



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
Carrera de Agronomía

Tema:

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS FUENTES NUTRICIONALES, Y
TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
(*Brassica oleracea var itálica*) EN LA PARROQUIA SAN LORENZO,
CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, otorgado
por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias,
Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.**

Autor:

Stalin Santiago Lalangui Castillo.

Tutor:

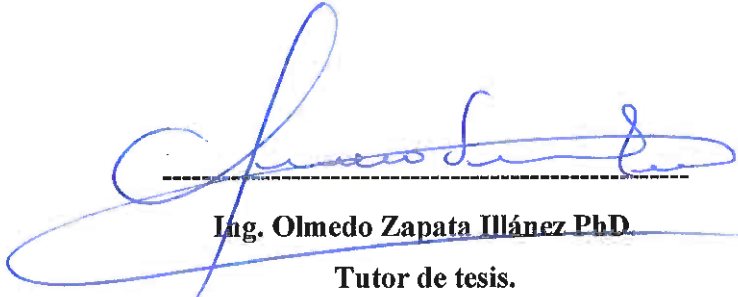
Ing. Olmedo Zapata Illánez. PhD.

Guaranda - Ecuador


2024

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS FUENTES NUTRICIONALES, Y
TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI
(*Brassica oleracea var itálica*) EN LA PARROQUIA SAN LORENZO,
CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.**

REVISADO Y APROBADO POR:



Ing. Olmedo Zapata Illánz PhD
Tutor de tesis.



Ing. Carlos Wilfrido Taco Taco Mg.
Par lector (A)



Ing. Víctor Danilo Montero Silva Mg.
Par lector (A)

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Stalin Santiago Lalangui Castillo, con cédula de identidad 2200383434, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este proyecto de investigación, no han sido presentados previamente para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

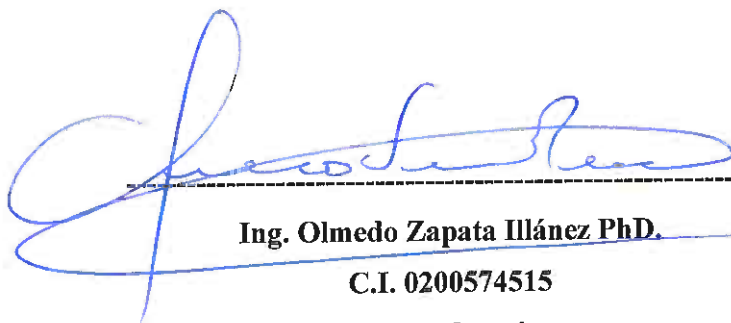
La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa institucional vigente.



Stalin Santiago Lalangui Castillo

C.I. 2200383434

Autor



Ing. Olmedo Zapata Illánz Ph.D.

C.I. 0200574515

Tutor de tesis



Notaría Tercera del Cantón Guaranda
Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario



rio...

N° ESCRITURA: 20240201003P00250

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR: LALANGUI CASTILLO STALIN SANTIAGO

INDETERMINADA DI: 2 COPIAS

H.R. Factura: 001-006-000005446

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día treinta y uno de Enero del dos mil veinticuatro, **ante mí Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda**, comparece **LALANGUI CASTILLO STALIN SANTIAGO**, soltero de ocupación estudiante, domiciliado en la Ciudad del Coca y de paso por este lugar, con celular número (0994997155), su correo electrónico es sjalangui@mailies.ueb.edu.ec, por sus propios y personales derechos, obligarse a quienes de conocer doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruida por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que proceden libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento declaran lo siguiente manifestamos que el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado **"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS FUENTES NUTRICIONALES, Y TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE BRÓCOLI (*Brassica oleracea var itálica*) EN LA PARROQUIA SAN LORENZO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR"**. es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autor, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Estatal de Bolívar, Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad, la misma que hago para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que le fue al compareciente por mí el Notario en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta notaría, aquel se ratifica y firma conmigo de todo lo cual doy Fe.

LALANGUI CASTILLO STALIN SANTIAGO

C.C. 2200383434



AB. HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA

EL NOTA....

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS-BROCOLI-SANTIAGO LALANGUI-T
URNITIN 2.pdf**

AUTOR

SANTIAGO LALANGUI CASTILLO

RECUENTO DE PALABRAS

23272 Words

RECUENTO DE CARACTERES

110944 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

112 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.4MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 31, 2024 12:24 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 31, 2024 12:25 PM GMT-5

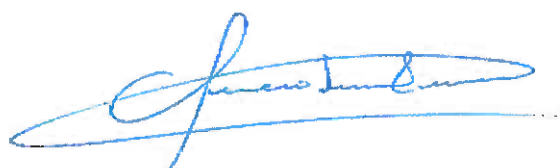
● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Bloques de texto excluidos manualmente



DEDICATORIA

Este proyecto de investigación dedico a Dios por darme la fuerza, paciencia y sabiduría necesaria para culminar esta etapa de formación profesional.

Con todo mi corazón dedicarlo a mis padres Rafael e Irma por apoyarme integralmente en mis proyectos, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa y justa que es y gracias queridos padres por creer en mí.

No ha sido sencillo el trayecto hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, he logrado esta meta.

Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

Stalin

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por permitirme tener tan buena experiencia dentro de la universidad, gracias a la Universidad Estatal de Bolívar de manera especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía, a todos los Docentes quienes compartieron sus conocimientos en el proceso de formación académica para formarnos como profesionales.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye esta meta cumplida, quienes han creído siempre en mí, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo.

Mi agradecimiento al Ing. Olmedo Zapata Illánz PhD., tutor de tesis por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, por el tiempo dedicado a guiar mi proyecto de investigación.

También agradecer de manera especial a cada Miembro del Tribunal del proyecto de titulación al Ing. David Silva García Mg. Coordinador UIC, Ing. Klever Espinoza Mora Mg. Miembro UIC, Ing. Carlos Taco Taco Mg. Docente Lector e Ing. Víctor Montero Silva Mg Docente Lector.

Un agradecimiento al Sr. Hernán García, Sra. Mery Arguello, Sr, Manuel Ramírez, Sra. Mercedes Bayas y su familia por la acogida que me dieron cuando llegué a sus viviendas y a todos mis amigos y compañeros de aula con quienes compartimos el proceso de formación académica.

Finalmente, agradezco al Ing. Christian Galarza y la Dra. Nancy Vásconez por la logística brindada en la implementación del ensayo en su finca de la localidad de Amapolas.

ÍNDICE	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II.	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Origen.....	6
2.2. Clasificación taxonómica.....	6
2.3. Morfología de la planta.....	6
2.3.1. Planta	6
2.3.2. Sistema radicular	7
2.3.3. Tallo principal	7
2.3.4. Hojas.....	7
2.3.5. Inflorescencia.....	7
2.3.6. Flores.....	7
2.3.7. Fruto.....	8
2.3.8. Semilla	8
2.4. Valor Nutricional	8
2.5. Requerimientos edafoclimáticos	9
2.5.1. Suelo	9
2.5.2. Temperatura.....	9
2.5.3. Clima	9
2.5.4. Humedad relativa y precipitación	10
2.5.5. Altitud	10
2.6. Híbrido en estudio.....	10
2.6.1. Avenger	10
2.6.2. Características Agronómicas	10
2.6.3. Beneficios del híbrido Avenger	11
2.7. Manejo del cultivo de brócoli	11
2.7.1 Análisis químico y físico de suelos	11

2.7.2 Preparación del suelo.....	12
2.7.3. Trasplante.....	12
2.7.4. Distancia de plantación.....	12
2.7.5. Riego.....	13
2.7.6. Aporcado.....	13
2.7.7. Abonado.....	13
2.7.8. Control de malezas.....	14
2.8. Fuentes nutricionales.....	14
2.8.1. Fertilización química.....	14
2.9. Urea.....	14
2.9.1. Nitrógeno en la planta.....	14
2.9.2. Exceso de nitrógeno.....	14
2.9.3. Deficiencia de nitrógeno.....	15
2.9.4. Fuentes de nitrógeno.....	15
2.9.5. Aplicación de nitrógeno.....	15
2.9.6. Eficiencia química de nitrógeno.....	16
2.9.7. Eficiencia agronómica de nitrógeno.....	16
2.10. DAP - G. 18 - 46 -00.....	16
2.10.1. Fósforo en la planta.....	16
2.10.2. Exceso de fósforo.....	17
2.10.3. Deficiencia de fósforo.....	17
2.11. Muriato de potasio.....	17
2.11.1. El potasio en la planta.....	17
2.11.2. Exceso de potasio.....	18
2.11.3. Deficiencia del potasio.....	18
2.12. Fertilización orgánica.....	18
2.12.1. Propiedades de los abonos orgánicos.....	19
2.12.2. Propiedades físicas.....	19
2.12.3. Propiedades químicas.....	19
2.12.4. Propiedades biológicas.....	19
2.13. Compost.....	19
2.13.1. Agentes de la descomposición.....	20
2.13.2. Ingredientes del compost.....	20
2.13.3. Relación carbono nitrógeno del compost (RC/N).....	21

2.13.4. Técnicas de compostaje	21
2.13.5. Elaboración del compost	22
2.14. Plagas y enfermedades.....	22
2.14.1. Plagas	22
2.14.2. Enfermedades.....	23
2.15. Cosecha	24
2.16. Post cosecha	25
CAPÍTULO III.....	26
3. MARCO METODOLÓGICO	26
3.1. Ubicación y características de la investigación.....	26
3.2. Metodología	26
3.2.1. Material experimental	26
3.2.2. Factores en estudio.....	27
3.2.3. Tratamientos	28
3.2.4. Tipo de diseño.....	28
3.2.5. Manejo del experimento en campo.....	29
<input type="checkbox"/> Toma de muestras del suelo	29
<input type="checkbox"/> Preparación del terreno.....	29
<input type="checkbox"/> Trazado del ensayo	30
<input type="checkbox"/> Surcado	30
<input type="checkbox"/> Desinfección del suelo	30
<input type="checkbox"/> Fertilización.....	30
<input type="checkbox"/> Trasplante.....	30
<input type="checkbox"/> Densidades de siembra.....	31
<input type="checkbox"/> Riegos	31
<input type="checkbox"/> Controles fitosanitarios.....	31
<input type="checkbox"/> Control de malezas.....	31
<input type="checkbox"/> Aporcado.....	31
<input type="checkbox"/> Cosecha	32
<input type="checkbox"/> Postcosecha	32
3.2.6. Métodos de evaluación y datos tomados	32
<input type="checkbox"/> Porcentaje de prendimiento (PP).....	32
<input type="checkbox"/> Altura de plantas (AP).....	32
<input type="checkbox"/> Número de hojas por planta (NHP).....	32

□	Diámetro del tallo (DT).....	33
□	Días a la formación de la pella (DFP).....	33
□	Vigor de la planta (VP).....	33
□	Días a la cosecha (DC)	33
□	Diámetro ecuatorial de la pella (DEP)	33
□	Forma de la pella o cabeza (FP).....	33
□	Color de la pella (CP).....	34
□	Número de corimbos por pella (NCP).....	34
□	Número de plantas por parcela (NPP)	34
□	Tamaño de la pella (TP)	34
□	Peso en kilogramos por parcela (PKP).....	35
□	Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH)	35
	3.2.7. Análisis de datos	35
	CAPÍTULO IV	37
	4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
	4.1. Factor A (Densidades de siembra).....	37
	4.2. Factor B (Fuentes nutricionales)	46
	4.3. Interacción de factores densidades de siembra por fuentes nutricionales.....	55
	4.4. Variables morfológicas o cualitativas.....	62
	4.5. Coeficiente de Variación (CV)	64
	4.6. Análisis de correlación y regresión lineal	65
□	Coeficiente de correlación “r”	65
□	Coeficiente de regresión “b”	65
□	Coeficiente de determinación (R^2 %)	66
	4.7. Análisis económico en la Relación Beneficio/Costo (RB/C)	69
	4.8. Comprobación de la hipótesis	73
	CAPÍTULO V	74
	5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
	5.1. Conclusiones	74
	5.2. Recomendaciones	75
	Bibliografía	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°	Detalle	Pág
1.	Resultados de Tukey al 5% para comparar los promedios de densidades de siembra en las variables agronómicas.....	37
2.	Resultados de Tukey al 5% para comparar los promedios de fuentes nutricionales en las variables agronómicas.....	46
3.	Resultados de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos en la interacción de factores densidades de siembra por Fuentes nutricionales en las variables agronomicas.	55
4.	Resultados de las variables morfológicas: Vigor de la Pella (VP), Forma de la Pella Vista Superior (FPVS), Forma de la Pella Vista Lateral (FPVL), Suavidad de la Pella (SP), Color de la Pella (CP) y Tamaño de la Pella (TP %).	62
5.	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes, que presentaron significancia estadística negativa o positiva con el rendimiento de brócoli	65
6.	Cálculo costos de producción de una hectárea de brócoli. Guaranda, 2023.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Detalle	Pág
1.	Resultados promedios de distancias de siembra en la variable PP.....	38
2.	Resultados promedios de distancias de siembra en las variables AP y DT.....	39
3.	Resultados promedios de distancias de siembra en las variables NHP Y NPP..	40
4.	Resultados promedios de distancias de siembra en las variables DFP y DC.....	41
5.	Resultados promedios de distancias de siembra en la variable NCP.....	42
6.	Resultados promedios de distancias de siembra en la variable DEP.....	43
7.	Resultados promedios de distancias de siembra en la variable RH.....	44
8.	Resultados promedios de fuentes nutricionales en la variable PP.....	47
9.	Resultados promedios de fuentes nutricionales en las variables AP y NHP.....	48
10.	Resultados promedios de fuentes nutricionales en las variables DFP y DC.....	49
11.	Resultados promedios de fuentes nutricionales en las variables DT y DEP.....	50
12.	Resultados promedios de fuentes nutricionales en las variables NCP y NPP ...	51
13.	Resultados promedios de fuentes nutricionales en la variable RH.....	52
14.	Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales en la variable AP.....	56
15.	Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales en la variable DFP.....	57

16. Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales en la variable DC.....	58
17. Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales en la variable DEP	59
18. Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales en la variable RH	60
19. Regresión lineal días a la cosecha versus el rendimiento.....	66
20. Regresión lineal altura de plata versus el rendimiento.....	67
21. Regresión lineal diámetro ecuatorial de la pella versus el rendimiento... ..	67
22. Regresión lineal diámetro del tallo versus el rendimiento.....	68
23. Regresión lineal número de corimbos por pella versus el rendimiento... ..	68
24. Regresión lineal número de hojas por planta versus el rendimiento.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° Detalle

- 1. Mapa de Ubicación del ensayo**
- 2. Base de datos**
- 3. Resultados del análisis de varianzas (ADEVAS)**
- 4. Resultados del Análisis físico - químico del suelo**
- 5. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo**
- 6. Forma de la pella o cabeza**
- 7. Glosario de términos técnicos**

RESUMEN Y SUMMARY

Resumen

El brócoli a nivel mundial está en franco crecimiento por superficie y nichos de mercado exigentes por calidad e inocuidad alimentaria. En Ecuador, es cultivado por la empresa privada para la exportación, sin embargo, los productores por el desconocimiento de tecnologías, la productividad es baja. Esta investigación, se realizó en Amapolas, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Los objetivos fueron determinar el efecto de tres densidades de siembra (factor A) con cuatro fuentes nutricionales y un testigo (factor B) y realizar el análisis económico de la Relación Beneficio Costo (RB/C). Se tuvieron 15 tratamientos con tres repeticiones, Se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar en parcela dividida. Se evaluaron variables morfológicas y agronómicas. Se hicieron análisis de varianza, prueba de Tukey al 5%, correlación, regresión y análisis económico. Se terminaron efectos diferentes de los factores principales e interacciones sobre los componentes del rendimiento. La densidad de 0.30 m entre plantas y la fertilización química fueron más eficientes con los rendimientos más altos, mismos que estuvieron relacionados con el mayor beneficio neto. Los componentes que incrementaron el rendimiento fueron altura de planta, diámetros del tallo y la pella, número de hojas por planta, corimbo por pella, solidos y tamaño. La mejor opción tecnológica fue el tratamiento T11: (0.30 m entre plantas y 300 kg/ha de 18-46-00) con 56320 kg/ha y una RB/C de 1.44. Finalmente, este estudio contribuyó a seleccionar alternativas tecnológicas para mejorar la diversificación de los sistemas de producción locales.

Palabras clave: Brócoli, corimbo, domo, nutrientes, pella, plantas/ha., sulforafano.

Summary

The broccoli worldwide is growing in the cultivated area and the demand for market niches are increasingly demanding in quality and food safety. In Ecuador due to the favorable climate conditions, it is cultivated especially for export by private companies, however, producers due to ignorance of valid technological alternatives, productivity indicators are low. This research was carried out in Amapolas, Guaranda canton, Bolívar province. The objectives were to terminate the effect of three planting densities with four nutritional sources and to perform the economic analysis of the Benefit-Cost Ratio (RB/C). The main factor A was three planting densities and factor B or subplots four nutritional sources and one control. There were 15 treatments with three repetitions, the Design of Complete Blocks was applied at random in split plot. Morphological and agronomic variables were evaluated. Analysis of variance, Tukey's 5% test, correlation, linear regression and economic analysis of RB/C were performed. Different effects of the main factors and interactions on agronomic variables and particularly yield was completed. The planting density of 0.30 m between plants and chemical fertilization were more efficient with the highest average yields, which were related to the highest net benefit. The components that increased yield were the upper averages of plant height, stem and head diameters, number of leaves per plant, corymbs per head, solids and head size. The best technological option was the T11: A3B1 treatment (0.30 m between plants and 300 kg/ha of 18-46-00) with 56320 kg/ha and an RB/C of 1.44. Finally, this study contributed to selecting valid technological alternatives to improve the diversity and sustainability of local production systems.

Key words: Broccoli, corymb, dome, nutrients, pella (head), plants/ha, sulforaphane.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea L. Var. Itálica*) es una hortaliza originaria del Mediterráneo y Asia Menor. En las dos últimas décadas, se ha incrementado significativamente el consumo de brócoli a nivel mundial especialmente por el contenido de vitaminas A y C, potasio y fibra. (Contreras, 2018)

Aproximadamente se producen alrededor de 70 millones de toneladas de repollo por año a nivel mundial, sobre una superficie de 3,8 millones de hectáreas en casi 150 países. La producción de brócoli, se ha incrementado significativamente en un 20% en los últimos cinco años, como resultado de una creciente demanda en la población y dietas cambiantes y más saludables. El mayor productor de repollo es China, con aproximadamente 50% de la producción mundial. India, Rusia y Corea producen más de 3 millones de toneladas y les siguen Ucrania, Japón e Indonesia. En América México y Estados Unidos lideran la producción. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAOSTAST].2018)

La superficie nacional de brócoli del año 2019 fue de 9923 ha, con una producción de 16972,4 t, y una venta total de 16404,8 t. Este incremento fue debido a las condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo y nichos de mercado en Estados Unidos, Unión Europea y el Japón lo que influyó en el aumento de las exportaciones. El brócoli es uno de los productos que incrementó su producción en Ecuador y que se refleja en el crecimiento de las áreas de siembra. Se trata de “uno de los productos no tradicionales y que están tomando fuerza en el mercado y hay potencial para seguir creciendo. (Freire, 2020)

La región interandina del Ecuador, se convierte en ideal para este cultivo. Cotopaxi es la principal provincia productora del país con el 68% de la producción total, seguida por Pichincha e Imbabura que producen el 16% y el 10% del total nacional respectivamente. La provincia Bolívar, tiene un potencial favorable para el cultivo de brócoli, sin embargo, su cultivo se desarrolla bajo el modelo de Agricultura Familiar para el autoconsumo y ciertos excedentes al mercado local. (Villarroel, 2021)

La productividad del brócoli, es dependiente de alternativas tecnológicas apropiadas para cada zona agroecológica y los factores importantes dentro de la Cadena de Valor del Brócoli son: el desarrollo de variedades, la nutrición del cultivo, el manejo integrado de plagas y el distanciamiento de siembra. La planta de brócoli es muy sensible a la falta de calcio en el suelo, igualmente a la deficiencia de boro y magnesio. También es exigente en potasio y azufre. No soporta suelos salinos y los rendimientos mayores se obtienen en suelos con pH entre 6.5 y 7.5. (Vallejo, 2013)

La densidad de siembra determina la población ideal de plantas/ha. Calcularlo depende de distintos factores, entre ellos la variedad, las condiciones y fecha de siembra, la zona agroecológica, el tipo de suelo, la pendiente y el manejo del agricultor. En caso de que la densidad sea muy alta, afectará el rendimiento por la excesiva competencia entre plantas, pero también, los agricultores corren el riesgo de sufrir el acame de tallo o de raíz durante el riego. El riesgo de una densidad no recomendada, afectará la eficacia y eficiencia del riego, de los fertilizantes, así como el rendimiento. (Hernández, 2019)

Muchos suelos requieren de la aplicación de varios nutrientes esenciales para cubrir deficiencias nutricionales en las plantas. Los agricultores pueden tener la opción de seleccionar una combinación de fertilizantes simples, o utilizar fertilizantes que tienen varios nutrientes combinados en la misma partícula. Esta combinación de fertilizantes (de origen químico u orgánico) puede ofrecer ventajas de conveniencia en el campo, ahorro de dinero y facilidad para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos. (Terry, 2018)

1.2. PROBLEMA

El cultivo de brócoli a nivel mundial y por ende en Ecuador, está en franco crecimiento de la superficie cultivada y la demanda de los mercados, es cada vez más exigente en cuanto a calidad e inocuidad alimentaria, pero a su vez los agricultores, no reciben procesos sostenibles de asistencia técnica, siendo un aspecto crítico en la producción la falta de alternativas tecnológicas validadas especialmente en los componentes tecnológicos como: variedades o híbridos, tipos y dosis de fertilización y el manejo integrado de plagas y enfermedades.

En la provincia Bolívar, no hay procesos de investigación, validación y transferencia de tecnología en el cultivo de hortalizas. Se han implementado proyectos de investigación y validación únicamente con el objetivo de titulación de los estudiantes de la carrera de agronomía en los cultivos de repollo (col, brócoli y coliflor) y otras hortalizas como remolacha, zanahoria y acelga. Son factores críticos la falta de información actualizada y acciones que permitan dar respuestas apropiadas a los productores en los componentes como: variedades e híbridos, la nutrición del cultivo, manejo integrado de plagas y enfermedades, distanciamientos de plantación, épocas de siembra y la zonificación del cultivo, que contribuyan a mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo.

Actualmente el sistema dominante de la provincia Bolívar y el cantón Guaranda es el unicultivo intensivo de maíz suave con una alta dependencia de insumos externos como son los fertilizantes químicos, plaguicidas, y el uso irracional de la maquinaria agrícola en condiciones de ladera, así como también la falta de mercados especializados para hortalizas y con valor agregado.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Valorar el efecto de la aplicación de dos fuentes nutricionales, y tres densidades de siembra en el cultivo de brócoli híbrido Avenger.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de brócoli.
- Evaluar el efecto de la fertilización química y orgánica sobre los principales componentes agronómicos del rendimiento de brócoli.
- Identificar el tratamiento con mejor respuesta productiva.
- Realizar el análisis económico en la Relación Beneficio/Costo (RB/C) del mejor tratamiento estadístico de la variable rendimiento.

1.4. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H_0): La respuesta agronómica y morfológica del cultivo de brócoli, no depende de los dos tipos de fuentes nutricionales (química y orgánica) y las tres densidades de siembra y su interacción genotipo ambiente.

Hipótesis alterna (H_a): La respuesta agronómica y morfológica del cultivo de brócoli, depende significativamente de los dos tipos de fuentes nutricionales (química y orgánica) y las tres densidades de siembra y de su interacción genotipo ambiente.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen

El brócoli es originario de las costas del Mediterráneo oriental y el Medio Oriente (Asia Menor, Líbano, Siria, etc.). Se cree que los romanos en esa época ya cultivaban esta hortaliza, pero hace aproximadamente unos 20 años su consumo incremento. Los romanos cultivaban y consumían esta hortaliza y por ello esta verdura es muy popular y consumida en Italia. Hace 20 años se incrementó su producción y consumo de forma general en todo el mundo. (Universidad Católica de Murcia[UCAM]. 2018)

2.2. Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Dilleneidae
Orden:	Capparales
Familia:	Capparales
Genero:	Brassica
Especie:	Oleracea
Nombre científico:	<i>Brassica oleracea L.</i>
Nombre común:	Brócoli

Fuente: <http://www.infoagro.com/Hortalizas/broccoli.htm>

2.3. Morfología de la planta

2.3.1. Planta

La planta de brócoli es anual, alcanzando alturas que oscilan entre 0.60 cm a 1 metro de altura, esta hortaliza produce una cabeza principal denominada pella, es compacta de 15 cm de diámetro, la misma posee una agrupación de flores inmaduras. La pella presenta un color verde de varias tonalidades. También existen variedades de híbridos de brócoli cuyas cabezas o pellas son de color púrpura y de distintas formas. (Zamora, 2016)

2.3.2. Sistema radicular

Esta hortaliza presenta una raíz pivotante de la que se origina una cabellera de raicillas ramificadas y superficiales. Tiene raíz primaria, esta hortaliza se puede profundizar hasta 0,80 cm en el perfil del suelo y por lo general se pierde durante el proceso de extracción de plantas del almácigo. El sistema radicular del brócoli híbrido avenger trasplantado en campo definitivo está conformado por raíces adventicias secundarias, terciarias y raicillas, las mismas se concentran en gran parte en los primeros 0,40 cm – 0,60 cm de profundidad en el suelo. (UCAM, 2018)

2.3.3. Tallo principal

El brócoli presenta un tallo relativamente grueso que oscilan entre 3cm a 6 cm de diámetro y de 20 cm a 50 cm de altura. El tallo al momento de la cosecha alcanza una altura de 15 cm a 20 cm. (Gutiérrez, 2017)

2.3.4. Hojas

Esta hortaliza presenta de 15 a 30 hojas grandes con una longitud de 50 cm y 30 cm de ancho. Su lámina es lobulada y el pecíolo de mayor tamaño que otras hortalizas como la col o coliflor, las hojas muestran una superficie con una cutícula cerosa bastante desarrollada e impermeable. (Gutiérrez, 2017).

2.3.5. Inflorescencia

La inflorescencia del tipo de pella del brócoli, son corimbos conformados por numerosas flores, cuando se encuentran en estado inmaduro constituye la parte comestible de la hortaliza, presentan múltiples colores según el cultivar de verde claro a verde purpura, esta hortaliza mantiene muy poco tiempo la compactación lo cual lo convierte en un producto altamente perecible. (Gutiérrez, 2017)

2.3.6. Flores

Esta planta se caracteriza por sus flores que son amarillas, pequeñas y compuestas de cuatro pétalos en forma de cruz, nacen de una inflorescencia denominada cabeza floral. El conjunto de flores también se lo considera cabeza del brócoli o pella la

misma que debe cosecharse antes que sus flores se abran y pueden consumirse crudas como cocidas. (El Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). 2021)

2.3.7. Fruto

Se asemeja a la forma de una coliflor, aunque sus hojas son más erguidas y menos compactas con una forma silicua, valvas ligeramente convexas que presentan un solo nervio longitudinal. La hortaliza Produce abundantes semillas redondas y de un color rosáceo. (Celuz Agro, 2017)

2.3.8. Semilla

Tienen forma redonda color pardo oscuro con un diámetro de 2 milímetros y se encuentran en número de 250 - 300 semillas/gramo, va depender del híbrido y del cultivar de la hortaliza. (Freire, 2020)

2.4. Valor Nutricional

El brócoli ha sido catalogado como una hortaliza con un contenido nutritivo bien alto por unidad de peso de producto comestible. Aporta cantidades elevadas de vitaminas C, B2 y A; además contribuye con cantidades muy significativas de minerales. La planta posee hasta 100 veces más sulforafano, este compuesto presente en el brócoli ayuda a reducir los riesgos de contraer cáncer y de enfermedades cardíacas. (Sánchez, 2019)

Valores nutricionales del brócoli por 100 gramos de producto comestible:

Proteínas:	5 gramos
Hidratos de Carbono:	10 gramos
Fibra:	4,7 gramos
Calcio:	94 mg.
Hierro:	1,1 mg.
Vitamina C:	74 mg.
Vitamina A:	3,500 U.I.

Fuente: <http://revistatierraadentro.com/index.php/agricultura/54-el-brocoli>

2.5. Requerimientos edafoclimáticos

2.5.1. Suelo

Las crucíferas como el brócoli prefieren suelos con tendencia a la acidez y no a la alcalinidad, siendo su pH óptimo entre 6,5 y 7,0. Necesitan suelos con una textura media. Es capaz de soportar más la salinidad excesiva presente en el suelo y del agua de riego. Es conveniente que el suelo se encuentre en un estado perfecto de humedad. Las hortalizas crucíferas prefieren suelos con inclinación a la acidez mas no a la alcalinidad, estando el óptimo de pH entre 6,5 y 7. Para que se desarrolle en perfectas condiciones necesita suelos de textura media. Es capaz de soportar más la salinidad excesiva del suelo y del agua de riego. En el caso de variedades precoces se puede utilizar suelos ligeros y son más adecuados los fuertes para las variedades tardías, Se recomienda que el suelo donde se va cultivar esta hortaliza presente un estado de humedad de campo. (Zamora, 2016)

2.5.2. Temperatura

La planta para desarrollar requiere climas fríos y húmedos; una temperatura óptima promedio que oscila entre 12 y 16 grados centígrados, soporta temperaturas mínimas promedio de 5 grados. Las temperaturas mayores a 20°C provocan desuniformidad en la formación de las inflorescencias, causando una menor compactación de las mismas, esto es un factor determinante de la calidad del producto. Cuando existen temperaturas cercanas a 0° Centígrados interrumpen el crecimiento de la planta. Para el desarrollo vegetativo es necesario una humedad relativa del 80% que presente una mínima del 70%. (Martí, 2018)

2.5.3. Clima

Se adapta de mejor manera a temperaturas promedio de 16 centígrados (60 °F). El rango óptimo está entre 15 y 25 centígrados (59 y 77 °F). Además, es capaz de soportar temperaturas bajas hasta de -2 centígrados mientras aún no se haya formado la inflorescencia. Tiene una semilla que germina aproximadamente en 7 días a temperaturas que van entre los 7 y 35 °C (45 a 95 °F). A muy altas temperaturas la planta no se desarrolla adquiriendo tamaño pequeño, cabezas

deformes o cabezas anormales, adquiriendo un color púrpura lo que ocasiona baja calidad en el producto. (Zamora V. , 2017)

2.5.4. Humedad relativa y precipitación

Necesita una humedad que no sea inferior al 70% y con una humedad ideal del 80%. La precipitación anual que requiere el cultivo de brócoli debe fluctuar entre 800 a 1200 mm. (Gómez, 2022)

2.5.5. Altitud

El brócoli se puede cultivar en diferentes zonas agroecológicas, la hortaliza requiere alturas entre 2.200 y 2.800 msnm. (Arias, 2016)

2.6. Híbrido en estudio

2.6.1. Avenger

Se trata el híbrido con mayor aceptación en el mercado debido a su amplia adaptación y consistentes rendimientos. Avenger es el brócoli que se ha catalogado como un referente tanto para la industria del congelado, así como para el mercado fresco. El híbrido Avenger es de planta vigorosa con cabezas bien domadas, posee grano fino y gran peso. Su uniformidad de cabezas le proporciona un beneficio para el empaque en las cajas para fresco y un buen aprovechamiento de floretes para el proceso de exportación. (Corrales, 2017)

2.6.2. Características Agronómicas

- Altura de la planta: Grande
- Presenta entre 100 y 110 días a la cosecha
- Tiene Cabeza de domo perfecto
- Mínima presencia de brotes laterales
- Posee Grano fino a medio
- Se caracteriza por tener Cabeza grande, pesada y compacta
- Florete uniforme de tamaño pequeño
- Coloración verde intenso. (Corrales, 2017)

2.6.3. Beneficios del híbrido Avenger

- Evita las pudriciones por acumulación de agua o encharcamiento.
- Aprovecha de mejor manera los nutrientes
- Pérdida menor dentro de la industria del congelado
- Mayor productividad y versatilidad para industria y mercado fresco
- Rendimiento elevado en la industria del congelado
- Conserva el color deseado en el proceso de Congelado. (Castillo, 2018)

2.7. Manejo del cultivo de brócoli

2.7.1 Análisis químico y físico de suelos

El análisis de suelos es de gran utilidad se trata de una herramienta que nos ayuda a diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización para el cultivo. Dentro de sus ventajas se caracteriza por ser un método rápido y de bajo costo, Lo cual permite que sea aplicado ampliamente por agricultores y empresas. La interpretación de los análisis se basa en estudios de correlación y calibración con la respuesta de las plantas a la aplicación de una cantidad requerida del nutriente. El análisis de suelos físico-químico se basa principalmente en la teoría de que existe un “nivel crítico” en relación al procedimiento analítico utilizado y a la respuesta del cultivo cuando se aplica un determinado nutriente. Cuando existe un nivel bajo del nutriente o por encima del nivel crítico, esto se ve reflejado en el crecimiento de la planta además se verá afectado de una forma negativa o positiva según varía la concentración. (Molina, 2020)

Con los resultados del análisis del suelo se pretende determinar qué grado de suficiencia o deficiencia se encuentra presente en el suelo, también se determina condiciones adversas que afecten directamente a los cultivos, como la acidez excesiva, salinidad, y la toxicidad de algunos elementos. Analizar el suelo nos permite estudiar el grado de fertilidad que dispone el suelo. La fertilidad es esencial para que un suelo sea productivo, también se ha dicho que un suelo fértil no necesariamente es productivo, esto se debe a la existencia de otros factores físicos como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad,

etc., los factores físicos como el mal drenaje limitan la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas. (Molina, 2020)

2.7.2 Preparación del suelo

Para cultivar hortalizas como el brócoli se necesita preparar con semanas de anticipación el suelo donde se va a trasplantar las plántulas de brócoli. Se debe arar bien, el arado nos ayuda a mejorar la aireación y el drenaje del suelo. Al mismo tiempo se va retirando materiales indeseables que se encuentran presentes. Una semana antes de trasplantar la mayoría de los agricultores utilizan un fertilizante previo a la siembra, como estiércol bien descompuesto o fertilizante sintético comercial de liberación lenta, esto lo hacen después de consultar a un agrónomo que tenga los conocimientos en el cultivo. Los agricultores integran el estiércol con la ayuda de tractores. Luego de estas actividades instalan el sistema de riego que puede ser por goteo que es más eficiente además aplican un desinfectante al suelo con el objetivo de eliminar bacterias u hongos presentes en el terreno. (WIKIFARMER , 2017)

2.7.3. Trasplante

La planta debe ser vigorosa y bien desarrollada, tener una altura promedio de 15 cm a 20 cm, con 5 a 6 hojas verdaderas o definitivas, además 35-50 días a la siembra. Es necesario eliminar plántulas débiles que presenten yemas terminales abortadas, particularmente importante en las variedades de pella. Generalmente se utilizan densidades de 12000-30000 plantas/ha, que en marcos de plantación sería 80 cm a 1 m entre líneas y 40 cm a 80 cm entre plantas. (Bayas, 2019)

2.7.4. Distancia de plantación

La distancia entre planta va variar y va depender factores como la arquitectura de la planta, los híbridos o variedades, la topografía del terreno, las condiciones físicas y de fertilidad del suelo, la humedad relativa y la luminosidad, también varía de acuerdo a las exigencias del mercado en cuanto al tamaño y peso de las pellas. Las distancias entre planta y planta oscilan en un rango de 30 a 35 cm y entre hileras

de 90 cm a 1.2 m. También se puede aplicar una y a doble hilera es decir en “zigzag” o tres bolillos. Una población de 55 mil plantas por hectárea o más pudieran establecerse en un campo comercial, esto va depender si el manejo es por agricultura de precisión o convencional. (Zamora, 2018)

En ensayos preliminares de investigación en las localidades de Naguan y Tacma, del cantón Guaranda recomiendan una distancia de plantación de 0.70 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. (Agualongo, 2018)

2.7.5. Riego

Se requiere asegurar un buen suministro de agua, especialmente durante la fase de germinación y regular en la fase de crecimiento, también dentro del desarrollo de la plántula al momento del trasplante y durante la etapa de formación de la pella, Para las épocas secas se necesita al menos un riego por semana. Pero esto dependerá del tipo de suelo, la capacidad de retención de humedad que dispone y su tasa de infiltración. (Gestiriego, 2020)

2.7.6. Aporcado

Consiste proporcionar un sostén a la planta y aflojar el suelo con la finalidad de darle aireación y aprovechar controlando las malezas presentes en el cultivo, se cubre con tierra o arena parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular de la misma. (Agualongo y Chimbolema, 2018)

2.7.7. Abonado

El abonado medio recomendado para el cultivo de brócoli es:

Necesidades de N (kg/ha)	Necesidades de P₂O₅ (kg/ha)	Necesidades de K₂O (kg/ha)
280-320	80-100	370-450

Fuente: <https://herografertilizantes.com/fertilizacion-del-cultivo-de-brocoli>

2.7.8. Control de malezas

El control de malezas se puede realizar utilizando herbicidas, control mecánico, y un buen sistema de rotación de cultivos. El brócoli es un buen competidor, a pesar de eso se debe mantener limpio el terreno cuando este se encuentra en su etapa de floración. Algunos herbicidas disponen para el brócoli en la etapa de pre-trasplante y la etapa de crecimiento de brócoli. Si los niveles de infestación son leves o bajos de puede utilizar un azadón e ir eliminando las malas hierbas o plantas no deseadas. (Orzolek, 2019)

2.8. Fuentes nutricionales

2.8.1. Fertilización química

2.9. Urea

Se trata de un fertilizante nitrogenado muy conocido y empleado dentro del campo agrícola. El alto contenido de Nitrógeno que dispone le ayuda a la planta a desarrollarse, mejorando su nutrición y rendimiento. En el mundo se utiliza la urea en cultivos como: Trigo, Arroz, Cebada, Caña de azúcar, hortalizas, Pasturas frutales, etc. (Cabrera, 2019)

2.9.1. Nitrógeno en la planta

El brócoli al ser una planta pequeña que posee hojas largas requiere mayor cantidad de nitrógeno para su proceso de fotosíntesis y la formación de su pella.

Cuando el nitrógeno de encuentra en cantidades normales en las plantas se incrementa el desarrollo del tallo, hojas, además ayuda a obtener un color ideal de la pella, participa también en la interacción de la energía luminosa aportada por el sol proporciona la transformación y síntesis de azúcares y almidones. (Alarcón, 2018)

2.9.2. Exceso de nitrógeno

Cuando existe un exceso de nitrógeno en la planta ocasiona el retraso en la maduración, la planta continúa desarrollándose, pero va demorar más tiempo en madurar, en perjuicio de la producción de semillas. El exceso de nitrógeno también

conlleva una mayor sensibilidad a enfermedades debido a que los tejidos permanecen verdes y tiernos más tiempo, siendo más vulnerable. (Delgado, 2018)

2.9.3. Deficiencia de nitrógeno

Cuando la planta presenta deficiencia de nitrógeno, muestra una vegetación raquílica con poco desarrollo y un sistema vegetativo pequeño, las hojas se tornan de color verde amarillento y luego evoluciona hacia una pigmentación anaranjado o violácea en los bordes de las hojas, también se observa una escasa vegetación acompañada de una maduración acelerada de la caída prematura de hojas y una disminución de los rendimientos y pésimo vigor de la planta. (Carrillo, 2019)

2.9.4. Fuentes de nitrógeno

Existe varios materiales que contienen fertilizantes sólidos y líquidos. Los fertilizantes que contienen nitrógeno y los más comunes son urea, nitrato de amonio, nitrato de calcio y nitrato de potasio. Las plantas absorben el nitrógeno únicamente en sus formas inorgánicas y solo alrededor del 2 y 3% por año del nitrógeno contenido en materia orgánica se convierte o se transforman en nitrógeno disponible o asimilable para las plantas, este proceso se denomina "mineralización". (Perdomo, 2017)

2.9.5. Aplicación de nitrógeno

El nitrógeno debe ser aplicado de forma técnica ya que es muy susceptible de ser perdido en los suelos mediante la volatilización, lixiviación, erosión y escorrentía. Cuando hay pérdida de nitrógeno representa un 50/60% de la cantidad que se aplicó. También se debe reducir el tiempo estabilidad del nitrógeno en el suelo antes que lo absorba la planta. La demanda o requerimiento de nitrógeno por los cultivos es pequeña en los primeros estadios de desarrollo y va aumentando progresivamente en la fase de crecimiento rápido. Esto se debe a una pequeña fracción de las necesidades totales en un primer abonado de fondo, previo a la siembra o trasplante, y el resto, en una o dos aplicaciones más es decir al inicio de la fase de crecimiento y en la mitad aproximadamente de esta fase. (Cabrera, 2019)

2.9.6. Eficiencia química de nitrógeno

La validez utilizando fertilizantes es muy versátil y puede variar en función de los tipos de suelos, métodos de fertilización, sistemas radicales de los cultivos, uso y manejo apropiado del agua y factores climáticos. Su eficiencia va a ser del 65%. (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes[IFA]. 2016)

2.9.7. Eficiencia agronómica de nitrógeno

La eficiencia con que los cultivos asimilan el fertilizante va a representar en lo económico ya que se relaciona con el beneficio que se obtiene en el producto final. La eficiencia se puede presentar como unidades de producto generada por unidad de nutriente aplicado. En Forma general, se aprecia que entre el 50 y el 80 % de Nitrógeno aplicado es aprovechado de manera correcta por el cultivo, lo que involucra que entre 20 y 50 % del Nitrógeno se puede perder o desperdiciar provocando un perjuicio económico y ambiental. (Fertiandino, 2017)

2.10. DAP - G. 18 - 46 -00

El Fosfato Diamónico Granular (DAP - G 18 - 46 – 00), catalogado como fertilizante complejo compuesto y superconcentrado,

Es un fertilizante granulado que contiene fósforo-nitrógeno, de color marrón claro, muy eficaz. Es utilizado en una amplia gama de cultivos y en diferentes fases. (Castro, 2017)

2.10.1. Fósforo en la planta

El brócoli produce pellas verdes oscuras y con forma alargada, en sus ramificaciones retiene bastante humedad lo que le ayuda a su desarrollo. A semejanza con el nitrógeno, el fosforo forma parte de cada una de las células vivas existentes en las plantas. El fósforo también participa en la formación de la nucleoproteína, ácidos nucleídos, fosfolípidos, como en la división celular, respiración, fotosíntesis, síntesis de azúcares, grasas y acumulación de proteínas. (Arias, 2016)

2.10.2. Exceso de fósforo

Cuando existe demasiada presencia de fosforo o un exceso induce a la disminución considerable en los rendimientos, también se ve afectado el contenido de azúcares de las hojas exteriores de la pella. (Carrillo, 2019)

2.10.3. Deficiencia de fósforo

Con mayor frecuencia presentan un achaparramiento, las puntas de las hojas se tienden a secar y se torna de color amarillo. Cuando existe deficiencia de fosforo suelen comenzar los síntomas en las hojas inferiores es decir las más viejas, primero adquieren un color verde oscuro apagado luego va hacia un color rojizo o púrpura llegando a secarse. El número de brotes también se ve afectado disminuyendo y formando tallos finos, cortos con hojas pequeñas, menor desarrollo radicular, menor floración y menor cuajado de frutos. (Intagri, 2017)

También se produce un estrechamiento en las hojas disminuyendo su tamaño y al final se ve afectada toda la planta. (Campoverde, 2019)

2.11. Muriato de potasio

Posee alta concentración con un (60%) es un fertilizante de fuente natural de potasio y muy buena solubilidad lo que permite su utilización en una amplia gama de cultivos, además se emplea en fertilización de base o cobertera para suplir requerimiento del cultivo o para corregir deficiencias de potasio. El potasio interviene aproximadamente en 50 actividades o funciones dentro de la planta, lo que lo convierte en un elemento esencial para lograr una buena nutrición en los cultivos. (Arias, 2016)

2.11.1. El potasio en la planta

Al ser un elemento esencial el potasio regula el equilibrio del jugo celular , de igual forma desempeña un papel importante en la producción y desintegración del almidón y los azúcares, la relación entre el potasio y la pérdida de agua ha demostrado que las plantas que se les brinda cantidades adecuadas mejoran las condiciones para resistir la sequía. (Hernández J. , 2016)

2.11.2. Exceso de potasio

Las plantas pueden asimilar grandes cantidades de potasio sin comprometer su desarrollo y su calidad, esto se ve reflejado en la pella y su peso. (Barbazán, 2018)

2.11.3. Deficiencia del potasio

Cuando existen deficiencia de potasio las plantas reducen su crecimiento, los tallos y la consistencia general de la planta son de menos resistencia física y muestran un menor vigor de crecimiento. (Valverde, 2018)

El potasio es importante dentro del metabolismo y catabolismo vegetal de la planta, cuando existe un bajo contenido de potasio induce a la disminución de traslado de azúcares a la raíz, reducción general del crecimiento, los frutos y semillas presenta menor tamaño y calidad, las hojas empiezan a enrullarse y se amarillan los márgenes o bordes, finalmente se necrosan. Las manchas avanzan hacia el centro de las hojas tornándose de color marrón, los síntomas principalmente se presentan en las hojas inferiores(viejas) y luego superiores. (Bustos, 2019)

2.12. Fertilización orgánica

Antes que se descubrieran los fertilizantes químicos, los fertilizantes orgánicos constituían la fuente principal de nutrientes de los vegetales con el objetivo de incrementar su producción. El uso y aplicación de los fertilizantes orgánicos ya se viene realizando desde la antigüedad, su contenido nutricional va depender del material con el que fueron elaborados también va influir la edad y el manejo que se llevó a cabo para su elaboración. (Romero, 2016)

Los abonos orgánicos se encargan de aumentar la actividad bacteriana, la misma que es necesaria para el desarrollo y aportan nutrientes a la planta. El uso de abonos orgánicos ayuda a la planta a mejorar la absorción del agua y también retiene la humedad en el suelo. (Barbazán, 2018)

Opciones como aplicar (compost, biosólidos, entre otros) u órgano-minerales, que contienen parte del Nitrógeno en forma orgánica, estable, este va poco a poco mineralizándose y estando disponible para la planta, cabe mencionar que la

fertilización orgánica reemplaza en gran medida el uso de fertilizantes químicos. (Ríofrio, 2018)

2.12.1. Propiedades que contienen los abonos orgánicos

Actúan en el suelo vinculado a las propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.12.2. Propiedades físicas

- El abono orgánico debido a su color oscuro, absorbe más las radiaciones solares, con lo que el suelo adquiere mayor temperatura y absorbe fácilmente los nutrientes.
- El abono orgánico ayuda a mejorar la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los suelos arenosos.
- Contribuyen a mejorar la permeabilidad del suelo, estos influyen en el drenaje y aireación del mismo.
- Reducen la erosión del suelo, por el agua y viento (Cervantes, 2016)

2.12.3. Propiedades químicas

- Los abonos orgánicos desarrollan el poder tampón del suelo, y en relación también reducen las oscilaciones de pH.
- Aumentan o incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo, reflejándose en la fertilidad. (Cervantes, 2016).

2.12.4. Propiedades biológicas

Los abonos orgánicos benefician en la aireación y oxigenación del suelo, debido a su actividad radicular y una incrementación de la actividad de los microorganismos aerobios.

También se encarga de producir sustancias inhibidoras que aumentan el desarrollo de microorganismos benéficos que ayudan a degradar la M.O. del suelo para mejorar las condiciones del mismo. (Cepeda, 2019)

2.13. Compost

Se trata de un producto concentrado que es resultado de un proceso biológico cuyo fin es estabilizar e higienizar los residuos orgánicos, es un magnífico fertilizante.

Aunque sus usos y beneficios van más allá: reactiva suelos contaminados o degradados. El porcentaje máximo de este abono orgánico es de alrededor del 30% y va variar en función de su uso posterior. No brinda una mejora en la estructura del suelo, incrementa la cantidad de MO y proporciona nutrientes. (Matarrese, 2021)

El compostaje se deriva de un proceso de descomposición de la materia orgánica, para obtener un buen compostaje de buena calidad influyen los agentes de la descomposición, debe existir una buena proliferación de los mismos. Las condiciones incluyen una mezcla correcta de carbono, nitrógeno y oxígeno, tales como el control de la temperatura, pH y humedad. En caso de que estos elementos abunden o falten el proceso se desarrollaría igualmente de forma más lenta e incluso desagradable por la actuación de microorganismos anaerobios que producen olores fuertes. (Matarrese, 2021)

Ventajas

- Aumenta la cantidad de M.O.
- Contribuye a mejorar la estructura del suelo agrícola.
- Aumenta la retención de humedad
- Amplia la capacidad de retención de nutrientes liberados según las necesidades del cultivo
- Beneficia el desarrollo de la actividad biológica del suelo
- Retrasa los cambios del pH. (Geisel, 2019)

2.13.1. Agentes de la descomposición

Los agentes encargados de la descomposición son las bacterias y otros microorganismos. Desempeñan una función importante los protozoos, hongos, y actinobacterias. A nivel macroscópico o en el suelo se encuentran las lombrices de tierra, hormigas, caracoles, babosas, ciempiés, cochinillas, los mismo que consumen y transforman la M.O. (Geisel, 2019)

2.13.2. Ingredientes del compost

Los materiales biodegradables pueden convertirse en composta siempre y cuando se realice adecuadamente el proceso de descomposición, se debe tomar en cuenta que debe alcanzar temperaturas suficientemente altas para que los patógenos mueran y no se proliferen plagas. Por ello, el estiércol, las basuras y restos animales deben ser tratados en plantas específicas de alto rendimiento y sistemas termofílicos.

El compostaje se puede hacer en compostadores a la escala de un hogar, o a mayor escala, se puede practicar en parcelas de tierras agrícolas para convertir el estiércol, o en plataformas para convertir desechos domésticos y desechos de biomasa. (Rivera, 2019)

2.13.3. Relación carbono nitrógeno del compost (RC/N)

El compostaje tiene lugar cuando hay una relación (en seco) carbono – nitrógeno (RC/N) de entre 25/1 y 30/1. Es decir, tiene que haber entre 25 y 30 veces más carbono que nitrógeno. Algunas ocasiones se mezclan diferentes componentes de distintas ratios C/N. Los recortes de césped tienen una relación 19/1 y las hojas secas de 55/1; mezclando ambos a partes iguales resulta una materia orgánica óptima, además se requiere la presencia de celulosa es decir una fuente de carbono que las bacterias transformen en azúcares y energía, Así también como proteínas que son fuente de nitrógeno las que permiten desarrollarse y que haya una proliferación de bacterias y hongos. (Figueroa, 2017)

El estiércol de las aves nos proporciona gran cantidad de nitrógeno y una pequeña cantidad de carbono mientras que el estiércol equino ambas, y el de ganado bovino y ovino tiene una desventaja de que no aumentan significativamente la temperatura, lo cual hace aumentar el tiempo de descomposición. Una buena mezcla es aquella que facilita el proceso (Díaz, 2020)

2.13.4. Técnicas de compostaje

Principalmente existen dos métodos para el compostaje:

Activo o caliente: Aquel que controla la temperatura para poder permitir el desarrollo de las bacterias más activas, matar la mayoría de patógenos y gérmenes

y así poder producir compost útil de forma rápida y pasivo o frío: sin llevar un control de la temperatura, los procesos son los naturales a temperatura ambiente por lo tanto demoran más tiempo. (Castro, 2017)

2.13.5. Elaboración del compost

Materiales:

- Capa de Tierra de 5 cm
- Capa de Estiércol de 10 cm
- Restos de vegetales una capa de 20 cm
- Tierra una capa de 10 cm
- Estiércol una capa de 10 cm
- Restos vegetales una capa de 20 cm

Proceso:

- Se procede a sacar la estaca de la pilonera. El hoyo que se forma facilita el riego y permite la circulación del aire.
- Regar constantemente para que la humedad y la temperatura se mantengan entre 60 y 70 °C.
- Se cubre con tierra para conservar la humedad y proteger del daño de animales.
- Al mes, remover y mezclar, posteriormente cada 15 días y cubrir con paja.
- Si existen malos olores, el proceso de descomposición no es adecuado y debemos hacer volteos frecuentes (cada siete días).
- El abono está listo después de dos a tres meses dependiendo de la temperatura y tipo de materiales. El abono es de color oscuro con olor a tierra de bosque. (López, 2020)

2.14. Plagas y enfermedades

2.14.1. Plagas

Entre las plagas más principales que se han registrado por su ataque en el cultivo de brócoli son:

- **Minador de hojas (*Liriomyza sp.*)**

Son dípteros minadores, presentan un color amarillo y negro, estos ocasionan daños en el cultivo, Son una plaga muy polífaga y peligrosa, labran galerías en las hojas, dentro de las cuales hacen la muda larvaria y la ninfosis. Los frutos y los tallos no se ven afectados. Cuando se observen los primeros síntomas se lleva un control con Abamectina (Agrimec) en dosis de 100 cm³/200l. Basudin (Diazinón) 250cm³/200 l. (Monar, 2019)

- **Polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella L.*)**

Es un micro lepidóptero, el principal daño que ocasiona es realizado por sus larvas las cuales dejan las hojas totalmente cribadas. Cuando existe presencia de este lepidóptero se lleva a cabo un control con Bala (Clorpirifós + Cipermetrina) 250 cm³/200 l. (Marín, 2017)

- **Pulgones (*Aphis sp.* y *Myzus sp.*)**

Se trata de insectos chupadores que se agrupan por colonias en el envés de las hojas. La humedad del ambiente resulta muy efectiva para el control y la disminución de los mismos. Los pulgones además del daño que provocan al extraer la savia de la planta, también son transmisores de virus. Cuando se detecta la presencia de pulgones se utiliza Acefato 75%, Curacrón (Profenofos). (Monar, 2019)

- **Gusano trozador (*Agrotis sp.*)**

El agente que causa este daño es el Agrotis, se trata de una larva pequeña que corta o troza las plantas en el tallo. Para el control químico se utiliza el insecticida Bala (Clorpirifós + Cipermetrina) 250 cm³/200 l. (Marín, 2017)

2.14.2. Enfermedades

- **Alternaria (*Alternaria brassicae*)**

La planta presenta sus primeros síntomas en las hojas nuevas, aquí se forman manchas negras de aproximadamente 1 cm de grosor con forma de anillos concéntricos. El control que se debe aplicar es con los insumos Oxiclورو de

cobre, Mancozeb. Una vez que aparece la enfermedad se tratará con Bravo (Clorotalonil) en dosis de 300 cc/100 l. (Otero, 2020)

- **Mancha angular (*Mycosphaerella brassicicola* Gaumann.)**

Los síntomas que aparecen primero están presentes en las hojas viejas donde se forman manchas circulares que alcanzan 2 cm de diámetro con un color oscuro y aspecto acorchado. Los controles para esta enfermedad son: Emplear semillas exentas o libres de la enfermedad y tratar las semillas, aplicar desinfectante. Tratamientos preventivos con Oxiclورو de cobre en dosis de 2 l/ha, Benlate (Benomyl) y Mancozeb en dosis de 1.5 kg/ha. (Ramírez, 2017)

- **Mildiú (*Peronospora brassicae*)**

Esta enfermedad se presenta en forma de pequeñas manchas de color amarillo y angulosa. También se evidencia en el envés donde se forma una especie de pelusilla de color blanco grisáceo. Se propaga de manera rápida cuando hay presencia de lluvias y el rocío nocturno. Atacan al principio cuando la planta es pequeña haciéndolo con mayor virulencia en los cotiledones que llegan a desprenderse. Para controlar se debe aplicar Ridomil (metalaxil + mancozeb) en dosis 300 a 350 g/l. (Otero, 2020)

- **Podredumbre blanda (*Corynebacterium sp*)**

Aparece en varias crucíferas como el brócoli pudiendo afectar directamente a la pella. Dentro de los síntomas que presenta la planta son: las hojas externas de la cabeza del repollo reflejan una pudrición de color café claro cubierta por un micelio blanco y estructuras negras de diferentes formas y tamaño también conocidos como los esclerocios del hongo. Cuando hay presencia de esta enfermedad es mejor utilizar métodos culturales, debido que los tratamientos químicos son poco eficaces contra esta enfermedad. (Ramírez, 2017)

2.15. Cosecha

El brócoli se debe cosechar con el número de hojas exteriores necesario para su protección; La cosecha empieza cuando la longitud del tallo alcanza de 5cm a 6

cm. El brócoli de buena calidad y listo para cosechar debe presentar inflorescencias cerradas y de color verde oscuro brillante, compacta es decir firme a la presión de la mano y el tallo debe estar bien cortado con la longitud requerida. La cosecha se debe realizar de forma manual con cuchillos limpios y que su inflorescencia está completamente formada, para luego depositarlos en las gavetas o jabs plásticas. (Zamora, 2016)

2.16. Post cosecha

Es necesario realizar la post cosecha en las horas más frescas de la mañana para evitar la deshidratación de la pella. Las cabezas o pellas son cosechadas a mano cortándolas con una longitud de tallo de 8cm a 10 cm. Luego de haber cosechado se debe mantener las pellas a una temperatura baja para mantener la vida útil del producto, de esto va depender la calidad para luego ser trasladadas a un respectivo control donde deben ser sometidas a una serie de procedimientos técnicos para que el producto llegue en las mejores condiciones de calidad e higiene al consumidor. Para mantener la calidad de cosecha y un excelente color de pella se las puede sumergir en agua bien fría combinada con hielo o colocar escarcha de hielo sobre las canastillas. Para almacenar es necesario tener a temperaturas de 0°C y a una humedad relativa que oscila entre 90 y 95°. (Zamora, 2016)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación y características de la investigación

- **Localización del experimento**

La presente investigación, se realizó en la propiedad del Ing. Christian Galarza ubicada en el sector de Amapolas, parroquia San Lorenzo, cantón Guaranda, provincia Bolívar.

- **Situación geográfica y climática**

El sector de Amapolas, se encuentra a una altitud de 2620 m, latitud 01°40'50", longitud 78°56'50", temperatura máxima de 21.7°C, temperatura mínima de 7.8°C, temperatura media de 14.9°C, precipitación promedio anual de 560 mm, 820 horas/luz/año de heliofanía, humedad relativa promedio 78% y una velocidad promedio del viento de 5 m/segundo (GAD Parroquial San Lorenzo, 2022). La textura del suelo correspondió a Franco arcilloso (Anexo 4).

- **Zona de vida**

La localidad de acuerdo a las zonas de vida de L. Holdridge, se encuentra en el bosque seco Montano Bajo (bs - MB) (Holdridge, L. 1979).

3.2. Metodología

3.2.1. Material experimental

En esta investigación los materiales experimentales correspondieron a plántulas de brócoli híbrido Avenger, fertilizantes químicos: 18-46-00, urea, muriato de potasio y abono orgánico Compost.

Los materiales de campo fueron: Traje de fumigación, cinta métrica, piola, azadones, rastrillos, palas, estacas, espeques, bomba de mochila, baldes, libreta de campo, letreros de identificación, calibrador Vernier, flexómetro, balanza de reloj y de precisión, gavetas de plástico, envases, insecticidas: cipermetrina, profenonofos y chlorpyrifos, fungicidas: Azosystrobin, Difeconazole y Fosetyl Al,

regulador de crecimiento Evergreen. Bioestimulante: Ergostin, cal, cuchillos y etiquetas.

Los materiales de oficina fueron computadora, calculadora, papel Bonn A4, impresora, reglas, lápices, cámara digital e internet.

3.2.2. Factores en estudio

Factor A: Distancias de siembra (plantas/ha):

A1: 0.60 m x 0.50 m (33 333 plantas/ha)

A2: 0.60 m x 0.40 m (41 667 plantas/ha)

A3: 0.60 m x 0.30 m (55 556 plantas/ha)

Factor B: Fuentes nutricionales

B1: 18-46-00 (300 kg/ha) (54 - 138 kg/ha de N P)

B2: Urea (400 kg/ha) (184 kg/ha de N)

B3: Muriato de potasio (150 kg/ha) (90 kg/ha de K)

B4: Compost: 10000 kg/ha

B5: Testigo absoluto (sin fertilización)

3.2.3. Tratamientos

Combinación de factores A x B: 3x5 con 3 repeticiones según el siguiente detalle:

Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1B1	0.60 m x 0.50 m + 18-46-0 (300 kg/ha)
T2	A1B2	0.60 m x 0.50 m + Urea (400 kg/ha)
T3	A1B3	0.60 m x 0.50 m + Muriato de potasio (150 kg/ha)
T4	A1B4	0.60 m x 0.50 m Compost 10000 kg/ha
T5	A1B5	0.60 m x 0.50 m + Testigo 0:0
T6	A2B1	0.60 m x 0.40 m + 18-46-0 (300 kg/ha)
T7	A2B2	0.60 m x 0.40 m + Urea (400 kg/ha)
T8	A2B3	0.60 m x 0.40 m + Muriato de potasio (150 kg/ha)
T9	A2B4	0.60 m x 0.40 m + Compost: 10000 kg/ha
T10	A2B5	0.60 m x 0.40 m + Testigo 0:0
T11	A3B1	0.60 m x 0.30 m + 18-46-0 (300 kg/ha)
T12	A3B2	0.60 m x 0.30 m + Urea (400 kg/ha)
T13	A3B3	0.60 m x 0.30 m + Muriato de potasio (150 kg/ha)
T14	A3B4	0.60 m x 0.30 m + Compost: 10000 kg/ha
T15	A3B5	0.60 m x 0.30 m + Testigo 0:0

3.2.4. Tipo de diseño

Se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial de parcela dividida, siendo el Factor principal A: tres densidades de simbra y el Factor B o subparcelas cuatro fuentes nutricionales y un testigo absoluto con tres bloques o repeticiones.

Las características del experimento fueron las siguientes:

Número de tratamientos	15
Número de repeticiones o bloques	3
Número de unidades experimentales)	45
Ancho de las parcelas	A1: 2.5 m A2: 2 m A3:1.5 m
Largo de la parcela	3 m
Área neta de las parcelas	A1: 7.5 m ² A2: 6.0 m ² A3: 4.50 m ²
Área total del ensayo con caminos	10 m x 49 m = 490 m ²
Separación entre bloques	1 m
Separación entre parcelas	1 m
Distancia entre hileras o surcos	0.60 m
Distancias entre plantas	A1: 0.50; A2: 0.40 y A3: 0.30 m
Número de surcos por parcela grande	25
Número de surcos por subparcela	5
Número de plantas por surco	5
Número de plantas por subparcela	25
Número total de plantas para el ensayo	1125

3.2.5. Manejo del experimento en campo

- **Toma de muestras del suelo**

Antes de realizar el trasplante, se tomaron 10 submuestras de suelo con un barreno a una profundidad de entre 0 a 15 cm. Estas muestras se uniformizaron y se pesó un kg de suelo, mismo que fue enviado al Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Central de la Amazonía (Anexo 4).

- **Preparación del terreno**

La preparación del suelo, se realizó quince días antes de realizar el trasplante con el uso de maquinaria agrícola. Se realizó un pase de arado a una profundidad de 30 cm. Posteriormente un día antes del trasplante, se efectuó un pase de rastra de discos para que el suelo quede bien mullido. Con la ayuda de rastrillos, se niveló correctamente el lote para establecer el ensayo.

- **Trazado del ensayo**

El trazado del ensayo se realizó de acuerdo al diseño experimental establecido. Para lo cual, se utilizó una cinta métrica, piola, estacas y cal. Se trazaron tres bloques que contenían las correspondientes parcelas principales (Factor A) y las subparcelas (Factor B).

- **Surcado**

Una vez que se realizó el trazado del experimento, se procedió a realizar el surcado manual con la ayuda de azadones a una distancia de 0.60 m entre surcos y una profundidad de 0.30 m.

- **Desinfección del suelo**

Esta actividad se efectuó el mismo día que se realizó el trasplante. Para la desinfección del suelo, se aplicó con una bomba de mochila al fondo del surco el insecticida Chlorpyrifos en una dosis de 30 cc/20 l de agua con el objetivo de prevenir el ataque de gusanos tierreros como el *Agrotys sp.*

- **Fertilización**

La fertilización química se aplicó de forma manual en una cantidad de 3,5 g/planta de 18-46-00; 2,9 g/planta de muriato de potasio y 7,8 g/planta de urea de acuerdo a los tratamientos establecidos. Los fertilizantes se aplicaron a un costado de las plantas a los 25 y 45 días después del trasplante, mismos que fueron tapados con una capa de suelo. La fertilización orgánica se aplicó 195 g/planta de abono orgánico compost en la base de las plantas a los 25 días después del trasplante y se tapó con una capa de suelo.

- **Trasplante**

Esta labor se hizo en horas de la mañana con plántulas vigorosas de altura uniforme y sanas con dos a tres hojas. Los hoyos se realizaron con un espeque aproximadamente a 5 cm de profundidad.

- **Densidades de siembra**

Las distancias de siembra o trasplante entre las plantas fueron de acuerdo a lo establecido en esta investigación: A1: 0.30 m; A2: 0.40 m y A3: 0.50 m y 0.60 m entre surcos. Después del trasplante se aplicó un riego con regadera de flor fina.

- **Riegos**

De acuerdo a las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo, los riegos se aplicaron por aspersión de manera uniforme. En total se aplicaron 10 riegos.

- **Controles fitosanitarios**

Se realizaron monitoreos semanales para detectar la presencia de insectos plaga de interés como fueron los gusanos trozadores (*Agrotis sp*), pulgones (*Aphis sp*), minadores (*Liriomyza sp*) y la polilla del repollo (*Plutella xylostella*). Los productos aplicados fueron la Cipermetrina alternando con el Profenofos en dosis de 30 cc/20 l de agua. Para las enfermedades foliares como la alternaria (*Alternaria brassicae*) y mildiú (*Peroospora brassicae*), el control fitosanitario se efectuó en forma preventiva con los fungicidas Azosystrobin, Difeconazole en dosis de 125 cc/ha y Fosetyl en dosis de 1 kg/ha.

Adicionalmente para recuperar el estrés de las plantas por efecto de granizadas, temperaturas muy bajas y vientos fuertes, se aplicaron en la etapa vegetativa y reproductiva con una bomba de mochila el regulador de crecimiento Evergreen en dosis de 1 l/ha y el Bioestimulante Ergostin en dosis de 100 cc/ha.

- **Control de malezas**

El control de malezas se efectuó de forma manual con la ayuda de azadones cada vez que se observó la presencia de malezas en el cultivo.

- **Aporcado**

La actividad del aporque, se efectuó en forma manual y uniforme con azadones a los 60 días después del trasplante. El propósito del trasplante fue para dar aireación al suelo y el sostén necesario a las plantas, y de esta manera reducir el acame por efecto del viento.

- **Cosecha**

La cosecha se hizo manualmente cortando el tallo bajo la pella con un cuchillo en horas de mañana. Las pellas estuvieron en madurez comercial (flores cerradas sin considerar el tamaño de la pella), de acuerdo a los requerimientos de mercado. Las pellas se recolectaron en gavetas plásticas. El brócoli de buena calidad debe tener las inflorescencias cerradas y de color verde oscuro brillante, compacto (firme a la presión de la mano).

- **Postcosecha**

La postcosecha se realizó, tomando en cuenta el tamaño de las pellas, y se clasificaron según la siguiente escala: Grande, mediano y pequeño, y finalmente se procedió al empacado en sacos para luego ser transportadas al mercado y su debida comercialización.

3.2.6. Métodos de evaluación y datos tomados

- **Porcentaje de prendimiento (PP)**

Este componente del rendimiento, se registró por conteo directo de las plantas en cada parcela a los 15 días después del trasplante (ddt), y se calculó en porcentaje de acuerdo al número total de plantas trasplantadas en cada parcela.

- **Altura de plantas (AP)**

Esta variable agronómica, se midió en cm con la ayuda de un flexómetro desde la base del tallo hasta el ápice terminal (pella) en 10 plantas tomadas al azar de cada parcela neta en el momento de la cosecha y se calculó un promedio.

- **Número de hojas por planta (NHP)**

Por conteo directo en el momento de la cosecha, se contaron el número de hojas por planta en una muestra de 10 plantas tomadas al azar de cada parcela neta y se calculó un promedio.

- **Diámetro del tallo (DT)**

En la cosecha, con la ayuda de un calibrador de Vernier, se midió en la parte media del tallo el diámetro en cm de 10 plantas seleccionadas al azar de cada parcela y se calculó un promedio.

- **Días a la formación de la pella (DFP)**

Se registró en días transcurridos desde el momento del trasplante y hasta cuando más del 50% del total de plantas de cada parcela, presentaron visible la pella.

- **Vigor de la planta (VP)**

Este descriptor fenotípico o morfológico, se registró por observación directa en toda la parcela cuando las plantas alcanzaron su madurez fisiológica (pella lista para la cosecha), mediante la siguiente escala propuesta por Zamora, 2018:

1: Malo

2: Regular

3: Bueno

4: Excelente

- **Días a la cosecha (DC)**

Variable que fue registrada en días transcurridos desde el trasplante y hasta cuando más del 50% de las plantas de toda la parcela presentaron las pellas bien desarrolladas y estuvieron listas para la cosecha.

- **Diámetro ecuatorial de la pella (DEP)**

Después de la cosecha, con un calibrador de Vernier, se midió el diámetro ecuatorial en cm en una muestra de 10 pellas tomadas al azar de cada parcela experimental y se calculó un promedio.

- **Forma de la pella o cabeza (FP)**

Este descriptor cualitativo, se determinó por observación directa en 10 pellas tomadas al azar al momento de la cosecha mediante los criterios de la siguiente escala propuesta por Zamora, 2018:

Vista superior:

- 1: Esférica
- 2: Irregular (Anexo 6).

Vista lateral:

- 1: Domo
- 2: Plana (Anexo 6).

Suavidad:

- 1: Suave
- 2: Nudillos (Anexo 6).

- **Color de la pella (CP)**

Este descriptor cualitativo, se registró por observación directa en 10 pellas tomadas al azar al momento de la cosecha mediante la siguiente escala propuesta por Zamora, 2018:

- 1: Verde claro
- 2: Verde medio
- 3: Verde oscuro
- 4: Verde azulado
- 5: Púrpura

- **Número de corimbos por pella (NCP)**

Dato que fue registrado por conteo directo después de haber realizado la cosecha, tomando al azar 10 pellas de cada parcela experimental y se calculó un promedio.

- **Número de plantas por parcela (NPP)**

Variable agronómica que fue registrada antes de proceder a la cosecha por conteo directo de todas las plantas por cada tratamiento y repetición.

- **Tamaño de la pella (TP)**

Después de realizar la cosecha, se tomaron al azar 10 pellas por parcela neta y se procedió a pesar en una balanza de precisión en kg/pella. De acuerdo al peso

individual de cada pella, se clasificó el tamaño según su categoría mediante la siguiente escala y los resultados se expresaron en porcentaje.

Pellas de primera categoría: peso mayor a 1.0 kg

Pellas de segunda categoría: peso entre 0.5 y 1.0 kg

Pellas de tercera categoría: peso menor a 0.5 kg (Zamora, 2018).

- **Peso en kilogramos por parcela (PKP)**

Después de finalizado la cosecha, se registró el peso total de las pellas por parcela en una balanza de reloj.

- **Rendimiento en kilogramos por hectárea (RH)**

El rendimiento en kg/ha de cada tratamiento, se calculó mediante la siguiente fórmula matemática:

$$R = PCP \times \frac{10000 \text{ m}^2/\text{ha}}{ANC \text{ m}^2}$$

Donde:

R = Rendimiento en kg/ha.

PCP = Peso de Campo por Parcela en kg.

ANC = Área Neta Cosechada en m².

3.2.7. Análisis de datos

Para realizar los diferentes análisis estadísticos de las variables cuantitativas discretas y continuas de respuesta evaluadas en este experimento, se utilizaron los paquetes estadísticos Statistix 9.0 y Excel 2020.

El modelo matemático fue el Diseño de Bloques Completos al Azar arreglo factorial y en parcela dividida, según el siguiente detalle:

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME
Repeticiones (r-1)	2	$\frac{1}{2}eb + 5\frac{1}{2} ea + 15\frac{1}{2}$ bloques
Factor A: (a-1)	2	$\frac{1}{2}eb + 5\frac{1}{2} ea + 15 0^2 A$
Error exp a: (a*r)	4	$\frac{1}{2}eb + 5\frac{1}{2} ea$
Factor B: (b-1)	4	$\frac{1}{2}eb + 9 0^2 B$
AxB: (a-1) (b-1)	8	$\frac{1}{2}eb + 3 0^2 AxB$
Error exp b: a (b-1) (r-1)	24	$\frac{1}{2}eb$
Total (axbxr)-1	44	

Se realizaron los correspondientes análisis de varianza (ADEVA). Las comparaciones de los promedios de los tratamientos (Factor A: densidades de siembra, Factor B: fuentes nutricionales e interacciones) cuando las pruebas de Fisher fueron significativas, se utilizó Tukey al 5% para reducir el Error Tipo I, es decir concluir que hay diferencias estadísticas significativas cuando en realidad no las hay. Se efectuó también los análisis de correlación y regresión lineal siendo la variable dependiente el rendimiento de brócoli en kg/ha. (Base de datos Anexo 2). Los gráficos se realizaron con el programa Excel, 2020.

Para las variables cualitativas o morfológicas, se expresaron los resultados en porcentajes y categorías mediante escalas para el vigor, color, forma y el tamaño de la pella (primera, segunda y tercera categoría).

Para el análisis económico de la Relación Beneficio Costo (RB/C) del mejor tratamiento estadístico, se realizaron sondeos de precios en las casas comerciales de los insumos y plaguicidas utilizados y el precio promedio del brócoli por kg, mismo que fue de \$ 0.25/kg.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Factor A (Densidades de siembra)

Tabla 1. Resultados de Tukey al 5% para comparar los promedios de densidades de siembra en las variables agronómicas.

Variables	Factor A: Densidades de siembra (m)						Media General	CV (%)
	A1: 0.50	Rango	A2: 0.40	Rango	A3: 0.30	Rango		
PP (ns)	100	A	99.5	A	100	A	99.82%	0.60
AP (ns)	29.12	A	29.28	A	29.11	A	29.17 cm	1.46
NHP (ns)	17.75	A	17.87	A	17.72	A	18 hojas	1.36
DT (ns)	4.58	A	4.61	A	4.56	A	4.58 cm	1.61
DFP (*)	80.87	AB	80.4	B	81.0	A	81 días	0.54
DC (*)	99.2	A	98.67	B	99.13	AB	99 días	0.41
NCP (*)	17.87	B	18.83	A	18.24	B	18 corimbos	2.50
NPP (ns)	23.4	A	24.13	A	23.33	A	24 plantas	4.93
DEP (**)	16.23	B	16.95	A	17.03	A	16.75 cm	1.29
RH (**)	25514	C	35020	B	40620	A	33718 kg/ha	7.26

ns: no significativo. * Significativo al 5%. ** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Porcentaje de Prendimiento (PP), Altura de Planta (AP), Número de Hojas por Planta (NHP), Diámetro del Tallo (DT), Días a la Formación de la Pella (DFP), Días a la Cosecha (DC), Número de Corimbos por Pella (NCP), Número de Plantas por Parcela (NPP), Diámetro Ecuatorial de la Pella (DEP) y el Rendimiento en kg/ha (RH)

Realizado los respectivos análisis de varianza, no se detectaron diferencias estadísticas significativas como efecto de las densidades de siembra o plantación del brócoli híbrido Avenger en las variables porcentaje de prendimiento (PP), altura de planta (AP), número de hojas por planta (NHP), diámetro del tallo (DT) y el número de plantas por parcela (NPP) (Tabla 1). Quizá estas variables al ser atributos varietales, no fueron afectadas significativamente por las distancias de siembra o plantación.

Figura 1.

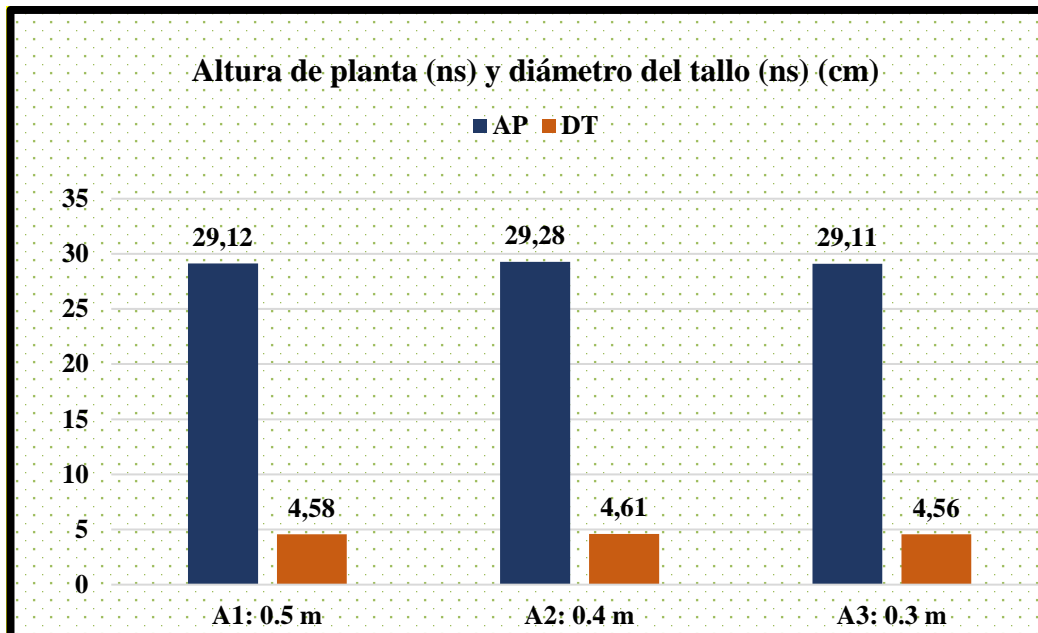
Resultados promedios de distancias de siembra para el PP.



Para el **Porcentaje de Prendimiento (PP)**, se calculó una media general de 99.82%, con promedios similares en las tres densidades de siembra (Tabla 1 y Figura 1), lo que significa que las plantas fueron de buena calidad en cuanto al tamaño, número de hojas, sanidad y se adaptaron a las condiciones ambientales del sitio donde se estableció el ensayo. Además, el trasplante se realizó bajo condiciones apropiadas de humedad del suelo, temperatura y luz solar.

Figura 2.

Resultados promedios de distancias de siembra para AP y DT.

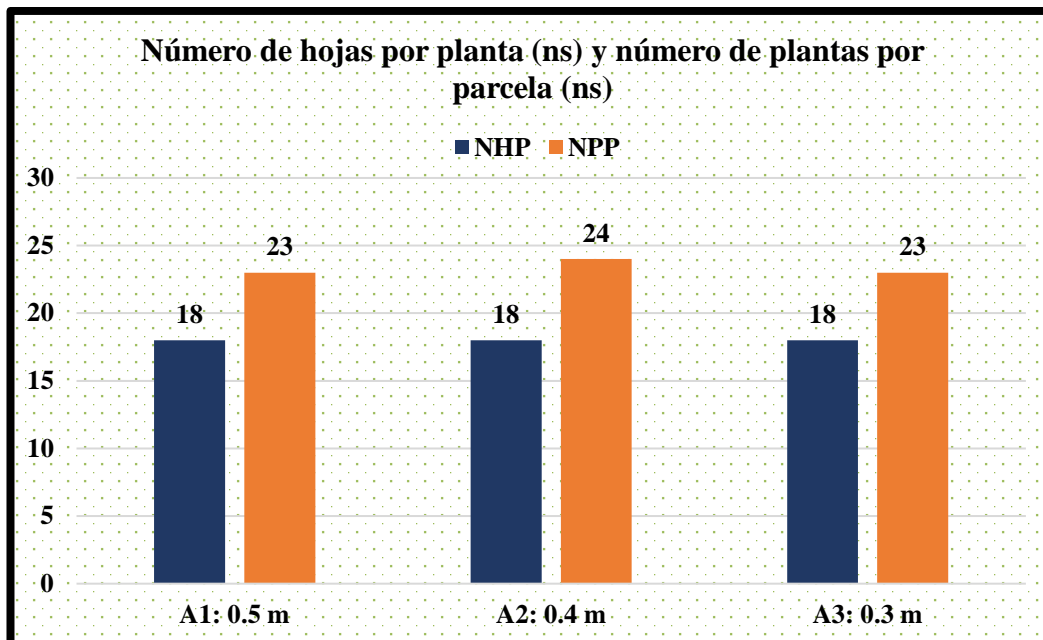


Para el componente agronómico **Altura de Plantas (AP)**, se tuvo una media general de 29.17 cm, con valores promedios similares entre las tres densidades de siembra y compartiendo el mismo rango estadístico (Tabla 1 y Figura 2). Autores como Agualongo y Chimbolema, 2018, reportaron una altura promedio del híbrido Avenger en la localidad de Naguan de 30.1 cm. La variable AP, es un atributo varietal y depende además de su interacción genotipo ambiente especialmente con el manejo agronómico y el clima.

Para el **Diámetro del Tallo (DT)**, se calculó una media general de 4.58 cm con valores similares estadísticamente compartiendo el mismo rango en las tres densidades de siembra estudiadas (Tabla 1 y Figura 2). Agualongo y Chimbolema, 2018, reportan valores menores para el DT con 3.19 cm para el híbrido Avenger en la localidad de Naguan, lo que se explica quizá por la interacción genotipo ambiente y el año de estudio.

Figura 3.

Resultados promedios de distancias de siembra para el NHP Y NPP.

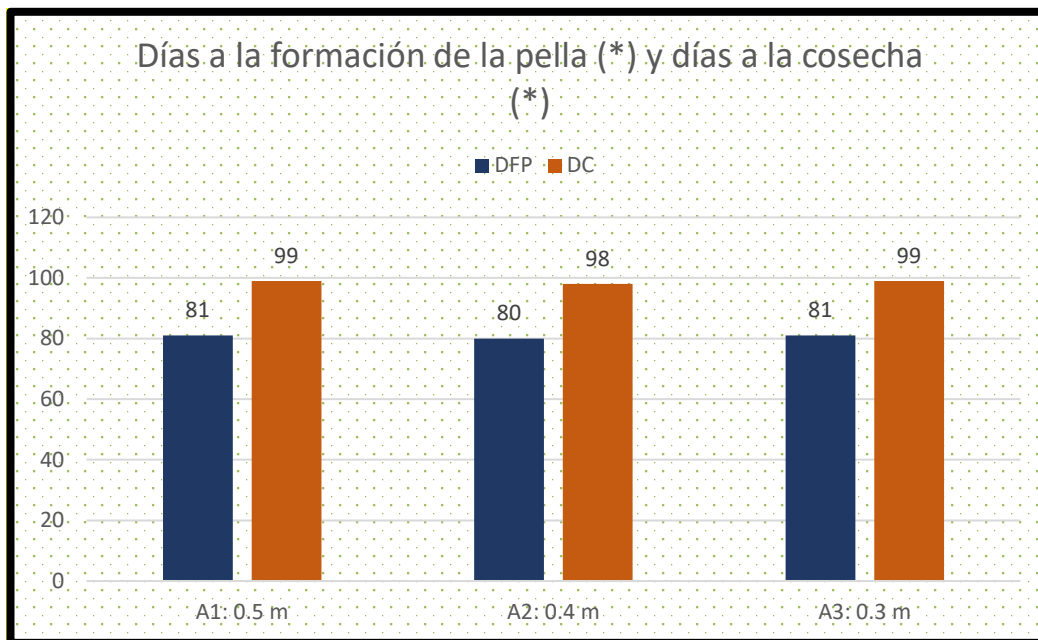


Para la variable **Número de Hojas por Planta**, se registró una media general de 18 hojas, con valores promedios iguales estadísticamente en las tres densidades de siembra (Tabla 1 y Figura 3). Agualongo y Chimbolema, 2018, registraron 19.1 hojas por planta con el híbrido Avenger en la localidad de Naguan muy cercana al sitio de Amapolas.

Para el componente agronómico **Número de Plantas por Parcela** al final del ensayo se registró una media general de 24 plantas y promedios estadísticamente similares (mismo rango) en las tres densidades de siembra (Tabla 1 y Figura 3). La población de plantas por parcela en el trasplante fue de 25 plántulas, lo que significa un 96% de sobrevivencia al final del ensayo. Este resultado demuestra que existió un buen manejo agronómico y fitosanitario del ensayo, así como las condiciones ambientales fueron favorables para el cultivo.

Figura 4.

Resultados promedios de distancias de siembra para DFP y DC.



Para las variables agronómicas **Días a la Formación de la Pella (DFP)**, **Días a la Cosecha (DC)** y **el Número de Corimbos por Pella (NCP)**, se presentaron diferencias estadísticas significativas al 5% (Tabla 1).

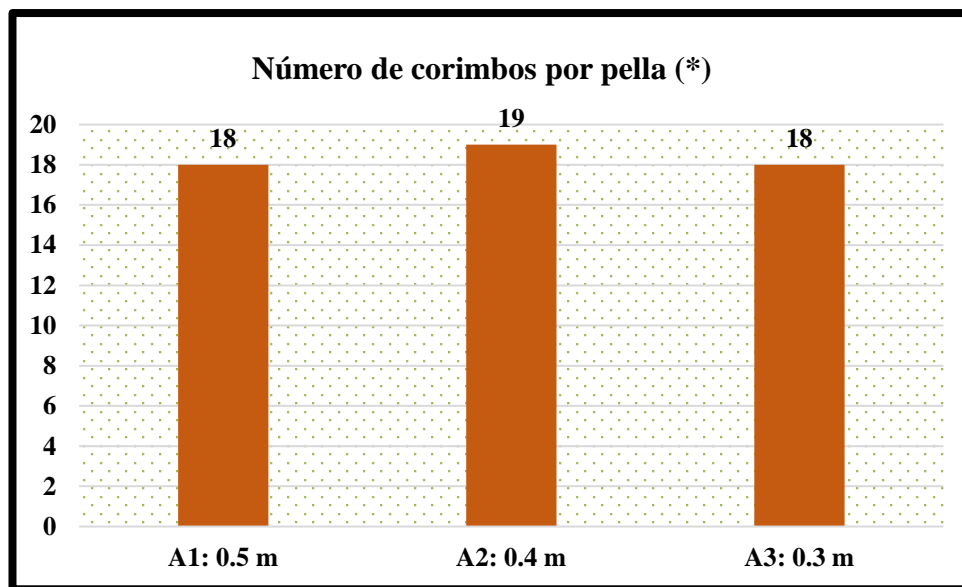
Con la prueba de Tukey al 5%, los promedios más elevados se determinaron en A1 (0.5 m entre plantas) y A3 (0.30 m entre plantas) con 81 días a la formación de la pella y en respuesta consistente para los días a la cosecha con 99 días. Con una diferencia estadística significativa al 5% la distancia A2 (0.40 m entre plantas), fue ligeramente más precoz con 80 días a la formación de la Pella y 98 días a la cosecha (Tabla 1 y Figura 4). Los componentes DFP y DC, determinan el ciclo de cultivo y son atributos varietales y tienen una fuerte interacción genotipo ambiente, especialmente con la altitud, temperatura, humedad, cantidad y calidad de la luz solar y la presencia e intensidad del viento.

Agualongo y Chimbolema, 2018, reportan valores más elevados para los DFP con una media de 86.3 y muy similares para los DC con 98.4 días con el híbrido Avenger en la localidad de Naguan.

Actualmente debido al cambio climático, la demanda es por variedades o híbridos precoces cuyos ciclos de cultivo sean menores a 100 días.

Figura 5.

Resultados promedios de distancias de siembra para el NCP.

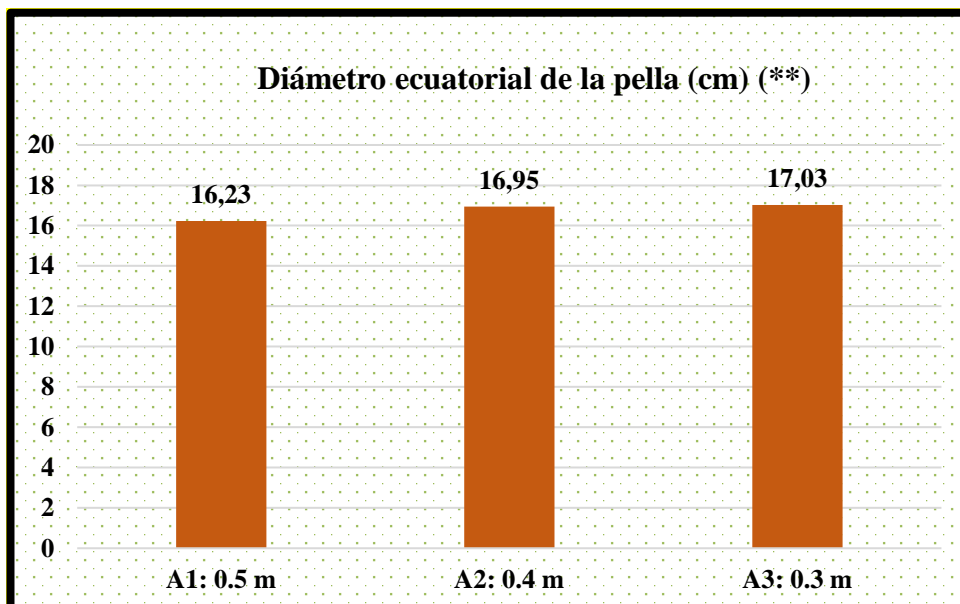


Al aplicar la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de la variable cuantitativa discreta **Número de Corimbos por Pella (NCP)**, se detectaron diferencias significativas al 5% (Tabla 1). Las densidades de siembra A1 (0.5 m entre plantas) y A3 (0.30 m entre plantas), presentaron 18 corimbos por pella y en A2 (0.40 m entre plantas), se tuvo el promedio más elevado con 19 corimbos por pella (Tabla 1 y Figura 5).

Agualongo y Chimbolema, 2018, documentan un promedio menor con 15.1 corimbos por pella en la localidad de Naguan en el año 2018. Estos resultados demuestran la interacción genotipo ambiente.

Figura 6.

Resultados promedios de distancias de siembra para el DEP.

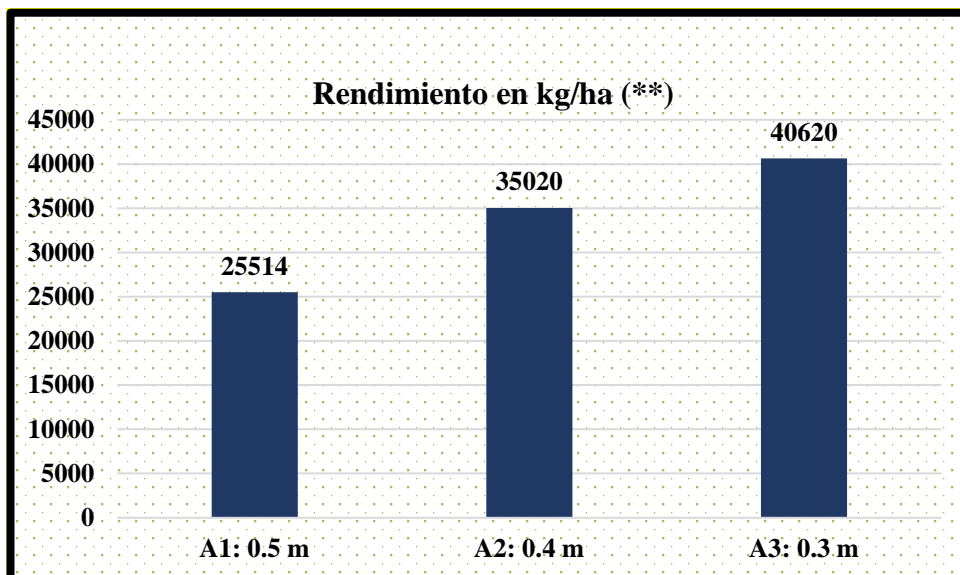


Se calcularon diferencias altamente significativas para la variable **Diámetro Ecuatorial de la Pella (DEP)** con una media general de 16.75 cm. Con la prueba de Tukey al 5% el promedio superior se determinó en A3 (0.3 m entre plantas y 0.6 m entre surcos) con 17.03 cm, seguido de A2 (0.4 m entre plantas) con 16.95 cm y el menor en A1 (0.50 m entre plantas) con 16.23 cm (Tabla 1 y Figura 6).

Agualongo y Chimbolema, 2018, registraron una media de 13.6 cm del DEP con el híbrido Avenger en la localidad de Naguan. Este promedio es inferior al obtenido en la localidad de Amapolas. El DEP, es una característica varietal y depende de la interacción genotipo ambiente.

Figura 7.

Resultados promedios de distancias de siembra para el RH.



La respuesta agronómica de las densidades de siembra para la variable **Rendimiento de brócoli en kg/ha (RH)**, fue muy diferente (Tabla1).

Con la prueba de Tukey al 5%, el promedio más alto con el rango "A", se determinó en el A3 (0.30 m entre plantas y 0.60 m entre surcos) con 40620 kg/ha, seguido de A2 (0.4 m entre plantas y 0.60 m entre surcos) con 35020 kg/ha y el menor rendimiento en A1 (0.50 m entre plantas y 0.60 m entre surcos), con un rendimiento promedio de 25514 kg/ha (Tabla 1 y Figura 7). En función de estos resultados, claramente se refleja que, a mayor cantidad de plantas/ha, se incrementó el rendimiento con una respuesta lineal. Al transformar las distancias de siembra a número de planta/ha, las densidades fueron: A1: 33333 plantas/ha, A2: 41667 plantas/ha y A3: 55556 plantas/ha.

De acuerdo con estos resultados las características agronómicas y morfológicas del híbrido Avenger respondió favorablemente a densidades más elevadas de plantas/ha. La densidad de siembra, es un componente tecnológico importante y estudiado ampliamente para establecer un número apropiado de plantas/ha, mismo

que se ajuste a las características varietales, sistema de cultivo y el manejo agronómico.

El rendimiento es un atributo varietal y además tiene una fuerte interacción genotipo ambiente. Son determinantes las condiciones bioclimáticas como la sanidad del cultivo, temperatura, humedad, cantidad y calidad de la luz solar, la intensidad y frecuencia del viento, la eficiencia de la tasa de fotosíntesis y entre otros.

Los rendimientos obtenidos en este ensayo, son muy superiores a los reportados por Agualongo y Chimbolema, 2018, con el híbrido Avenger en la localidad de Naguan con 23363 kg/ha. Esta respuesta agronómica diferente del híbrido Avenger en las localidades de Naguan y Amapolas es por la fuerte interacción genotipo ambiente.

Zamora, 2018 menciona que la distancia entre planta es variable y depende de diversos factores como son la arquitectura de la planta, la variedad o híbridos, la topografía del terreno, las condiciones físicas y de fertilidad del suelo, la humedad relativa y la luminosidad, igualmente varía de acuerdo a las exigencias del mercado en cuanto al tamaño y peso de las pellas. Una población de 55 mil plantas por hectárea o más pudieran establecerse en un campo comercial, dependiendo si el manejo es por la agricultura de precisión o convencional.

4.2. Factor B (Fuentes nutricionales)

Tabla 2. Resultados de Tukey al 5% para comparar los promedios de fuentes nutricionales en las variables agronómicas.

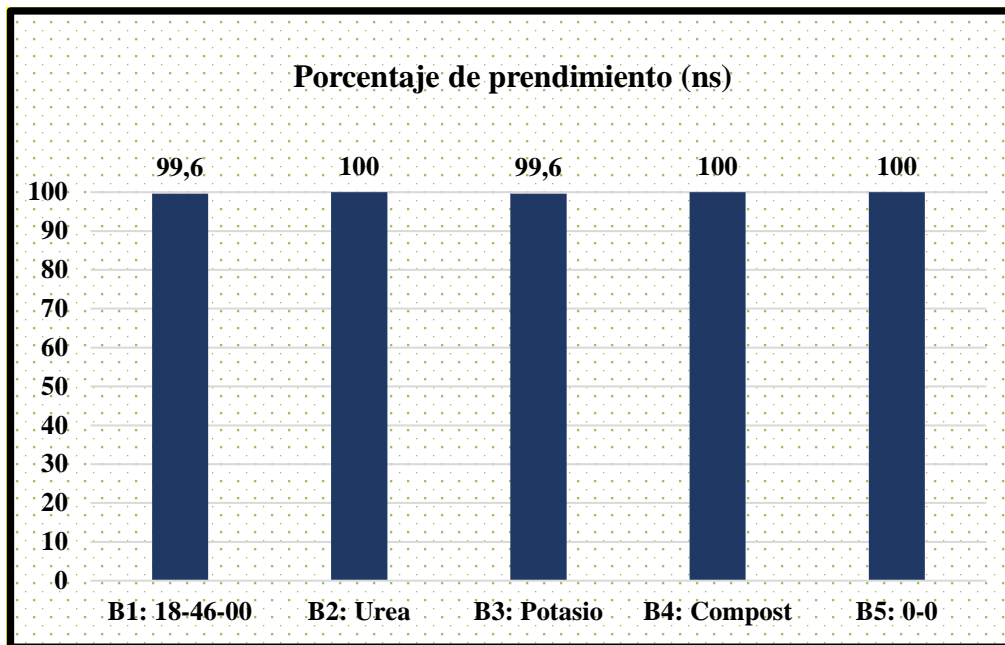
Variables	Fuentes nutricionales										CV (%)
	B1	Rango	B2	Rango	B3	Rango	B4	Rango	B5	Rango	
PP (ns)	99.56	A	100	A	99.56	A	100	A	100	A	0.90
AP (**)	34.63	A	31.15	B	29.19	C	27.27	D	23.61	E	1.08
NHP (**)	20.29	A	19.48	B	19.39	B	16.18	C	13.54	D	1.62
DT (**)	4.92	B	4.75	C	5.09	A	4.33	D	3.84	E	1.17
DFP (**)	76.89	D	79.67	C	81.11	B	83.89	A	82.22	B	1.29
DC (**)	90.44	E	97.0	D	99.56	C	103.44	B	104.56	A	0.78
NCP (**)	23.77	A	20.86	B	17.88	C	15.05	D	14.01	E	1.74
NPP (**)	24.78	A	22.11	B	23.78	A	23.78	A	23.67	A	4.52
DEP (**)	22.32	A	17.90	B	16.52	C	14.47	D	12.56	E	2.19
RH (**)	47705	A	34740	C	39770	B	26169	D	20208	E	6.03

ns: no significativo. ** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Porcentaje de Prendimiento (PP), Altura de Planta (AP), Número de Hojas por Planta (NHP), Diámetro del Tallo (DT), Días a la Formación de la Pella (DFP), Días a la Cosecha (DC), Número de Corimbos por Pella (NCP), Número de Plantas por Parcela (NPP), Diámetro Ecuatorial de la Pella (DEP) y el Rendimiento en kg/ha (RH).

Figura 8.

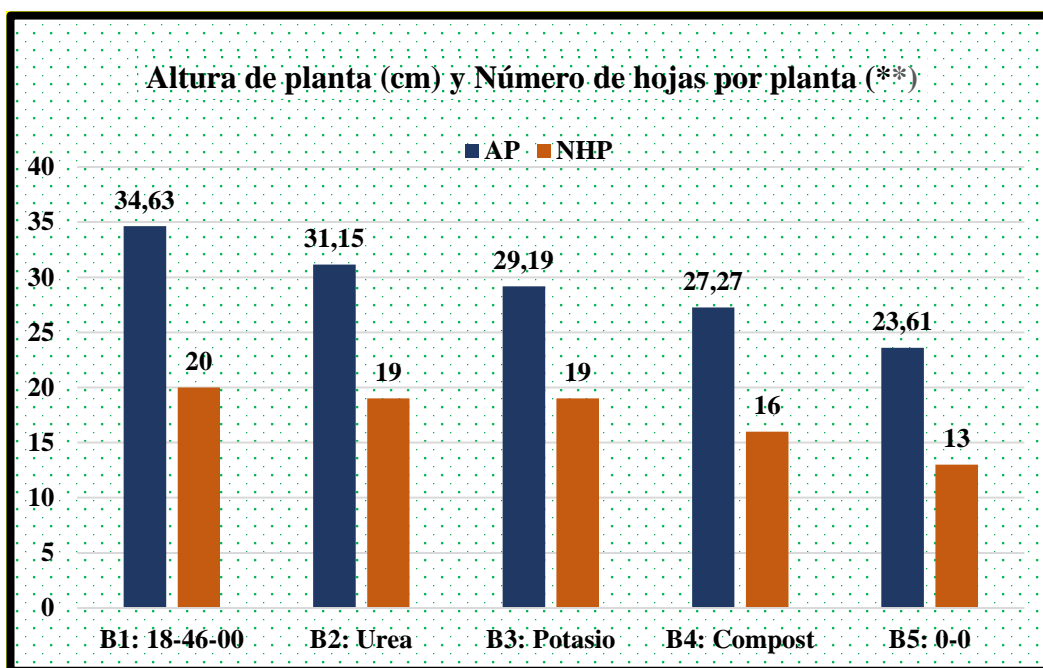
Resultados promedios de fuentes nutricionales para el PP.



Las fuentes nutricionales evaluadas en este ensayo, no incidieron significativamente sobre la variable **Porcentaje de Prendimiento (PP)**, mismo que presentó en todos los tratamientos valores comprendidos entre 99.6 y el 100% con el mismo rango “A” (Tabla 2 y Figura 8). Estos resultados infieren que las plantas fueron de buena calidad en cuanto a vigor, tamaño, número de hojas, buen manejo agronómico y condiciones climáticas favorables en esta etapa del cultivo.

Figura 9.

Resultados promedios de fuentes nutricionales para AP y NHP.



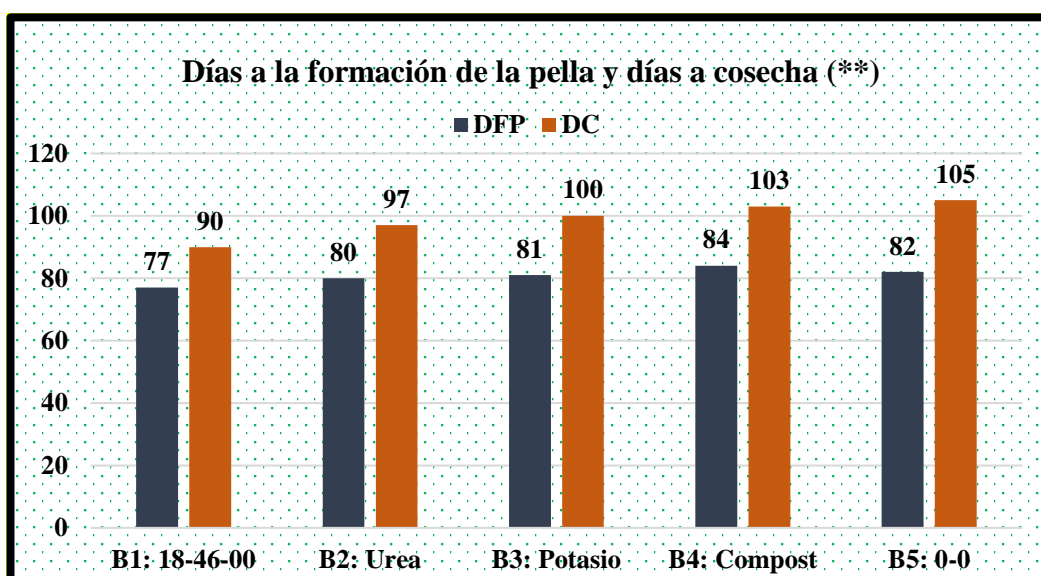
Se calcularon diferencias altamente significativas (**) en las variables **Altura de Planta (AP)** y **Número de Hojas por Planta (NHP)** como efecto de las fuentes nutricionales (Tabla 2).

Con la prueba de Tukey al 5%, el promedio más alto para el componente AP, se tuvo en B1 (18-46-00) con 34.63 cm y rango “A”, seguido de B2 (Urea) y los promedios inferiores en B4 (Compost) y el B5 (Testigo) (Tabla 2 y Figura 9). En respuesta consistente y con una relación directa con la altura de planta, el promedio superior del número de hojas por planta, se registró en B1 (18-46-00) con 20.29 (20) hojas por planta, seguido de los tratamientos B2 (Urea) y B3 (Muriato de potasio) con 19 hojas por planta. B4 (Compost) con 16 hojas y finalmente el testigo B5 con 13 hojas por planta (Tabla 2 y Figura 9). Los promedios obtenidos en las variables AP y NHP, son similares a los reportados por Agualongo y Chimbolema, 2018 en la localidad de Naguan especialmente al comparar con las dosis de la fertilización química.

En función de estos resultados, claramente la mejor respuesta agronómica para las variables AP y NHP, se tuvo con los fertilizantes químicos y en su orden el 18-46-0, Urea y el Muriato de potasio. Esta respuesta es lógica porque la disponibilidad de los nutrientes en los fertilizantes químicos es más rápida para las plantas siempre y cuando las dosis y condiciones ambientales y sanitarias del cultivo sean óptimas. La respuesta del B4 (Compost), fue relativamente baja en comparación a la fertilización química y el testigo (B5), porque el proceso de mineralización del Compost es más lento y el brócoli es un cultivo de ciclo corto, por tanto, la eficiencia es menor. La mejor respuesta agronómica de los abonos orgánicos es a mediano plazo, mismo que contribuye a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Figura 10.

Resultados promedios de fuentes nutricionales para DFP y DC.



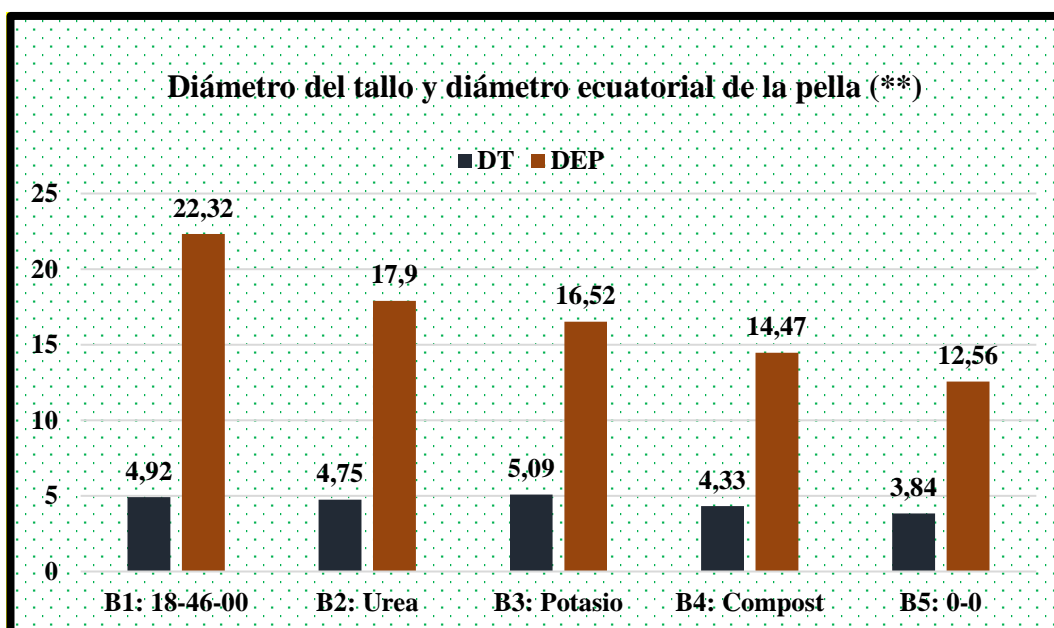
Se determinó un efecto muy diferente (**) de las fuentes nutricionales sobre el ciclo de cultivo del brócoli como son las variables **Días a la Formación de la Pella (DFP)** y **Días a la Cosecha (DC)** (Tabla 2).

Con la prueba de Tukey al 5%, misma que permite realizar la comparación de los promedios, para la variable DFP, los tratamientos más tardíos fueron el B4 (Compost) con 84 días y el B5 (testigo 00-00) con 82 días. El tratamiento más precoz fue el B1 (18-46-00) con 77 días. Para el componente agronómico DC, en respuesta consistente los tratamientos más tardíos fueron el B5 (testigo) con 105 días y el B4 (Compost) con 103 días. Con una respuesta intermedia estuvieron el B2 (Urea) con 97 días y el B3 (Muriato de potasio) con 100 días. El tratamiento más precoz fue el B1 (18-46-00) con 90 días (Tabla 2 y Figura 10).

La fertilización química, quizá por su mayor eficiencia, aceleró el ciclo de cultivo en comparación al Compost (B4) y al tratamiento testigo absoluto sin la aplicación adicional de fertilización química u orgánica. La tendencia actual de la demanda de los productores, es disponer de variedades e híbridos cuyo ciclo de cultivo esté menor a los 100 días. Es evidente que en el tratamiento testigo (B5), la disponibilidad de nutrientes es menor, por tanto, se alargó el ciclo de cultivo.

Figura 11.

Resultados promedios de fuentes nutricionales para el DT y DEP.



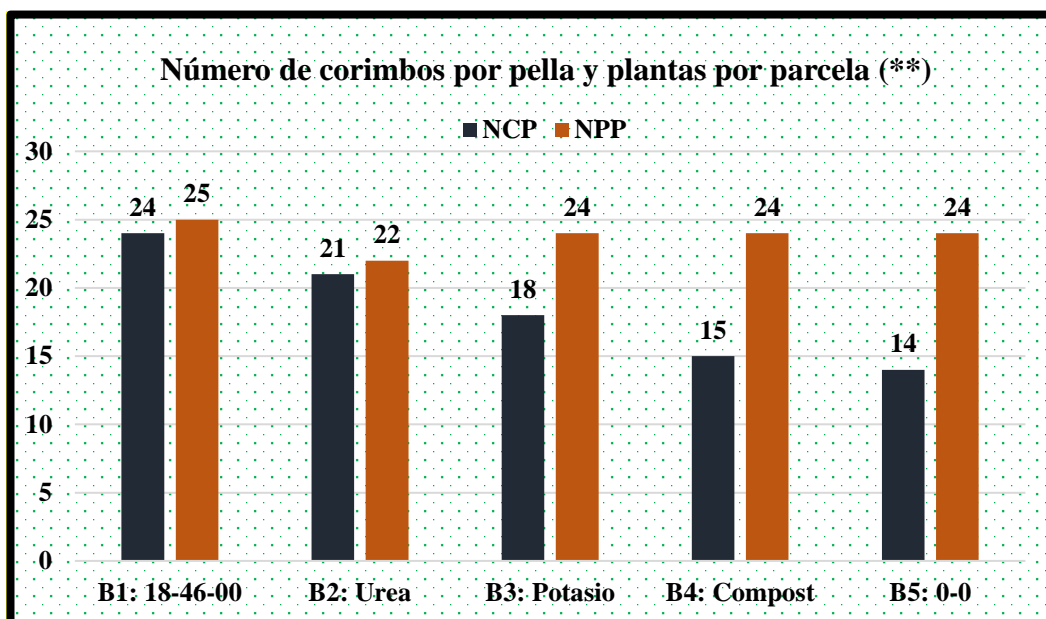
Las fuentes nutricionales incidieron significativamente (**) sobre los componentes **Diámetro del Tallo (DT)** y el **Diámetro Ecuatorial de la Pella (DEP)** (Tabla 2).

Con la prueba de comparación de medias de Tukey al 5%, los promedios más elevados del DT, se calcularon en B3 (Muriato de potasio) con 5.09 cm, seguido del B1 (18-46-00) con 4.92 cm. Los promedios inferiores se presentaron en el B5 (testigo) con 3.84 cm y en el B4 (Compost) con 4.33 cm (Tabla 2 y Figura 7).

Sin embargo, para el DEP, los promedios mayores, se tuvieron en B1 (18-46-00) con 22.32 cm y en B2 (Urea) con 17.90 cm. Los promedios inferiores en respuesta consistente para las variables cuantitativas evaluadas correspondieron al B5 (testigo) con 12.56 cm y en B4 (Compost) 14.47 cm (Tabla 2 y Figura 11).

Figura 12.

Resultados promedios de fuentes nutricionales para el NCP y NPP.



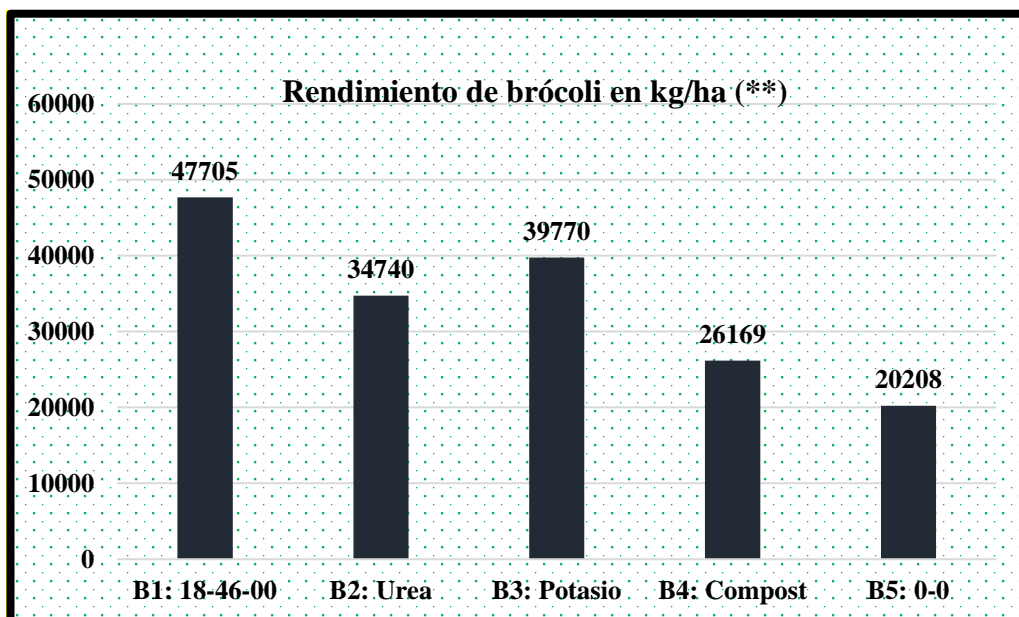
La respuesta agronómica de las fuentes nutricionales en relación a las variables **Número de Corimbos por Pella (NCP)** y **Número de Plantas por Parcela (NPP)**, fue muy diferente (Tabla 2).

La prueba de Tukey al 5%, para la variable NCP, presentó los promedios más altos en los tratamientos B1 (18-46-00) con 24 corimbos, seguido de B2 (Urea) con 21 corimbos y los menores en B4 (Compost) con 15 corimbos y el B5 (testigo) con 14 corimbos por pella (Tabla 2 y Figura 12).

Para el **Número de plantas por parcela** al final del ensayo el promedio ligeramente superior tuvo B1 (18-46-00) con 25 plantas, seguido de los tratamientos B3; B4 y B5 con 24 plantas por parcela y el menor promedio tuvo el B2 (Urea) con 22 plantas por parcela (Tabla 2 y Figura 12).

Figura 13.

Resultados promedios de fuentes nutricionales para el RH.



La respuesta agronómica de las fuentes nutricionales para la variable más importante como es el **Rendimiento de brócoli (RH) evaluado en kg/ha**, fue muy diferente (**) (Tabla 2).

De acuerdo a los resultados del análisis físico - químico del suelo, realizado en el Laboratorio de Suelos del INIAP Santa Catalina, reportan una clase Textural Franco-Arcilloso, un pH de 6.5 (ligeramente ácido), bajo contenido de Materia

Orgánica (MO) con 2.66%, contenido medio para N, P, Zn y B. Contenido alto para K, Ca, Mg, Cu y Fe; y bajo para el S y Mn (Anexo 4).

Estos resultados demuestran que el suelo donde se realizó el experimento es adecuado para el cultivo de brócoli, realizando los ajustes necesarios en los tipos y dosis de nutrientes. El macronutriente crítico fue el bajo contenido de azufre (S) y del micronutriente manganeso (Mn). Los suelos de la sierra y por ende del sitio del ensayo al practicarse una agricultura de ladera, hubo un bajo contenido de materia orgánica (MO) (Anexo 4).

La prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del rendimiento de brócoli reportó al tratamiento B1 (18-46-00) con el promedio más elevado con 47705 kg/ha (rango "A"), el B3 (Muriato de potasio) con 39770 kg/ha, seguido de B2 (Urea) con 34740 kg/ha, el B4 (Compost) con 26169 kg/ha y finalmente al B5 (testigo) con 20208 kg/ha (Tabla 2 y Figura 13).

Estos resultados evidencian que las fuentes de fertilización química fueron más eficientes en comparación al Compost (fuente orgánica) aplicado en una dosis de 10000 kg/ha. El rendimiento del tratamiento B5 (testigo) es relevante y se explica por las favorables características físicas y químicas del suelo donde se realizó este experimento con los contenidos medios para N, P, Zn y B y alto contenido para el K, Ca, Mg, Cu y el Fe (Anexo 4).

Sin embargo, con la fertilización química del B1 (18-46-00), que contiene N y P, más el alto contenido que tuvo el suelo para el K, Ca y Mg, el cultivo de brócoli híbrido Avenger respondió con mayor eficiencia a estos nutrientes y las dosis aplicadas (300 kg/ha de 18-46-00) lo que explica el rendimiento más alto. A continuación, estuvo el tratamiento B3 (150 kg/ha de Muriato de potasio), igualmente sumado a un contenido medio en el suelo del N, P, Zn y B; y alto para el potasio, se demuestra que el cultivo de brócoli, respondió a altas dosis del K, mismo que mantiene el equilibrio iónico y el estatus hídrico dentro de la planta. Además, está involucrado en la producción y transporte de azúcares, activación enzimática, y síntesis de proteínas. El tratamiento B2 (300 kg/ha de Urea), tuvo una respuesta intermedia de eficiencia y se explica porque el N bajo condiciones

climáticas desfavorables hay una importante pérdida por nitratos o amonio (Delgado, 2018).

En esta investigación, se confirma que la fertilización orgánica como el Compost y en la dosis de 10000 kg/ha, su efecto será a mediano plazo. Los contenidos de macro y micro nutrientes son extremadamente bajos y el proceso de mineralización es más lento, por tanto, no están disponibles de forma inmediata para el cultivo de brócoli, mismo que es de ciclo corto.

Se explica el rendimiento promedio más alto del tratamiento B1 (300 kg/ha de 18-46-00) porque presentó los valores promedios más elevados de los componentes del rendimiento como fueron la altura de plantas, número de hojas por planta, diámetro del tallo, diámetro ecuatorial de la pella, fue el más precoz, escapando al estrés climático, registró el mayor número de corimbos por pella, es decir pellas más grandes, compactas y un 100% de sobrevivencia de las plantas al final del ensayo.

Es evidente que el cultivo de brócoli híbrido Avenger, respondió favorablemente a la fertilización química especialmente del N, P, K, Ca, Mg y en esta investigación, no se incluyó el S, mismo que tiene funciones que sirven a la planta como sistema de defensa y detoxificación. El azufre es importante en la protección de las células, ya que evita la deshidratación por calor y sequía y también juega un papel en la protección de los daños de las células por el frío (Delgado, 2018).

Los resultados obtenidos en la localidad de Amapolas, especialmente con los tratamientos B1, B2 y B3, son muy superiores a los mencionados por Agualongo y Chimbolema, 2018 con similares tratamientos de fuentes nutricionales y dosis. Esto demuestra la fuerte interacción genotipo ambiente y especialmente relacionado a las condiciones bioclimáticas, edáficas y biológicas del suelo.

4.3. Interacción de factores densidades de siembra por fuentes nutricionales

Tabla 3. Resultados de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores densidades de siembra por fuentes nutricionales en las variables agronómicas.

Trat. No.	Variables evaluadas																			
	PP ^{ns}	Rango	AP ^{**}	R	NHP ^{ns}	R	DT ^{ns}	R	DFP ^{**}	R	DC ^{**}	R	NCP ^{ns}	R	NPP ^{ns}	R	DEP ^{**}	R	RH ^{**}	R
T1: A1B1	100	A	34.15	A	20.30	A	4.91	A	76.67	EF	90.67	G	23.37	A	24.67	A	21.87	B	35835	BC
T2: A1B2	100	A	31.07	B	19.31	A	4.75	A	79.67	CDE	97.00	EF	20.38	A	22.67	A	17.33	CDE	28548	D
T3: A1B3	100	A	29.25	C	19.35	A	5.09	A	81.67	BC	100	C	17.52	A	23.00	A	16.12	F	27811	D
T4: A1B4	100	A	27.08	D	16.28	A	4.35	A	83.00	B	102.7	B	14.53	A	24.00	A	14.18	GH	20364	EF
T5: A1B5	100	A	24.05	E	13.48	A	3.82	A	83.33	AB	105.7	A	13.55	A	22.67	A	11.88	J	15014	F
T6: A2B1	98.67	A	35.25	A	20.23	A	4.95	A	77.33	EF	90.33	G	24.47	A	25.00	A	23.08	A	50960	A
T7: A2B2	100	A	31.33	B	19.63	A	4.78	A	78.67	DEF	96.33	F	21.35	A	22.67	A	18.27	C	37497	B
T8: A2B3	98.67	A	29.18	C	19.37	A	5.12	A	80.67	BCD	99.00	CDE	18.38	A	24.00	A	16.35	EF	38141	B
T9: A2B4	100	A	27.37	D	16.43	A	4.34	A	82.67	B	102.33	B	15.38	A	24.33	A	14.62	G	28145	D
T10:A2B5	100	A	23.25	E	13.68	A	3.86	A	82.67	B	105.33	A	14.58	A	24.67	A	12.43	IJ	20360	EF
T11:A3B1	100	A	34.48	A	20.35	A	4.90	A	76.67	F	90.33	G	23.47	A	24.67	A	22.02	AB	56320	A
T12:A3B2	100	A	31.05	B	19.51	A	4.73	A	80.67	BCD	97.7	DEF	20.85	A	21.00	A	18.10	CD	38174	B
T13:A3B3	100	A	29.13	C	19.45	A	5.05	A	81.00	BCD	99.7	CD	17.75	A	24.33	A	17.08	DEF	53358	A
T14:A3B4	100	A	27.35	D	15.83	A	4.28	A	86.00	A	105.33	A	15.23	A	23.00	A	14.62	G	29997	CD
T15:A3B5	100	A	23.53	E	13.47	A	3.84	A	80.67	BCD	102.7	B	13.88	A	23.67	A	13.35	HI	25249	DE

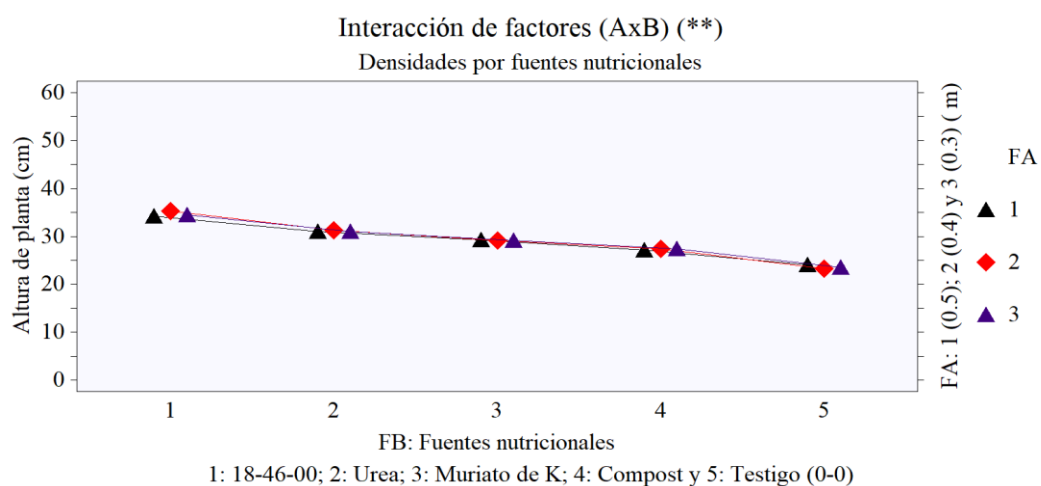
R: Rango. ns: no significativo. ** Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

Porcentaje de Prendimiento (PP), Altura de Planta (AP), Número de Hojas por Planta (NHP), Diámetro del Tallo (DT), Días a la Formación de la Pella (DFP), Días a la Cosecha (DC), Número de Corimbos por Pella (NCP), Número de Plantas por Parcela (NPP), Diámetro Ecuatorial de la Pella (DEP) y el Rendimiento en kg/ha (RH).

La respuesta agronómica de las distancias de siembra (Factor A) en relación a las variables: **Porcentaje de prendimiento, Número de hojas por planta, Diámetro del tallo, Número de corimbos por pella y el Número de plantas por parcela**, no dependieron de las fuentes nutricionales (Factor B), es decir fueron factores principales independientes (ns) (Tabla 3). Como se infirió en la discusión de los factores principales, los promedios más altos se determinaron en la densidad A3 (0.30 m entre plantas x 0.60 m entre surcos) y con la fuente nutricional 18-46-00 en la dosis de 300 kg/ha de producto comercial).

Figura 14.

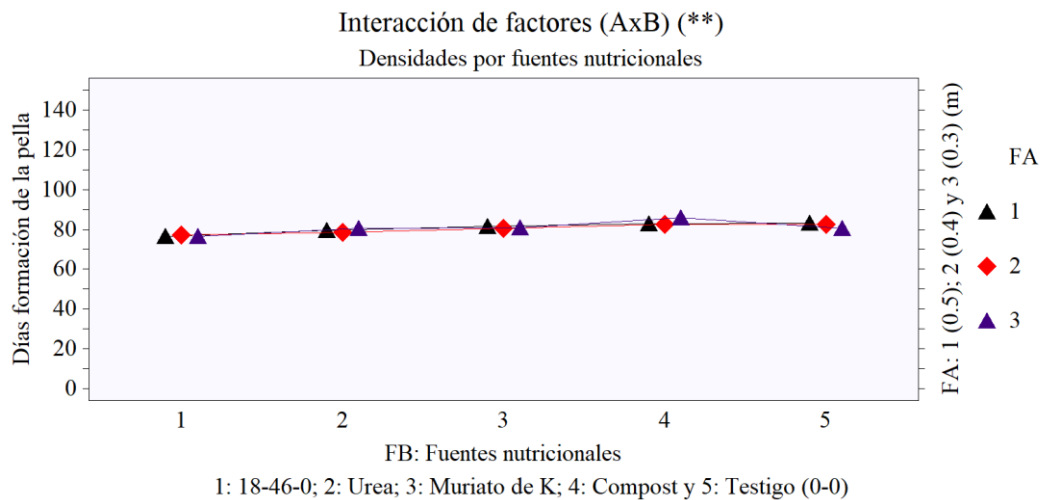
Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales para AP.



Para las variables agronómicas **Altura de planta, Días a la formación de la pella, Días a la cosecha, Diámetro ecuatorial de la pella y el Rendimiento**, la respuesta agronómica de las densidades de siembra, dependieron significativamente (**) de las fuentes nutricionales. Con la prueba de Tukey, los promedios superiores de la **altura de planta** (AP), se tuvieron en los tratamientos T6: A2B1 (0.4 m entre plantas y 18-46-00) con 35.25 cm, seguido de los tratamientos T11: A3B1 (0.3 m entre plantas y 18-46-00) con 34.48 cm y el T1: A1B1 (0.5 m entre plantas y 18-46-00) con 24.15 cm respectivamente y con el rango “A”. Los promedios inferiores se determinaron independientemente de las densidades en el Compost y el testigo absoluto (Tabla 3 y Figura 14).

Figura 15.

Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales para DFP.

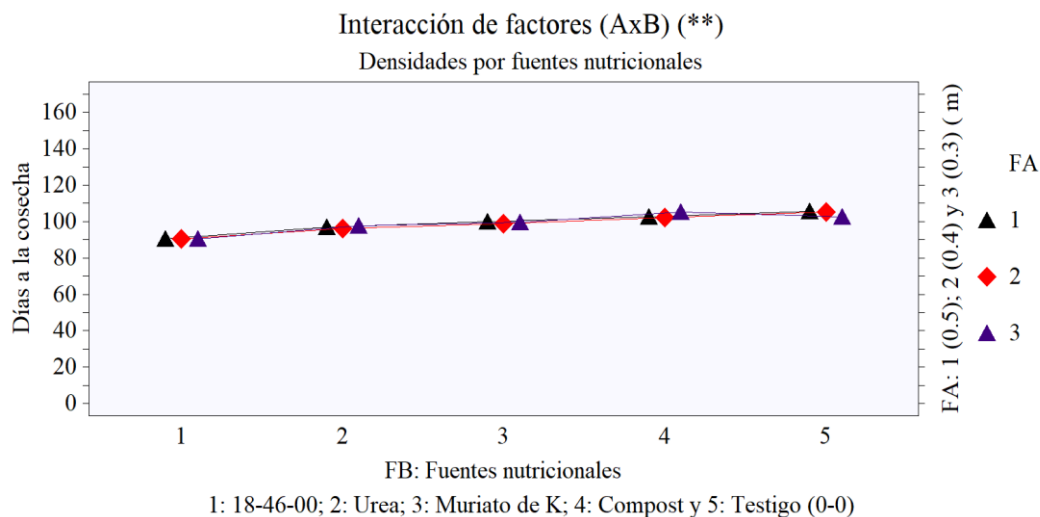


Para la variable **Días a la formación de la pella (DFP)** el efecto de las densidades de siembra, dependió significativamente (**) de las fuentes nutricionales (Tabla 3).

Con la prueba de Tukey al 5%, el promedio superior o más tardío se tuvo en el tratamiento T14: A3B4 (0.3 m entre plantas y Compost) con 86 días y rango "A". Los promedios más precoces se determinaron en los tratamientos T1: A1B1 (0.50 m entre plantas y 18-46-00) y el T6: A2B1 (0.4 m entre plantas y 18-46-00) con 76.67 y 77.33 días (Tabla 3 y Figura 15).

Figura 16.

Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales para DC.

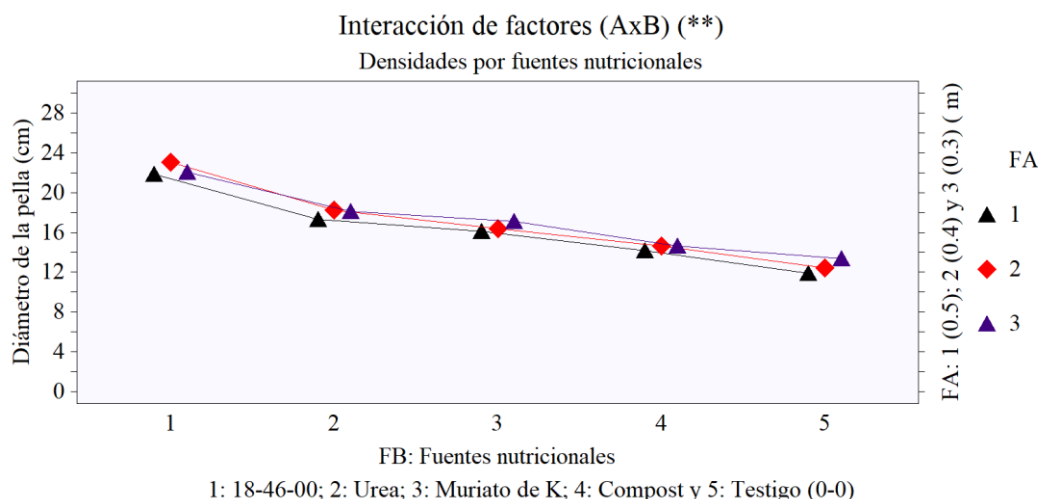


Las densidades de siembra en cuanto a la variable **Días a la cosecha**, dependió significativamente (**) de las fuentes nutricionales (Tabla 3).

Con la prueba de Tukey al 5% los tratamientos más tardíos fueron el T5: A1B5 (0.5 m entre plantas y el testigo), el T10: A2B5 (0.4 m entre plantas y el testigo) y el T14: A3B4 (0.3 m entre plantas y el compost) con 105.7 y 105.33 días respectivamente y con el mismo rango “A”, es decir estadísticamente promedios similares. Los promedios más precoces fueron los tratamientos T6: A2B1 y el T11: A3B1 con 90.33 días a la cosecha (Tabla 3 y Figura 16). Es evidente que la fertilización química, aceleró el ciclo de cultivo del brócoli híbrido Avenger.

Figura 17.

Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales para el DEP.



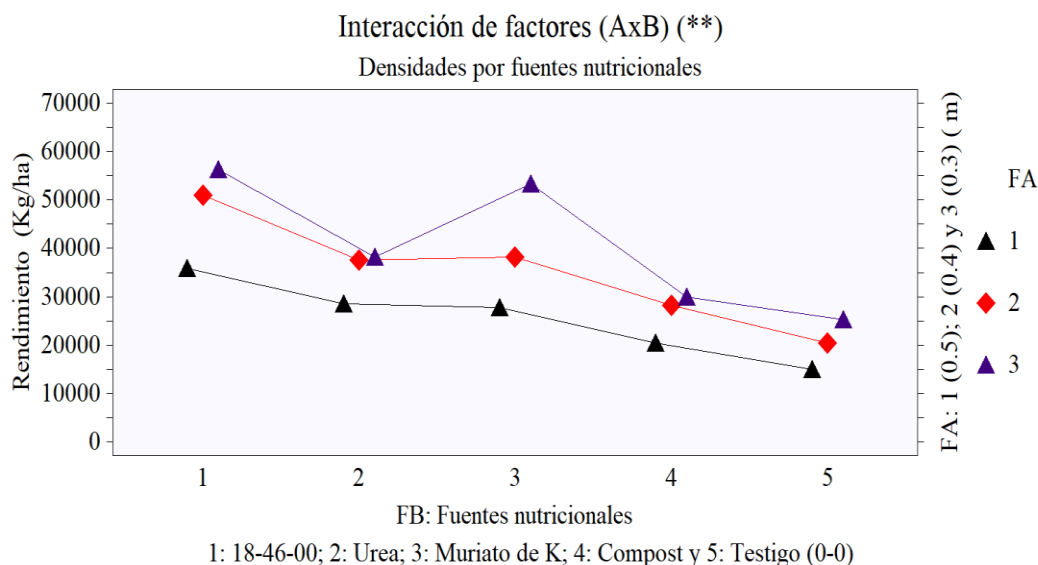
Las densidades de siembra en relación al componente agronómico **Diámetro ecuatorial de la pella (DEP)**, dependió significativamente (**) de las fuentes nutricionales (Tabla 3).

Tukey al 5%, separó con los promedios más altos a los tratamientos T6: A2B1 (0.4 m entre plantas y 18-46-00) y el T11: A3B1 (0.3 m entre plantas y 18-46-00) con 23.08 cm y 22.02 cm respectivamente. Pellas menos desarrolladas correspondieron a los tratamientos T5: A1B5 (0.5 m entre surcos y el testigo absoluto) y el T10: A2B5 (0.4 m entre surcos y el testigo absoluto) con 11.88 cm y 12.43 cm (Tabla 3 y Figura 17).

El tamaño de la pella es muy importante para nichos de mercado y para el caso de Ecuador se prefieren pellas de tamaño grande. En respuesta consistente el efecto más importante fue la fertilización química especialmente del B1: 18-46-00 y las distancias de siembra de 0.4 y 0.3 m entre las plantas.

Figura 18.

Resultados promedios de la interacción densidades de siembra por fuentes nutricionales para el RH.



La respuesta agronómica de las densidades de siembra o plantación del brócoli, en relación a la variable **Rendimiento (RH)**, dependió significativamente (**) de las fuentes nutricionales (Tabla 3).

Con la prueba de Tukey al 5% los tratamientos con los promedios más altos fueron el T11: A3B1 (0.3 m entre plantas y 18-46-00) con 56320 kg/ha, el T13: A3B3 (0.3 m entre surcos y Muriato de Potasio) con 53358 y el T6: A2B1 (0.4 m entre plantas y 18-46-00) con 50960 kg/ha compartiendo el mismo rango de “A”. Los promedios inferiores se tuvieron en los testigos siendo los tratamientos T5: A1B5 (0.5 m y el testigo) con 15014 kg/ha y el T10: A2B5 (0.4 m entre surcos y el testigo) con 20360 kg/ha respectivamente (Tabla 3 y Figura 18).

En los resultados de la variable rendimiento se confirma en respuesta consistente que las mejores densidades de siembra estuvieron entre 0.4 y 0.30 m entre las plantas y con la fertilización química de 18-46-00 y el Muriato de potasio. El efecto del Compost es a mediano plazo y el brócoli responde a la fertilización de los macronutrientes como son el N P K y el S, sumado a los micronutrientes como el Ca, Mg, B y el Mn.

Los rendimientos obtenidos en este ensayo, son muy superiores a los reportados por Agualongo y Chimbolema, 2018 en la localidad de Naguan, esto confirma la fuerte interacción genotipo ambiente, especialmente con la temperatura, humedad del suelo, cantidad y calidad de luz solar, humedad relativa, presencia de fuertes vientos y el manejo integrado del cultivo.

4.4. Variables morfológicas o cualitativas.

Tabla 4. Resultados de las variables morfológicas: Vigor de la Pella (VP), Forma de la Pella Vista Superior (FPVS), Forma de la Pella Vista Lateral (FPVL), Suavidad de la Pella (SP), Color de la Pella (CP) y Tamaño de la Pella (TP: %).

Tratamiento No.	Vigor de la Pella	Forma de la Pella		Suavidad	Color de la Pella	Tamaño de la Pella (TP) (%)			Total (%)
		Vista Superior	Vista Lateral			Primera Categoría	Segunda Categoría	Tercera Categoría	
T1: A1B1	Excelente	Esférica	Domo	Nudillo	Verde oscuro	50	50	0	100
T2: A1B2	Bueno	Esférica	Domo	Nudillo	Verde medio	26	74	0	100
T3: A1B3	Bueno	Esférica	Domo	Nudillo	Verde medio	7	93	0	100
T4: A1B4	Regular	Esférica	Domo	Nudillo	Verde medio	0	83	17	100
T5: A1B5	Malo	Esférica	Domo	Nudillo	Verde claro	0	60	40	100
T6: A2B1	Excelente	Esférica	Domo	Nudillo	Verde oscuro	85	15	0	100
T7: A2B2	Bueno	Esférica	Domo	Nudillo	Verde medio	71	29	0	100
T8: A2B3	Bueno	Esférica	Domo	Nudillo	Verde medio	33	67	0	100
T9: A2B4	Bueno	Esférica	Domo	Nudillo	Verde claro	2	93	5	100
T10:A2B5	Regular	Esférica	Domo	Nudillo	Verde claro	0	53	47	100
T11:A3B1	Excelente	Esférica	Domo	Nudillo	Verde oscuro	50	50	0	100
T12:A3B2	Bueno	Esférica	Domo	Nudillo	Verde medio	48	52	0	100
T13:A3B3	Bueno	Esférica	Domo	Nudillo	Verde medio	55	45	0	100
T14:A3B4	Regular	Esférica	Domo	Nudillo	Verde claro	0	80	20	100
T15:A3B5	Malo	Esférica	Domo	Nudillo	Verde claro	0	37	63	100

Los descriptores morfológicos son muy importantes desde el punto de vista de la calidad y aceptabilidad de los diferentes segmentos de la Cadena de Valor del Brócoli. En este experimento los resultados confirman que el **Vigor de la Pella (VP)**, estuvo estrechamente relacionado con la fertilización química y especialmente del B1: 18-46-00, seguido de la Urea y del Muriato de Potasio. Los tratamientos con el fertilizante 18-46-00, tuvieron un excelente vigor. Con una respuesta inversa el Compost (B4) y el testigo absoluto (0-0), las plantas presentaron un vigor regular y malo (Tabla 4).

En cuanto a la **Forma de la Pella en Vista Superior**, el 100% de los tratamientos presentaron una forma esférica (Tabla 4 y Anexo 6), misma que es un atributo varietal y de buena aceptación en el mercado local y nacional.

Para el descriptor **Forma de la Pella en su Vista Lateral**, el 100% de los tratamientos presentaron una forma de Domo (Tabla 4 y Anexo 6). Este atributo o característica de la forma en **Domo**, hace que el agua no se acumule en la pella y se mantiene más tiempo en el campo previo a la cosecha. Tolera los cambios de temperatura y puede sembrarse en todas las épocas del año (Zamora, 2018).

Para la variable **Suavidad**, el 100% de los tratamientos presentaron una pella en **Nudillo** y compacta (Tabla 4 y Anexo 6).

En relación al **Color de la Pella**, el híbrido Avenger tuvo un color verde en varias tonalidades. Los tratamientos con el fertilizante 18-46-00 (B1), presentaron pellas con un color verde oscuro o intenso. Los tratamientos B2: Urea y B3: Muriato de potasio, registraron un color verde medio, el B4: Compost y B5: testigo (0-0), las pellas tuvieron un color verde claro (Tabla 4). El color de la pella, está relacionado con el vigor de la planta. A mayor deficiencia de nutrientes, colores verdes más claros.

Otro atributo muy importante en el brócoli es el **Tamaño de la Pella** y su clasificación para la comercialización, dependiendo del segmento del mercado es en categorías de primera clase (pellas con pesos mayores a 1000 g), segunda clase (pellas con pesos de entre 500 a 1000 g) y de tercera clase (pellas pequeñas con

pesos inferiores a 500 g) (Zamora, 2018). En este experimento en respuesta consistente la fertilización química y particularmente el B1: 18-46-00, presentaron los porcentajes más elevados de pellas de primera clase. Los tratamientos B4 (Compost) y B5 (testigo), registraron los mayores porcentajes de pellas de segunda y tercera clase (Tabla 4).

El cultivo de brócoli, necesita de un manejo integrado en cuanto a sanidad y nutrición de las plantas, siendo más eficiente el tratamiento B1 que tuvo N-P y el análisis del suelo reportó un alto contenido de K, Ca y Mg (Anexo 4).

Los descriptores morfológicos como el vigor de la planta, forma, dureza, color y tamaño de la pella, son características varietales y tienen una estrecha relación directa con los valores promedios más altos del rendimiento.

4.5. Coeficiente de Variación (CV)

El CV, es un indicador estadístico que se expresa en porcentaje de variabilidad de los resultados por efecto del error experimental o varianza y el manejo de la investigación. Beaver, 2002, menciona que el valor del CV en variables que estén bajo el control del investigador como en esta investigación fueron la altura de plantas, diámetro de la pella, peso de la pella, etc., no debe pasar del 20%; sin embargo, para componentes que no estén bajo el control del investigador como son la incidencia de malezas, insectos plaga, enfermedades, acame del tallo, etc., el valor del CV puede ser mucho más elevado del 20%; es decir mayor variabilidad de los resultados.

En esta investigación en las variables cuantitativas evaluadas, los valores del CV, fueron extremadamente bajos, lo que indica que existió un buen manejo del ensayo, y no hubo gran variabilidad en la respuesta de los resultados dentro y entre las repeticiones (Tabla 1 y Tabla 2). Por tanto, las inferencias, conclusiones y recomendaciones son válidas para esta zona agroecológica de Amapolas.

4.6. Análisis de correlación y regresión lineal

Tabla 5. Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes, que presentaron significancia estadística negativa o positiva con el rendimiento de brócoli.

Variables independientes (Componentes del rendimiento)	Coefficiente de Correlación "r"	Coefficiente de regresión "b"	Coefficiente de determinación "R²" %
Días a la Cosecha (**)	-0.7385	-1718.58	54
Altura de Planta (**)	0.7579	2462.24	57
Diámetro Ecuatorial de la Pella (**)	0.8048	2885.91	65
Diámetro del Tallo (**)	0.7198	19131.2	52
Número de Corimbos por Pella (**)	0.7505	2476.36	56
Número de Hojas por Planta (**)	0.7574	3576.47	57

**** Altamente significativo al 1%.**

- **Coefficiente de correlación "r"**

Correlación es la relación o estrechez positiva o negativa entre dos variables, no tiene unidades y su valor máximo es +/- 1 (Beaver, 2019).

Se determinó una correlación altamente significativa (**) y negativa entre las variables días a la cosecha versus el rendimiento. Sin embargo, se tuvieron correlaciones altamente significativas y positivas entre las variables altura de planta, diámetro ecuatorial de la pella, diámetro del tallo, número de corimbos por pella y el número de hojas por planta versus el rendimiento (Tabla 5).

- **Coefficiente de regresión "b"**

Regresión es el incremento o disminución de la variable dependiente (Y) por cada cambio único de la variable independiente (X) (Beaver, 2019).

En este experimento los tratamientos más tardíos relacionados con la variable días a la cosecha, redujeron el rendimiento de brócoli. Como efecto inverso los

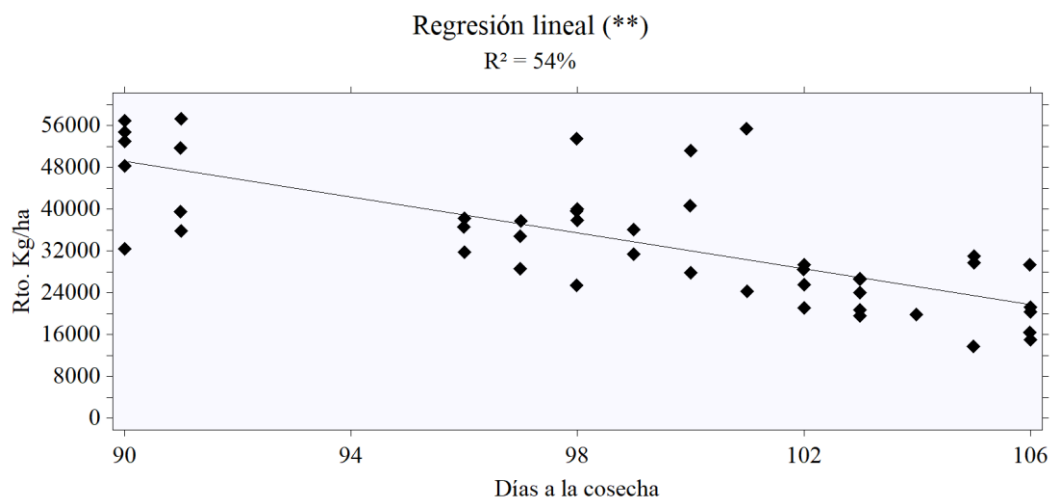
componentes agronómicos que incrementaron el rendimiento fueron los promedios más elevados de altura de planta, diámetro ecuatorial de la pella y del tallo, número de corimbos por pella y hojas por planta (Tabla 5).

- **Coefficiente de determinación (R^2 %)**

El coeficiente de determinación es un estadístico que mide en qué porcentaje se incrementa o disminuye el rendimiento de brócoli (variable dependiente) por efecto de los componentes agronómicos del rendimiento y su valor máximo es del 100%.

Figura 19.

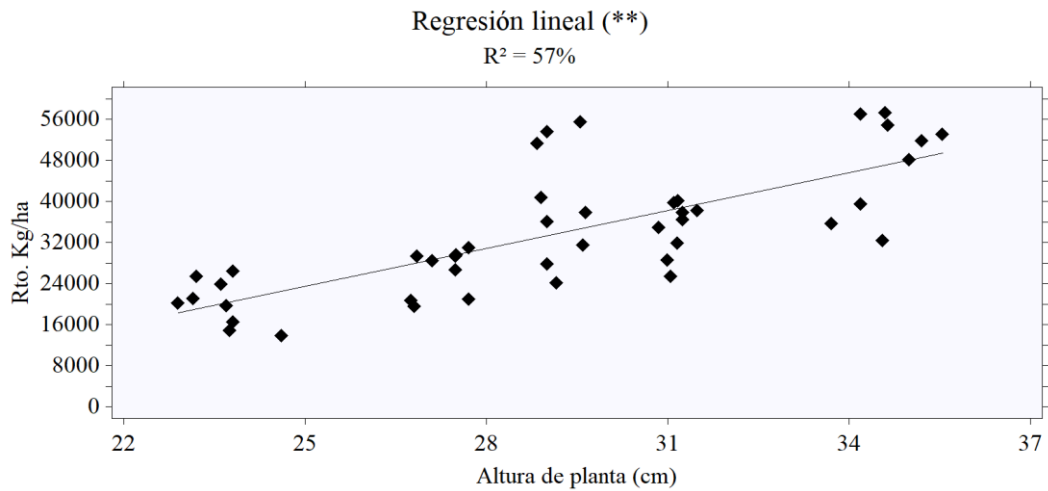
Regresión lineal días a la cosecha versus el rendimiento.



En este experimento el 54% de la reducción del rendimiento de brócoli fue debido a valores promedios más tardíos, mismos que fueron registrados particularmente en los tratamientos B4 (Compost) y B5 (testigo: 0-0); es decir a valores más elevados de días a la cosecha, se redujo el rendimiento (Tabla 5 y Figura 19).

Figura 20.

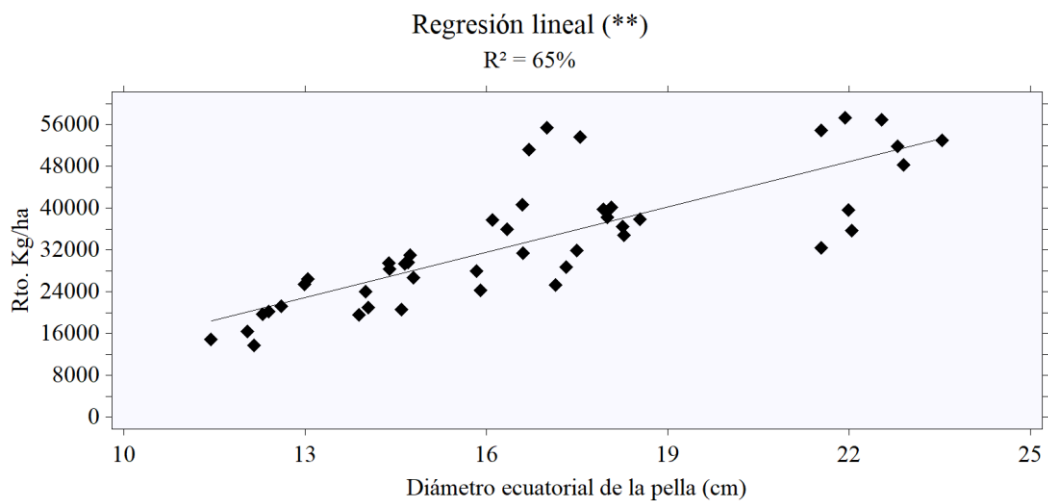
Regresión lineal altura de plata versus el rendimiento.



Tratamientos con los promedios más elevados de la altura de plantas, incrementaron el rendimiento en un 57% (Tabla 5 y Figura 20).

Figura 21.

Regresión lineal diámetro de la pella versus el rendimiento.

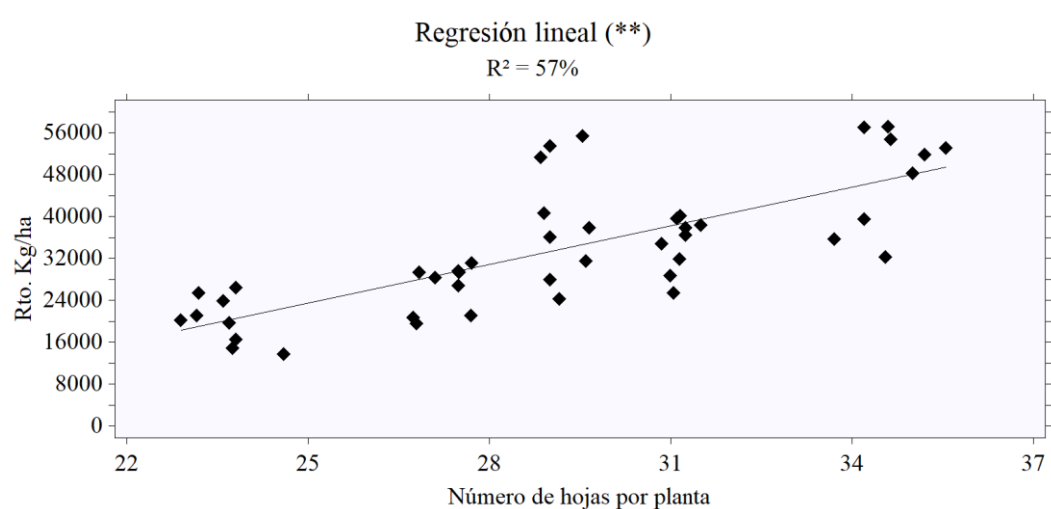


El mejor ajuste de datos se dio entre el diámetro ecuatorial de la pella que incrementó el rendimiento de brócoli en un 65%; es decir pellas más grandes y compactas, mayor rendimiento (Tabla 5 y Figura 21).

Pellas con los promedios más elevados del número de corimbos, aumentaron el rendimiento en un 56% (Tabla 5 y Figura 23). A mayor número de corimbos, pellas de mayor tamaño y peso.

Figura 24.

Regresión lineal número de hojas por planta versus el rendimiento.



Finalmente, el 57% de incremento del rendimiento en la variable dependiente fueron por los promedios mayores del número de hojas por planta (Tabla 5 y Figura 24). El número de hojas por planta estuvo relacionado positivamente con la altura y diámetro del del tallo.

Como se mencionó antes el valor máximo del Coeficiente de determinación es del 100%, lo que significa que, en esta investigación, existieron otros factores físicos, biológicos y varietales, no contemplados en la evaluación, como pudieron ser la temperatura, cantidad y calidad de la luz solar, presencia de fuertes vientos, granizadas, heladas, calidad y frecuencia del agua de riego, etc.

4.7. Análisis económico en la Relación Beneficio/Costo (RB/C)

Para realizar el análisis de económico de la RB/C, se seleccionó el tratamiento estadístico con el promedio más elevado del rendimiento de brócoli en kg/ha,

mismo que fue el T11: A3B1 (0.30 m entre plantas por 0.60 m entre surcos con la aplicación de 300 kg/ha de 18-46-00) con 56320 kg/ha y de acuerdo a la metodología de Perrin, *et al.*, 2018, se realizó un ajuste del 10% al rendimiento por efecto de transformar el peso por parcela neta a una hectárea, siendo el rendimiento ajustado para calcular el Beneficio Bruto (BB) de 50688 kg/ha.

De acuerdo al MAG en Ecuador y sondeos en los mercados locales los precios por kg de brócoli de los productores, varían entre \$0.25 y \$0.29 centavos.

https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipecticos/Dipectico_N38.pdf

El análisis económico de la RB/C, se realizó en función de los costos directos e indirectos de la producción de una hectárea de brócoli y un precio promedio a nivel de productores de \$ 0.25/kg.

Tabla 6. Costos de producción de una hectárea de brócoli. Guaranda, 2023.

- **Costos directos (CD) (\$/ha)**

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor parcial \$
Toma de muestra de suelo y control de malezas				
Toma de muestra de suelo y análisis	Muestra	1	30	30.00
Control químico de malezas: Glifosato	L	3	5	15.00
Mano de obra aplicación herbicida	Jornal	2	15	30.00
Subtotal \$/ha				75.00
Preparación del suelo con maquinaria agrícola				
Arado	Hora/tractor	4	25	100.00
Rastra	Hora/tractor	3	25	75.00
Surcado	Hora/tractor	2	25	50.00
Subtotal \$/ha				225,00
Compra, transporte y trasplante de plántulas				
Compra de plántulas	Plántula	56000	0.04	2240.00
Transporte de plántulas	Flete	1	120	120.00
Hoyado, fertilización y trasplante	Jornal	60	15	900,00
Subtotal \$/ha				3260,00
Fertilización química (B1: 0. 30 m entre plantas con 18-46-00)				
Fertilizante 18-46-00	Kg	300	1.06	318,00
Subtotal \$/ha				318,00
Labores culturales				
Control manual de malezas (rascadillo)	Jornal	12	15	180.00

Aporque	Jornal	15	15	225.00
Subtotal \$/ha				405,00
Plaguicidas e insumos agrícolas \$/ha				
Insecticida Cipermetrina	L	1	14.30	14.30
Insecticida Profenofos	L	0.5	50	25.00
Insecticida Chlorpirifos	L	0.5	15.2	7.60
Fungicida Azoxystrobin	L	0.250	106.4	26.60
Fungicida Fotyl	Kg	1	14.75	14.75
Evergreen	L	1	26.60	26.60
Ergostin	L	0.200	62.50	12.50
Mano de obra aplicaciones	Jornal	15	15	225.00
Alquiler de equipos de aplicación	Día	8	15	120.00
Aplicación de riegos	Día	10	20	200.00
Subtotal \$/ha				672.35
Cosecha, recolección, clasificación y transporte \$/ha				
Sacos	Saco	1200	0.4	480.00
Mano de obra	Jornal	100	15	1500.00
Transporte	Flete	3	50	150.00
Subtotal \$/ha				2130,00
Total, Costos directos \$/ha				7085.35
• Costos indirectos (CI) \$/Ha.				
Renta de la tierra				400.00
Interés anual 16% (seis meses: 8%)				566.83
Administración 5% Capital Circulante				354.27
Asistencia técnica 5% Capital circulante				354.27
Póliza de seguro agrícola				60.00
Total, Costos indirectos \$/ha				1735.37
Gran Total CD + CI \$/Ha				8820.72

Beneficio Bruto (BB) = (Cantidad por precio unitario) \$/ha

BB = 50668 kg/ha x \$ 0.25/ kg = \$ 12667/ha

Beneficio Neto (BN) = (BB - Costo Total) = \$ 3846.28/ha.

Relación Beneficio Bruto/Costo = \$ 12667/ha ÷ \$ 8820.72/ha = 1.44

Relación Beneficio Neto/Costo = \$ 3846.28/ha ÷ \$ 8820.72/ha = 0.44

El cultivo de brócoli tiene un potencial muy grande en la zona media de la provincia Bolívar. El análisis económico de la Relación Beneficio/Costo, con la alternativa tecnológica del T11: A3B1 (0.3 m entre plantas por 0.6 m entre surcos con una población de 55556 plantas/ha y 300 kg/ha de 18-46-00), presentó un costo total de \$8820.72/ha, con un Beneficio Neto de \$3846.28/ha, una RB/C de 1.44, lo que

significa que el productor por cada unidad de inversión, tiene una ganancia neta de 44 centavos (Tabla 6).

Esta rentabilidad es una alternativa válida para diversificar los sistemas de producción locales y especialmente en zonas agroecológicas que disponen de riego como son Santa Fe, San Vicente, LLacán, San Lorenzo, Vinchoa y al ser el brócoli un cultivo de ciclo corto se puede rotar después de cosechar el maíz en choclo, mejorando significativamente los ingresos y sostenibilidad de los sistemas de producción y la alimentación responsable para mitigar la tasa alta de desnutrición crónica infantil ya que el brócoli tiene un alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales.

4.8. Comprobación de la hipótesis

La hipótesis estadística, es la suposición que se realiza acerca de las características medibles de una población o muestra representativa. Es utilizada para aceptar o rechazar tras realizar el estudio estadístico pertinente (Beaver, 2019).

De acuerdo con las hipótesis que se plantearon, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna siendo esta (**H_a**): La respuesta agronómica y morfológica del cultivo de brócoli, depende significativamente de los dos tipos de fuentes nutricionales (química y orgánica) y las tres densidades de siembra y de su interacción genotipo ambiente.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En función de los resultados de los diferentes análisis estadísticos, agronómicos, morfológicos, económicos y en relación a los objetivos específicos planteados, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- Dentro de los descriptores morfológicos, el 100% de tratamientos presentaron forma esférica tipo Domo y Nudillo. La fertilización química fue más eficiente con un excelente vigor, mismo que estuvo relacionado con pellas de un color verde intenso y el mayor porcentaje de primera categoría.
- Se determinó un efecto muy diferente de las distancias de siembra. El rendimiento promedio más alto de brócoli se tuvo en A3 (0.30 m entre plantas por 0.60 m entre surcos) con 40620 kg/ha; es decir a densidades más altas de plantas/ha, mayor fue el rendimiento con una respuesta de tipo lineal positiva.
- Las fuentes nutricionales incidieron significativamente sobre el rendimiento y calidad del brócoli. El promedio superior se registró en B1 (300 kg/ha de 18-46-00) con 47705 kg/ha.
- Existió una dependencia altamente significativa entre los factores en estudio (Densidades de siembra por fuentes nutricionales). El promedio más elevado se calculó en el tratamiento T11: A3B1 (0.30 m entre plantas con 300 kg/ha de 18-46-00) con 56320 kg/ha.
- Los componentes agronómicos que incrementaron significativamente el rendimiento, fueron los mayores promedios de la altura de plantas, diámetro del tallo, diámetro ecuatorial de la pella, número de hojas por planta y el número de corimbos por pella. Sin embargo, tratamientos más tardíos como fue el compost y el testigo, redujeron el rendimiento de brócoli en un 54%.

- Económicamente la mejor opción tecnológica fue el tratamiento T11: A3B1 (0.30 m entre plantas con la aplicación de 300 kg/ha de 18-46-00) con un beneficio neto de \$3851.28/ha, una RB/C de 1.44; es decir con una ganancia neta de 44 centavos por cada dólar invertido.
- Finalmente, este estudio permitió seleccionar alternativas tecnológicas válidas para mejorar la calidad y productividad del cultivo de brócoli para contribuir a una mayor sostenibilidad y diversificación de los sistemas de producción locales.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo a las principales conclusiones sistematizadas en esta investigación, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Para la zona agroecológica de Amapolas, se recomienda el cultivo de brócoli híbrido Avenger en la época de siembra entre diciembre y enero a una distancia de siembra o plantación de 0.30 m entre plantas y 0.60 m entre surcos lo que equivale a una densidad poblacional de 55556 plantas/ha con una fertilización química de 300 kg/ha de 18-46-00.
- Para suelos con deficiencia de macronutrientes como N P K y S, validar diferentes dosis, fuentes y épocas de aplicación en combinación con la fertilización orgánica como el Compost, Eco bonaza, Humus de lombriz, Bokashi y Bioles.
- Para zonas agroecológicas que disponen de riego como son Santa Fe, San Vicente, Llacán, Vinchoa y San Lorenzo, validar épocas de siembra en rotación después de cosechar el maíz en choclo.
- Para nichos de mercado orgánicos, validar diferentes fuentes y dosis de abonos orgánicos previo a su análisis físico - químico y a través de las Buenas Prácticas Agrícolas y segmentos de mercado diferenciados.

Bibliografía:

- Agualongo, D. y Chimbolema, M. (2018). Respuesta agronómica de dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea L.*) a la fertilización química y orgánica en las localidades de Naguán y Tagma, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Obtenido de <http://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/2813>
- Arias, X. (2016). Fertilización química en el cultivo de brócoli. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4599/1/CD-4196.pdf>
- Barbazán, M. (2018). Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. Obtenido de <https://www.sakata.com.br/assets/downloads/299/sakata-manual-brocolis.pdf>.
- Bayas, M. (2019). Zonas de cultivo y épocas de siembras. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658brocoli.pdf>
- Beaver, J. (2019). Diseños experimentales. Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico
- Cabrera, A. (2019). Fuentes principales de nitrógeno. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770204.pdf>
- Campoverde, L. (2019). Deficiencia de fósforo en las plantas . Obtenido de <http://plantasyhortalizas.blogspot.com/2009/08/nitrogenon-fosforopotasiokcomo.html>
- Carrillo, F. (2019). Evaluación de la eficacia de la fertilización química en el cultivo de brócoli. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/580/1/13T0663%20.pdf>
- Castillo, L. G. (2018). Cultivo de brócoli híbrido Avenger. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16937/1/T-UCE-0004-CAG-038.pdf>
- Castro, C. (2017). Técnicas del compost. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5458/Arevalo%20Castro%20Carlos%20Elisio20017.pdf;jsessionid=17090AA5B7D3DB461049052390FB396F?sequence=2>
- Celuz Agro. (2017). Cultivo de bròcoli. Obtenido de <https://celuzag.mx/2019/10/04/cultivo-de-brocoli/#:~:text=Las%20flores%20del%20br%C3%B3coli%20son,redondas%20y%20de%20color%20ros%C3%A1ceo.>

- Cepeda, R. (2019). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319401.pdf>
- Contreras, S. (2018). Estudio comparativo en crecimiento de cuatro cultivares de brócoli (*Brassica oleracea*). Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/8346>
- Corrales, A. (2017). Híbrido avenger de brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*). Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25106/1/Tesis-155%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20473.pdf>
- Delgado, J. (2018). Índice de eficiencia del Nitrógeno. ARS. Fort Collins. USA
- Díaz, A. J. (2020). Determinación de la mejor cantidad de agua y relaciones Carbono/Nitrógeno para el establecimiento de una compostera. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/862964d1-93f0-4fac-a766-92ccec11695/content>
- FAOSTAST. (2011). Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/506694/>
- FAOSTAST. (2018). Producción mundial de brócoli . Obtenido de <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/brassicas/produccion-mundial/>
- Fertiandino. (2017). Ficha Técnica. Obtenido de <http://www.asopran.org/images/tecnicas/brocoli%20i.pdf>
- Figueroa, J. (2017). Relación Carbono/Nitrógeno en el compost. Obtenido de http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2024/Romero_Figueroa_JC_MC_Edafologia_2013..pdf?sequence=1
- Freire, C. (2020). Producción de brócoli en Ecuador . Obtenido de <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/12/Brocoli-en-Ecuador.pdf>
- Geisel, P. (2019). Composting is good for your garden and the environment. Obtenido de <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8367s.pdf>
- Gestiriego. (2020). Riego por goteo en el cultivo de brócoli. Obtenido de <https://www.gestiriego.com/riego-por-goteo-en-el-cultivo-de-brocoli/>

- Gómez, R. (2022). Sembrar brócoli: cuidados, cultivo, riego, sustrato y plagas. Obtenido de <https://www.sembrar100.com/coles/brocoli/>
- Gutiérrez, A. (2017). Proyecto de Investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25106/1/Tesis-155%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20473.pdf>
- Hernández, F. (2019). La densidad de siembra de los cultivos. Obtenido de https://www.agro-tecnologia-tropical.com/densidad_de_siembra.html
- Hernández, J. (2016). Potasio en las plantas. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/Potasio.pdf>
- IFA (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes). (2007). Los fertilizantes y su uso. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- INECOL. (2021). Brócoli (*Brassica oleracea*). Obtenido de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/735-brocoli>
- Intagri. (2017). Uso eficiente del fósforo en la agricultura. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-eficiente-del-fosforo-en-la-agricultura>
- López, P. (2020). Aprendemos a elaborar nuestro propio compost. Obtenido de <https://www.rtve.es/television/20201215/elaboracion-compost-casero/2060175.shtml#:~:text=y%20no%20contaminar.-,El%20proceso%20consiste%20en%20crear%20las%20condiciones%20necesarias%20de%20>
- Marín, J. (2017). Plagas y enfermedades del cultivo de brócoli . Obtenido de https://agroseguro.es/fileadmin/proprietario/i_D_i/Cursos/2-Plagas_y_Enfermedades_en_Hort.Aire_Libre/2_Brocoli__ParteI_.pdf
- Martí, S. (2018). Aptitud de modelos de temperaturas y de tiempo térmico en brócoli (*Brassica oleracea var. italica*). Obtenido de <file:///C:/Users/MARITZA/Downloads/natu,+Journal+manager,+N2.pdf>
- Matarrese, C. (2021). Agricultura Orgánica, el compost. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_material_didactico_nro_05.pdf

- Molina, E. (2020). Análisis de suelos y su interpretación. Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Monar, F. (2019). Programa de hortalizas, La Molina . Obtenido de [http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Publicaciones/Datos%20b%C3%A1sicos/13-p142%20a%20p167%20\(Anexo%2014\).pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/Publicaciones/Datos%20b%C3%A1sicos/13-p142%20a%20p167%20(Anexo%2014).pdf)
- Orzolek, M. (2019). Producción de brócoli. Obtenido de <https://extension.psu.edu/produccion-de-brocoli#:~:text=El%20control%20de%20malezas%20se,la%20etapa%20antes%20de%20florecer.>
- Otero, P. (2020). Plagas y enfermedades del brócoli: Guía completa con fotos. Obtenido de <https://www.agrohuerto.com/plagas-y-enfermedades-del-brocoli/>
- Perdomo, C. (2017). Nitrógeno. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Perrin, et al. (2018). Análisis económico de presupuesto parcial. CIMMYT, México. D.F.
- Prado, C. (2012). Fertilización química y aplicación de compost a base de residuos de camal, en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* *L. variedad Itálica*), a 2,750 m.s.n.m. Canaán - Ayacucho. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2001>
- PRONACA. (2018). Elaboración de el obono orgánico Eco bonaza. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/676>
- Ramírez, M. (2017). Manejo integrado de enfermedades en brócoli. Obtenido de <https://www.horticultivos.com/cultivos/cruciferas/brocoli/manejo-integrado-de-enfermedades-en-brocoli/>
- Ramos, W. (2020). Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*) *Var. Avenger Sakata* con dos abonos orgánicos. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6924/1/UTC-PIM-000265.pdf>
- Ríofrío, M. (2018). Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/580/1/13T0663%20.pdf>

- Rivera, A. (2019). Ventajas del compostaje doméstico. Obtenido de <https://www.atitlanreserva.com/post/6-ventajas-del-compostaje-dom%C3%A9stico>
- Romero, T. (2016). Fertilización orgánica . Obtenido de Universidad Técnica del Carchi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6924/1/UTC-PIM-000265.pdf>
- Sánchez, G. (2019). Revista tierra adentro. Obtenido de <http://revistatierraadentro.com/index.php/agricultura/54-el-brocoli>
- UCAM. (2018). Brócoli . Obtenido de https://www.ucam.edu/sites/default/files/catedras/agro-santander/informe_brocoli_web.pdf
- Vallejo, Z. (2013). Evaluación de 7 variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en dos localidades de Pichincha . Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1386/1/T-UCE-0004-28.pdf>
- Villarroel, D. (2021). Producción de brócoli . Obtenido de <http://www.lahuerta.com.ec/producto/brocoli-ecuador/>
- WIKIFARMER . (2017). Brócoli cultivo y manejo, como sembrar brócoli paso a paso. Obtenido de <https://wikifarmer.com/es/brocoli-cultivo-y-manejo-como-sembrar-brocoli-paso-a-paso/>
- Zamora, E. (2018). Serie guías - producción de hortalizas DAG/HORT-010. Obtenido de <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>
- Zamora, V. (2016). “Evaluación del efecto a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *Itálica*)”. Obtenido de <https://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6994/1/Tesis-71%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%202014.pdf>
- https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/diaticos/Diatico_N38.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación del ensayo



Anexo 2. Base de datos

Codificación de variables agronómicas

Código	Variable	Descripción
V1	REP	Repeticiones: 3
V2	FA	Factor A: Tres densidades de siembra: A1: 0.50 m; A2: 0.40 m y A3: 0.30 m entre plantas
V3	FB	Factor B: Fuentes nutricionales: B1: 18-46-00; B2: Urea; B3: Muriato de potasio; B4: Compost y B5: Testigo: 0-0
V4	PP	Porcentaje de prendimiento (%)
V5	AP	Altura de planta (cm)
V6	NHP	Número de hojas por planta
V7	DT	Diámetro del tallo (cm)
V8	DFP	Días a la formación de la pella
V9	DC	Días a la cosecha
V10	DEP	Diámetro ecuatorial de la pella (cm)
V11	NCP	Número de corimbos por pella
V12	NPP	Número de plantas por parcela
V13	RH	Rendimiento de brócoli en Kg/ha.
V14	PKP	Peso en kg por parcela

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
REP	FA	FB	PP	AP	NHP	DT
1	1	1	100	34.2	20.55	4.86
1	1	2	100	31	19.33	4.77
1	1	3	100	29.15	19.3	5.1
1	1	4	100	26.8	16.1	4.31
1	1	5	100	24.6	13.2	3.81
1	2	1	96	35	20.1	4.88
1	2	2	100	31.25	20	4.75
1	2	3	100	29	19.4	5.09
1	2	4	100	27.5	16.3	4.22
1	2	5	100	23.15	13.35	3.91
1	3	1	100	34.6	20.2	4.85
1	3	2	100	30.86	19.36	4.76
1	3	3	100	28.85	19.5	5.05
1	3	4	100	26.85	16.15	4.29
1	3	5	100	23.2	13.15	3.83
2	1	1	100	34.55	20.2	4.91
2	1	2	100	31.05	19.25	4.75

2	1	3	100	29	19.25	5.06
2	1	4	100	26.75	16.6	4.35
2	1	5	100	23.8	13.85	3.79
2	2	1	100	35.2	20.6	5.06
2	2	2	100	31.25	19.4	4.78
2	2	3	96	28.9	19.55	5.2
2	2	4	100	27.1	16.4	4.45
2	2	5	100	22.9	14.1	3.84
2	3	1	100	34.2	20.05	4.9
2	3	2	100	31.11	19.33	4.72
2	3	3	100	29.55	19.45	4.98
2	3	4	100	27.7	15.95	4.31
2	3	5	100	23.8	13.5	3.91
3	1	1	100	33.7	20.15	4.97
3	1	2	100	31.15	19.35	4.73
3	1	3	100	29.6	19.5	5.12
3	1	4	100	27.7	16.15	4.39
3	1	5	100	23.75	13.4	3.85
3	2	1	100	35.55	20	4.91
3	2	2	100	31.5	19.5	4.8
3	2	3	100	29.65	19.15	5.06
3	2	4	100	27.5	16.6	4.36
3	2	5	100	23.7	13.6	3.82
3	3	1	100	34.65	20.8	4.94
3	3	2	100	31.17	19.83	4.72
3	3	3	100	29	19.4	5.11
3	3	4	100	27.5	15.4	4.25
3	3	5	100	23.6	13.75	3.78
V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14
DFP	DC	DEP	NCP	NPP	RH	PKP
76	91	22	23.3	25	39483	29.62
80	97	17.33	19.83	23	28553	21.42
83	101	15.9	17.35	20	24141	18.11
83	103	13.9	14.55	23	19542	14.66
83	105	12.15	13.65	21	13783	10.34
77	90	22.9	24.25	25	48176	28.9
79	96	18.25	21.5	22	36424	21.85
81	99	16.35	18.55	23	35974	21.58
83	103	14.8	15.25	24	26689	16.01
83	106	12.6	14.55	25	21138	12.68
77	91	21.95	23.35	25	57239	25.76

81	97	18.29	20.29	20	34885	15.7
82	100	16.7	17.8	24	51173	23.03
87	106	14.4	14.45	22	29353	13.21
80	102	13	13.8	24	25442	11.45
76	90	21.55	23.25	24	32272	24.21
80	98	17.15	20.2	21	25260	18.95
81	100	15.85	17.4	24	27860	20.9
84	103	14.6	14.6	25	20608	15.46
84	106	12.05	13.55	24	16396	12.3
77	91	22.8	24.3	25	51727	31.03
79	97	18.55	21.3	23	37758	22.65
82	100	16.6	18.25	25	40658	24.39
82	102	14.4	15.35	24	28339	17
84	106	12.4	14.4	25	20187	12.11
76	90	22.55	23.4	25	56994	25.65
80	98	17.94	21.5	21	39618	17.83
82	101	17	18.15	25	55439	24.95
86	105	14.75	15.9	24	30975	13.94
82	103	13.05	13.75	25	26397	11.88
78	91	22.05	23.55	25	35751	26.82
79	96	17.5	21.1	24	31832	23.88
81	99	16.6	17.8	25	31432	23.58
82	102	14.05	14.45	24	20941	15.71
83	106	11.45	13.45	23	14863	11.15
78	90	23.55	24.85	25	52977	31.78
78	96	18	21.25	23	38308	22.98
79	98	16.1	18.35	24	37791	22.67
83	102	14.65	15.55	25	29406	17.64
81	104	12.3	14.8	24	19754	11.85
77	90	21.55	23.65	24	54728	24.63
81	98	18.08	20.75	22	40018	18.01
79	98	17.55	17.3	24	53461	24.06
85	105	14.7	15.35	23	29664	13.35
80	103	14	14.1	22	23909	10.76

Fuente: Datos de campo. Amapolas, 2023.

Elaborado por el autor.

Anexo 3. Resultados del análisis de varianzas (ADEVAS)

Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Factorial en Parcela Dividida.

Analysis of Variance Table for AP (Altura de Planta)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.504	0.252		
FA	2	0.263	0.132	0.73 NS	0.5367
Error REP*FA	4	0.721	0.180		
FB	4	614.048	153.512	1553.08 **	0.0000
FA*FB	8	2.959	0.370	3.74 **	0.0057
Error REP*FA*FB	24	2.372	0.099		
Total	44	620.868			

NS: No Significativo. * Significativo al 5%. **Altamente significativo al 1%.

Grand Mean 29.17 cm.

CV (REP*FA: Error 1 de parcela principal) 1.46%

CV (REP*FA*FB: Error 2 de subparcelas) 1.08%

Analysis of Variance Table for DC (Dias a la Cosecha)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	5.20	2.600		
FA	2	2.53	1.267	7.60 *	0.0434
Error REP*FA	4	0.67	0.167		
FB	4	1153.11	288.278	489.53 **	0.0000
FA*FB	8	34.36	4.294	7.29 **	0.0001
Error REP*FA*FB	24	14.13	0.589		
Total	44	1210.00			

Grand Mean 99.0 Dias

CV(REP*FA) 0.41%

CV(REP*FA*FB) 0.78%

Analysis of Variance Table for DEP (Diámetro Ecuatorial de la Pella)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.087	0.043		
FA	2	5.189	2.595	55.55 **	0.0012
Error REP*FA	4	0.187	0.047		
FB	4	496.851	124.213	922.05 **	0.0000
FA*FB	8	4.161	0.520	3.86 **	0.0048
Error REP*FA*FB	24	3.233	0.135		
Total	44	509.708			

Grand Mean 16.75 cm.

CV(REP*FA) 1.29%

CV(REP*FA*FB) 2.19%

Analysis of Variance Table for DFP (Días a la Formación de la Pella)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	5.378	2.6889		
FA	2	2.978	1.4889	7.88 *	0.0410
Error REP*FA	4	0.756	0.1889		
FB	4	254.089	63.5222	58.94 **	0.0000
FA*FB	8	37.244	4.6556	4.32 **	0.0025
Error REP*FA*FB	24	25.867	1.0778		
Total	44	326.311			

Grand Mean 80.76 (81) Dias

CV(REP*FA) 0.54%

CV(REP*FA*FB) 1.29%

Analysis of Variance Table for DT (Diámetro del Tallo)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.00955	0.00478		
FA	2	0.01776	0.00888	1.62 NS	0.3045
Error REP*FA	4	0.02188	0.00547		
FB	4	9.15091	2.28773	801.46 **	0.0000
FA*FB	8	0.00770	0.00096	0.34 NS	0.9426
Error REP*FA*FB	24	0.06851	0.00285		
Total	44	9.27631			

Grand Mean 4.58 Cm

CV(REP*FA) 1.61%

CV(REP*FA*FB) 1.17%

Analysis of Variance Table for NCP (Número de Corimbos por Pella)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.526	0.263		
FA	2	7.112	3.556	16.94 *	0.0112
Error REP*FA	4	0.840	0.210		
FB	4	590.438	147.610	1457.79 **	0.0000
FA*FB	8	0.641	0.080	0.79 NS	0.6157
Error REP*FA*FB	24	2.430	0.101		
Total	44	601.986			

Grand Mean 18.31 (18) Corimbos

CV(REP*FA) 2.50%

CV(REP*FA*FB) 1.74%

Analysis of Variance Table for NHP (Número de Hojas por Planta)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.075	0.0375		
FA	2	0.191	0.0955	1.63 NS	0.3035
Error REP*FA	4	0.234	0.0586		
FB	4	290.714	72.6785	875.05 **	0.0000
FA*FB	8	0.678	0.0848	1.02 NS	0.4475
Error REP*FA*FB	24	1.993	0.0831		
Total	44	293.886			

Grand Mean 17.78 (18) Hojas

CV(REP*FA) 1.36%

CV(REP*FA*FB) 1.62%

Analysis of Variance Table for NPP (Número de Plantas Por Parcela)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	7.2444	3.62222		
FA	2	5.9111	2.95556	2.18 NS	0.2289
Error REP*FA	4	5.4222	1.35556		
FB	4	33.0222	8.25556	7.25 **	0.0006
FA*FB	8	11.6444	1.45556	1.28 NS	0.3005
Error REP*FA*FB	24	27.3333	1.13889		
Total	44	90.5778			

Grand Mean 23.62 (24) Plantas

CV(REP*FA) 4.93%

CV(REP*FA*FB) 4.52%

Analysis of Variance Table for PP (Porcentaje de Prendimiento)

Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	0.7111	0.35556		
FA	2	2.8444	1.42222	4.00 NS	0.1111
Error REP*FA	4	1.4222	0.35556		
FB	4	2.1333	0.53333	0.67 NS	0.6213
FA*FB	8	4.2667	0.53333	0.67 NS	0.7153
Error REP*FA*FB	24	19.2000	0.80000		
Total	44	30.5778			

Grand Mean 99.82%

CV(REP*FA) 0.60%

CV(REP*FA*FB) 0.90%

Analysis of Variance Table for RH (Rendimiento en kg/ha)

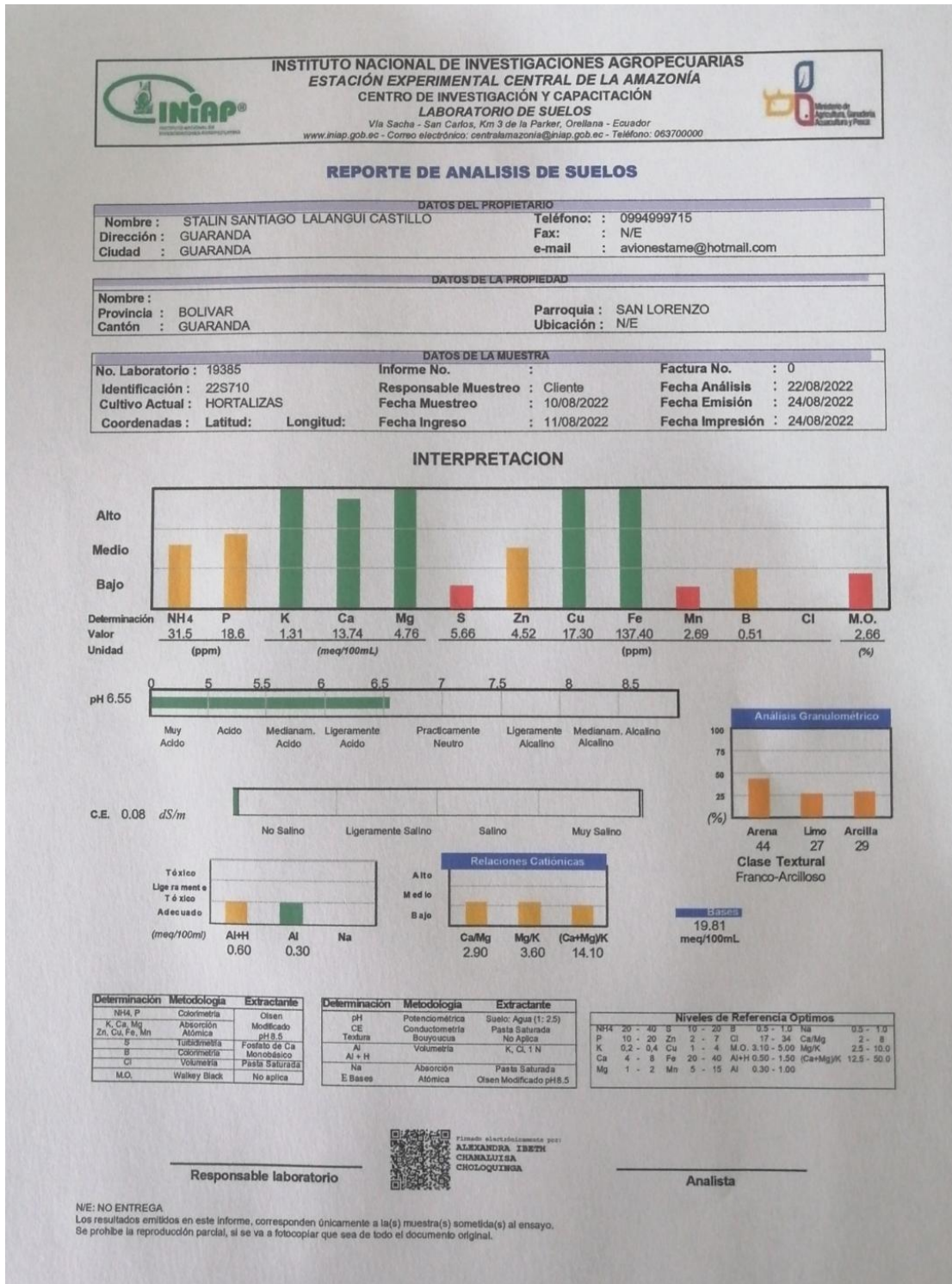
Source	DF	SS	MS	F	P
REP	2	1.961E+07	9806145		
FA	2	1.749E+09	8.747E+08	146.05 **	0.0002
Error REP*FA	4	2.396E+07	5989253		
FB	4	4.256E+09	1.063E+09	257.37 **	0.0000
FA*FB	8	4.058E+08	5.073E+07	12.27 **	0.0000
Error REP*FA*FB	24	9.921E+07	4133675		
Total	44	6.554E+09			

Grand Mean 33718 kg/ha

CV(REP*FA) 7.26%

CV(REP*FA*FB) 6.03%

Anexo 4. Resultados del análisis físico - químico del suelo. INIAP, 2023.



Anexo 5. Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo



Toma de muestras del suelo para el análisis químico



Arado del suelo



Rastrado del suelo



Trazado del ensayo



Instalación del sistema de riego.



Prueba del sistema de riego



Surcado manual del ensayo.



Desinfección del suelo previo al trasplante.



Compra de plántulas de brócoli híbrido Avenger.



Trasplante de plántulas híbrido Avenger.



Registro de la variable porcentaje de prendimiento.



Construcción de zanjas de drenaje.



Control manual de malezas



Fertilización química y orgánica a los 25 días después del trasplante.



Fertilización química a los 45 días después del trasplante.



Vista general del ensayo en la etapa reproductiva.



Visita de campo de los Miembros del Tribunal.



Monitoreo de plagas y enfermedades.



Pella lista para la cosecha.



Conteo de la variable número de plantas por parcela.



Evaluación y registro de las variables AP, NHP, VP y DC.



Medición de la variable diámetro del tallo.



Conteo y registro de la variable número de corimbos por pella.

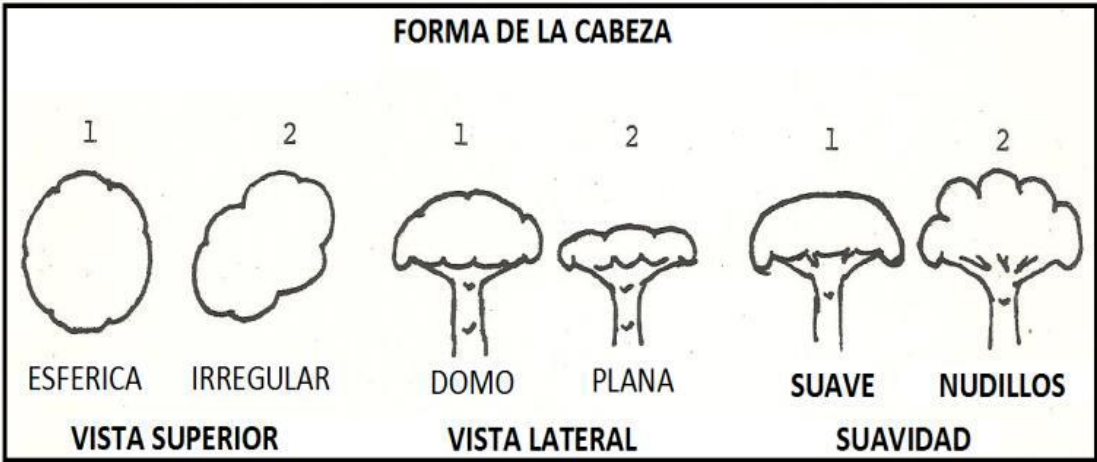


Registro de la variable forma de la pella o cabeza.



Pesos de la variable tamaño de las pellas.

Anexo 6. Forma de la pella o cabeza.



Fuente: Zamora, 2018.

Anexo 7. Glosario de términos técnicos

Aminoácidos. - Un aminoácido, es una molécula orgánica proveniente de las proteínas con un grupo amino en uno de los extremos de la molécula y un grupo carboxilo en el otro extremo.

Amonio. - Es un catión poli atómico cargado positivamente de formula química NH_4^+ .

Anticancerígeno. - Son sustancias que impiden el desarrollo, crecimiento, o proliferación de células tumorales malignas. Estas sustancias pueden ser de origen vegetal presente el brócoli.

Aporque. - Arrimar tierra al pie de las plantas formando un montículo.

Capacidad de campo. - Cantidad de agua mantenida en el suelo después de riego abundante o lluvia fuerte.

Capacidad de infiltración. - Velocidad a la cual el agua se mueve a través del suelo.

CIC. - (Capacidad de intercambio Catiónico). Es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes.

Clorosis. - Es uno de los síntomas más comunes de carencia mineral. Se presenta como un color verde o un amarillamiento de las partes verdes de la planta, particularmente las hojas.

Compost. - Es el proceso de la descomposición de los desperdicios orgánicos en el cual, la materia vegetal y animal se transforman en abono. El material orgánico, es todo aquel material que se pudre, como la hojarasca, desperdicios de comida, estiércol, plumas, yerba o pasto, etc.

Corimbo. - Es el tallo principal que termina en la inflorescencia primaria, conformada por flores dispuestas en un *corimbo* principal o primario, denominado pan o pella, que corresponde a la parte aprovechada para el consumo.

Domo. - Forma característica de la cabeza o pella en vista lateral.

Densidad de siembra. - Determina la población del número de plantas/ha. Calcularlo depende de distintos factores, entre ellos el tipo de híbrido, si las condiciones de siembra son óptimas o no, la fecha de siembra, la región, el tipo de suelo y el manejo del agricultor.

Dosis. - Cantidad empleada de un producto.

Eficiencia química. - Es la cantidad de producto que suele obtener de una reacción química.

Eficiencia Agronómica. - La eficiencia puede ser expresado como las unidades de producto generado por unidad de nutriente aplicado. En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % fertilizante aplicado es aprovechado por el cultivo.

Eficiencia agronómica del nitrógeno. – Es la cantidad de grano o materia verde producida por kilogramo de nitrógeno aplicado.

Eficiencia de nutrientes. - La eficiencia de uso de los nutrientes o fertilizantes describe como las plantas o los sistemas de producción utilizan los nutrientes. Estos índices pueden estudiarse teniendo en cuenta el tiempo involucrado en la evaluación: corto, mediano o largo plazo.

Familia. - Agrupación de los vegetales por razón de su analogía o comunidad de caracteres.

Fertilización orgánica. - Un abono orgánico es un producto de origen natural, animal o vegetal (por oposición a los abonos sintéticos o minerales), que contiene principalmente nitrógeno, fósforo o potasio en cantidades variables.

Fertilización química. - También conocido como abono químico es un producto que contiene, por los menos, un elemento químico que la planta necesita para su ciclo de vida.

Forma. - Se requiere que sea de forma esférica o asemeje a un domo, lo cual permite que el agua de lluvia no quede retenida en la superficie y en los días soleados no ocurra quemazón del tejido.

Glucosinolatos. - Son compuestos naturales del metabolismo secundario de las plantas principalmente presentes en las Brassicas. Estas moléculas contribuyen a la defensa de las plantas frente a insectos y patógenos y también tienen propiedades beneficiosas para la salud humana debido a su potencial mecanismo de protección frente a infecciones y al cáncer.

Híbrido. - Se dice del vegetal procreado por individuos de diferente especie.

Hortaliza. - Verduras y demás plantas comestibles que se cultivan en la huerta.

IQF. - (Individual Quick Frozen). Congelación rápida de manera individual.

Inflorescencia. - Parte comestible y comercializable de la planta. Se encuentra compuesta por una masa densa de yemas florales funcionales, color verde gris a morado; puede alcanzar un diámetro hasta de 30 cm en cabezas principales y en los rebrotes laterales alcanzan 10 cm.

Leñoso. - Es la parte más consistente de los vegetales.

Materia orgánica. - Es materia conformada por compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas, animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. La materia orgánica está formada por materia inerte y energía.

Nitratos. - Son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno.

Mineralización. - es el proceso en que cualquier materia orgánica desprenda sus átomos hacia el suelo.

Proteínas. - Son moléculas grandes y complejas que desempeñan muchas funciones críticas en el cuerpo. Realizan la mayor parte del trabajo en las células y son necesarias para la estructura, función y regulación de los tejidos y órganos del cuerpo.

Pella. - El brócoli y la coliflor son cultivos que se caracterizan por producir una inflorescencia inmadura, conocida también como cabeza o pella.

Post cosecha. - es el período comprendido entre la cosecha de la fruta y hortaliza y el momento en que ésta es consumida

Riego. - Aplicación artificial de humedad al suelo con el propósito de suplir humedad adecuada, esencial para el crecimiento de las plantas.

Radícula. - Parte del embrión destinada a ser la raíz de la planta.

Sulforafano. - Es un compuesto orgánico que pertenece a la familia de los isotiocianatos, y se encuentra principalmente en las verduras crucíferas, como el brócoli y previene ciertos tipos de cáncer por alta capacidad antioxidante.

Superficie externa de la pella. - Se refiere al grado de inserción y distribución uniforme de los floretes dentro de la pella que deben dar la apariencia de un domo liso, continuo y uniforme.

Trasplante. - Es un proceso que consiste en extraer una especie del lugar donde está creciendo, para plantarla en otro lugar diferente. En otras palabras, es cambiar una planta de maceta o jardinera, de una maceta al suelo, del suelo a una maceta, o a un huerto o jardín.