

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**POTENCIAL PRODUCTIVO DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEAE* VAR.
ITALICA), EN PRIMAVERA-VERANO, ESTABLECIDO EN EL ÁREA
PERIURBANA DE CONCEPCIÓN, EN CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

POR

CATALINA ALEJANDRA BRITO PIZARRO

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN-CHILE
2025**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**POTENCIAL PRODUCTIVO DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEAE* VAR.
ITALICA), EN PRIMAVERA-VERANO, ESTABLECIDO EN EL ÁREA
PERIURBANA DE CONCEPCIÓN, EN CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

POR

CATALINA ALEJANDRA BRITO PIZARRO

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

CONCEPCIÓN-CHILE

2025

Aprobada por:

Profesor Asociado, Susana Fischer G.

Ing. Agrónomo, Dr. Cs.

Guía

Profesor Asociado, Antonio Pinto R.

Ing. Agrónomo, Mg. Eco Ag., Ph. D.

Asociado

Profesor Asociado, Gonzalo Silva A.

Ing. Agrónomo, Mg. Ph. D.

Asociado

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Páginas
RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	2
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
CONCLUSIONES.....	19
Referencias	19
ANEXOS	23

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1 Tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de la superficie nacional cultivada con brócoli desde el año 2011 hasta el 2023 en diferentes regiones de Chile.	6
Figura 2 Superficie total cultivada con brócoli desde el año 2011 hasta el 2023 en la región del BíoBío.	6
Figura 3 Temperaturas mínimas y máximas para la temporada primavera en Concepción (Carriel sur) desde el año 2010-2024.	7
Figura 4 Temperaturas mínimas y máximas para la temporada primavera (Oct - Dic) en Concepción (Carriel sur) 2023. .	9
Figura 5 Largo total de las plantas seleccionadas de las diferentes variedades a probar en época de primavera.	13
Figura 6 Rendimiento de las diferentes variedades de brócoli en época primavera-verano.	16
Figura 7 Imagen de pellas de las variedades de brócoli Imperial, Abrams, Heritage, Lieutenant, Ospany y Legacy.	18
Tabla 1 Información física del suelo del área de concepción.	8
Tabla 2 Biomasa total, peso de pella, tallo y hojas, en diferentes variedades de brócoli en primavera-verano.	14
Tabla 3 Parámetros de calidad diámetros (polar y ecuatorial) y color, en diferentes variedades de brócoli en primavera-verano.	17

POTENCIAL PRODUCTIVO DEL BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEAE* VAR. *ITALICA*), EN PRIMAVERA-VERANO, ESTABLECIDO EN EL ÁREA PERIURBANA DE CONCEPCIÓN, EN CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

PRODUCTIVE POTENTIAL OF BROCCOLI (*BRASSICA OLERACEAE* VAR. *ITALICA*) IN SPRING-SUMMER, ESTABLISHED IN THE PERI-URBAN AREA OF CONCEPCIÓN, IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE.

Palabras índices adicionales: Brassicaceae, Variedades, Productividad, Calidad, Color.

RESUMEN

Se evaluó el potencial productivo de seis genotipos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cultivados durante la temporada primavera-verano en el área periurbana de Concepción, región del Biobío. Esta investigación surge como respuesta al contexto de cambio climático, el cual ha modificado las condiciones térmicas de la zona de Concepción, permitiendo ampliar tanto el calendario de siembra de cultivo de brócoli como la zona tradicional de cultivo. El ensayo fue establecido con un diseño de bloques completamente al azar, donde el factor primario fueron las 6 variedades de brócoli, se midieron variables como biomasa total, peso y calidad de la pella, rendimiento y parámetros comerciales como el color y diámetro de la inflorescencia. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los genotipos evaluados, destacando la variedad Legacy, que obtuvo el mayor rendimiento de pella con $73,75 \text{ t ha}^{-1}$ y de calidad. Otras variedades como Ospay y Abrams alcanzaron rendimientos de $57,8 \text{ t ha}^{-1}$ y $52,3 \text{ t ha}^{-1}$ respectivamente, además de obtener características de calidad dentro del parámetro exigido por el mercado, lo que sugiere su potencial para diversificar la producción en la zona. Estos resultados confirman que los genotipos estudiados pueden desarrollarse adecuadamente bajo condiciones primaverales en la región del Biobío, posicionando a esta región como un área emergente para la producción intensiva de brócoli.

SUMMARY

The productive potential of six broccoli genotypes (*Brassica oleracea* var. *italica*) grown during the spring-summer season in the peri-urban area of Concepción, Biobío region, was evaluated. This research was conducted in response to climate change, which has altered the thermal conditions in the Concepción area, allowing for an extension of both the broccoli planting calendar and the traditional growing area. The trial was set up using a completely randomized block design, where the primary factor was the six broccoli varieties. Variables such as total biomass, weight and quality of the head, yield, and commercial parameters such as color and diameter of the inflorescence were measured. The results showed significant differences ($p < 0.05$) between the genotypes evaluated, with the Legacy variety standing out, obtaining the highest yield of 73.75 t ha^{-1} and quality. Other varieties such as Ospay and Abrams achieved yields of 57.8 t ha^{-1} and 52.3 t ha^{-1} respectively, in addition to obtaining quality characteristics within the parameters required by the market, suggesting their potential for diversifying production in the area. These results confirm that the genotypes studied can develop adequately under spring conditions in the Biobío region, positioning this region as an emerging area for intensive broccoli production.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un factor de alto riesgo para la agricultura (Yohannes, 2016), revelando que el calentamiento global tiene un fuerte impacto en la productividad de los cultivos (Koundinya, 2014), así como en la calidad y el valor nutricional de los productos (Solankey *et al.*, 2021). Esto debido al aumento de las temperaturas, los extremos climáticos, el aumento del CO_2 y otros gases de efecto invernadero (GEI).

Dado lo anterior se visualiza que la producción mundial de alimentos está bajo grave amenaza (Shrestha, 2019). Este fenómeno se verá reflejado en diferentes ámbitos meteorológicos, uno de estos es la alteración en los patrones de lluvia, lo cual, en el caso de que disminuyan las precipitaciones anuales, provocarán escasez

hídrica en algunas zonas de África, Latinoamérica, Australia y Europa (Skendžić *et al.*, 2021). Según los modelos de proyección, habrá sequías en el sur y norte de África, partes de Latino américa, Australia y el sur de Europa (Lickley *et al.*, 2018), por lo que provocará que las plantas pierdan sus funciones biológicas debido a que la deshidratación disminuye la producción de metabolitos secundarios, que cumplen con la función de defensa de la planta, provocando así que estas se vuelvan aún más susceptibles a plagas y enfermedades (Zayan, 2019).

La temperatura ambiental es uno de los factores abióticos que se verán afectados por el cambio climático. Este es considerado como uno de los factores más importantes ya que afecta directamente en los patrones de distribución y de población de las plantas, debido a los límites fisiológicos, como tolerancia a estrés térmico o hídrico, de cada especie (Parmesan *et al.*, 2003). La temperatura es un factor que limita las áreas geográficas donde se pueden cultivar diferentes cultivos (Rehman *et al.*, 2015), así como uno de los factores que afecta la tasa de desarrollo, crecimiento y rendimiento de estos. Los cultivos agrícolas requieren condiciones básicas para completar sus fases fisiológicas y todo su ciclo de vida, siendo la temperatura uno de los factores más importantes (Skendžić *et al.*, 2021).

El cambio climático, además, trae consigo un aumento en las concentraciones de CO² atmosférico, lo cual afecta directamente a la fisiología de la planta ya que está conformada, en su estructura, principalmente de carbono (Woodward, 1990). Este aumento conlleva el aumento de la actividad fotosintética de la planta, lo que provoca una alteración en la composición química de las hojas disminuyendo la calidad de los nutrientes del follaje, al producirse un aumento en la proporción de carbono a nitrógeno (Skendžić *et al.*, 2021).

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) pertenece a la familia de las Brassicaceae y se caracteriza por contener un alto valor nutricional, beneficiando en la salud humana, aportando fibra, vitaminas C y B2 (riboflavina), provitamina A, calcio, antioxidantes, además de producir un compuesto llamado glucosinolato, el cual es reconocido por contribuir en la prevención del cáncer (Salas *et al.*, 2021). Este es un cultivo anual, de ciclo corto de aproximadamente 75-140 días, posee un sistema

radical poco profundo (30-60cm), hojas grandes con bordes ondulados, y en el inicio de su estado reproductivo, una estructura denominada “pella”, la cual es la inflorescencia primaria ubicada en el tallo principal (Kehr *et al.*, 2012). Esta inflorescencia, está formada por numerosos primordios foliares sostenidos en pedicelos dispuestos sobre pedúnculos. La formación de esta pella no requiere del proceso de vernalización, puesto que se desarrolla después de formar cierta cantidad de hojas, logrando así, desarrollarse a partir de la yema apical del tallo principal (Kehr *et al.*, 2012). Sus beneficios a la salud humana se atribuyen a la presencia de sus metabolitos secundarios, principalmente los glucosinolatos (GSL), los cuales son moléculas derivadas de los aminoácidos. Estos compuestos ricos en azufre son hidrolizados por la enzima endógena mirosinasa (β -tioglucosidasa glucohidrolasa), que produce varios productos de degradación, incluidos isotiocianatos, nitrilos, tiocianatos, epitionitrilos y oxazolidinas (Del Carmen Martinez-Ballesta *et al.*, 2013). Los glucosinolatos y sus metabolitos de descomposición (isotiocianatos) juegan un papel importante en la defensa de las plantas, ya que este compuesto actúa como biocidas contra diferentes patógenos (Kamal *et al.*, 2022).

Los glucosinolatos y sus productos de degradación enzimática (isotiocianatos) se encuentran en todos los tejidos de las plantas de brócoli (Ares *et al.*, 2014). Además, se ha encontrado que el proceso fisiológico de germinación de semillas de brócoli para producir plántulas o brotes jóvenes aumenta sus valores nutritivos y fitoquímicos (Dueñas *et al.*, 2009). Los informes han demostrado que los brotes de brócoli comestibles constituyen una rica fuente de glucosinolatos y otros fitoquímicos, como compuestos fenólicos (Bojorquez-Rodríguez *et al.*, 2022).

Esta hortaliza es de clima frío, su temporada de crecimiento normalmente es de otoño invierno. Para germinar sus semillas tienen un amplio rango de temperaturas, las cuales van de los 4°C a los 35°C, según la variedad. Durante sus primeros estados de desarrollo, hasta las 5 hojas verdaderas su rango óptimo de temperatura se encuentra entre los 16°C y los 18°C, pudiendo desarrollarse, en las posteriores etapas fenológicas, con temperaturas menores. Bajo estas condiciones, las plantas

de brócoli producen una pella, con medidas de 7,5 a 20 cm de diámetro, a una altura aproximada de 45 cm, desde el suelo a la parte superior de la pella (Le Strange *et al.*, 2010).

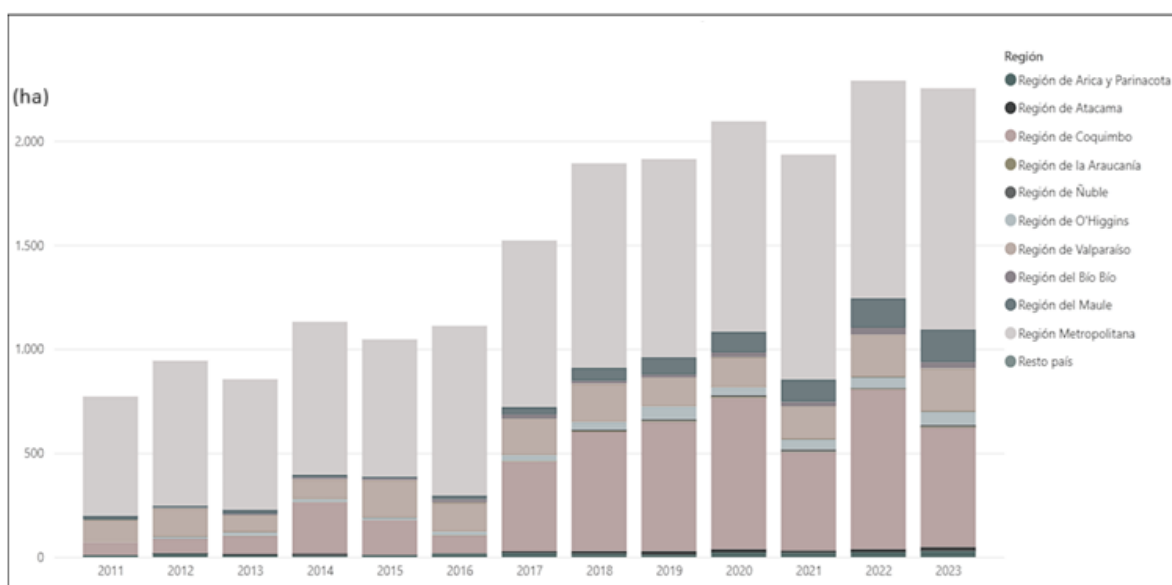
En la producción de brócoli el cambio climático juega un rol de alto impacto, al ser este un cultivo que requiere temperaturas que van de un rango de los 15 a 18°C, para una óptima producción, viéndose afectada de acuerdo con las predicciones para los últimos años, que indican aumentos de la temperatura global (Chen *et al.*, 2020). Resultados recientes mostraron que las temperaturas más altas de lo normal afectan todos los parámetros de las plantas de brócoli cultivadas en condiciones de campo como la altura de la planta, el número y el peso de las hojas de la planta, la longitud y el peso del tallo, el diámetro de la pella, el peso y la calidad de esta, excepto el número de brotes laterales (Siomos *et al.*, 2022). Sin embargo, las altas temperaturas incrementan el número mínimo requerido de hojas y retrasan el tiempo de iniciación de la emisión de la pella (Grevsen, 2015).

En Chile, los rendimientos de los cultivos de brócoli varían según la temporada. Así, para los cultivos de otoño-invierno los rendimientos oscilan entre las 8 y 20 t ha⁻¹ y para los cultivos de primavera-verano oscila entre las 21 y 34 t ha⁻¹. Si bien los cultivos de primavera-verano presentan mayores rendimientos, la calidad de las pellas es inferior (Kehr *et al.*, 2010).

Hoy en día el brócoli corresponde a uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, debido a su creciente demanda por parte del mercado y a su alto valor nutritivo (Branca, 2008; Han *et al.*, 2021). A nivel nacional, según datos obtenidos de la encuesta hortícola INE 2020, la tasa de crecimiento promedio anual (TCPA) de la superficie cultivada para el brócoli en Chile es de 14,9% (Figura 1).

Así es como se observa en Figura 1, un aumento de la superficie cultivada con brócoli a nivel nacional, desde el año 2011 al 2023, donde el año 2011 había una superficie total cultivada con 800 ha lo que incrementó el 2023 a 2.252 ha (Muñoz, 2025). La región Metropolitana, es la región con mayor superficie, equivalente a 1.159 ha cultivadas, luego la región de Coquimbo con 573 ha, la región de Valparaíso con 210 ha.

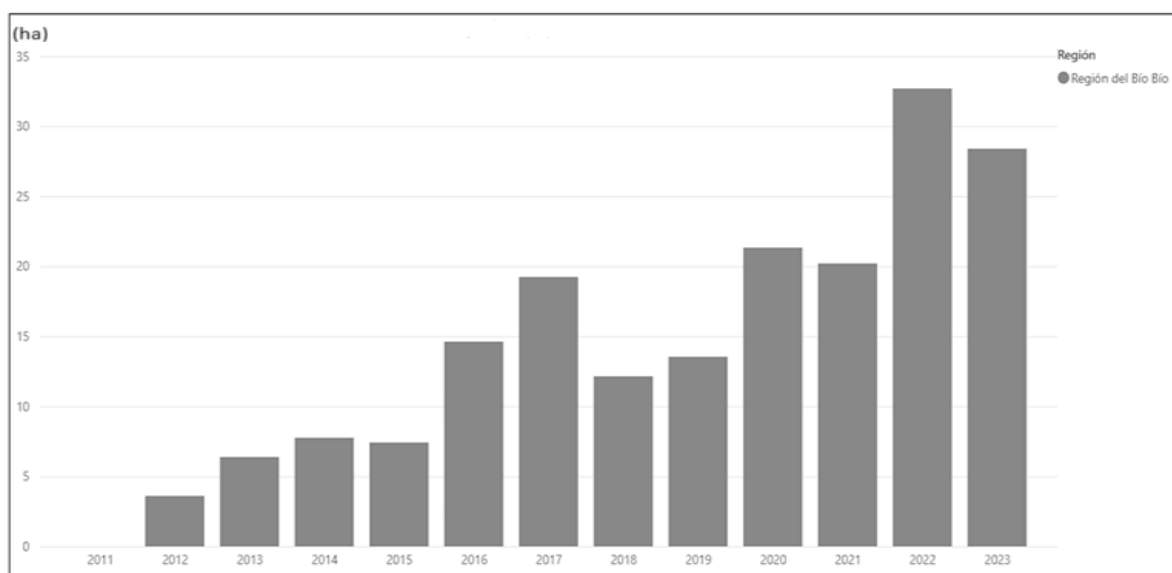
Figura 1. Tasa de crecimiento anual (TCPA) de la superficie nacional cultivada con brócoli desde el año 2011 hasta el 2023 en diferentes regiones de Chile.



Fuente: “Boletín hortalizas” ODEPA (2025).

La superficie cultivada en la región del Biobío ha aumentado considerablemente en los últimos 10 años. En 2013, la superficie total cultivada en la zona era de 6 ha al año, mientras que en 2023 esta cifra se incrementó a 28 ha cultivadas (Figura 2).

Figura 2. Superficie total cultivada con brócoli desde el año 2011 hasta el 2023 en la región del Biobío.

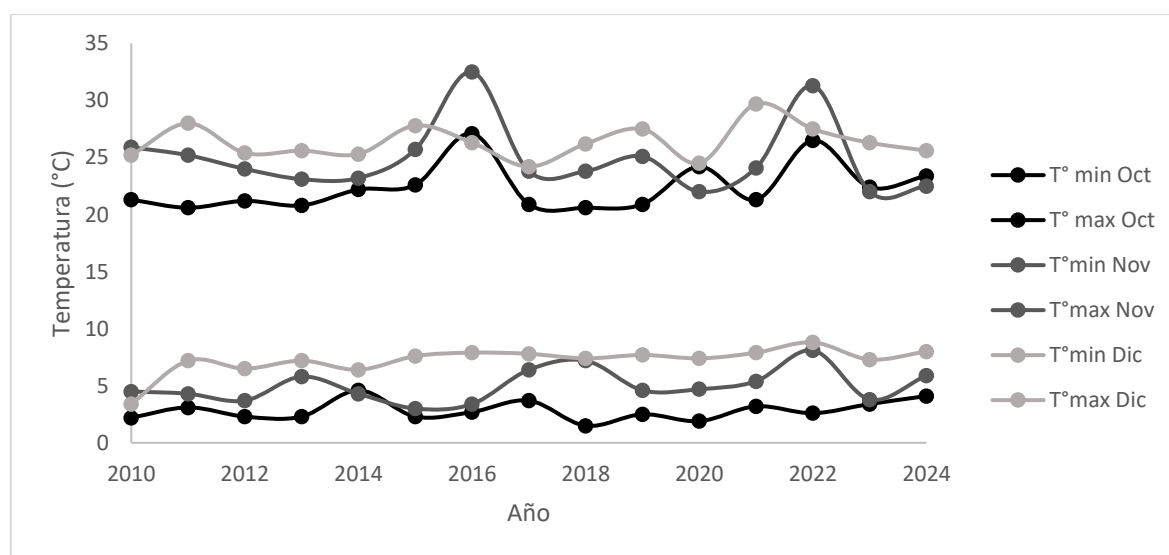


Fuente: “Boletín hortalizas” ODEPA (2025).

El aumento en la superficie cultivada de brócoli en el Biobío es producto del aumento de las temperaturas. Según información obtenida de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), el año 2019 fue el noveno año consecutivo con temperaturas sobre el promedio en el país. Esto ha abierto nuevas posibilidades para la producción hortícola en épocas antes consideradas limitantes. históricamente se han tenido restricciones térmicas para el cultivo de *Brassica oleracea*, entre ellas el brócoli, en primavera-verano, dada la necesidad de temperaturas más templadas para un adecuado desarrollo de la pella; sin embargo, debido al alza de temperaturas registradas durante la última década (Figura 3), estas condiciones han comenzado a cambiar, generando un nuevo escenario agroclimático que podría favorecer el cultivo del brócoli en esta época en dicha región.

El cultivo de brócoli, aunque es característico de climas frescos, presenta una ventana de desarrollo adecuada en un rango óptimo de temperaturas entre 15 y 23 °C. Sin embargo, una degradación significativa de la calidad de la pella se produce bajo condiciones de estrés térmico, es decir, cuando las temperaturas superan los 25 °C (Haltfield *et al.*, 2015). Estas temperaturas óptimas comienzan a ser cada vez más comunes en regiones como el Biobío durante la primavera (Figura 3), debido al cambio climático.

Figura 3. Temperaturas mínimas y máximas para la temporada primavera (Oct - Dic) en Concepción (Carriel sur) desde el año 2010 - 2024.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DMC.

En la región del Biobío, aunque el cultivo se estableció en 2012 (Muñoz, 2025), los datos meteorológicos, permiten visualizar la oportunidad de seguir ampliando la superficie de producción. En la actualidad, este cultivo se ve enfrentado a varios desafíos, la creciente demanda, durante todo el año y las condiciones climáticas inducido por el cambio climático (Siomos *et al.*, 2022). Sin embargo, podría haber material genético que permita un desarrollo fisiológico adecuado para el cultivo productivo de brócoli en primavera-verano en el área periurbana de Concepción. Dado los antecedentes anteriormente expuestos, el objetivo de este estudio es evaluar el comportamiento de 6 líneas promisorias de brócoli, en época primavera-verano, en el área periurbana de Concepción. Como objetivos específicos se evaluaron los parámetros de biomasa total de los 6 genotipos a estudiar. Los aspectos agronómicos y productivos se medirán con parámetros relacionados al rendimiento: peso de pella y número de pellas por unidad experimental. Además de evaluar parámetros de calidad: Diámetro de la pella (ecuatorial y polar) y color pella.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica y características edafoclimáticas del sitio de experimentación

El experimento se llevó a cabo en la región del Biobío, en el área periurbana de Concepción ubicada a un costado de la carretera camino a Penco, en la zona rural de Cosmito (-36.790981 y -73.021248). El tipo de suelo es clasificado como suelos derivados de sedimentos terrígenos, que provienen de la erosión del suelo firme y de la escorrentía de ríos (Stolpe, 2006).

Tabla 1. Información física del suelo del área de Concepción.

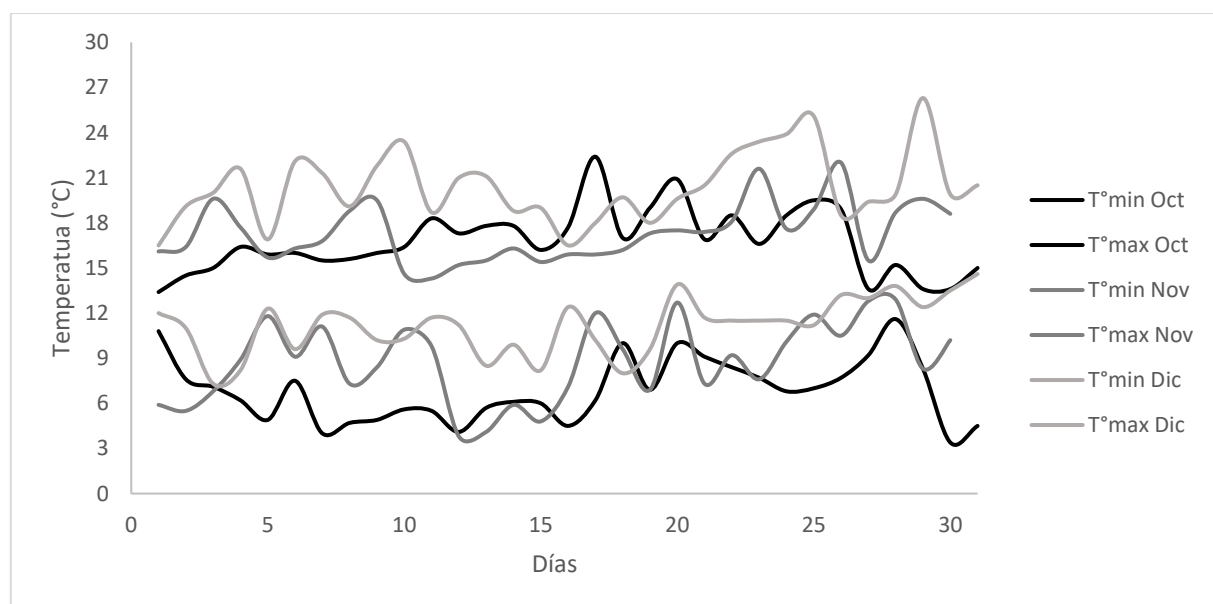
Profundidad	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
0-30	21,6	21,8	56,5
30-75	13,7	14,8	71,5
75-150	11,1	10,3	78,3

Fuente: Stolpe, N.B en el año 2006.

Con estos datos (Tabla 1) y el triángulo textural se pudo clasificar el suelo en el cual se llevó a cabo el experimento como suelo tipo franco arcilloso, en los primeros 30 cm. Desde los 30 cm hasta los 150 cm se clasificó como suelo tipo arcilloso. El drenaje es moderado, con una profundidad efectiva de los 40-70 cm (Stolpe, 2006).

Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, Concepción corresponde a un clima Csb₂ Oceánico mediterráneo con verano suave. Las temperaturas medias mensuales son siempre mayores a 10°C y menores a 20°C (Sarricolea *et al.*, 2016). Según información obtenida de la dirección meteorológica de Chile (DMC), las temperaturas mínimas y máximas varían de los 3,4 a los 26,3°C, respectivamente (Figura 4), en la temporada de primavera (Oct - Dic). El clima se caracteriza por una alta humedad relativa que promedia anualmente 82% y que concentra los niveles más altos de humedad ambiental entre los meses de abril y septiembre. En esta zona la pluviometría anual rodea los 1000 a 1200 mm (Stolpe, 2006).

Figura 4. Temperaturas mínimas y máximas para la temporada primavera (Oct - Dic) en Concepción (Carriel sur) 2023.



Fuente: Elaboración propia con datos de la DMC.

Material vegetal

En el ensayo se utilizaron plántulas de 12 a 15 cm de altura, un grosor de tallo de 3 a 4 mm y de a 3 a 4 hojas verdaderas. Este material fue trasplantado el 13 de

octubre de 2023, manualmente. El material vegetal utilizado fueron los híbridos: (i) Imperial, el cual se adapta a zonas intermedias y cálidas; su pella es compacta de excelente color verde, con un peso promedio de 0,95 kg. (ii) Abrams, que corresponda a un híbrido sin información comercial ya que está en fase de prueba, (iii) Heritage, que es un híbrido de pella azulada compacta, con buena adaptabilidad a diferentes climas; la pella tiene un peso promedio de 1,25 kg. (iv) Lieutenant, híbrido de primavera, madura prontamente y produce una pella suave y de calidad. Además, se utilizó (v) Ospay, que corresponde a un híbrido sin información comercial y (vi) Legacy, que es un brócoli con amplia adaptación climática y que en el trópico se siembra durante todo el año, de igual manera se desarrolla de manera óptima en climas fríos y moderados; posee muy buena calidad de pella con un peso promedio de 1,3 kg (Bayer, 2024).

Establecimiento y manejo agronómico del experimento

Con respecto a las características químicas óptimas del suelo, el cultivo del brócoli requiere de suelos con un pH cercano al neutro, sobre 6,5 (Zamora, 2016). En cuanto a las características físicas del suelo, es necesario tener un suelo con buen drenaje de tipo limoso arenoso. Este cultivo es moderadamente tolerante a sales del suelo ($2,8 \text{ dS m}^{-1}$); sin embargo, es muy sensible cuando se le establece en suelos arcillosos ($1,6 \text{ dS m}^{-1}$) (Zamora, 2016). Por otra parte, es importante conocer el historial del suelo, ya que este no debe haber sido sembrado anteriormente con especies de la misma familia. Esto con el fin de evitar patógenos en nuestro suelo y de promover la rotación de cultivos.

El suelo fue arado con tractor y posteriormente, para una preparación más fina, con dos labores de motocultor. Finalmente se trabajó manualmente el suelo con azadón incorporando superficialmente los restos vegetales y mulléndolo para formar camellones de plantación de un ancho de 40 cm y un alto de 30 cm, cada parcela correspondió a dos camellones, además cada parcela media aproximadamente de 3,2 m de largo y 0,7 m de distancia entre hilera. En estos camellones fueron trasplantadas 8 plántulas de brócoli, a una distancia sobre hilera de 40 cm entre cada planta.

El cultivo se regó mediante surco y manguera de manera manual una vez a la semana.

Para la fertilización se utilizó la recomendación nutricional del brócoli, cuyos rangos son de 60 - 100 U N ha^{-1} , 45 - 90 U P $_2$ O $_5$ ha $^{-1}$ y 50 - 80 U K $_2$ Oha $^{-1}$ (Ramos *et al.*, 2010). En consecuencia, se fertilizó, previo al trasplante, agregando 120g por subparcela de 2,24 m 2 una mezcla de fertilizante 5 - 20 - 20. Posteriormente se aplicó Urea en dos parcialidades de 50 gr, equivalentes a 30 U N ha^{-1} , cuando las plantas alcanzaron el estado 1.9 y 5.1 de la escala BBCH (Meier, 2001).

No se realizó aplicación de fitosanitario ni de plaguicidas, ya que el cultivo se desarrolló sin presentar este tipo de problemas. El control de malezas se realizó de manera manual a los 27 días después del trasplante, sin ser necesario repetirlo dada la baja carga de esta. La cosecha se efectuó el día 28 de diciembre manualmente a los 76 días después del trasplante, cuando las pellas se encontraban en su punto de madurez fisiológica, estado 7,8 de la escala BBCH (Meier, 2001).

Diseño experimental

Este experimento se llevó a cabo en un diseño de bloques completamente al azar, con una distribución de 4 bloques, donde la unidad experimental correspondió a una parcela de 3,2 m de largo x 0,7 m de ancho. El factor primario correspondió a los seis genotipos de brócoli, identificados numéricamente del uno al seis, con el siguiente orden: Imperial (1), Abrams (2), Heritage (3), Lieutenant (4), Ospay (5) y Legacy (6).

Evaluaciones

Cada tratamiento, por unidad experimental se seleccionaron al azar 3 plantas para determinar las siguientes mediciones:

Largo de planta: Se midió la longitud total de cada planta, mediante una cinta métrica, desde la base donde se contemplaron 5 cm desde el suelo, hasta el ápice de la pella, el valor obtenido fue expresando en centímetros.

Biomasa fresca: Se cortó la planta a 5 cm del suelo y se pesó, en una balanza gancho digital expresando el resultado en kilogramos. Posteriormente se diseccionó en hojas, tallos y pella, fueron pesados individualmente.

Rendimiento: El peso de las pellas cosechadas por unidad experimental, se pesó en una balanza de gancho, cada pella con 10 cm de tallo y se determinó el rendimiento por parcela experimental las cuales tenían un área de 2,24 m², el resultado obtenido por parcela se extrapoló a hectáreas, expresándose el total en toneladas por hectárea (t ha⁻¹).

Calidad de pella: Se midió el diámetro polar y ecuatorial de cada pella mediante una cinta métrica, expresando los resultados en centímetros. Además, se otorgó a cada planta una calificación del 1 al 5 utilizando la escala colorimétrica Broccoli Color Rating Scale (Cantwell *et al.*, 1999), donde 1 representa color verde azulado y 5 color amarillo verdoso.

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico INFOSTAT. Las diferencias se considerarán significativas si $p < 0,05$ (Balzarini *et al.*, 2008).

En relación con los supuestos del análisis de varianza, se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk modificada y para verificar la homogeneidad de los datos, se realizó la prueba de Levene, con 95% de confianza, confirmando la normalidad y homogeneidad de los datos.

Se realizó una prueba de comparación entre medias, con la prueba de LSD de Fisher, con un nivel de confianza del 95%, para verificar si las diferencias de los tratamientos podían ser por motivos de que existieran diferencias entre los bloques.

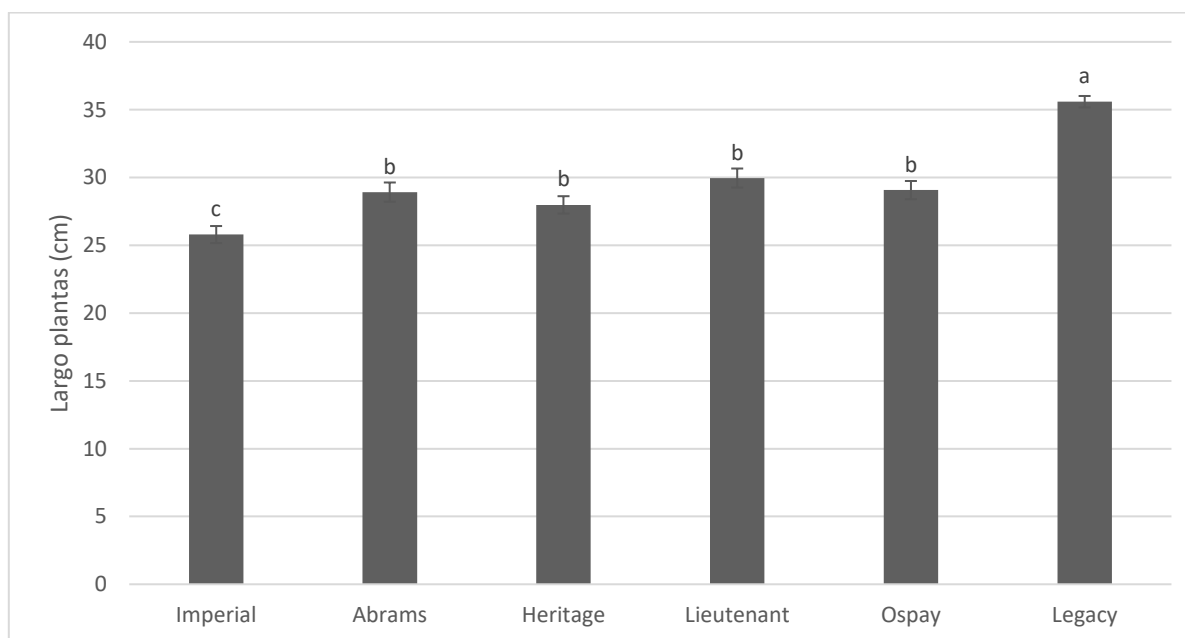
En relación con las medidas no paramétricas como lo es la clasificación del color de pella, esta fue analizada mediante la prueba no paramétrica Friedman, dado que los datos se consideran como una clasificación cualitativa, no cuantitativa. En esta prueba de análisis de datos las diferencias se considerarán significativas si $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Largo de planta

Se observó que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las variedades de brócoli evaluados, en cuanto al largo completo de las plantas (Figura 5). Donde destacó la variedad Legacy con un largo promedio de 35,6 cm, siendo un 26,9% más grande que la variedad de menor altura con 26 cm, Imperial.

Figura 5. Largo total de las plantas seleccionadas de las diferentes variedades a probar en época de primavera.



Letras en común no representan diferencias significativas.

Por otro lado, las variedades Lieutenant, Ospay, Abrams y Heritage mostraron medias promedio de 30, 29, 28,9 y 27,9 cm pl^{-1} respectivamente, estas variedades no representan diferencias significativas entre sus mediciones. Sin embargo, se pueden considerar como alternativas primaverales para diversificar la producción en la zona periurbana de Concepción.

Biomasa fresca

Se observó que el peso de la planta completa (biomasa total), el peso de tallos, hojas y de la pella de las diferentes variedades estudiadas presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en todos los parámetros evaluados. Donde la variedad

Legacy destacó por su biomasa total con un promedio de 2,08 kg pl⁻¹, el cual fue un 39,4% mayor que los menores valores observados en la variedad control; Imperial (Tabla 2). También, en este híbrido, se observó el mayor peso de pella con un promedio de 1,03 kg. Mientras que la de menor biomasa total fue la variedad control Imperial con una masa promedio de 1,26 kg pl⁻¹ y un peso de pella promedio de 0,31 kg.

Las variedades Ospay y Abrams también obtuvieron buenos resultados de biomasa con 1,48 y 1,61 kg pl⁻¹ y un peso de pella de 0,81 y 0,74 kg, respectivamente, por lo que se puede sugerir que estos genotipos sean alternativas viables para diversificar la producción en época de primavera.

Tabla 2. Biomasa total, peso de pella, tallo y hojas, en diferentes variedades de brócoli en primavera-verano.

	Biomasa	Peso	Peso	Peso
Tratamiento	Total (kg)	Tallo (kg)	Hojas (kg)	Pella (kg)
Imperial	1,26 c	0,16 b	0,84 ab	0,31 d
Abrams	1,61 b	0,25 a	0,73 abc	0,74 b
Heritage	1,38 bc	0,15 b	0,75 abc	0,54 c
Lieutenant	1,43 bc	0,16 b	0,61 c	0,72 b
Ospay	1,48 bc	0,16 b	0,68 bc	0,81 b
Legacy	2,08 a	0,23 a	0,87 a	1,03 a

Letras en común no representan diferencias significativas.

Legacy representa una alternativa de alta productividad y se destaca por su adaptabilidad a las temperaturas templadas

Los pesos de pellas comerciales oscilan entre los 200 y 450 g pella⁻¹, valores que son inferiores a los observados en este estudio, cuyos rangos fueron de 300 a 1000 g pella⁻¹, cumpliendo con los estándares comerciales de peso descritos por Zamora, 2016. Sin embargo, en el catálogo descrito por Bayer 2024, con respecto a la

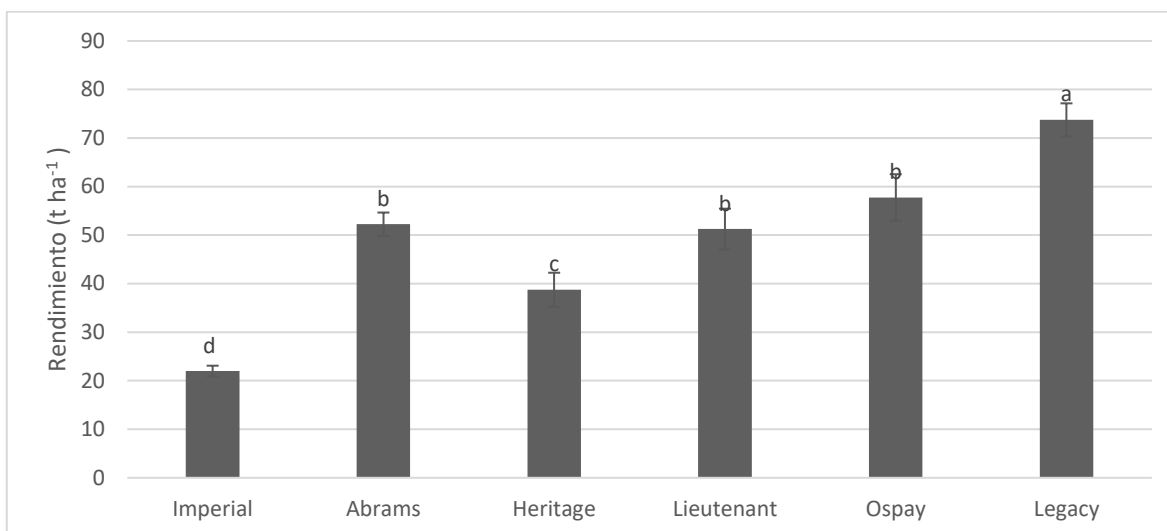
variedad Legacy, esta posee muy buena calidad de pella, con un peso promedio de 1,3 kg pella⁻¹, que es 297 g superior al obtenido en este estudio, indicando que podría ser considerada como una variedad a ser cultivada en la zona periurbana de Concepción. Esta variedad presenta una alta eficiencia en el uso de los recursos edafoclimáticos de la zona, junto con una buena adaptación a las condiciones térmicas primaverales de la región, considerando el contexto del cambio climático, el cual favorece la producción del cultivo en el área periurbana de Concepción.

Rendimiento

Según lo que se observa en la Figura 6, existen diferencias significativas entre las variedades ($p < 0,05$), en cuanto al rendimiento de las pellas. La variedad que obtuvo mejores rendimientos fue Legacy con un promedio de 73,75 t ha⁻¹, siendo un 70,2% por encima de los valores obtenidos con respecto a la variedad de menor rendimiento (Imperial). Por otro lado, la variedad Imperial fue la que presentó menor rendimiento con un promedio de 22 t ha⁻¹, lo que está dentro del parámetro de la producción nacional descrita por Kehr et al. (2010). Sin embargo, en comparación a los rendimientos mayores de las otras variedades, se podría indicar que este genotipo no presenta una adaptación eficiente a las condiciones primaverales de la zona periurbana de Concepción. Esto se puede deber a que la variedad Imperial tiene menor tolerancia a temperaturas elevadas durante sus etapas de desarrollo, al ser una variedad sensible al rango de temperaturas de los 22 a los 27°C, donde según estudios recientes evidenciaron que se reduce considerablemente la formación de pella (Lin *et al.*, 2019). Debido a la alta expresión de transcriptomas (conjunto de ARN) que inhiben el desarrollo de la pella. Además, en este estudio, las plantas de brócoli se desarrollaron expuestas a dicho rango de temperaturas, durante el mes de noviembre y diciembre (Figura 3; Figura 4).

Las variedades Ospay, Abrams y Lieutenant, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellas, pero presentaron rendimientos promedio de 58, 52 y 51 t ha⁻¹ respectivamente, por lo que se proponen como alternativas viables para la producción de brócoli en la época de primavera en el área periurbana de Concepción.

Figura 6. Rendimiento de las diferentes variedades de brócoli en época primavera-verano.



Letras en común no representan diferencias significativas.

Los resultados observados en este estudio para las variedades Abrams, Heritage, Lieutenant, Ospay y Legacy, representan valores superiores al promedio nacional reportado por Kehr et al. (2010), donde se publicó un rendimiento de 21 a 34 t ha⁻¹ en cultivos de primavera. Debido que en este ensayo la densidad de plantación fue de 71.428 pl ha⁻¹, siendo mayor a la densidad comercial de 30.000 a 55.000 pl ha⁻¹ comúnmente sugerida, influyendo positivamente en el rendimiento. Este resultado evidencia que este híbrido presenta un gran potencial como variedad comercial para expansión en Biobío, donde se obtuvieron rendimientos de 22 a 73 t ha⁻¹ (Figura 6).

Calidad de pella

Respecto a los parámetros de calidad, que corresponden a las mediciones de los diámetros ecuatoriales y polares, junto con la clasificación colorimétrica de las pellas de brócoli, existen diferencias significativas entre las variedades ($p < 0,05$). Donde la variedad Legacy presentó mayores diámetros ecuatoriales y polares con promedios de 25,4 y 24,4 cm, respectivamente (Tabla 3). Siendo estos atributos relevantes comercialmente, ya que el mercado exige uniformidad de pella y tamaño. Sin embargo, también se observó que la variedad Imperial desarrolló menores medidas de diámetros ecuatoriales y polares con promedios de 13,66 y 13,95 cm,

respectivamente. En cuanto al color de pella se observó una coloración más intensa de la tonalidad (verde azulado), en las variedades Imperial, Abrams, Heritage y Legacy (Tabla 3, Figura 7).

Tabla 3. Parámetros de calidad diámetros (polar y ecuatorial) y color, en diferentes variedades de brócoli en primavera-verano.

Tratamiento	Diámetro		Color
	ecuatorial pella (cm)	polar pella (cm)	
Imperial	13,66 e	13,95 e	2 a
Abrams	19,72 c	18,84 cd	2 a
Heritage	17,45 d	17,24 d	2 a
Lieutenant	21,18 bc	20,73 bc	3 b
Ospay	21,75 b	21,11 b	2 a
Legacy	25,39 a	24,36 a	2 a

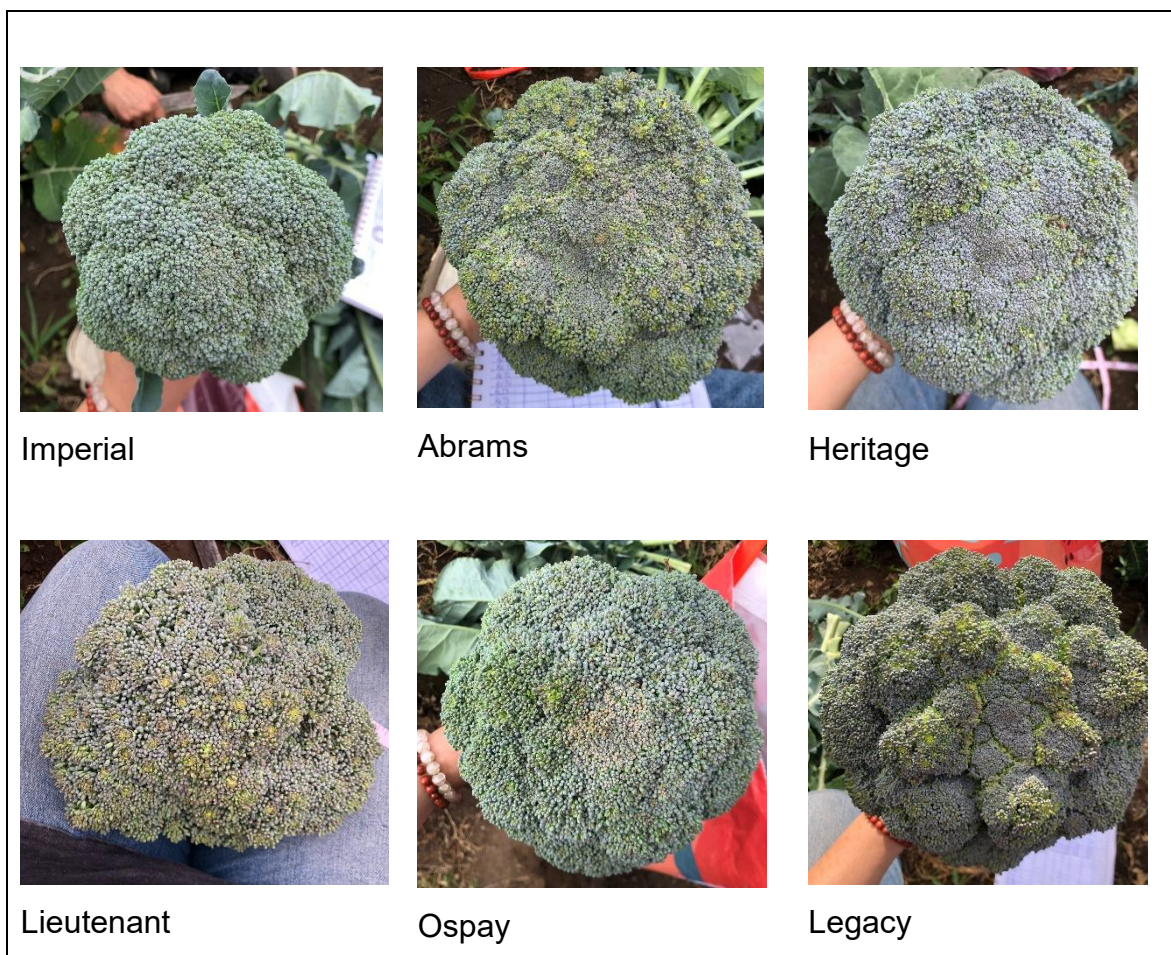
Letras en común no representan diferencias significativas.

La disminución en el diámetro de la pella se podría atribuir a una degradación significativa de la calidad de la cabeza causada bajo condiciones térmicas de estrés ($T^{\circ} > 25^{\circ} \text{C}$) (Haltfield, 2015). Además, la formación de pella de brócoli, en variedades sensibles al calor, se reduce considerablemente a altas temperaturas ($22 - 27^{\circ} \text{C}$), debido a que poseen transcriptomas (ARN) que se expresan altamente a estas altas temperaturas, inhibiendo el desarrollo de la pella. Por otro lado, Lin et al. (2019), demostraron que las variedades de brócoli tolerantes a altas temperaturas ($22 - 27^{\circ} \text{C}$), desarrollan su pella de manera completa al poseer genes (transcriptomas) menormente expresados a altas temperaturas.

Por otra parte, las variedades Lieutenant y Ospay oscilaron entre los 21,2 y 21,8 cm de diámetro, y un color promedio de 3 y 2 según la escala colorimétrica, lo cual tiende a verse una pella con tonalidad verde amarillento, lo que indica un menor

potencial de comercialización. Al respecto, una coloración verde azulado, es considerada más atractivas para consumo fresco.

Figura 7. Imagen de pellas de las variedades de brócoli Imperial, Abrams, Heritage, Lieutenant, Ospan y Legacy.



Fuente: Imágenes propias, 2025.

Estos resultados respaldan la hipótesis planteada en este estudio, indicando que los genotipos evaluados presentan un desarrollo óptimo en condiciones de cultivo primavera-verano. En particular, la variedad Legacy se destacó como material promisorio. La información obtenida con el estudio posibilitaría orientar las decisiones de manejo y selección varietal en la diversificación de la producción hortícola en la zona periurbana de Concepción.

Se recomienda seguir evaluando estos genotipos bajo distintas condiciones climáticas y de manejo, así como realizar estudios y análisis de calidad nutricional

para complementar los resultados productivos y así fortalecer la sostenibilidad del cultivo en la zona centro sur de Chile.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el manejo del estudio y a los resultados obtenidos, se concluye que:

1. Los seis genotipos de brócoli establecidos en primavera-verano en el área periurbana de Concepción demostraron la viabilidad de cultivar brócoli en dicha temporada, donde la variedad Legacy destacó como material promisorio. Sin embargo, se consideran Ospay y Abrams como alternativas viables para diversificar el material genético en la zona.
2. La variedad Legacy fue la que presentó los mayores valores en los resultados obtenidos de la evaluación de biomasa total en todos los parámetros medidos como peso de planta completa, peso de hojas, tallo y pella, por lo que se propone como variedad promisorio para cultivar en el área periurbana de Concepción al adaptarse mejor a las condiciones climáticas de la zona.
3. Con respecto al rendimiento la variedad Legacy fue la que presentó mayores valores con un promedio de 74 t ha⁻¹, lo cual se destaca al ser considerablemente mayor que el promedio nacional para cultivo de brócoli en época de primavera que va del rango de 21 - 34 t ha⁻¹.
4. Hay genotipos de brócoli capaces de adaptarse a las nuevas condiciones térmicas, como Legacy, Ospay y Abrams, demostrando calidad dentro de los parámetros exigidos por el mercado, tanto en parámetros de diámetros como de color.

Referencias

1. Ares, M., J. Bernal, T. Martín, L. Bernal and J. Nozal. 2014. Optimized formation, extraction, and determination of sulforaphane in broccoli by liquid chromatography with diode array detection. *Food Anal. Methods*. (7): 730–740. DOI: [10.1007/s12161-013-9766-6](https://doi.org/10.1007/s12161-013-9766-6).
2. Balzarini, G., L. González, M. Tablada, F. Casanoves, A. Di Rienzo y W. Robledo. 2008. InfoStat: software estadístico. Manual del usuario. Versión 2008. Brujas. Córdoba, Argentina. Disponibel en:

- https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanoves/publication/319875343_Manual_del_usuario/links/5e2ee26992851c9af7280cfa/Manual-del-usuario.pdf.
3. Bayer. 2024. *Catálogo de variedades de brócoli: Legacy*. Bayer Group. https://www.vegetables.bayer.com/cl/es-cl/productos/brocoli/details.html/broccoli_legacy_colombia_seminis_fresh_market_open_field_fresh_market_all.html.
 4. Bojorquez-Rodríguez, M., O. Guajardo-Flores, A. Jacobo-Velázquez and O. Serna-Saldívar. 2022. Evaluation of the Effects of Process Conditions on the Extraction of Glucosinolates from Broccoli Sprouts. *Horticulturae*, 8(11), 1090. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111090>.
 5. Branca, F. 2008. Cauliflower and Broccoli. In *Handbook of Plant Breeding. Vegetables I: Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*; Prohens, J., Nuez, F., Eds.; Springer: New York, NY, USA. Volume 1: 151–186. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/234154254_Branca_F_2008_Cauliflower_and_broccoli_In_J_Prohens_and_F_Nuez_eds_Vegetables_I_147-182_Springer_New_York.
 6. Cantwell, M., & Suslow, T. (1999). Broccoli: Recommendation for maintaining postharvest quality. Disponible en: <https://postharvest.ucdavis.edu/es/produce-facts-sheets/broccoli>.
 7. Chen, J., E. Burns, M. Fleming and E. Patterson. 2020. Impact of Climate Change on Population Dynamics and Herbicide Resistance in Kochia (*Bassia scoparia* (L.) A. J. Scott). *Agronomy*, 10(11): 1700. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111700>.
 8. Del Carmen Martínez-Ballesta, M., A. Moreno and M. Carvajal. 2013. The physiological importance of glucosinolates on plant response to abiotic stress in *Brassica*. *Int. J. Mol. Sci.* (14): 11607–11625. DOI: [10.3390/ijms140611607](https://doi.org/10.3390/ijms140611607).
 9. Dueñas, M., T. Hernández, I. Estrella and D. Fernández. 2009. Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chem.* (117): 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.051>.
 10. Grevsen, K. 2015. Efectos de la temperatura en el crecimiento de la cabeza de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*): Estimación de parámetros para un modelo predictivo. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73 (2): 235–244. <https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11510970>.

11. Han, F., Y. Liu, Z. Fang, L. Yang, M. Zhuang, Y. Zhang, H. Lv, Y. Wang, J. Ji and Z. Li. 2021. Advances in genetics and molecular breeding of broccoli. *Horticulturae* (7): 280. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090280>.
12. Hatfield, L. and H. Prueger. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather Clim. Extrem.* (10): 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>.
13. Hatfield, L., J. Boote, A. Kimball, H. Ziska, C. Izaurralde, D. Ort, M. Thomson and D. Wolfe. 2011. Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production. *Agron.* (103): 351–370. Disponible en: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2355&context=usdaarsfacpub>.
14. Kamal, M., F. Razis, S. Sukri, K. Perimal, H. Ahmad, R. Patrick, F. Djedaini-Pilard, E. Mazzon and S. Rigaud. 2022. Beneficial health effects of glucosinolates-derived isothiocyanates on cardiovascular and neurodegenerative diseases. *Molecules.* (27): 624. <https://doi.org/10.3390/molecules27030624>.
15. Kehr, E. y C. Bórquez. 2010. Bráscicas: Grupo de Hortalizas con Aptitud para Producción en la Zona Sur. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/9d9c88ab-84c4-4d8c-b69d-e40c6931aa90/content>.
16. Kehr, E. y P. Diaz. 2012. Producción de brócoli para la agroindustria. Informativo N°61. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4489/NR38925.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
17. Koundinya, A. and P. Sidhya, K. Pandit. 2014. Impact of climate change on vegetable cultivation—A review. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.* (7): 145–155. DOI: [10.5958/j.2230-732X.7.1.020](https://doi.org/10.5958/j.2230-732X.7.1.020).
18. Le Strange, M., M. Cahn, S. Koike, R. Smith, O. Daugovish, S. Fennimore, E. Natwick, S. Dara, E. Takele and M. Cantwell. 2010. The university of California. Publication (7211). Disponible en : <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7211.pdf>.
19. Lickley, M. and S. Solomon. 2018. Drivers, timing and some impacts of global aridity change. *Environ. Res. Lett.* 13. 104010. doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae013>.
20. Lin, C.W., S.F. Fu, Y.J. Liu, C.C. Chen, C.H. Chang, Y.W. Yang, & H.J. Huang. 2019. Analysis of ambient temperature-responsive transcriptome in shoot apical meristem of heat-tolerant and heat-sensitive broccoli inbred lines during floral head formation. *BMC Plant Biology*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/S12870-018-1613-X>.

21. Meier, U. 2001. *Estadios de las plantas mono- y dicotiledóneas: BBCH Monografía* (2ª ed.). Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. Disponible en: [bba-escalas fenológicas.pdf](https://bba-escalas.fenológicas.pdf).
22. Muñoz, M. 2025. Boletín de hortalizas. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Disponible en: https://apps.odepa.gob.cl/powerBI/boletin_hortalizas_2024.html.
23. Parmesan, C. y G. Yohe. 2003. Una huella globalmente coherente de los impactos del cambio climático en los sistemas naturales. *Nature* (421): 37–42. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature01286>.
24. Ramos, C. y F. Pomares. 2010. Abonado de los cultivos hortícolas. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 181-192. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/agricultura/publicaciones/02_fertilizacion-baja-.pdf#page=61.
25. Rehman, U., H. Rather, Y. Gull, R. Mir, M. Mir, I. Waida y R. Hakeem. 2015. Efecto del cambio climático en los cultivos hortícolas. En: Hakeem, K. (eds.) Producción de cultivos y problemas ambientales globales. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23162-4_9.
26. Saavedra, G. 2022. Brócoli y Romanesco, Boletín INIA N°472. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68961/9.%20Brocol%C3%AD%20y%20Romanesco.pdf?sequence=11&isAllowed=y>.
27. Salas, J., A. Conesa, y P. Aguayo. 2021. Fomento del consumo de Brásicas y de sus subproductos, a través de la riqueza en compuestos bioactivos, presentes en nuevas variedades comerciales. XIII Congreso de Economía Agroalimentaria. <https://doi.org/10.31428/10317/10571>.
28. Sarricolea, P., M. Herrera y O. Meseguer. 2016. Regionalización climática de Chile continental, *Journal of Maps*, 13 (2): 66-73. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1259592>.
29. Shrestha, S. 2019. Effects of climate change in agricultural insect pest. *Acta Sci. Agric.* (3): 74–80. Doi: <https://doi.org/10.31080/ASAG.2019.03.0727>.
30. Siomos, S., K. Koularmanis and P. Tsouvaltzis. 2022. The Impacts of the Emerging Climate Change on Broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck.) *Crop. Horticulturae*, 8 (11): 1032. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111032>.
31. Skendžić, S., M. Zovko, P. Živković, V. Lešić, and D. Lemić. 2021. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*, 12 (5): 440. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>.

32. Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual, United States Department of Agriculture Handbook N° 18. USDA, Washington, DC. Disponible en: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf>.
33. Solankey, S., M. Kumari, S. Akhtar, K. Singh and K. Ray. 2021. Challenges and Opportunities in Vegetable Production in Changing Climate: Mitigation and Adaptation Strategies. In *Advances in Research on Vegetable Production under a Changing Climate*. Volume 1. 13–59. DOI: [10.1007/978-3-030-63497-1_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63497-1_2).
34. Stolpe, B. 2006. Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. Universidad de Concepción, Chile. 84. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341685579_DESCRIPCIONES_DE_LOS_PRINCIPALES_SUELOS_DE_LA_VIII_REGION_DE_CHILE.
35. Woodward, I. 1990. Global change: Translating plant ecophysiological responses to ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* (5): 308–311. Doi: [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(90\)90087-T](https://doi.org/10.1016/0169-5347(90)90087-T).
36. Yohannes, H. 2016. A review on relationship between climate change and agriculture. *J. Earth Sci. Clim. Chang.* (7): 335. DOI: [10.4172/2157-7617.1000335](https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000335).
37. Zamora, E. 2016. El cultivo del brócoli, Universidad de Sonora. Producción de hortalizas DAG/HOT-010. Disponible en: <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>.
38. Zayan, A. 2019. Impact of climate change on plant diseases and IPM strategies. In *Plant Pathology and Management of Plant Diseases*; Topolovec-Pintarić, S., Ed.; IntechOpen: London, UK. ISBN 978-1-78985-116-8. Disponible en: https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=3kr9DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA83&ots=QGQ2FTmu2&sig=8DV79pBz2Vswgz_7azYnx-waUDY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

ANEXOS

Anexo 1. Datos rendimientos genotipos.

Grupo	(t ha ⁻¹)	E.E	Letra
Imperial	22	3,61	d
Abrams	52,25	3,61	b
Heritage	38,75	3,61	c
Lieutenant	51,25	3,61	b
Ospay	57,75	3,61	b
Legacy	73,75	3,61	a

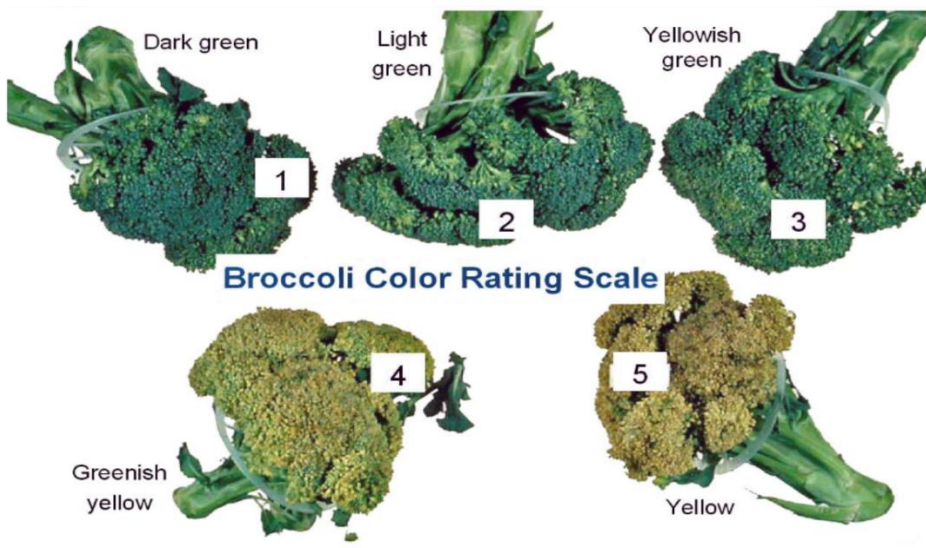
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en campo e Infostat.

Anexo 2. Mediciones de temperaturas mínimas y máximas para temporada primavera, octubre a diciembre, de los años 2010 al 2024 en Concepción, Estación meteorológica Carriel Sur.

Año	T° min Oct	T° max Oct	T°min Nov	T°max Nov	T°min Dic	T°max Dic
2024	4,1	23,4	5,9	22,5	8	25,6
2023	3,4	22,4	3,8	22	7,3	26,3
2022	2,6	26,5	8,1	31,3	8,8	27,5
2021	3,2	21,3	5,4	24,1	7,9	29,7
2020	1,9	24,2	4,7	22	7,4	24,5
2019	2,5	20,9	4,6	25,1	7,7	27,5
2018	1,5	20,6	7,2	23,8	7,4	26,2
2017	3,7	20,9	6,4	23,8	7,8	24,2
2016	2,7	27,1	3,4	32,5	7,9	26,3
2015	2,3	22,6	3	25,7	7,6	27,8
2014	4,6	22,2	4,3	23,2	6,4	25,3
2013	2,3	20,8	5,8	23,1	7,2	25,6
2012	2,3	21,2	3,7	24	6,5	25,4
2011	3,1	20,6	4,3	25,2	7,2	28
2010	2,2	21,3	4,5	25,9	3,4	25,2

Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/historico/temperaturaHistoricaAnual/360019>

Anexo 3. Escala de colorimetría



Fuente: Cantwell, M., & Suslow, T. (1999). Broccoli: Recommendation for maintaining postharvest quality.

Anexo 4. Mediciones de temperaturas mínimas y máximas para temporada primavera, octubre a diciembre, del año 2023 en Concepción, Estación meteorológica Carriel Sur

Día	T° min Oct	T° max Oct	T° min Nov	T° max Nov	T° min Dic	T° max Dic
1	10,8	13,4	5,9	16,1	12	16,5
2	7,6	14,5	5,5	16,4	11	19,1
3	7,1	15	6,8	19,6	7,3	20
4	6,2	16,4	8,9	17,7	8,2	21,6
5	4,9	15,9	11,8	15,7	12,3	16,9
6	7,5	16	9,1	16,3	9,6	22,1
7	4	15,5	11,1	16,8	11,9	21,3
8	4,7	15,6	7,3	18,8	11,7	19,1
9	4,9	16	8,4	19,5	10,2	21,8
10	5,6	16,4	10,9	14,6	10,3	23,4
11	5,5	18,3	9,8	14,3	11,7	18,7
12	4,1	17,3	3,8	15,2	11,2	21
13	5,7	17,8	4,1	15,5	8,5	21,1
14	6,1	17,8	5,9	16,3	9,9	18,8
15	6	16,2	4,8	15,4	8,2	19
16	4,5	17,7	7,1	15,9	12,4	16,5
17	6,2	22,4	12	15,9	10,2	18
18	10	17	9,6	16,2	8	19,7
19	6,9	19	6,9	17,3	9,6	18
20	10	20,9	12,7	17,5	13,9	19,6
21	9,1	16,9	7,3	17,4	11,7	20,5
22	8,4	18,5	9,2	18,1	11,5	22,6
23	7,7	16,6	7,6	21,6	11,5	23,4
24	6,8	18,5	10,1	17,6	11,5	23,9
25	7	19,5	11,9	18,9	11,2	25,1
26	7,7	18,9	10,5	22	13,2	18,5
27	9,2	13,6	12,8	15,5	13	19,4
28	11,6	15,2	12,9	18,7	13,8	19,9
29	8,3	13,6	8,3	19,6	12,4	26,3
30	3,4	13,6	10,2	18,6	13,5	19,9
31	4,5	15			14,6	20,5

Fuente: <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/anual/temperaturaMinimaAnual/360019/20>