

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de Variedades de Brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*) con
Diferentes Dosis de Fertilización en Distintos Ambientes

Por:

ÁNGEL ONAN VÁZQUEZ SOLIS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Variedades de Brócoli (*Brassica oleracea var. Italica*) con
Diferentes Dosis de Fertilización en Distintos Ambientes

Por:

ÁNGEL ONAN VÁZQUEZ SOLIS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Asesor Principal



Dr. Fernando Borrego Escalante
Coasesor



Dr. Neymar Camposeco Montejo
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2025

Declaración de no plagio

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no incurro 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 los 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 el 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.

Pasante



Ángel Onan Vázquez Solís

Agradecimiento

A **Dios**, por darme la vida, la salud, guiarme, acompañarme en esta etapa de mi vida y por brindarme sabiduría e inteligencia, y ayudarme a superar los obstáculos y permitirme alcanzar una de mis metas, que antes eran sueños y que ahora se han convertido en realidad.

A mi Alma Mater **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas y recibirme como mi segundo hogar y también por darme la oportunidad de alcanzar mis sueños como Ingeniero Agrónomo realizando mis estudios y formarme profesionalmente.

Al Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza Como mi asesor principal en este proyecto de tesis, le gracias, Dr. paco, por su orientación y el valioso apoyo que me brindó a lo largo de este proceso. Ha sido un honor contar con su guía, siempre demostrando ser un excelente profesor, le agradezco por ofrecerme su amistad, y sus consejos y por compartir sus enseñanzas en cada paso de este trabajo.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante Le agradezco por todo el apoyo y tiempo que me ha brindado en la aportación y revisión de este trabajo.

Al Dr. Neymar Camposeco Montejo Le agradezco por su valiosa aportación en la revisión de este trabajo, por el tiempo y esfuerzo que ha dedicado para brindarme su apoyo, su colaboración.

A la MC. Cristina Patricia Aguilar Aranda, Le agradezco por su valiosa colaboración y apoyo que me brindó en este proyecto.

A la Ing. María de Lourdes Hernández Hernández. Gracias lulú por su aportación y colaboración en este trabajo, y gracias por su amistad.

A mis amigos Aarón, Jessica, Benito, Carlos, Miguel y Doly quiero expresarles mi agradecimiento por su compañerismo y apoyo durante esta etapa de nuestra carrera universitaria. Gracias por compartir momentos de aprendizaje y por ser parte de esta experiencia en la universidad

Dedicatoria

A mis Padres, Miguel Ángel Vázquez Hernández y Priscila Oneyda Solís Santizo. No existen palabras suficientes para agradecerle por su apoyo incondicional, paciencia y sacrificio para hacer posible mi carrera profesional, por enseñarme a ser fuerte a las adversidades de la vida, por sus sabios consejos, por su constante motivación y apoyo. Me han inculcado los mejores valores morales y sentimientos, y gracias a ello, encontré la fuerza para seguir adelante, luchar y alcanzar este gran propósito. Su guía ha sido esencial en mi crecimiento personal y profesional y para mi esta será la mejor herencia que me dieron y este logro es de ustedes. Dios los bendiga Siempre.

A mis hermanos. Isaí, Luis Miguel, Yuridia y María Elisa, porque han sido una fuente constante de apoyo, amor y motivación a lo largo de mi carrera profesional, por estar siempre a mi lado, por brindarme su confianza, comprensión y me siento profundamente agradecido por tenerlos en mi vida y este logro lo comparto con ustedes.

A mis abuelos	José Luis Vázquez	Macario Solís
	María Hernández	Elisa Santizo

Quienes han sido una fuente de amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Su ejemplo de fortaleza, paciencia y dedicación ha sido la base de todo lo que soy, por su cariño, por enseñarme el valor de la familia y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más difíciles. Este logro es un reflejo de todo lo que me han enseñado, y me siento profundamente agradecido por cada sacrificio y por cada palabra de aliento. Los llevo siempre en mi corazón.

A mis tías, Loyda Vázquez y Odali Vázquez Gracias por su apoyo, motivación y por sus consejos que me ayudaron en este grande recorrido.

Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo donde quiera que vayas. **Josué 1:9.**

Índice de Contenido

Agradecimiento	I
Dedicatoria	II
Resumen	VII
Introducción	1
Objetivo	3
Objetivo Específico	3
Hipótesis	3
Revisión de literatura	4
Origen	4
Taxonomía	4
Descripción Botánica.....	5
Inflorescencia.....	6
Importancia en la economía de México	7
Importancia en la salud	7
Propiedades nutracéuticas	7
Sulforafano	8
Importancia en la gastronomía.....	9
Requerimientos del cultivo	10
Cosecha del Brócoli	10
Importancia de evaluar híbridos de brócoli	11
Fertilización	12
Materiales y métodos	14
Localización del experimento	14
Sustrato Utilizado	14
Manejo del cultivo	14
Siembra.....	14
Acondicionamiento del terreno.....	14
Trasplante	15
Descripción de los Tratamientos	15
Variables evaluadas	16
Ancho de la planta (AN, cm).	16
Altura de la planta (ALT, cm).	16

Diámetro de la pella (DIAP, cm)	17
Diámetro del tallo (cm)	17
Precocidad	17
Peso de la pella (g)	17
Rendimiento (t ha⁻¹)	17
Diseño Experimental	17
Resultados y Discusión	18
Ancho de la planta	18
Altura de la Planta	19
Diámetro de la pella	20
Diámetro de tallo	21
Peso de la pella	24
Rendimiento	25
Precocidad	29
Conclusión	31
Literatura Citada	32
Apéndice	40

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Clasificación Botánica del Brócoli.....	5
Cuadro 2. Tabla nutricional del Brócoli	8
Cuadro 3. Genotipos evaluados y sus empresas de origen.....	15
Cuadro 4. Diferentes dosis de fertilización para cada genotipo en dos ambientes de evaluación.	15
Cuadro 5. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cobertura foliar, altura, diámetro de pella y diámetro de tallo en el cultivo de brócoli.....	24
Cuadro 6. Análisis de varianza (cuadrados medios) para peso de la pella, rendimiento y precocidad en el cultivo de brócoli.....	28
Cuadro 7. Comparación de medias para genotipos en las variables peso de la pella, rendimiento, diámetro de tallo, diámetro de pella, altura, ancho y precocidad.	40
Cuadro 8. Comparación de medias para Fertilización en las variables peso de la pella, rendimiento, diámetro de tallo, diámetro de pella, altura, ancho y precocidad.	40
Cuadro 9. Comparación de medias para Ambiente en las variables rendimiento y crecimiento.....	40
Cuadro 10. Comparación de medias para Ambiente x Genotipo en las variables peso de la pella, rendimiento, diámetro de tallo, diámetro de pella, altura, ancho y precocidad.....	41
Cuadro 11. Comparación de medias para Ambiente x Fertilización en las variables rendimiento, crecimiento y precocidad en brócoli.....	42
Cuadro 12. Comparación de medias para Genotipo x Fertilización. en las variables peso de la pella, rendimiento, diámetro de tallo, diámetro de pella, altura, ancho y precocidad.....	43
Cuadro 13. Comparación de medias para Ambiente x Genotipo x Fertilización en las variables de rendimiento, crecimiento y precocidad en brócoli.	44

Índice de Figuras

Figura 1. Representación gráfica de ancho de la planta en la interacción Ambiente x Fertilización	19
Figura 2. Representación gráfica altura de planta (AP) en la interacción Ambiente x Genotipo	20
Figura 3. Representación gráfica de diámetro de pella (DP) del factor Fertilización.....	21
Figura 4 Representación gráfica de diámetro de tallo (DT) en la interacción Ambiente x Genotipo.	22
Figura 5. Representación gráfica de diámetro de tallo (DT) del factor Genotipo.	23
Figura 6 Representación gráfica de peso de la pella (PP) en la interacción Ambiente x. Genotipo	25
Figura 7 Representación gráfica del Rendimiento en la interacción Ambiente x Genotipo.	27
Figura 8. Representación gráfica de Rendimiento (R) del factor Genotipo.	29
Figura 9. Representación gráfica de precocidad (P) en la interacción Genotipo x Fertilización.....	30

Resumen

La evaluación de variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) es fundamental para optimizar la producción agrícola, mejorar la resistencia a enfermedades y plagas, y garantizar una mejor adaptación a las condiciones locales. Además, es clave para satisfacer las demandas y preferencias del mercado, ya que la producción de brócoli desempeña un papel importante en la seguridad alimentaria y en la economía agrícola de la región, por eso se evaluaron las diferentes variedades a diferentes dosis de fertilización con el objetivo de evaluar el comportamiento de híbridos de brócoli en diferentes dosis de fertilización bajo dos sistemas de producción. Se evaluaron seis genotipos de brócoli en dos ambientes que son Túnel y Campo Abierto: Avenger, Súper Corona, Súper Diamante, de la empresa SAKATA y Constellation, Kepler, y Phar Lap de la empresa HM CLAUSE. Para cada genotipo se realizó las mismas dosis de fertilización (T1> 00-00-00, T2 >200-120-60 T3>159-90-45) con un diseño experimental de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 2x6x3 factores evaluados son híbridos y fertilización de acuerdo a los híbridos evaluados en rendimiento el que más sobresalió fue el Constellation con (25.85 t ha⁻¹) de acuerdo a la evaluación de los fertilizantes en los tres tratamientos se evaluó el diámetro de la pella en (cm) se obtuvo un mejor resultado con el segundo tratamiento con un diámetro de (18.31 cm). Se observó en los genotipos que con el segundo tratamiento que se realizó se obtuvo buenos resultados en la evaluación, los resultados sugieren que utilizando el segundo tratamiento y con la variedad Constellation en condiciones de campo abierto se obtiene buenos resultados en el cultivo de brócoli.

Palabra clave: Genotipos, *Brassica oleracea*, Comportamiento , Híbridos.

Introducción

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) es una hortaliza que pertenece a las crucíferas, ampliamente reconocida por su valor nutricional y sus potenciales beneficios para la salud (Rodríguez y Rojas, 2022).

A nivel mundial, el brócoli es apreciado no solo por su sabor y versatilidad culinaria, sino también por su contenido significativo de nutrientes y compuestos bioactivos que pueden contribuir a una dieta saludable y a la prevención de enfermedades (Pua, 2016). En México, el cultivo de brócoli representa una parte importante de la industria agrícola, tanto para el consumo interno como para la exportación. La producción de brócoli se inició en México a consecuencia de la popularidad que gozaba en otros países, principalmente en EUA, y como una oportunidad comercial ante la capacidad de producirlo a menor costo (Rocha y Cisneros, 2019). El 95 % del brócoli procesado se destina a la exportación, siendo EUA el principal destino (98 % de las exportaciones), el resto de las exportaciones se destinan para Japón y la Unión Europea (Castro-Valdez *et al.*, 2021).

En México se destaca por su capacidad de producción de brócoli de alta calidad, beneficiándose de condiciones climáticas favorables y una diversidad de terrenos que permiten cultivos durante todo el año en diferentes regiones (Grisa *et al.*, 2019).

Evaluar diferentes variedades de brócoli en distintos ambientes agrícolas y con diferentes niveles de fertilización es crucial para optimizar la producción y la calidad del brócoli (Silva *et al.*, 2019).

Las variedades pueden variar en términos de rendimiento, resistencia a enfermedades, tolerancia a condiciones ambientales específicas y características nutricionales y adaptar las variedades a las condiciones locales y evaluar cómo responden a diferentes prácticas de manejo, como la fertilización, permite a los agricultores maximizar la producción y mejorar la rentabilidad del cultivo (Carrillo *et al.*, 2020). Las dosis de fertilización adecuadas son

fundamentales para mantener el vigor de las plantas, optimizar el crecimiento y desarrollo del cultivo, y garantizar la calidad nutricional del producto final (Roca *et al.*, 2014). El uso eficiente de fertilizantes no solo contribuye a aumentar los rendimientos, sino que también puede minimizar el impacto ambiental al reducir la pérdida de nutrientes y mejorar la eficiencia del uso de recursos (Pérez, 2014).

El brócoli es un cultivo anual caracterizado por plantas que alcanzan alturas de 35 a 45 centímetros y que culminan en una inflorescencia verde que puede medir hasta 70 centímetros de diámetro. Pertenece a la familia de las Crucíferas y al género *Brassica oleracea*. Según el Panorama Agroalimentario 2023 del SIAP, Guanajuato es el principal productor de brócoli en México, representando más del 67% de la producción nacional. Esta cifra es significativa, ya que México es un importante exportador de brócoli a países como Japón, Corea del Sur y Hong Kong, ocupando el cuarto lugar a nivel mundial en producción de este cultivo (Rocha y Cisneros 2019, FAOSTAT, 2023).

El brócoli es ampliamente reconocido por su alta importancia nutricional, destacándose como una excelente fuente de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud (Garzón, 2018).

El consumo regular de brócoli se asocia con la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer, haciendo de este vegetal una opción nutricionalmente densa y beneficiosa para la salud general (Pedregosa, 2017).

Objetivo

Evaluar el comportamiento de híbridos de brócoli en diferentes dosis de fertilización bajo dos sistemas de producción.

Objetivo Específico

- Evaluación de híbridos de brócoli en diferentes dosis de fertilización bajo el sistema de producción en Túnel.
- Evaluación de híbridos de brócoli en diferentes dosis de fertilización bajo el sistema de producción de campo abierto.

Hipótesis

Los genotipos de brócoli se comportarán de manera diferente en dos condiciones de manejo macro Túnel y Campo abierto y en las diferentes dosis Fertilización (1) Testigo, Fertilización (2) (200-120-60) y Fertilización (3) (159-90-45).

Revisión de literatura

Origen

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), forma parte del género *Brassica* y de la familia *Brassica*. Esta taxonomía lo relaciona estrechamente con otras verduras crucíferas como la coliflor, el repollo y la col rizada (Laguna *et al.*, 2021).

Se consume la inflorescencia que tiene que ser compacta y de grano fino, como características comerciales deseables; aunque en otros países se encuentran variedades que producen varios ramilletes por planta de tamaño pequeño y menos compacto. Es un vegetal que se consume mucho a nivel mundial y a nivel nacional (USAID, 2008).

Su origen está ubicado en el Mediterráneo oriental y Asia menor, Líbano, Siria, etc.). La zona noreste del Mediterráneo (desde Grecia hasta Siria) sería el centro de origen más probable de esta hortaliza (Maggioni, 2015).

A pesar de ser conocida y consumida en época de los romanos, recién se ha generalizado su cultivo en diversas áreas del mundo, presentando una gran tasa de expansión y un incremento notable de su producción en los últimos años (Lemoine, 2009). En Estados Unidos, las primeras descripciones de brócoli datan de inicios del siglo XIX; hoy en día es el principal país productor y consumidor (García *et al.*, 2020).

Taxonomía

La taxonomía del brócoli, como la de todas las plantas, se basa en un sistema jerárquico de clasificación que va desde categorías amplias hasta específicas; dentro de la especie *Brassica oleracea* se consideran algunas variedades botánicas que se diferencian de acuerdo con claves taxonómicas, que permiten diferenciar las especies de importancia económica (Alvarado *et al.*, 2013).

Cuadro 1: Clasificación Botánica del Brócoli

Clase	Dicotiledónea Magnoliopsida
Familia	Brassicaceae
Género	Brassica
Especie	B. Oleracea
Variedad	S. Corona
Nombre científico	Brassica oleracea var. italica

Esta taxonomía lo relaciona estrechamente con otras verduras crucíferas como la coliflor, el repollo y la col rizada (Laguna *et al.*, 2021).

La clasificación taxonómica no solo facilita la identificación y clasificación precisa de estas plantas, sino que también revela sus relaciones evolutivas y características biológicas comunes, con información fundamental tanto para la investigación botánica como para la agricultura, proporcionando un marco claro para estudiar su diversidad genética y adaptaciones específicas al medio ambiente (Alvarado 2017).

Descripción Botánica

Tallo

El tallo del brócoli se caracteriza por ser erecto, cilíndrico y robusto, extendiéndose desde la base de la planta hasta la inflorescencia, donde se forman los brotes comestibles. De color verde intenso, presenta una textura que puede ser más fibrosa en la base y más tierna hacia la parte superior, donde se concentran los floretes, que eventualmente se desarrollarán en cabezas compactas y nutritivas. Este tallo no solo proporciona soporte estructural a la planta, sino que también juega un papel crucial en el desarrollo y la producción del brócoli, asegurando la maduración adecuada de las partes comestibles más valoradas (Parras Sáez, 2015).

Raíz

La raíz del brócoli es una parte esencial que asegura la absorción adecuada de agua y nutrientes, así como la estabilidad estructural de la planta, la raíz es fibrosa y ramificada; refleja adaptaciones específicas para optimizar el crecimiento y desarrollo saludables del brócoli en diversos ambientes agrícolas (Sarmiento *et al.*, 2023).

Hoja

La hoja del brócoli no solo contribuye a la función fotosintética y la captación de agua y nutrientes, sino que también refleja adaptaciones evolutivas que permiten a la planta prosperar en diversos ambientes y condiciones climáticas. (Salusso, *et al* 2019).

Fruto

El fruto del brócoli es una fruta botánica distintiva que se desarrolla a partir de la flor y cumple un papel importante en el ciclo reproductivo de la planta. Su morfología específica refleja adaptaciones evolutivas para asegurar la propagación exitosa de las semillas y la supervivencia de la especie en su entorno natural dentro de la planta (Invernón *et al.*, 2012).

Inflorescencia

La inflorescencia del brócoli es la estructura floral que emerge en la punta de sus tallos florales y que constituye la parte comestible de esta planta su desarrollo y estructura son fundamentales tanto para su ciclo de vida como para su uso en la alimentación humana (Reyes Jara, 2020).

Importancia en la economía de México

El brócoli se ha consolidado como un cultivo de gran importancia económica en México, destacándose por su potencial competitivo en el mercado internacional (Rocha y Cisneros 2019). Las condiciones climáticas favorables y la infraestructura agrícola moderna permiten una producción eficiente y de alta calidad que responde a la demanda global (Mantilla y Rosa, 2015).

México es reconocido como uno de los principales exportadores de brócoli a nivel mundial, beneficiándose de acuerdos comerciales favorables y una logística eficiente que facilita el transporte hacia mercados clave como Estados Unidos y Europa (Arévalo, 2019).

Este cultivo contribuye significativamente a la economía nacional a través de la generación de empleos y la diversificación agrícola, sino que también fortalece la posición competitiva del país en el comercio agrícola internacional, posicionándolo como un factor importante en el suministro global de este cultivo nutritivo y demandado (Rocha y Cisneros, 2019).

La superficie de brócoli cosechada en México fue 46,068.8 hectáreas el valor de producción fue 4,778 millones de pesos, el promedio de toneladas por hectárea es de 20 t ha⁻¹. El valor por hectárea en el cultivo de brócoli es de 90,000.00, pesos por hectárea los principales estados productores de brócoli son: Guanajuato, Puebla, Sonora y Michoacán. (SIAP, 2023)

Importancia en la salud

Propiedades nutraceuticas

El brócoli es una verdura altamente nutritiva (Cuadro 2) que proporciona una amplia gama de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos que tienen beneficios para la salud general. Incorporarlo regularmente en la dieta puede contribuir a mejorar el bienestar y prevenir enfermedades (Jáuregui *et al.*, 2007), como el cáncer el cual participa el sulforafano como antioxidante.

Sulforafano

El sulforafano en el brócoli es un compuesto bioactivo con potenciales y efectos positivos para la salud, especialmente en la prevención del cáncer, la mejora de la salud cardiovascular, la protección del cerebro y la regulación de la glucosa (Mazataud, 2020).

El brócoli tiene un compuesto bioactivo denominado sulforafano, el cual actúa ante la gastritis, úlcera gástrica y cáncer de estómago el cual proporciona un efecto preventivo contra el estrés oxidativo, siendo este la principal causa del cáncer de estómago (Hernández *et al.*, 2024).

Regulación de la glucosa y efectos antidiabéticos: Algunas investigaciones sugieren que el sulforafano podría mejorar la sensibilidad a la insulina y regular los niveles de glucosa en sangre, lo que podría ser beneficioso para personas con diabetes tipo 2 (Angarita *et al.*, 2016).

Vitamina C

El brócoli es una excelente fuente de vitamina C, un nutriente crucial para fortalecer el sistema inmunológico. Esta vitamina no solo ayuda a estimular la producción de glóbulos blancos, que son fundamentales para combatir infecciones, sino que también actúa como un poderoso antioxidante que protege las células del daño causado por los radicales libres. El consumo regular de brócoli puede contribuir significativamente a mantener un sistema inmunológico saludable, lo que es fundamental para la defensa del cuerpo contra enfermedades (Blanco *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Tabla nutricional del Brócoli

Nutriente	Cantidad por 100 g (crudo)
Proteínas	2.8 g
Lípidos	0.37 g

Glúcidos	6.6 g
↳ Fibra dietética	2.6 g
↳ Azúcares	1.7 g
Vitamina A (UI)	623 UI
Vitamina B1 (Tiamina)	0.071 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0.117 mg
Vitamina C	89.2 mg
Calcio	47 mg
Fósforo	66 mg
Hierro	0.73 mg
Calorías	34 kcal
Sulforafano	72 – 304 mg

USDA, 2019; Li *et al.*, 2022

Importancia en la gastronomía

El brócoli se puede preparar de múltiples formas: hervido, al vapor, salteado, asado, gratinado, en ensaladas, sopas, guisos y como acompañamiento de diversos platos, su versatilidad lo que tiene es que lo hace adecuado para una amplia gama de recetas y estilos de cocina (López, 2017).

Aunque tiene su origen en el Mediterráneo y Asia Menor, el brócoli se ha incorporado con éxito a las cocinas de todo el mundo se adapta a diferentes estilos de cocina y puede combinarse con una variedad de ingredientes y especias para crear sabores únicos y diversos en el ámbito de la cocina (Martínez, 2012).

El brócoli no solo es valorado por su calidad dentro de la cocina y sus beneficios nutricionales, sino también por su capacidad para mejorar la estética de los platos y adaptarse a diferentes tradiciones. Esto lo convierte en un ingrediente importante y apreciado en la gastronomía moderna dentro de los platillos (García *et al.*, 2020).

Con el mayor interés en una alimentación más saludable y consciente, el brócoli ha emergido como un alimento altamente valorado debido a sus numerosos

beneficios nutricionales y convirtiéndose en un elemento fundamental de una dieta equilibrada y variada en la salud humana (García *et al.*, 2020).

Requerimientos del cultivo

Temperatura

El brócoli es una planta que se adapta bien a climas templados y frescos, siendo especialmente sensible a las temperaturas extremas y a las variaciones bruscas. Prefiere temperaturas moderadas, generalmente entre 18°C y 24°C durante su fase de crecimiento, aunque puede tolerar rangos más amplios dependiendo de la variedad (Lozano, *et al.*, 2019)

Humedad

La humedad optima relativa del brócoli es (60, 70 y 80°C (Maldonado y Pacheco, 2003).

Marco de plantación

El marco de plantación es variable en función de la variedad o híbrido cultivada, en términos generales se tiende a utilizar entre 12 mil y 30 mil plantas/ha (Maroto, 1989). Existen diferentes marcos de plantación en brócoli, de acuerdo con diferentes manejos agrícolas, como lo menciona Zamora, (2016) donde plantea las distancias entre plantas están en un rango de 30 a 35 cm y entre hileras de 0.90 a 1.2 m, puede establecerse a una y a doble hilera en "zigzag" o tres bolillos con una densidad de 55 mil plantas por hectárea.

Cosecha del Brócoli

Es importante monitorear el desarrollo de los brotes de brócoli para determinar el momento exacto de la cosecha; se recomienda cosechar cuando los brotes estén

firmes y compactos, antes de que comiencen a florecer o abrirse (Bertola, 2020). Esto asegurará que el brócoli esté en su punto óptimo de sabor y textura.

Brócoli de verano: Generalmente se cosecha entre 60 y 90 días después de la siembra (Jaramillo y Díaz, 2006). Estos brotes tienden a ser más grandes y pueden requerir un tiempo de crecimiento más prolongado. Brócoli de invierno: Suele tardar un poco más en madurar, alrededor de 90 a 120 días después de la siembra. Sin embargo, a menudo es más resistente al frío y puede producir cabezas de brócoli de tamaño similar o incluso mayor que las variedades de verano (Raya *et al.*, 2018).

Importancia de evaluar híbridos de brócoli

Los híbridos se caracterizan tanto por su gran uniformidad morfológica como en la duración de sus diferentes etapas de su desarrollo (Lozano *et al.*, 2019). La investigación sobre los híbridos de brócoli destaca su importancia en diversos aspectos de la producción agrícola y adaptarse a las condiciones locales. Esto asegura que los agricultores puedan producir brócoli de manera eficiente y rentable, maximizando tanto el rendimiento como la calidad del cultivo (Raya *et al.*, 2018). Para seleccionar un híbrido se debe considerar algunos parámetros de adaptación fácilmente cuantificables que ayude a suplir las exigencias de los mercados locales y extranjeros (Hará y Maldonado, 2009). En busca de producir pellas compactas, de buen tamaño, de color adecuado a las exigencias del mercado, tolerante a enfermedades, plagas y desórdenes fisiológicos, así como también su respuesta al calor y la sequía (Lozano *et al.*, 2019).

Cada variedad o híbrido de brócoli puede diferir en términos de rendimiento cantidad de cosecha por unidad de área y calidad (tamaño, uniformidad y características sensoriales de las cabezas). Evaluar variedades o híbridos ayuda a identificar cuáles son las que producen y manejan rendimientos óptimos y

satisfacen los estándares de calidad deseados por los mercados locales o internacionales (Bertola, 2020). En la tolerancia a enfermedades y plagas se observa en algunas variedades de brócoli pueden tener resistencia natural o tolerancia mejorada a ciertas enfermedades y plagas comunes que afectan a la planta. Evaluar variedades puede ayudar a seleccionar aquellas que requieran menos tratamientos químicos y sean más sostenibles desde el punto de vista agrícola. (Alvarado, 2017).

Fertilización

La fertilización es fundamental en la producción del brócoli, representando entre el 20 % y 30 % de los costos de producción (Calvachi *et al.*, 2024)

Utilizar cantidades inadecuadas, inferiores o excesivas de algún nutriente, nos aleja de conseguir el objetivo de la fertilización, se refiere a la incorporación de nutrientes a las necesidades de los cultivos, maximizando el aprovechamiento de éstos; por ejemplo, un exceso de nitrógeno provoca un crecimiento rápido y puede ser el responsable de la aparición de zonas ahuecadas de los tallos y receptáculos o tálamos florales (Herogra, 2020). Las fertilizaciones utilizadas por diferentes autores reportan diferentes unidades de fertilización 150-200-80 NPK (Núñez *et al.*, 2017). Se recomienda aplicar fertilizante de fondo al suelo durante la preparación del terreno, antes de sembrar o trasplantar el brócoli ya que esto asegura que las raíces puedan acceder a los nutrientes a medida que van creciendo (Cartagena, 2014).

La dosis de fertilización en el brócoli varía según las condiciones locales y las características del cultivo, pero generalmente implica una aplicación inicial de fertilizantes de fondo seguida de ajustes durante el ciclo de crecimiento según sea necesario para garantizar un mejor crecimiento y una producción óptima con una buena cosecha (Raya *et al.*, 2018). Sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos y los problemas de salinidad plantean desafíos

significativos para la fertilidad del suelo, afectando la producción agrícola (Carrillo y Minga, 2020). Por lo tanto, es crucial encontrar un equilibrio entre la dosis para garantizar una nutrición adecuada sin comprometer la viabilidad económica del sector, lo cual se puede lograr mediante técnicas de fertilización precisas y adaptadas a las necesidades específicas y condiciones locales (Román-Llamuca, 2022).

Macro túnel en la agricultura

El uso de macro túnel en la agricultura, es una estructura diseñada para proteger los cultivos de las condiciones climáticas adversas y para crear un microclima favorable que promueva un mejor crecimiento en las plantas (Montaño *et al.*, 2019). Estas estructuras son comúnmente utilizadas en agricultura protegida, donde se busca maximizar la producción y la calidad de los cultivos mediante el control de variables ambientales como la temperatura, la humedad y la luz. (Montaño *et al.*, 2019). La protección de cultivos contra condiciones climáticas extremas como heladas tempranas y tardías, vientos fuertes, granizo y lluvias intensas, proporcionando un entorno más estable y predecible para el crecimiento de las plantas (Martínez y Larios, 2019). Además, mejora de la calidad y rendimiento, al crear un microclima controlado, los macros túneles pueden mejorar la calidad de los cultivos al evitar daños por estrés climático y optimizar las condiciones para un crecimiento saludable, ya que esto puede resultar en un aumento significativo en el rendimiento y en la calidad de los productos agrícolas (Retamal, 2014). También la reducción de plagas y enfermedades, la cubierta del macro túnel puede actuar como una barrera física contra insectos y patógenos, reduciendo así la necesidad de pesticidas y fungicidas y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles (Cruz *et al.*, 2021). Su bajo costo aumenta la rentabilidad agrícola.

Materiales y métodos

Localización del experimento

El proyecto de investigación se realizó en el área de macro Túnel y Campo Abierto ubicados en el Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad, localizada en Buenavista, Saltillo México, en las coordenadas geográficas 25.355867 de latitud y -101.038079 longitud norte con una altura de 1600 msnm con un clima seco, semiárido, y se realizó el ensayo en el periodo de septiembre 2023 y febrero 2024.

Sustrato Utilizado

Para la realización de dicha investigación se utilizaron la mezcla de los sustratos, peat most 80%, perlita 10% y 10% vermicompost.

Manejo del cultivo

Siembra

La siembra se realizó el 27 de septiembre del 2023 en charolas de unicel de 200 celdas, se sembró una semilla por cavidad, se cubrió la charola con la misma mezcla (peat most 80%, perlita 10% y 10% vermicompost).

Acondicionamiento del terreno

Se preparó el terreno dentro del macro Túnel y en Campo Abierto realizando tres bordos con 1.40 metro entre camas, después de realizar las camas, se colocó la cintilla para el riego con 20 cm entre gotero y posteriormente el acolchado bicolor plata/negro.

Trasplante

El trasplante se realizó el 18 de noviembre del 2023, a una distancia de 20 cm entre planta donde se trasplantó directo al suelo con humedad suficiente y posteriormente un riego ligero de sellado. Con una densidad de 35,700 plantas por hectárea.

Descripción de los Tratamientos

Material Genético

Los genotipos evaluados están representados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Genotipos evaluados y sus empresas de origen.

Genotipo	Empresa
Avenger	SAKATA (Testigo)
Súper Corona	SAKATA
Súper Diamante	SAKATA
Constellation	HM CLAUSE
Kepler	HM CLAUSE
Phar Lap	HM CLAUSE

Fertilización

La fertilización se realizó a los 21 días de trasplante, donde se utilizaron diferentes dosis de fertilización (Cuadro 4), siguiendo la dosis recomendada por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (ICAMEX).

Cuadro 4. Diferentes dosis de fertilización para cada genotipo en dos ambientes de evaluación.

Tratamientos	Ambientes	Híbridos	Fertilización (N-P-K)
1	Túnel	Avenger	00-00-00
2	Túnel	Avenger	200-120-60
3	Túnel	Avenger	159-90-45
4	Túnel	Súper Corona	00-00-00
5	Túnel	Súper Corona	200-120-60
6	Túnel	Súper Corona	159-90-45

7	Túnel	Súper Diamante	00-00-00
8	Túnel	Súper Diamante	200-120-60
9	Túnel	Súper Diamante	159-90-45
10	Túnel	Constellation	00-00-00
11	Túnel	Constellation	200-120-60
12	Túnel	Constellation	159-90-45
13	Túnel	Kepler	00-00-00
14	Túnel	Kepler	200-120-60
15	Túnel	Kepler	159-90-45
16	Túnel	Phar Lap	00-00-00
17	Túnel	Phar Lap	200-120-60
18	Túnel	Phar Lap	159-90-45
1	Campo abierto	Avenger	00-00-00
2	Campo abierto	Avenger	200-120-60
3	Campo abierto	Avenger	159-90-45
4	Campo abierto	Súper Corona	00-00-00
5	Campo abierto	Súper Corona	200-120-60
6	Campo abierto	Súper Corona	159-90-45
7	Campo abierto	Súper Diamante	00-00-00
8	Campo abierto	Súper Diamante	200-120-60
9	Campo abierto	Súper Diamante	159-90-45
10	Campo abierto	Constellation	00-00-00
11	Campo abierto	Constellation	200-120-60
12	Campo abierto	Constellation	159-90-45
13	Campo abierto	Kepler	00-00-00
14	Campo abierto	Kepler	200-120-60
15	Campo abierto	Kepler	159-90-45
16	Campo abierto	Phar Lap	00-00-00
17	Campo abierto	Phar Lap	200-120-60
18	Campo abierto	Phar Lap	159-90-45

Variables evaluadas

Ancho de la planta (AN, cm). La evaluación del ancho de la planta se inició dos meses después del trasplante.

Altura de la planta (ALT, cm). La altura de las plantas también se evaluó después de los dos meses de trasplante con una cinta métrica, evaluando todos los híbridos y tratamientos.

Diámetro de la pella (DIAP, cm). El diámetro se tomó con un vernier cuando la pella estaba lista para la cosecha de cada tratamiento y repetición.

Diámetro del tallo (cm). El diámetro del tallo se midió en cada pella cosechada utilizando un vernier.

Precocidad. (DAC). Se determinó el número de días hasta la cosecha a partir del trasplante, evaluando ambos ambientes.

Peso de la pella (g). Se determinó el peso promedio de tres pellas por tratamiento, mediante una báscula digital, anotando los valores obtenidos para su posterior análisis

Rendimiento (t ha⁻¹). El rendimiento se estimó mediante el peso promedio de la pella de cada tratamiento, posteriormente se multiplicó por la densidad de plantas por hectárea obteniendo así el resultado del rendimiento calculado.

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado en este experimento fue bloques completos al azar con arreglo factorial 2x6x3, con tres repeticiones donde se considerarán los factores evaluados Ambiente, Genotipo y Fertilización. Cuadro 4.

Modelo Estadístico:

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + G_j + F_k + (AG)_{ij} + (AF)_{ik} + (GF)_{jk} + (AGF)_{ijk} + B_m + \varepsilon_{ijkm}$$

- Y_{ijkm} = Valor observado en el m-ésimo bloque para el ambiente i, genotipo j y el nivel de fertilización k.
- μ = Media General.
- A_i = Efecto del Ambiente (i = 1,2).
- G_j = Efecto del Genotipo (j = 1,2,3,4,5,6).
- F_k = Efecto de Fertilización (k = 1,2,3).
- $(AG)_{ij}$ = Interacción Ambiente x Genotipo.
- $(AF)_{ik}$ = Interacción Ambiente x Fertilización.
- $(GF)_{jk}$ = Interacción Genotipo x Fertilización.
- $(AGF)_{ijk}$ = Interacción triple Ambiente x Genotipo x Fertilización.
- B_m = Efecto del m-ésimo bloque.
- ε_{ijkm} = Error experimental.

Resultados y Discusión

Ancho de la planta

En el análisis de varianza (Cuadro 5), se presenta los resultados, donde la fuente de variación Repetición, Genotipo y Ambiente hay diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.01$), en la interacción Ambiente x Fertilización presenta una significancia de ($p \leq 0.05$), mientras en la Fertilización, Ambiente x Genotipo, Genotipo x Fertilización y Ambiente x Genotipo x Fertilización no hubo diferencias estadísticas significativas, con un coeficiente de variación del 11.57%.

En comparación de medias Fisher DMS ($p \leq 0.05$, Cuadro 7), en la variable Ancho de la planta en los Genotipos, Súper Diamante (90.61 cm), Súper Corona (87.53 cm), Avenger (84.90 cm) y Kepler (84.50 cm), sin embargo, trabajos realizados por Nooprom *et al.* (2022) obtuvo resultados diferentes en el ancho de la planta de brócoli desde 60.61 a 65.31 cm del ancho de la planta.

En la interacción Ambiente x Fertilización (Figura 1), se presentan el ambiente del Túnel con las fertilizaciones 1, 2 y 3 (93.79, 91.63, 90.86 cm), presentaron los mejores valores. En el Cuadro 9, se presenta la comparación de medias Fisher DMS ($p \leq 0.05$) de los Ambientes evaluados donde el Túnel destaco con un promedio de 92.09 cm, en el Ancho de la planta. Por lo tanto, en la interacción Ambiente x Genotipo (Cuadro 10), el Ambiente Túnel con Súper Corona (96.83 cm) y Súper Diamante (100.44 cm) presentaron los valores más altos. En el ancho de la planta que se relaciona con la cobertura foliar, los resultados son diferentes, comparados por los realizado por Bravo, (2019) que evaluó cinco genotipos, destacando al Avenger con 44.1 cm en ancho de la planta, también se puede destacar en la interacción Ambiente x Genotipo (Cuadro 10), el genotipo Súper Diamante alcanzó un ancho de 80.77 cm en campo abierto, comparado al testigo Avenger, que registró 77.44 cm en Campo abierto.

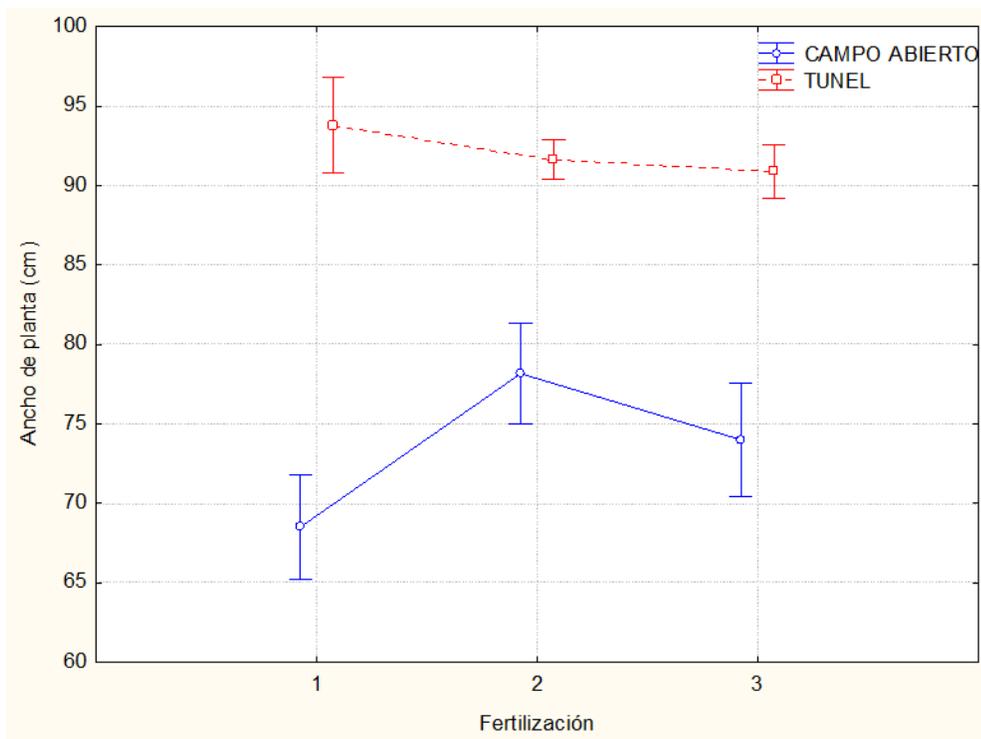


Figura 1. Representación gráfica de ancho de la planta en la interacción Ambiente x Fertilización

Altura de la Planta

En el análisis de varianza (Cuadro 5) en los resultados Repetición, Ambiente hay diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.01$) en la interacción Ambiente x Genotipo presentan significancia estadísticamente ($p \leq 0.05$) mientras que genotipo, Fertilización, Ambiente x Fertilización, Genotipo x Fertilización y Ambiente x Genotipo x Fertilización no representaron significancia con un coeficiente de variación de 16.45%.

En la altura de los brócolis realizando la prueba de Fisher DMS ($p \leq 0.05$) fue significativa dentro de los seis genotipos evaluados; el que más se desarrolló en Ambiente de Túnel (Figura 2), fue el Constellation (40.00 cm) y el Kepler (37.00 cm) fueron los dos materiales que más sobresalieron en la altura de la planta

manejado en Túnel, sin embargo, trabajo realizado por Ccollatupa-Caceres, (2017), donde evaluó genotipos de brócoli donde obtuvo mejores alturas de planta con valores 76.53 – 79.63 cm

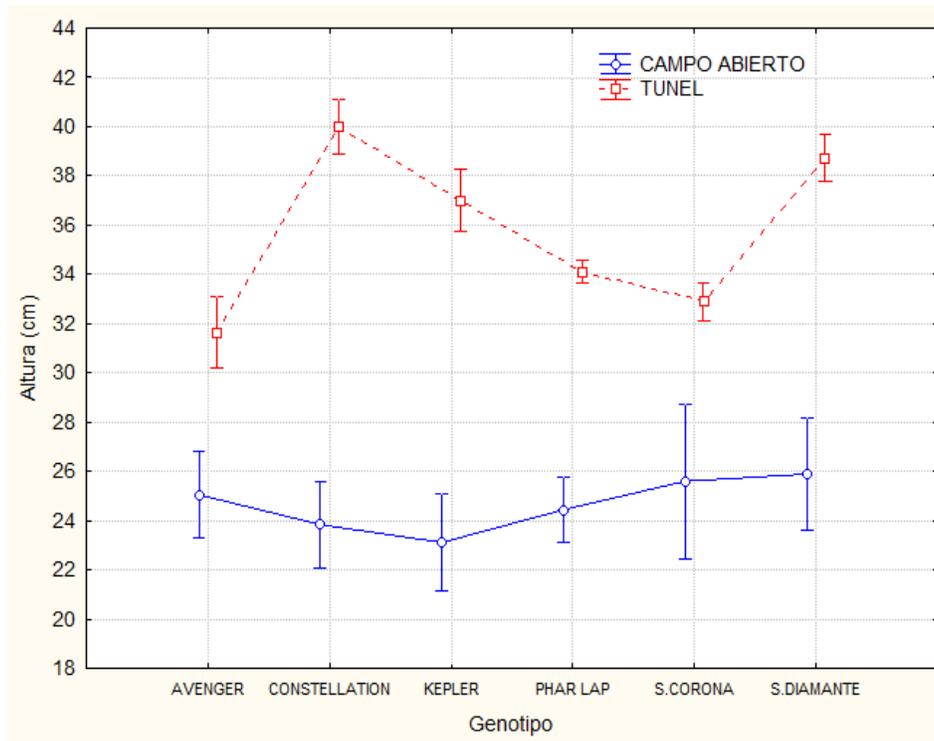


Figura 2. Representación gráfica altura de planta (AP) en la interacción Ambiente x Genotipo

Diámetro de la pella

En el análisis de varianza, Cuadro 5, en la fuente de variación Fertilización hay diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$); en la Repetición, Ambiente, Genotipo, Ambiente x Genotipo, Ambiente x Fertilización, Genotipo x Fertilización y Ambiente x Genotipo x Fertilización no existe diferencias estadísticas, con un coeficiente de variación de 8.33 %.

En la Fertilización realizando las pruebas de Fisher DMS ($p \leq 0.05$), dentro de las tres fertilizaciones la segunda Fertilización y tercera obtuvimos un mayor diámetro de pella 18.56 – 18.39 (cm) Cuadro 8 y Figura 3, Sin embargo, trabajos realizados por Gallardo, (2021) donde evaluó variedades de brócoli obteniendo

mejores diámetros en el ancho de la pella de la con valores desde 19.68 - 21.30 cm.

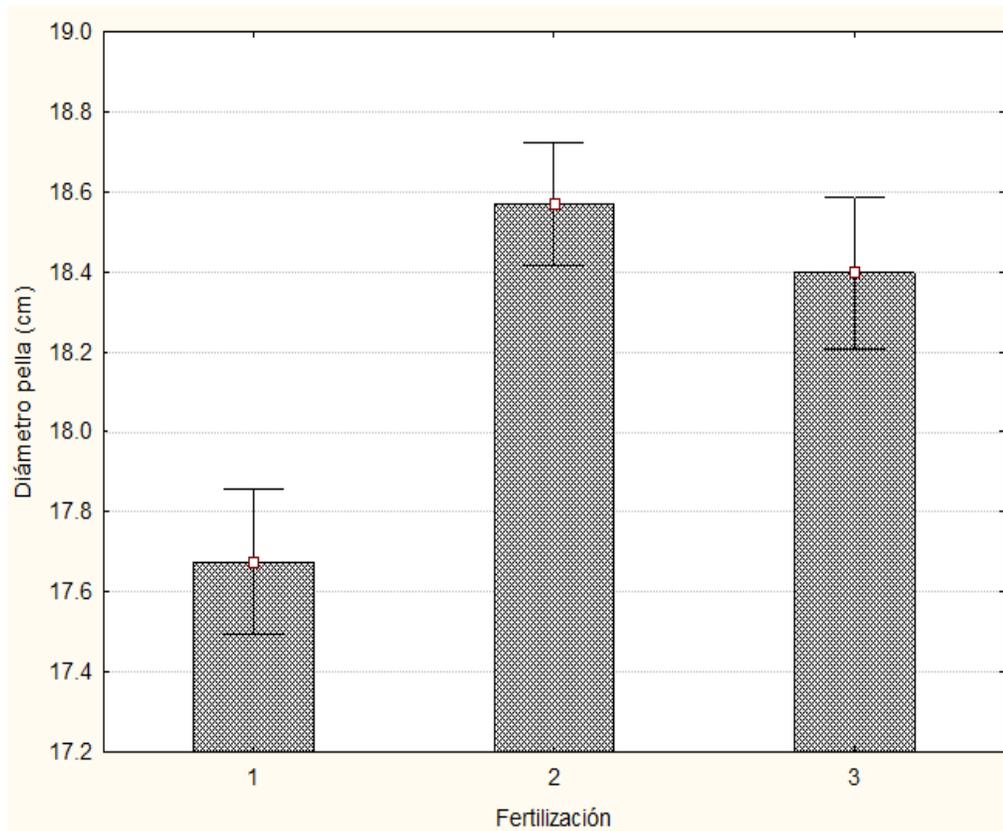


Figura 3. Representación gráfica de diámetro de pella (DP) del factor Fertilización

Diámetro de tallo

En el análisis de varianza (Cuadro 5) del diámetro de tallo en Repetición, Ambiente y Ambiente x Genotipo hay diferencia significativamente ($p \leq 0.01$) en el Genotipo presenta significancia estadísticamente ($p \leq 0.05$) mientras que, en Fertilización, Ambiente x Fertilización, Genotipo x Fertilización y Ambiente x Genotipo x Fertilización no presenta significancia, con un coeficiente de variación de 8.72 %.

En el Cuadro 9 se presenta las pruebas de Fisher DMS ($p \leq 0.05$) del Ambiente; el que más destaque con un mejor diámetro de tallo es el Ambiente Túnel, con 3.93 cm. En el Genotipo (Figura 5), el Súper Corona y Kepler (3.89 - 3.84 cm) fue el sobresalió en la variable diámetro de tallo, sin embargo, los resultados obtenidos por Luna-Quispe (2018), donde midieron el diámetro del tallo en genotipos de brócolis donde los diámetros de tallo oscilaron 2.92 - 3.20 cm. En la Figura 4, se representa gráficamente la interacción Ambiente x Genotipo de la variable diámetro de tallo (Cuadro 10), donde el Ambiente Túnel y el Genotipo Súper Corona presentó el mejor valor con 4.42 cm de diámetro de tallo.

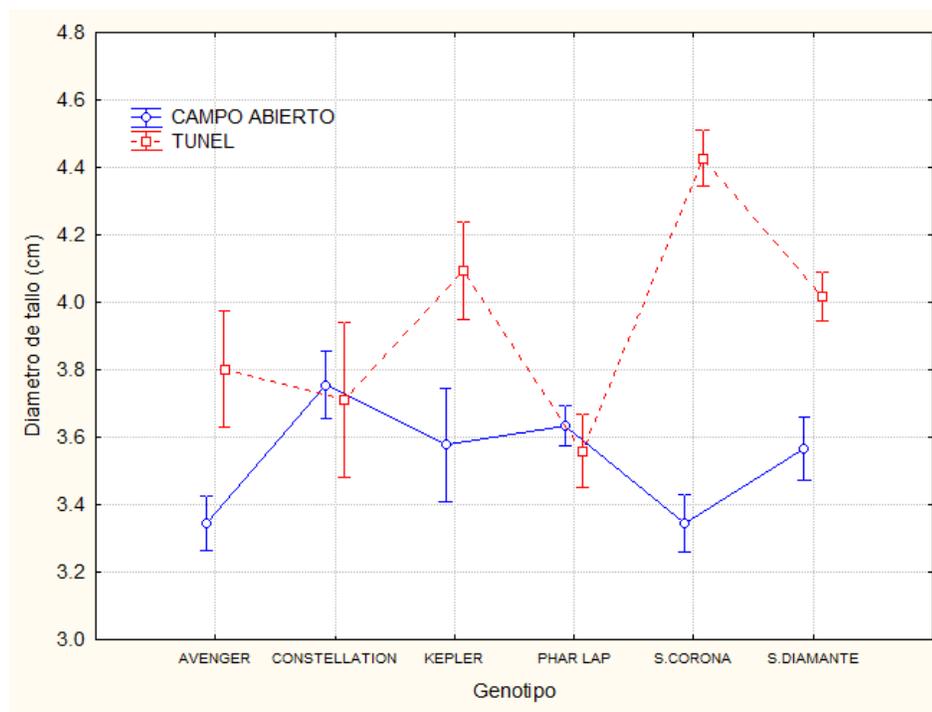


Figura 4 Representación gráfica de diámetro de tallo (DT) en la interacción Ambiente x Genotipo.

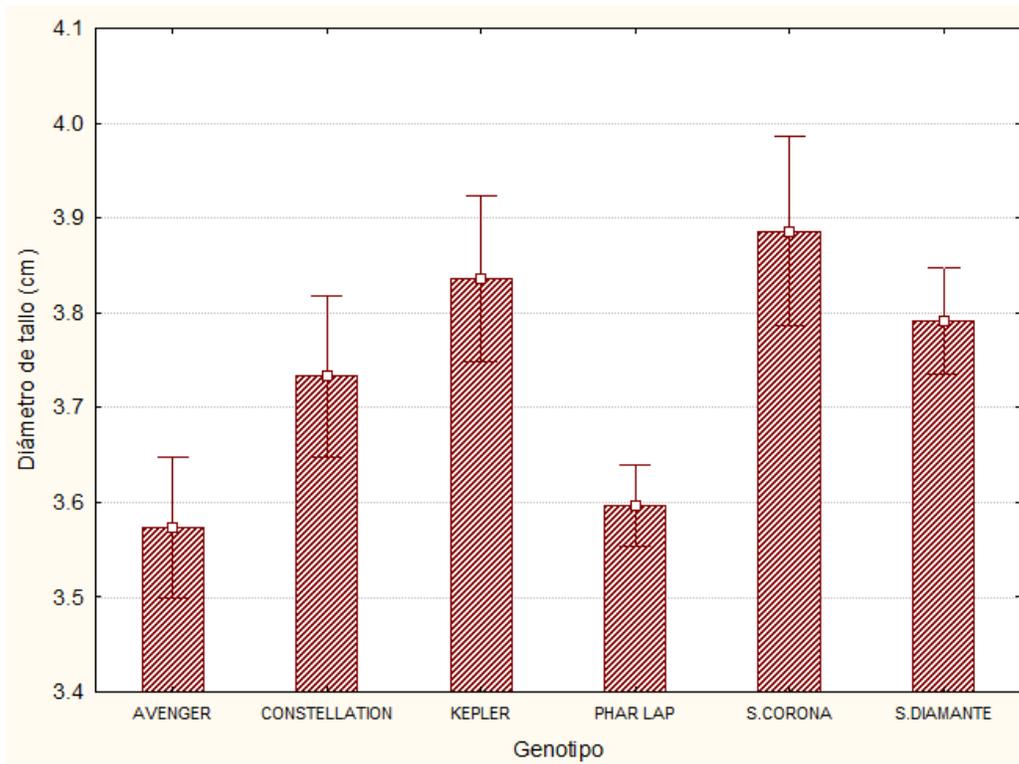


Figura 5. Representación gráfica de diámetro de tallo (DT) del factor Genotipo.

Cuadro 5. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cobertura foliar, altura, diámetro de pella y diámetro de tallo en el cultivo de brócoli.

FV	GL	AN	ALT	DIAP	DT
		cm			
Repetición	2	512.26**	271.64**	0.89ns	1.35**
Ambiente	1	9283.96**	3310.40**	1.14ns	4.28**
Genotipo	5	838.52**	45.28ns	4.32ns	0.29*
Fertilización	2	131.12ns	0.41ns	8.11*	0.04ns
Ambiente x Genotipo	5	127.16ns	66.01*	2.07ns	0.81**
Ambiente x Fertilización	2	333.66*	0.15ns	2.59ns	0.24ns
Genotipo x Fertilización	10	91.72ns	6.57ns	1.89ns	0.17ns
Ambiente x Genotipo x Fertilización	10	121.39ns	6.51ns	1.71ns	0.12ns
Error	70	91.90	24.65	2.30	0.106
CV%		11.57	16.45	8.33	8.72
Valor Max		111.00	45.00	23.00	5.20
Media		82.83	30.20	18.21	3.73
Valor Min		28.00	16.00	14.00	2.90

FV: Fuente de variación **GL:** Grados de libertad; **AN;** ancho de la planta **ALT** altura de la planta **DIAP:** Diámetro de la pella **DT:** Diámetro de tallo.

Peso de la pella

En el análisis de varianza (Cuadro 6), se encontraron diferencias estadísticamente significativas para Genotipo ($p \leq 0.01$) y la interacción Ambiente x Genotipo ($p \leq 0.05$), mientras que las fuentes de variación como Repetición, Ambiente, Fertilización, Ambiente x Fertilización, Genotipo x Fertilización y Ambiente x Genotipo x Fertilización no mostraron diferencias estadísticas significativas, con un coeficiente de variación del 19.67%. En el Cuadro 7 de los Genotipos se presenta la comparación de medias mediante la prueba de Fisher DMS ($p \leq 0.05$), donde el genotipo Constellation destacó con un peso de la pella de 724.12 g, superando significativamente a los siguientes materiales Súper Diamante (637.33 g), Kepler (633.46 g), Phar Lap (586.35 g), Avenger (558.21 g) y Súper Corona (547.26 g). Estos resultados son consistentes con estudios previos, como el de Soncco-Bravo (2019), quien reportó un peso de pella de 460.67 g para el híbrido Avenger. Por lo tanto, en la interacción Ambiente x Genotipo (Cuadro 10), el material Constellation en Campo abierto registró el mayor peso de la pella (788.33 g), superando a los demás genotipos evaluados

en las mismas condiciones (495.44 -640.88 g), lo que resalta la adaptabilidad del híbrido Constellation en condiciones de Campo abierto (Figura 6).

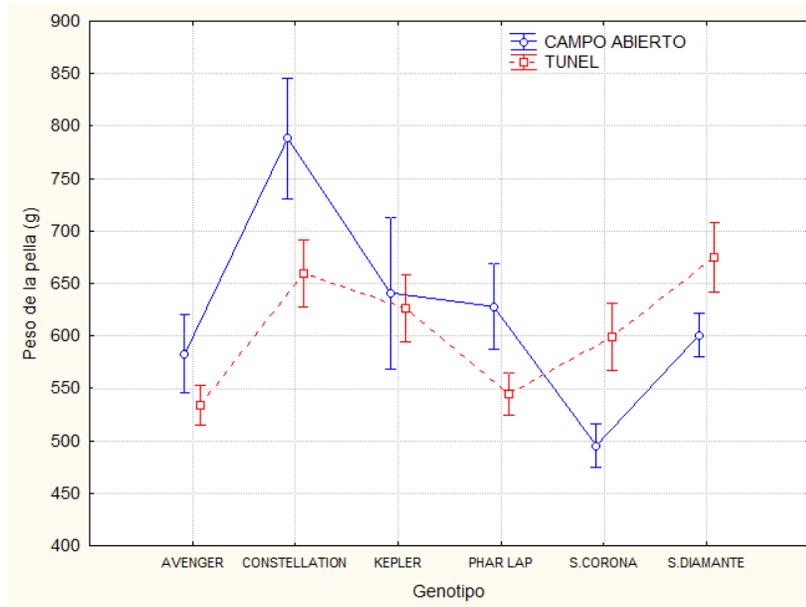


Figura 6 Representación gráfica de peso de la pella (PP) en la interacción Ambiente x. Genotipo

Rendimiento

En el (Cuadro 6) se realizó el análisis de varianza. En la fuente de variación Genotipo presenta diferencias estadísticamente ($p \leq 0.01$); en la interacción Ambiente x Genotipo, el cual hubo diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$), mientras que Repetición, Ambiente, Fertilización, Ambiente x Genotipo, Ambiente x Fertilización, Genotipo x Fertilización y Ambiente x Genotipo x Fertilización no presentaron diferencias estadísticas significativas con un coeficiente de variación de 19.63%. En las pruebas de Fisher DMS ($p \leq 0.05$, Cuadro 9) en Ambiente destacó con mayor rendimiento Campo abierto con 22.23 t ha^{-1} y en túnel 21.64 t ha^{-1} . En el Cuadro 7 y Figura 8 se observan las pruebas de Fisher DMS ($p \leq 0.05$), donde el Genotipos Constellation fue el de mayor rendimiento (25.85 t ha^{-1}), Súper Diamante (22.77 t ha^{-1}), Kepler (22.66 t ha^{-1}), Phar Lap (20.93 t ha^{-1}), Avenger (19.92 t ha^{-1}) y Súper Corona (19.54 t ha^{-1}).

¹), lo reportado en la investigación son similares por lo reportado por Torres *et al*, (2021) donde obtuvo rendimientos desde 24.7 t ha⁻¹- 25.3 t ha⁻¹ en diferentes híbridos de brócoli.

En el Cuadro 10 y Figura 7, se observa la interacción Ambiente x Genotipo, donde sobresale Campo abierto x Constellation con un rendimiento con 28.14 t ha⁻¹, superando al Campo abierto x Avenger con 20.80 t ha⁻¹, los resultados obtenidos no superan a lo reportado por Morocho y Hidalgo, (2018), donde evaluó el rendimiento del genotipo Avenger en condiciones de Campo abierto obteniendo 25.39 - 25.87 t ha⁻¹ en promedio. En el Ambiente Túnel fue el Genotipo Súper Diamante con 24.09 t ha⁻¹, los resultados son similares a lo reportado por Soncco-Bravo, (2019), donde compararon el rendimiento del híbrido Avenger con un rendimiento promedio de 25.36 t ha⁻¹, esto se debe a que las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo fueron favorables para este híbrido en comparación con los demás híbridos pese a que el manejo fue igual para todos los tratamientos.

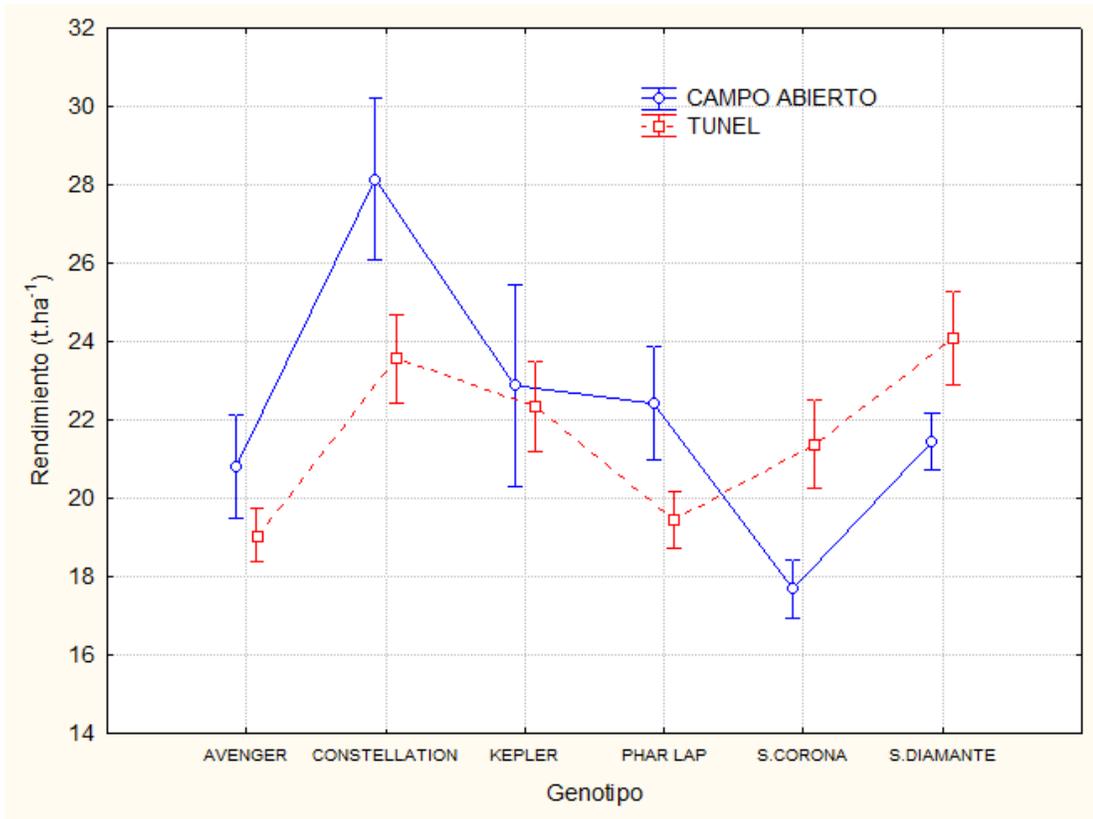


Figura 7 Representación gráfica del Rendimiento en la interacción Ambiente x Genotipo.

Cuadro 6. Análisis de varianza (cuadrados medios) para peso de la pella, rendimiento y precocidad en el cultivo de brócoli

FV	GL	PDP	REND	DAC
		g	t ha ⁻¹	ddt
Repetición	2	34183.33ns	43.56ns	0.33ns
Ambiente	1	7234.88ns	9.22ns	0.03ns
Genotipo	5	77066.93**	98.22**	608.24**
Fertilización	2	13177.87ns	16.79ns	21.77**
Ambiente x Genotipo	5	36638.33*	46.69*	0.39ns
Ambiente x Fertilización	2	2967.52ns	3.78ns	0.03ns
Genotipo x Fertilización	10	6252.08ns	7.96ns	1.52**
Ambiente x Genotipo x Fertilización	10	6040.10ns	7.69ns	0.29ns
Error	70	14612.59	18.62	0.2
CV%		19.67	19.63	0.49
Valor Max		1056.00	37.69	102
Media		614.55	21.93	92
Valor Min		352.00	12.5664	89

FV: Fuente de variación; **GL:** Grados de libertad; **PDP:** Peso de la pella **g:** gramos; **REND:** Rendimiento; **t ha⁻¹:** Toneladas por hectárea; **DAC:** Días a cosecha (**ddt**) días después de trasplante.

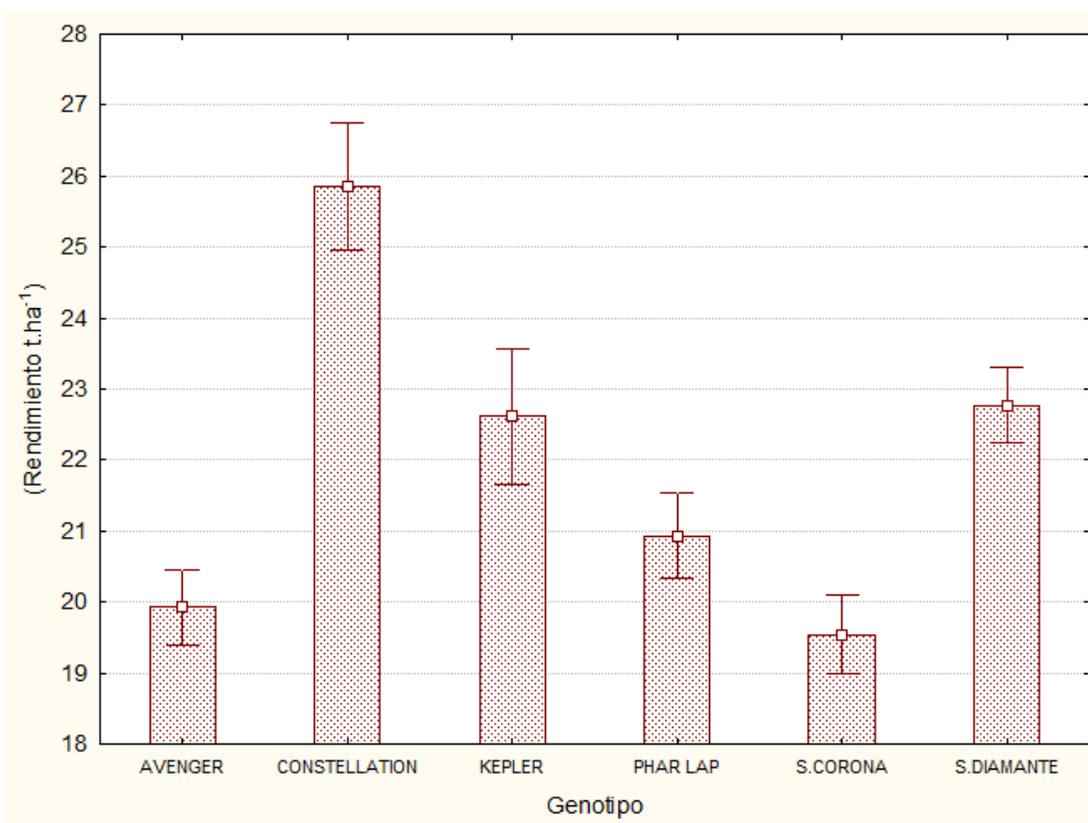


Figura 8. Representación gráfica de Rendimiento (R) del factor Genotipo.

Precocidad

El análisis de varianza (Cuadro 6), los resultados de Genotipo, Fertilización y Genotipo x Fertilización muestran diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.01$) mientras en la fuente de variación Repetición, Ambiente, Ambiente x Genotipo, Ambiente x Fertilización y Ambiente x Genotipo x Fertilización no presentaron diferencias significativas. En la comparación de medias prueba de Fisher DMS, ($p \leq 0.05$) Cuadro 7 los Genotipos Súper Corona con 87.27 y Constellation con 87.38 días después de corte, presentaron mejor precocidad, a diferencia con (Ordiales *et al.*, 2017) la evaluación de ocho variedades brócoli donde obtuvo diferentes valores de precocidad que van desde los 63.0 - 78.3 días a cosecha en diferentes evaluaciones de genotipos de brócolis, los material de brócolis más tardío lo presentó Phar Lap con 100.72 días después de trasplante, estos resultados que se obtuvieron puede ser debido a las condiciones ambientales

que se presentaron durante el ciclo de la evaluación del ensayo. En el factor de Fertilización se encontró que sin aplicar ninguna fuente de fertilización (Fertilización 1, Cuadro 8), la cosecha tiende a ser más tardío en el corte con 92.94 días a cosecha, pero al manejar la dosis de fertilización 159-90-45 (Fertilización 3) se observa un comportamiento numérico muy similar a la fuente de fertilización 200-120-60 (Fertilización 2) con valores de 91.72 y 91.50 respectivamente. En la interacción Genotipo x Fertilización, Phar lap con la Fertilización (1) se cosecho a los 101.3 después de corte fue la combinación más tardía en cosecharse como se observa en la Figura 9 Cuadro 9.

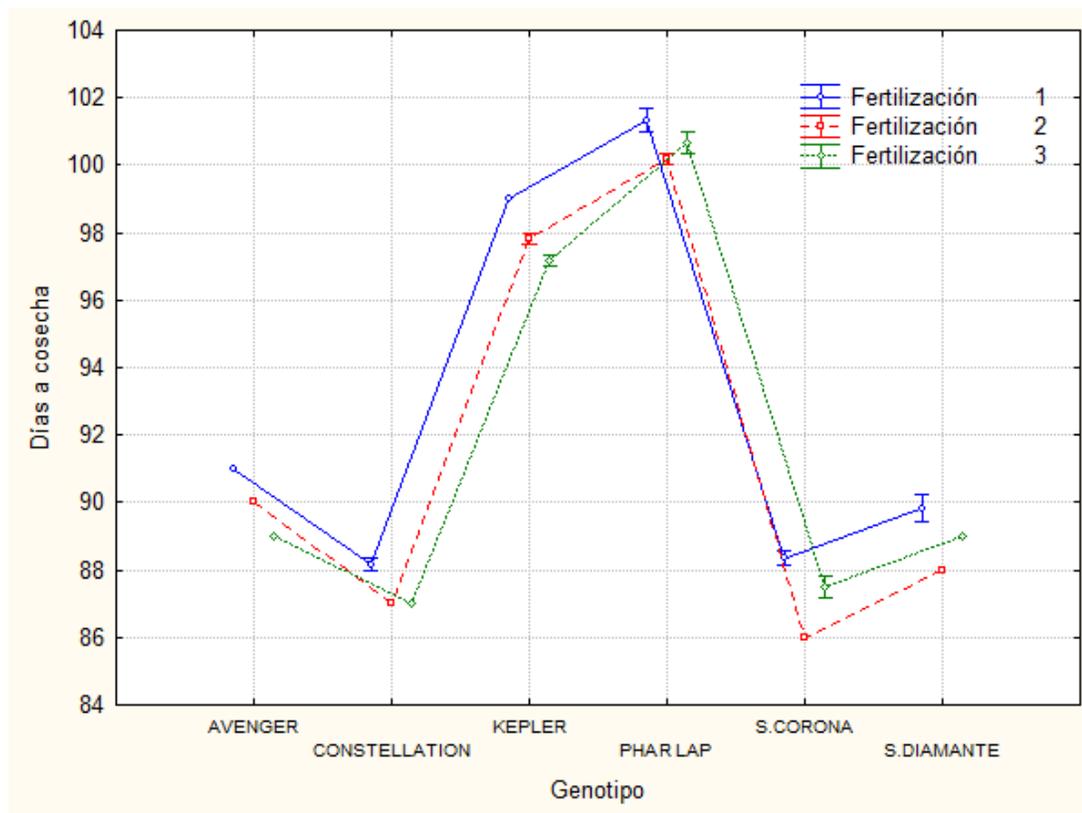


Figura 9. Representación gráfica de precocidad (P) en la interacción Genotipo x Fertilización.

Conclusión

En el presente trabajo de investigación se evaluaron las interacciones del ambiente, genotipo y fertilización en las características agronómicas del brócoli.

En cuanto al ancho de la planta, los genotipos Súper Diamante y Súper Corona presentaron los mejores valores en el ambiente de Túnel, destacando en el ancho de la planta con un mejor desarrollo. La altura de la planta fue mayor en el ambiente de Túnel, en los genotipos Constellation y Kepler. El diámetro de la pella, donde las dosis de fertilización (200-120-60, 159-90-45) ayudaron a un mejor desarrollo. Por lo tanto, el diámetro del tallo se favoreció en el ambiente de Túnel, destacándose la interacción entre Ambiente x Genotipo fue Súper Corona el que destacó con el mejor diámetro de tallo. En cuanto al peso de la pella, el genotipo Constellation sobresalió, especialmente en campo abierto, demostrando su adaptabilidad y rendimiento en estas condiciones.

En rendimiento el Genotipo Constellation fue el más alto, presentando mejores rendimientos en campo abierto. La precocidad estuvo influenciada por el genotipo y la fertilización, destacándose Súper Corona y Constellation como los más precoces, mientras que Phar Lap fue el más tardío.

El resultado obtenido demuestra la importancia de seleccionar adecuadamente el genotipo y el ambiente, con la finalidad de mejorar el crecimiento y rendimiento del brócoli.

Literatura Citada

- Alvarado-Fajardo, V. M., Morales-Puentes, M. E., & Larrota-Estupiñán, E. F. (2013). Bromeliaceae en algunos municipios de Boyacá y Casanare, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(142), 5-18.
- Alvarado, C. K. A. (2017). Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. Italica) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú. *Ecología aplicada*, 16, 2. 135-142 <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1017>
- Angarita Dávila, L., Rojas Gómez, D., López-Miranda, J., Parra, K., Uzcátegui, M., Aparicio, D., ... & Bermúdez, V. (2016). Efecto del β -glucano de avena sobre el índice glicémico y carga glicémica de un suplemento nutricional edulcorado con sucralosa en adultos sanos: Un ensayo clínico aleatorizado. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 35(4), 77-85.
- Arévalo, A. L. G. (2019). El intercambio comercial de la manufactura mexicana. *SOCIOAL REVIEW. International Social Sciences Review/Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 8(2), 103-116.
- Bertola, C. E. (2020). Caracterización y análisis de la cadena de suministro del brócoli y coliflor en el Cinturón Hortícola de La Plata en el marco de las Buenas Prácticas Agrícolas (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Blanco de Alvarado Ortiz, T., & Alvarado Ortiz Ureta, C. (2020). Vitamina C: Aliada de la salud. *Revista* pag.16.
- Bravo, r. S. (2019). Rendimiento de cuatro híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. Italica plenck) (doctoral dissertation, universidad nacional de san agustín) p. 113.
- Calvachi, G. A. C., Ayala, Y. C., Parra, R., Huera, G. H. P., Chancusig, F. H., & Vizúete, W. P. C. (2024). Determinación de la dosis óptima de N, P y K en

el cultivo de brócoli híbrido Avenger (*Brassica oleracea* itálica) en Ecuador. Siembra, 11(2), 10.

Carrillo, R. F. M., y Minga, L. F. E. (2020). Mezclas de fertilizantes sintéticos en rendimiento de brócoli usando la metodología participativa en la comunidad Pungal. Dominio de las Ciencias, 6(2), 959–970.

Ccollatupa-Cáceres, D. J. (2017). Efecto de 02 sustratos y 04 dosis de soluciones nutritivas en la producción de 02 variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en condiciones de invernadero Kayra-Cusco. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Cartagena Ayala, Y. E. (2014). El modelo sistémico para la fertilización nitrogenada en brócoli (*Brassica oleracea* itálica). Tesis. Colegio de postgraduados Pág. 301.

Castro-Valdez, D. F., M. Pérez-Grajales, M. A. Pérez-Olvera, I. F. Contreras-Cruz, y J. Pineda-Pineda. 2021. Residuos de plaguicidas en brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica) para el mercado Nacional e Internacional. Rev. Int. Contam. Ambie. 37: 133–143.

Cruz-Cárdenas, C. I., Zelaya Molina, L. X., Sandoval Cancino, G., Santos Villalobos, S. D. L., Rojas Anaya, E., Chávez Díaz, I. F., & Ruíz Ramírez, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(5), 899-913.

FAOSTAT. 2023. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Gallardo, T., & Hugo, V. (2021). Rendimiento y calidad de dos cultivares de Brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica Plenck.) bajo tres densidades de siembra. Universidad Nacional Agraria la Molina Facultad de Agronomía.

- García, I. L., Ruiz, S. C., Santos, A., & Montorio, Á. M. (2020). Brócoli en Navarra: resultados de la experimentación en la campaña 2019-2020. *Navarra agraria*, (240), 23-29.
- Garzón Vallejo, J. F. (2018). Uso del ajo y/o sus compuestos activos como agente antimicrobiano en la industria de alimentos. Monografía. Pág. 59. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21491>
- Grisa, Ivete Maria, Mógor, Átila Fransisco, Koehler, Henrique S, Mendes, Viviane S, & Rolt, Scheila R Da. (2019). Cultivo de brócoli sin labranza sobre mijo perla: supresión de malezas y rendimiento en temporadas consecutivas en la costa sur de Brasil. *Idesia (Arica)*, 37 (2), 21-26. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200021>
- Hara, M., & Maldonado, L. (2009). Guía Técnica para el cultivo de brócoli en la serranía ecuatoriana. Quito, EC, 8-85.
- Herogra. (2020, noviembre 16). Fertilización del cultivo de brócoli. Herogra Fertilizantes. <https://herografertilizantes.com/fertilizacion-del-cultivo-de-brocoli/>.
- Hernández, S. J. P., Ortega, A. E. M., González, G. P., & Huerta, A. J. (2024). Extracción de sulforafano a partir de la *Brassica oleracea* var. Italica. *Brazilian Journal of Development*, 10(12), e75609-e75609.
- Invernón, V. R., de la Estrella González, M., Nieto, E. L., Seco, I. A., & Alcaraz, J. A. D. (2012). Manual de laboratorio de Botánica. El fruto. *REDUCA (Biología)*, 5(2).
- Jáuregui, A. M. M., & Escudero, F. R. (2007). Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales. *Horizonte Médico (Lima)*, 7(1), 23-31.
- Jaramillo, J., & Díaz, C. (2006). El cultivo de las Crucíferas. Brócoli, Coliflor, Repollo, Col China. Manual técnico 20. CORPOICA. Colombia, de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. 176.

- Laguna Salinero, S., Montaner Otín, C., & Zufiaurre Galarza, R. (2021) Estudio fitoquímico, mineral y organoléptico de una colección de bróquil (*Brassica oleracea* var. *italica*) de la provincia de Huesca”.
- Lemoine, L. (2009). Efecto de la aplicación de tecnologías limpias sobre la prolongación de la vida postcosecha de brócoli mínimamente procesado (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Li, H., Xia, Y., Liu, H. Y., Guo, H., He, X. Q., Liu, Y., ... & Gan, R. Y. (2022). Nutritional values, beneficial effects, and food applications of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *Trends in Food Science & Technology*, 119, 288-308.
- López Hernández, A. A. (2017). Efecto de diferentes métodos de cocción en el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) y coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Lozano, L., Tálamo, A., & Artinian, A. L. (2019). Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) en el Valle de Lerma (Salta). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 118.
- Luna-Quispe, E. I. (2018). Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota. *JOURNAL de CIENCIA y TECNOLOGIA AGRARIA*, 8, 22.
- Maggioni, L. (2015). Domestication of *Brassica oleracea* L. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, (2015: 74).
- Maldonado, R., & Pacheco-Delahaye, E. (2003). Curvas de deshidratación del brócoli (*Brassica oleracea* L var. *italica* Plenck) y coliflor (*Brassica oleracea* L var. *Botrytis* L). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(3), 306-319.

- Mantilla, Y., & Rosa, M. (2015). Fuerza de trabajo femenina en la agricultura de exportación de brócoli en Cotopaxi. (Debate Agrario -Rural). Ecuador Debate; (94):131-144. Disponible. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/9608>
- Martínez, J. C. (2012). Propagación y técnicas de cultivo del Brócoli (*Brassica oleracea* var *italica*).
- Martínez, N. S., & Larios, J. A. C. (2019). Sistema contra heladas, un recurso para aumentar la productividad en cultivos con entornos cerrados en el Occidente de México. Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad, 13, 589-603.
- Maroto, B. J. V. 1989. Horticultura. Herbácea Especial. Ed. MundiPrensa. Madrid. 566 p.
- Mazataud, E. (2020). El sulforafano, los secretos del principal principio activo del brócoli. Medicina naturista, 14(2), 84-88.
- Morocho, C. M. P., & Hidalgo, L. (2018). Evaluación de la aclimatación y rendimiento de 20 cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* L. Var. Itálica.), a campo abierto.
- Montaño-Rodríguez, S., Villagrán-Munar, E. A., Osorio-Fiaga, D. F., Bojacá-Aldana, C. R., & Velásquez-Vargas, W. L. (2019). Simulación numérica del comportamiento térmico de un macro túnel utilizado para la producción de hongos comestibles bajo condiciones de clima tropical. Tecnología en marcha, 32(XIII CLIA), 78-85.
- Nooprom, K., Mansuriwong, P., & Apiratikorn, S. (2022). Effect of zeolite on the growth and yield of broccoli in the dry season. Plant Science Today, 9(1), 76-80.
- Núñez-Ramírez, F., Grijalva-Contreras, R. L., Robles-Contreras, F., Macías-Duarte, R., Escobosa-García, M. I., & Santillano Cázares, J. (2017).

- Influencia de la fertirrigación nitrogenada en la concentración de nitratos en el extracto celular de pecíolo, el rendimiento y la calidad de tomate de invernadero. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(2), 93-103.
- Ordiales-E., Iglesias, D. J., Alarcón, M. V., Zajara, L., Gil, J., Gutiérrez, J. I., & Salguero, J. (2017). Características que definen a los cultivares de brócoli de diferentes productores de semillas. *Revista Internacional de Agronomía*, 2017(1), 8216390.
- Parras Sáez, M. A. (2015). Interacciones entre "*Pythium ultimum*" y bacterias de la rizósfera en la patogénesis de la podredumbre del tallo del brócoli. *Revista/Editorial Agrícola Vergel. Clave A Año 2015 N° de páginas Nov./Dic.: 333-343.*
- Pedregosa Díaz, J. (2017). Evaluación de los efectos del consumo de brotes de brócoli sobre la salud en mujeres menopaúscas con sobrepeso u obesas. Tesis escuela internacional de doctorado Universidad Católica San Antonio
- Pérez Vélez, J. P. (2014). Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola Tesis (Doctoral dissertation). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Departamento de Biociencias Medellín, Colombia.
- Pua, A. L. R. (2016). Composición Nutricional De Las Hojas Del Silbadero (*Geoffroea Spinosa* Jacq) Del Municipio De Tubará (Atlántico). @ limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 14(1), 38-48.
- Raya-Montaña, Y. A., Apáez-Barrios, P., Guillén-Andrade, H., & Lara-Chavez, M. B. N. (2018). Producción de brócoli en función del genotipo y dosis de nitrógeno. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4A), 537-542.
- Retamal-Salgado, J. A. (2014). Influencia de las condiciones microclimáticas bajo túnel alto sobre respuestas fisiológicas y productivas en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.).

- Reyes-Jara, A. M. (2020). Análisis de la calidad organoléptica y nutricional durante la postcosecha de brócoli (*Brassica oleraceae*): evaluación de metabolismos asociados (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Roca, D., Cerdà, J. J., Pérez, L., del Busto, A., & Quiñones, A. (2014). Fertirrigación mineral con dos concentraciones de nutrientes en plantas de adelfa en contenedor. Evolución de parámetros de crecimiento. In VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental: Las buenas prácticas agrícolas en horticultura ornamental (pp. 208-214). SECH (Sociedad Española de Ciencias Hortícolas).
- Rocha-Ibarra, J. E., & Cisneros-Reyes, Y. D. (2019). La producción de brócoli en la actividad agroindustrial en México y su competitividad en el mercado internacional. *Acta universitaria*, 29, 1-13 de septiembre de 2020. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2156>
- Rodríguez, P. X., y Rojas, G. F. (2022). Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 20(3), 97-107.
- Román-Llamuca, M. J. (2022). Evaluación de formulaciones potásicas en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L) var. Itálica, híbrido Avenger. Tesis Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18361>
- Salusso, F., Crespi, R., Ramos, D., Pautasso, G., & Bouzo, C. (2019). Utilización de efluentes urbanos tratados para la producción de brócoli mediante riego por goteo subterráneo. *Agriscientia*, 36(1), 63-71.
- Sarmiento-Sarmiento, G., Rivera-Bejarano, W., Mena-Chacón, L., Quispe-Castro, R., Velarde-Apaza, L., & Lipa-Mamani, L. (2023). Efecto del uso de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica sobre algunas

propiedades del suelo y el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L.), en Perú. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 39(1), 35-44.

SIAP 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

Silva, PAD, Biscaro, GA, de Oliveira, GQ, Schwerz, F. y Drehmer, KKB (2019). Fertilización nitrogenada en el cultivo de brócoli. Ingeniería en Agricultura, 27 (5).

Soncco-Bravo, R. (2019). Rendimiento de cuatro híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Tesis Licenciatura. p. 97

Torres, J. L. R., Gomes, F. R. D. C., Barreto, A. C., Orioli Junior, V., França, G. D., & Lemes, E. M. (2021). Nutrient cycling of different plant residues and fertilizer doses in broccoli cultivation. Horticultura Brasileira, 39, 11-19.

USDA. 2019. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Consultado. 31 enero de 2025. <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/170379/nutrients>

USAID. 2008. Proyecto de Diversificación Económica Rural. Producción de Brócoli. La Lima Cortes Honduras. P.1-37.

Zamora, E. (2016). El cultivo del brócoli. Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora-Hermosillo. Campo, 1-8.

Apéndice

Cuadro 7. Comparación de medias para genotipos en las variables peso de la pella, rendimiento, diámetro de tallo, diámetro de pella, altura, ancho y precocidad.

Genotipo	PDP	REND	DT	DIAP	ALT	AN	DAC
	g	t ha ⁻¹		cm			ddt
Avenger	558.21bc	19.93bc	3.57c	18.35ab	28.35b	84.90a	90.00c
Constellation	724.12a	25.85a	3.73abc	19.11a	31.91a	72.33b	87.38e
Kepler	633.46b	22.61b	3.84a	18.03b	30.05ab	84.50a	98.00b
Phar Lap	586.35bc	20.93bc	3.60bc	17.67b	29.27ab	77.08b	100.72a
Súper Corona	547.26c	19.54c	3.89a	18.03b	29.24ab	87.52a	87.27e
Súper Diamante	637.93b	22.77b	3.79ab	18.06b	32.30a	90.61a	88.94d

PDP: Peso de la pella; **REND:** Rendimiento t ha⁻¹; **DT:** diámetro del tallo (cm); **DIAP:** Diámetro de la pella (cm); **ALT:** Altura: Altura de la planta (cm); **AN:** Ancho de la planta (cm); **DAC:** Días a cosecha (**ddt**), días después de trasplante.

Cuadro 8. Comparación de medias para Fertilización en las variables peso de la pella, rendimiento, diámetro de tallo, diámetro de pella, altura, ancho y precocidad.

Fertilización	PDP	REND	DT	DIAP	ALT	AN	DAC
	g	t ha ⁻¹		cm			ddt
1	592.87a	22.45a	3.69a	17.67b	30.09a	81.14a	92.94a
2	621.7a	22.19a	3.75a	18.56a	30.17a	84.90a	91.72b
3	629.08a	21.16a	3.76a	18.39a	30.30a	82.43a	91.50c

PDP: Peso de la pella; **REND:** Rendimiento t ha⁻¹; **DT:** diámetro del tallo (cm); **DIAP:** Diámetro de la pella (cm); **ALT:** Altura: Altura de la planta (cm); **AN:** Ancho de la planta (cm); **DAC:** Días a cosecha (**ddt**), días después de trasplante.

Cuadro 9. Comparación de medias para Ambiente en las variables rendimiento y crecimiento.

Ambiente	AN	ALTURA	DIAP	DT	REND	PDP
		cm	cm		t ha ⁻¹	g
Túnel	92.09a	35.72a	18.31a	3.93a	22.23a	622.74a
Campo Abierto	73.55b	24.65b	18.11a	3.53b	21.64b	606.37a

AN: Ancho de la planta (cm) ALT: Altura: Altura de la planta (cm) DIAP: Diámetro de la pella (cm); DT: diámetro del tallo (cm) REND: Rendimiento t ha⁻¹; PDP: Peso de la pella (g).

Cuadro 10. Comparación de medias para Ambiente x Genotipo en las variables peso de la pella, rendimiento, diámetro de tallo, diámetro de pella, altura, ancho y precocidad.

Ambiente	Genotipo	PDP g	REND t ha ⁻¹	DT cm	DIAP
Campo abierto	Avenger	582.88bcd	20.80bcd	3.34e	18.74ab
Campo abierto	Constellation	788.33a	28.14a	3.75cd	19.16a
Campo abierto	Kepler	640.88bc	22.87bc	3.57de	18ab
Campo abierto	Phar Lap	628.00bc	22.41bc	3.63de	17.55b
Campo abierto	Súper Corona	495.44d	17.68d	3.34e	17.41b
Campo abierto	Súper Diamante	600.88bcd	21.45bcd	3.56de	17.78ab
Túnel	Avenger	533.53cd	19.04cd	3.80bcd	17.96ab
Túnel	Constellation	659.91b	23.55b	3.71cd	19.05a
Túnel	Kepler	626.02bc	22.34bc	4.09b	18.07ab
Túnel	Phar Lap	544.70cd	19.44cd	3.56de	17.78ab
Túnel	Súper Corona	599.07bcd	21.38bcd	4.42a	18.66ab
Túnel	Súper Diamante	674.97ab	24.09ab	4.01bc	18.34ab
Ambiente	Genotipo	ALT cm	AN cm	DAC ddt	
Campo abierto	Avenger	25.05e	77.44de	90.00d	
Campo abierto	Constellation	23.83e	58.11f	87.33f	
Campo abierto	Kepler	23.11e	77.44de	98.00c	
Campo abierto	Phar Lap	24.44e	69.33e	101.00a	
Campo abierto	Súper Corona	25.60e	78.22cde	87.11f	
Campo abierto	Súper Diamante	25.88e	80.77cd	89.00e	
Túnel	Avenger	31.64d	92.37ab	90.00d	
Túnel	Constellation	40.00a	86.55bc	87.44f	
Túnel	Kepler	37.00a	91.55ab	98.00c	
Túnel	Phar Lap	34.11bcd	84.83bcd	100.44b	
Túnel	Súper Corona	32.88cd	96.83a	87.44f	
Túnel	Súper Diamante	38.72ab	100.44a	88.88e	

PDP: Peso de la pella; **REND:** Rendimiento t ha⁻¹; **DT:** diámetro del tallo (cm); **DIAP:** Diámetro de la pella (cm); **ALT:** Altura de la planta (cm); **AN:** Ancho de la planta (cm). **DAC:** días a la cosecha (**ddt**), días después de trasplante.

Cuadro 11. Comparación de medias para Ambiente x Fertilización en las variables rendimiento, crecimiento y precocidad en brócoli.

Ambiente	Fertilización	PDP	REND	DT	DIAP	ALT	AN	DAC
		g	t ha ⁻¹		cm	cm	cm	ddt
Campo abierto	1	604.11a	21.56a	3.40c	17.53b	24.52b	68.50c	92.94a
Campo abierto	2	637.05a	22.74a	3.57bc	18.75a	24.71b	78.16b	91.55b
Campo abierto	3	627.05a	22.38a	3.63b	18.04ab	24.72b	74.00bc	91.72b
Túnel	1	581.64a	20.76a	3.98a	17.81ab	35.65a	93.79a	92.94a
Túnel	2	606.36a	21.64a	3.92a	18.38ab	35.63a	91.63a	91.44b
Túnel	3	631.10a	22.53a	3.89a	18.75a	35.88a	90.86a	91.72b

PDP: Peso de la pella; **REND:** Rendimiento t ha⁻¹; **DT:** diámetro del tallo (cm); **DIAP:** Diámetro de la pella (cm); **ALT:** Altura de la planta (cm); **AN:** Ancho de la planta (cm); Precocidad. **DAC:** días a cosecha. (**ddt**), días después de trasplante.

Cuadro 12. Comparación de medias para Genotipo x Fertilización. en las variables peso de la pella, rendimiento, diámetro de tallo, diámetro de pella, altura, ancho y precocidad.

Genotipo	Fertilización	PDP g	REND t ha ⁻¹	DT	DIAP	ALT cm	AN	DAC ddt
Avenger	1	557.38de	19.89de	3.35e	18.55abc	27.13b	84.72a-g	91.00f
Avenger	2	563.60de	20.12de	3.57b-e	19.01ab	29.25ab	87.16a-e	90.00g
Avenger	3	553.65de	19.76de	3.8a-d	17.50bcd	28.66ab	82.83b-g	89.00h
Constellation	1	739.45a	26.39a	3.86a-d	18.55abc	32.33ab	65.66h	88.16i
Constellation	2	727.83ab	25.98ab	3.78a-d	19.02ab	32.08ab	77.33efg	87.00k
Constellation	3	705.08abc	25.17abc	3.55cde	19.75a	31.33ab	74.00gh	87.00k
Kepler	1	556.76de	19.87de	3.62a-e	17.17cd	29.66ab	77.83d-g	99.00c
Kepler	2	682.06a-d	24.34a-d	3.94ab	18.15a-d	28.66ab	89.41abc	97.83d
Kepler	3	661.54a-e	23.61a-e	3.93ab	18.78abc	31.83ab	86.25a-f	97.16e
Phar lap	1	566.25cde	20.21cde	3.78a-d	16.56d	29.75ab	75.25fgh	101.33a
Phar lap	2	572.76cde	20.44cde	3.49de	18.28a-d	29.25ab	77.50d-g	100.16b
Phar lap	3	620.03a-e	22.13a-e	3.51de	18.16a-d	28.83ab	78.50c-h	100.66b
Súper corona	1	541.43e	19.32e	3.85a-d	17.50bcd	29.75ab	88.41a-d	88.33i
Súper corona	2	533.31e	19.03e	3.95a	18.46abc	28.48ab	87.75a-e	86.00l
Súper corona	3	567.03cde	20.24cde	3.85a-d	18.15a-d	29.50ab	86.41a-e	87.50jk
Súper Diamante	1	595.98b-e	21.27b-e	3.7a-e	17.70bcd	31.91ab	95.00a	89.833g
Súper Diamante	2	650.66a-e	23.22a-e	3.75a-d	18.46abc	33.33a	90.25ab	88.00ij
Súper Diamante	3	667.15a-e	23.81ae	3.92abc	18.03a-d	31.66ab	86.58a-e	89.00h

PDP: Peso de la pella; **REND:** Rendimiento t ha⁻¹; **DT:** diámetro del tallo (cm); **DIAP:** Diámetro de la pella (cm); **ALT:** Altura: Altura de la planta (cm); **AN:** Ancho de la planta (cm); **DAC;** días a cosecha. (**ddt**), días después de trasplante.

Cuadro 13. Comparación de medias para Ambiente x Genotipo x Fertilización en las variables de rendimiento, crecimiento y precocidad en brócoli.

Ambiente	Genotipo	Fertilización	PDP	REND	DT	DIAP	ALT	AN	DAC
			g	ton ha ⁻¹		cm		ddt	
Campo abierto	Avenger	1	612.33a-f	21.86a-f	30.20kl	19.00a-d	24.33jkl	69.33j-o	91.00f
Campo abierto	Avenger	2	589.66b-f	21.05b-f	3.26jkl	19.40abc	25.16h-l	79.33e-m	90.00g
Campo abierto	Avenger	3	546.66c-f	19.51c-f	3.56e-l	17.83a-d	25.66g-l	83.66c-j	89.00hi
Campo abierto	Constellation	1	788.33a	28.14a	3.70d-k	18.83a-d	22.16kl	55.00no	88.00j
Campo abierto	Constellation	2	785.66ab	28.04ab	3.76c-j	19.00a-d	25.33g-l	65.33l-o	87.00k
Campo abierto	Constellation	3	791.00a	28.23a	3.80c-i	19.66ab	24.00jkl	54.00o	87.00k
Campo abierto	Kepler	1	568.33c-f	20.28c-f	3.26jkl	17.00cde	23.66jkl	64.66mno	99.00c
Campo abierto	Kepler	2	689.00a-d	24.59a-d	3.60e-l	18.66a-d	21.00l	87.33b-h	98.00d
Campo abierto	Kepler	3	665.33a-e	23.75a-e	3.86b-g	18.33a-d	24.66i-l	80.33d-l	97.00e
Campo abierto	Phar lap	1	562.00c-f	20.06c-f	3.70d-k	15.33e	25.33g-l	66.33k-o	101.33a
Campo abierto	Phar lap	2	657.00a-f	23.45a-f	3.60e-l	19.00a-d	24.66i-l	71.66i-m	100.33b
Campo abierto	Phar lap	3	665.00a-e	23.74a-e	3.60e-l	18.33a-d	23.33kl	70.00j-n	101.33a
Campo abierto	Súper Corona	1	536.00c-f	19.13c-f	3.33h-l	17.40a-e	26.33i-l	75.33c-k	88.33ij
Campo abierto	Súper Corona	2	462.66f	16.51f	3.53e-l	17.93a-d	24.46i-l	81.00c-k	86.00l
Campo abierto	Súper Corona	3	487.66ef	17.40ef	3.16l	16.90de	26.00f-l	78.33f-m	87.00k
Campo abierto	Súper Diamante	1	557.66c-f	19.90c-f	3.23kl	17.66a-e	25.33g-l	80.33d-l	90.00g
Campo abierto	Súper Diamante	2	638.33a-f	22.78a-f	3.66d-l	18.50a-d	27.66d-l	84.33c-j	88.00j
Campo abierto	Súper Diamante	3	606.66a-f	21.65a-f	3.80c-l	17.20b-e	24.66i-l	77.66f-m	89.00hi
Túnel	Avenger	1	502.43def	17.93def	3.50f-l	18.10a-d	29.94c-k	100.11ab	91.00f

Túnel	Avenger	2	537.53c-f	19.18c-f	3.87b-g	18.63a-d	33.33b-g	95.00a-d	90.00g
Túnel	Avenger	3	560.63c-f	20.01c-f	4.03a-e	17.17cde	31.66b-j	82.00c-j	89.00hi
Túnel	Constellation	1	690.56a-d	24.65a-d	4.03a-e	18.28a-d	42.50a	76.33g-m	88.33ij
Túnel	Constellation	2	670.00a-e	23.91a-e	3.80c-i	19.05a-d	38.83ab	89.33b-h	87.00k
Túnel	Constellation	3	619.16a-f	22.10a-f	3.30i-l	19.83a	38.66ab	94.00b-e	87.00k
túnel	Kepler	1	545.20c-f	19.46c-f	3.98b-f	17.35b-e	35.66a-d	91.00b-g	99.00c
Túnel	Kepler	2	675.13a-e	24.10a-e	4.29abc	17.65a-e	36.33abc	91.50b-g	97.66de
Túnel	Kepler	3	657.75a-f	23.48a-f	4.00a-f	19.23a-d	39.00ab	92.16b-f	97.33de
Túnel	Phar lap	1	570.50c-f	20.36c-f	3.86b-g	17.80a-e	34.17b-e	84.16c-j	101.33a
Túnel	Phar lap	2	488.53ef	17.44ef	3.39g-l	17.56a-e	33.83b-f	83.33c-j	100.00b
Túnel	Phar lap	3	575.06c-f	20.52c-f	3.42g-l	18.00a-d	34.33b-e	87.00b-i	100.00b
Túnel	Súper Corona	1	546.86c-f	19.52c-f	4.36ab	17.60a-e	33.16b-h	101.50ab	88.33ij
Túnel	Súper Corona	2	603.96a-f	21.56a-f	4.38ab	19.00a-d	32.50b-i	94.50a-e	86.00l
Túnel	Súper Corona	3	646.40a-f	23.07a-f	4.53a	19.40abc	33.00b-h	94.50a-e	88.00j
Túnel	Súper Diamante	1	634.30a-f	22.64a-f	4.16a-d	17.73a-e	38.50ab	109.66a	89.66gh
Túnel	Súper Diamante	2	663.00a-f	23.66a-e	3.83c-h	18.43a-d	39.00ab	96.17abc	88.00j
Túnel	Súper Diamante	3	727.63abc	25.97abc	4.05a-e	18.86a-d	38.66ab	95.50a-d	89.00hi

PDP: Peso de la pella; **REND:** Rendimiento t ha⁻¹; **DT:** diámetro del tallo (cm); **DIAP:** Diámetro de la pella (cm); **ALT:** Altura de la planta (cm); **AN:** Ancho de la planta (cm); **DAC;** días a cosecha (**ddt**), días después de trasplante.