015). 10 Beneficios Del Brócoli para La Salud. <https://es.scribd.com/>: 10 Beneficios Del Brócoli para La Salud. Revisado el 25 de marzo de 2015
- Catota Ramos, W. d., & Ramírez Sabando, J. E. (2020). Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) Var. Avenger sakata con dos abonos orgánicos. *repositorio.utc.edu.ec*: <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6924>
- Cotrina-Cabello, Víctor Raúl, Alejos-Patiño, Italo Wile, Cotrina-Cabello, Gomer Guillermo, Córdova-Mendoza, Pedro, & Córdova-Barrios, Isis Cristel. (2020). Efecto de los fertilizantes orgánicos en suelos agrícolas de Purupampa Panao, Perú. *Centro Agrícola*, 47 (2), 31-40. Epub 01 de abril de 2020. Recuperado el 18 de abril de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000200031&lng=es&tlng=en.
- Contreras Bravo, S., & Vázquez Ramírez, R. (2018). Estudio comparativo en crecimiento de cuatro cultivares de brócoli (*Brassica oleracea*) conducidos en Tezontle rojo a través de alturas, área foliar y parámetros productivos en invernadero. *repositorio*:

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/700a4ad0-4fc2-4c8d-b403-d0c7cb2c378d>.

- Cruz-Tobar, E., Vega-Chariguamán, J., Gutiérrez- Albán, A., González-Rivera, M., Saltos-Espín, R., & González-Rivera, V. (2018). Efecto de la aplicación de efectos orgánicos en la producción de brócoli (*Brassica oleraceae*). *Revista de Investigación Talentos*, V, 1-8. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8551190.pdf>
- Díaz-Franco, A., Alvarado-Carrillo, M., Alejandro-Allende, F., y Ortiz-Chairez, FE (2017). Uso de abono orgánico y micorriza arbuscular en la producción de repollo. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, XVI (1), 15-21.
- Escobar, E. H. (abril de 2021). Evaluación De La Extracción De N, P Y K en el Cultivo de Brócoli var. Avenger. repositorio.uta.edu: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32744>
- Estrada Pareja, M. M., (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 43-48.
- FAOSTAT. (2021). Crops and livestock products: Broccoli and cauliflower exports. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el 21 de noviembre de 2024, de <https://www.fao.org/faostat/en/>
- Galeano Cardozo, S., & Sánchez Martínez, J. (2013). Efecto De La Aplicación De Estiércol Vacuno Y Gallinaza en la Producción del Cultivo De Brócolis (*Brassica oleracea* var. Italica) (p. 2). Alto Paraná: Universidad Nacional del Este. http://repositorio.une.edu.py/bitstream/handle/123456789/294/GALEANO_FIA_ND9.doc-Corregido-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González García, J. Á., & Ayuso Yuste, M. C. (2021). Manual del cultivo del brócoli. <https://cicytex.juntaex.es/>: <https://cicytex.juntaex.es/manuales>
- Gómez Espinoza, C. M. (2012). Efecto agronómico de dos variedades de brócoli) con la interacción de dos densidades poblacionales de lombriz

californiana (Eisenia foetida).

<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/7965>

- Gutierrez Liñan, J. L. (2017). El cultivo del brócoli. <http://ri.uaemex.mx/>: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/70076>. Recuperado 20 de octubre de 2017
- Haro, J. T. (2021). Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8453/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000082.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hidalgo, L (2006). El cultivo de brócoli. Riobamba.
- Hoagland, D.; & Arnon, D. (1972). Preparación de Solución Nutritiva Stock. 12- 15 p.
- Holle, M., & Montes, A. (1985). Manual enseñanza práctica de producción de hortalizas. San José, Costa Rica: IICA.
- Huanca Ojeda, G. M., & Fernández Chávez, C. M. (2019). Efecto de tres dosis de compost en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el municipio de El Alto. *Revista Apthapi*, vol. 3, 1652-1658.
- Intagri. (s.f.). *La Gallinaza Como Fertilizante*. intagri.com: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante>
- Jaramillo, J., y Díaz, C. (2006). *es.scribd.com/doc*. El Cultivo Crucíferas: <https://es.scribd.com/doc/167807362/El-Cultivo-Cruciferas>
- Kehr M., E., & Díaz R., P. (2012). *Producción de brócoli para la agroindustria*. biblioteca.inia: <https://biblioteca.inia.cl/bitstreams/ae3b7eb1-75a4-46ea-b618-6b2a02bf8956/download>
- Krarup, C. (1992). Seminario sobre la producción de brócoli. *Quito, Ecuador. Proexant-Agridec/Chemonics*.

- Lazo Ramírez, J. L. (2016). Evaluación de cuatro dosis de materia orgánica (gallizana) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) híbrido royal favor f-1 hyb, en el distrito de Lamas. tesis.unsm.edu.p: https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/2145/1/TP_AGRO_00641_2016.pdf
- Lozano Fernández, J., Orozco Orozco, L. F., y Montoya Munera, L. F. (2017). Efecto de la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica sobre el rendimiento de cultivares de brócoli. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín - Facultad de Ciencias Agrarias redalyc.org:
- Luis, C. (2015). <https://es.scribd.com/>. 10 Beneficios Del Brócoli para La Salud: <https://es.scribd.com/document/260796374/10-beneficios-del-brocoli-para-la-salud-docx>. Recuperado 3 de abril de 2015
- Llomitoa Gavilanez, N. W. (2022). Evaluación del comportamiento agronómico de col (*Brassica oleracea* var. capitata) con la aplicación de dos abonos con tres diferentes dosis en el recinto San Nicolás, Cantón Pangua, Provincia de Cotopaxi. Agosto de 2022. Latacunga, Ecuador.
- Manosalvas Cevallos, A. R. (2016). “Evaluación de dos abonos orgánicos sobre el rendimiento del cultivo de coliflor (*Brassica oleracea*) en la zona de Mocache.”. Quevedo, Ecuador.
- Medina, LA, Monsalve, Óscar I. y Forero, AF (2011). Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 4 (1), 109–125. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1230>
- Mora Bautista, M. A. (2021). Desarrollo y producción de Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* auct.) en campo. Texcoco, Estado de México, México.
- Pennstate extension. Orzolek Michael, Lamont William, Kime Lynn (15 de abril de 2015). *Producción de brócoli*. <https://extension.psu.edu/>: <https://extension.psu.edu/produccion-de-brocoli#:~:text=El%20br%C3%B3coli%20crece%20mejor%20en,principal%20y%20del%20brote%20lateral>

- Porta Casanellas, J., López-Acevedo Reguerín, M., Roquero de Laburu, C. (1994). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Pozas Cárdenas, J. G. (2017). *Agricultura convencional Y Orgánica: cultivo de brócoli y calabaza*. *uaemex.mx*: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/70759>
- Puente, N. (2010). *Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. *Fondo para la Protección del Agua (FONAG)*. https://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
- Rocha Ibarra, J. E., & Cisneros-Reyes, Y. (2019). *La producción de brócoli en la actividad agroindustrial en México y su Acta Universitaria*, 29, 1-13. <https://doi.org/http://doi.org/10.15174/au.2019.2156>
- Romero Lima, M. R., Trinidad Santos, A., & Ferrera Cerrato, F. (2000). *Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales*. *Agrociencia*, 3, 261-269. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234302>
- S. E. Webb, A. Niño, H. A. Smith. (2019). *Manejo de insectos en crucíferas (cultivos de coles) (brócoli, repollo, coliflor, col, col rizada, mostaza, rábano, nabos)*. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IG168>
- SAKATA (2024). *Manual técnico de cultivo de Brocolí*: <https://es.studenta.com/content/132495040/sakata-manual-brocolis>
es.studenta.com
- Tapia García, T. X., & Magaña Lira, N. (2014). *SAGARPA Cartas tecnológicas para la producción de hortalizas*. Chapingo, Estado de México, México.
- Sakata. (2023). *Manual de hortalizas*. *sakata.com*: <https://www.sakata.com.br/assets/downloads/307/catalogo-de-hortalizas-2023.pdf>
- Saucedo Jiménez, N. C. (2021). *“Importancia de la Gallinaza como Fertilizante Orgánico para Mejorar el Suelo y La Producción De Papa Del Grupo Tade S.A.C. En Huánuco, Perú - 2021”*. *Universidad privada del*

Norte.

repositorio.upn.edu.

[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32905/Revisi%
b3n%20Final%20%28NF%29.%20Tesis%20Saucedo%20J.%20Noreli_PDF_TOTAL.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32905/Revisi%c3%b3n%20Final%20%28NF%29.%20Tesis%20Saucedo%20J.%20Noreli_PDF_TOTAL.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

- Secretaría de Gobierno de Guanajuato. (2023). Permanece Guanajuato como el “rey del brócoli”. boletines.guanajuato.gob.mx: <https://boletines.guanajuato.gob.mx/2023/02/10/permanece-guanajuato-como-el-rey-del-brocoli/>
- Seijas Gabiño, B. S. (2022). Abonamiento con dosis de gallinaza y su influencia en las características agronómicas y rendimiento de *Brassica oleracea L. var. Itálica* “brócoli”, en en Zungarococha-Loreto. 2021”. Iquitos, Perú.
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023). Panorama alimentario 2023. México. https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgjw_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view
- Toledo H., J. (2003). Cultivo de brócoli. Lima, Perú.
- Uridia Valencia, M. M. (2014). Evaluación de la eficacia de fertilizantes de liberación controlada (crf) en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica). Ambato, Ecuador.
- Vinueza, C., Hidalgo, D., Ramos, F., & Cabrera, J. (2023). Influencia del tipo de envase en las características fisicoquímicas de brócoli (*Brassica oleracea*). *Investigación Joven*, 10(2), 143. Recuperado a partir de <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/16185>
- Vilema Vilema, B. M. (2017). Evaluación de zeolita y carbón activado en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Avenger*) en la granja pradera, Cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabur. Ibarra, Ecuador.
- Zamora, E. (2016). El cultivo del brócoli. dagus.unison.mx: <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>