

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Rendimiento de cuatro Variedades de Ajo (*Allium sativum* L.) obtenidos por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autor: Bach. Jhonatan Saúl ROJAS ALDERETE

Asesor: Mg. Ladislao Cesar ROMERO RIVAS

Oxapampa – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Rendimiento de cuatro Variedades de Ajo (*Allium sativum* L.) obtenidos por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

.....
Mg. Javier Justo GONZALES ARTEAGA
PRESIDENTE

.....
Mg. Adelmo PARRAGA QUINTANILLA
MIEMBRO

.....
Dr. Benito Filemón BUENDIA QUISPE
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres, Elmer Rojas Castro y Elizabeth Alderete Gómez, quienes con confianza y fortaleza alientan siempre mi vida.

A mis hermanas Karem y Mayumi y a mi hermano Leonardo, por el hermoso regalo de existir en mi vida.

A Lidia Cartagena por su comprensión y cariño en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme y por darme una vida llena de aprendizaje y experiencias.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria – Estación Experimental Donoso - Centro de Investigación y Capacitación Hortícola Kiyotada Miyagawa – Huaral.

Al Ing. Mg. Julio Olivera Soto, jefe del área de Biotecnología de hortalizas y Frutales del Instituto Nacional de Innovación Agraria – Huaral, por su orientación constante, sus consejos, que hicieron posible la culminación de esta investigación.

Al Ing. Mg. Cesar Romero Rivas, por su paciencia y todo el apoyo que me brindó.

A mis jurados calificadores, por su comprensión, dedicación y paciencia en la corrección de mi trabajo de investigación.

A mi familia, por su comprensión durante estos años de mi formación profesional y apoyo incondicional en todas mis metas propuestas.

A mis maestros, por el apoyo brindado en todo momento durante mi estancia en la universidad, por su entrega que influyeron notablemente en mi formación. A mis compañeros, amigos y todos aquellos que de una u otra forma hicieron posible la culminación de esta etapa de mi vida.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Donoso - Huaral, el objetivo fue identificar variedades de ajo, con alto rendimiento, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, frente a características vegetativas indeseables y baja producción, en condiciones de zonas productoras en la provincia de Huaral. Los tratamientos fueron: T1 (INIA - 104 Blanco Huaralino), T2 (Cincomesino), T3 (Napurí) y T4 (Arequipeño). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de hojas, diámetro del cuello basal del pseudotallo, diámetro polar de bulbos, diámetro ecuatorial de bulbos, peso de bulbos y número promedio de dientes. Los resultados fueron: altura de plantas, el tratamiento T3 (96.95 cm) superó con una significación estadística a los demás tratamientos; número de hojas, el tratamiento T1 (10.32 hojas) fue superior a los demás tratamientos; diámetro del cuello basal del pseudotallo, el tratamiento T1 (8.04 mm) fue superior al resto de los tratamientos; diámetro polar de bulbos, todos los tratamientos mostraron ser iguales sin una significación estadística; diámetro ecuatorial de bulbos, los tratamientos T3 (52.43 mm) y T4 (52.05 mm) fueron superiores a los demás tratamientos; peso de bulbos, los mejores tratamientos fueron T4 (43.27 g) y T3 (42.38 g), finalmente, número promedio de dientes, el tratamiento T1 (23.90 dientes) fue superior a todos los demás tratamientos. En cuanto al rendimiento en toneladas por ha, la variedad Arequipeño logró 17.31 t/ha y la variedad Napurí de 16.95 t/ha, siendo las variedades recomendadas para los productores de ajo en el Perú.

Palabras claves: cultivo en cobertores, rendimiento.

ABSTRACT

The research work was carried out at the Donoso-Huaral Agrarian Experimental Station, the objective was to identify varieties of garlic, with high yield, under cover conditions and drip irrigation, from in vitro cultivation, against undesirable vegetative characteristics and low production, in conditions of producing areas in the province of Huaral. The treatments were: T1 (INIA - 104 Blanco Huaralino), T2 (Cincomesino), T3 (Napurí) and T4 (Arequipeño). The variables evaluated were: plant height, number of leaves, diameter of the basal neck of the pseudostem, polar diameter of bulbs, equatorial diameter of bulbs, weight of bulbs and average number of teeth. The results were: plant height, treatment T3 (96.95 cm) surpassed the other treatments with statistical significance; number of leaves, treatment T1 (10.32 leaves) was superior to the other treatments; diameter of the basal neck of the pseudostem, treatment T1 (8.04 mm) was greater than the rest of the treatments; polar diameter of bulbs, all treatments showed to be equal without statistical significance; equatorial diameter of bulbs, treatments T3 (52.43 mm) and T4 (52.05 mm) were superior to the other treatments; bulb weight, the best treatments were T4 (43.27 g) and T3 (42.38 g), finally, average number of teeth, treatment T1 (23.90 teeth) was superior to all other treatments. Regarding the yield in tons per ha, the Arequipeño variety achieved 17.31 t / ha and the Napurí variety of 16.95 t / ha, being the recommended varieties for garlic producers in Peru.

Keywords: crop in covers, yield.

INTRODUCCIÓN

El ajo, un cultivo común en Perú, se cultiva en todo el país en una variedad de climas, desde el nivel del mar hasta los 3.500 metros sobre el nivel del mar. El 38% de la superficie plantada se encuentra en Arequipa, el 27% en Cajamarca, el 21% en Lima y el 14% en Ayacucho. El rendimiento promedio nacional es inferior a 8 toneladas por hectárea, debido a un manejo ineficiente, relacionado principalmente con la selección de la semilla de bulbo y el sistema de cultivo del ajo, que da lugar a ciclos de cultivo que aumentan la acumulación de infecciones sistémicas en todo el país, tales como nematodos, bacterias, hongos, y principalmente virus, lo cual afecta la producción, pero mediante el uso de técnicas biotecnológicas se contará con semillas libres de contaminantes que después de evaluaciones de rendimiento se tendrá semillas de mayor producción. (Nicho y Condor, 2012, p.10)

Burba (1992, como se citó en Seguel y Díaz, s.f) manifiesta que, los problemas fitosanitarios son unos de los principales obstáculos para que el cultivo de ajos logre un buen rendimiento, debido a la reproducción asexual de la especie, donde la única vía de propagación es mediante dientes, que en muchos casos se convierten en vectores de enfermedades en los nuevos cultivos.

Al respecto Alpi y Tognoni (1999) mencionan que, la horticultura en invernadero siempre ha brindado la oportunidad de obtener cosechas de alta calidad en cualquier momento del año, reduciendo el ciclo de crecimiento, permitiendo producir en las estaciones más difíciles del año y consiguiendo precios más altos que con los métodos agrícolas tradicionales. Los ingresos de los agricultores aumentan gracias a ello, y pueden utilizar los fondos adicionales para mejorar sus invernaderos o casas de red, así como los sistemas de riego localizado, lo que se traducirá en un mayor rendimiento y una mejor calidad del producto final.

Entre las muchas ventajas del riego por goteo están su capacidad para hacer un uso más eficiente del agua, insecticidas, fertilizantes y otros compuestos químicos, que pueden aplicarse directamente a través de la línea de riego; su capacidad para distribuir el agua de manera más uniforme por todo el cultivo; y su capacidad para reducir la erosión del suelo. (Pais, 2004)

De este modo, se pone en contexto al lector sobre el problema de investigación, resaltando la importancia del tema en cuestión, y se presenta la alternativa para mejorar la producción del cultivo de ajo mediante la evaluación del rendimiento de plantas libres de patógenos provenientes del cultivo in vitro. Evaluar variedades de ajo para determinar cuál obtiene un mayor rendimiento es una buena opción para abastecer los mercados. Este tipo de estudios deben ser llevados a cabo en un área natural previamente acondicionados en lo posible libre de enfermedades sistémicas y vectores, por tal razón, en el presente experimento, se cultivaron los dientes de ajo bajo cobertores, para favorecer la sanidad de las plantas respecto a plagas y enfermedades.

El objetivo general de este proyecto de investigación era desarrollar cultivares de ajo de alto rendimiento que pudieran cultivarse bajo cubierta y con sistemas de riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, frente a características vegetativas indeseables y baja producción, en condiciones de zonas productoras en la provincia de Huaral.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
	<i>1.3.1 Problema General</i>	2
	<i>1.3.2 Problemas Específicos</i>	2
1.4	FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	3
	<i>1.4.1 Objetivo General</i>	3
	<i>1.4.2 Objetivos Específicos</i>	4
1.5	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.6	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES DE ESTUDIO	7
	<i>2.1.1 Sanidad de Ajo</i>	7
	<i>2.1.2 Cultivo de Ajo Bajo Cobertores</i>	8
	<i>2.1.3 Peso de Bulbo de Ajo</i>	9
	<i>2.1.4 Rendimiento de Semilla Saneada</i>	9
	<i>2.1.5 Baja Producción de Ajo</i>	11
	<i>2.1.6 Bondades de Nuevas Variedades</i>	11
	<i>2.1.7 Rendimiento de Ajo con Riego por Goteo</i>	12
2.2	BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	13

2.2.1	<i>Propagación</i>	13
2.2.2	<i>Riego por Goteo</i>	13
2.2.3	<i>Propagación de Bulbos en Invernadero</i>	14
2.2.4	<i>Varietades de Ajos</i>	14
2.2.4.1	INIA 104 - Blanco Huaralino	15
2.2.4.2	Cincomesino	16
2.2.4.3	Napurí	17
2.2.4.4	Arequipeño	17
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	18
2.3.1	<i>Cultivo en Cobertores</i>	18
2.3.2	<i>Rendimiento</i>	18
2.4	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	19
2.4.1	<i>Hipótesis General</i>	19
2.4.2	<i>Hipótesis Específicas</i>	19
2.5	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	20
2.6	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES	20

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	21
3.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	21
3.3	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	21
3.3.1	<i>Selección de la Semilla</i>	21
3.3.2	<i>Preparación de Camas y Sustrato</i>	22
3.3.3	<i>Desinfección de la Semilla</i>	22
3.3.4	<i>Riego de las Camas con Sustrato antes de la Siembra</i>	22
3.3.5	<i>Siembra</i>	23
3.3.6	<i>Determinación de la Muestra de cada Unidad Experimental</i>	23
3.3.7	<i>Riego por Goteo</i>	23
3.3.8	<i>Fertilización</i>	24
3.3.9	<i>Cosecha</i>	24
3.4	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	25
3.4.1	<i>Material Genético</i>	25
3.4.2	<i>Tratamientos</i>	26

3.4.3	<i>Variables Evaluadas</i>	26
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.5.1	<i>Población</i>	28
3.5.2	<i>Muestra</i>	28
3.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	28
3.6.1	<i>Técnicas de Recolección de Datos</i>	28
3.6.2	<i>Instrumentos de Recolección de Datos</i>	28
3.7	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	28
3.8	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	29
3.8.1	<i>Análisis de ANVA</i>	29
3.8.2	<i>Prueba de Comparación de Duncan</i>	29
3.9	ORIENTACIÓN ÉTICA FILOSÓFICA Y EPISTÉMICA	29

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	31
4.2	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.2.1	<i>Altura de Planta (cm)</i>	32
4.2.2	<i>Número de Hojas (N°)</i>	34
4.2.3	<i>Diámetro del Cuello Basal del Pseudotallo (mm)</i>	36
4.2.4	<i>Diámetro Polar de Bulbos (mm)</i>	38
4.2.5	<i>Diámetro Ecuatorial de Bulbos (mm)</i>	39
4.2.6	<i>Peso de Bulbos (g)</i>	41
4.2.7	<i>Número Promedio de Dientes (N°)</i>	44
4.3	PRUEBA DE HIPÓTESIS	46
4.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
4.4.1	<i>Altura de Planta (cm)</i>	46
4.4.2	<i>Número de Hojas (N°)</i>	48
4.4.3	<i>Diámetro del Cuello Basal del Pseudotallo (mm)</i>	49
4.4.4	<i>Diámetro Polar del Bulbo (mm)</i>	49
4.4.5	<i>Diámetro Ecuatorial del Bulbo (mm)</i>	50
4.4.6	<i>Peso del Bulbo (g)</i>	52
4.4.7	<i>Número Promedio de Dientes de Bulbo (N°)</i>	55

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1 Tratamientos empleados en el experimento.....	26
CUADRO 2 Análisis de varianza para altura de planta	33
CUADRO 3 Prueba de duncan para altura de planta	33
CUADRO 4 Análisis de varianza para número de hojas.....	35
CUADRO 5 Prueba de duncan para número de hojas.....	35
CUADRO 6 Análisis de varianza para diámetro basal del pseudotallo	37
CUADRO 7 Prueba de duncan para diámetro basal del pseudotallo	37
CUADRO 8 Análisis de varianza para diámetro polar de bulbos	38
CUADRO 9 Prueba de duncan para diámetro polar de bulbos	39
CUADRO 10 Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de bulbos.....	40
CUADRO 11 Prueba de duncan para diámetro ecuatorial de bulbos.....	41
CUADRO 12 Análisis de varianza para peso de bulbos	43
CUADRO 13 Prueba de duncan para peso de bulbos	43
CUADRO 14 Análisis de varianza para número de dientes.....	45
CUADRO 15 Prueba de duncan para número de dientes.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Promedios de altura de planta.....	32
FIGURA 2 Promedios de número de hojas	34
FIGURA 3 Promedios de diámetro basal del pseudotallo.....	36
FIGURA 4 Promedios de diámetro polar de bulbos	38
FIGURA 5 Promedios de diámetro ecuatorial de bulbos	40
FIGURA 6 Promedios de peso de bulbos.....	42
FIGURA 7 Promedios de número de dientes	44

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y Determinación del Problema

“Los cultivares de ajo más plantados en Perú son propensos a las infecciones víricas, que dan lugar a un menor rendimiento y a unas características deficientes en los bulbos cosechados” (Nicho y Condor, 2012, p.21).

De acuerdo con Burba (1992, como se citó en Seguel y Díaz, s.f) “debido al sistema de reproducción de ajos, “dientes semillas” las plantas de ajo son altamente vulnerables a enfermedades sistémicas, tales como nematodos, hongos, bacterias, y principalmente virus, lo cual disminuye la producción”.

El ajo se propaga de forma asexual, como consecuencia, se cuenta con un número reducido de clones o variedades de alta calidad biológica que se obtienen en el laboratorio, pasando por un proceso de adaptación de los microbulbillos, hasta llegar a obtener semilla prebásica para iniciar su cultivo a gran escala. (Bhojwani, 1980)

Uno de los impedimentos más importantes para el desarrollo de la producción de ajo en el Perú es el bajo rendimiento causado por la escasez de semilla de alta calidad. La semilla de alta calidad no sólo debe generar un producto excepcional, sino debe ser adaptable a las condiciones agroclimáticas de cada lugar y obtener un gran volumen de producto. (Nicho y Condor, 2012, p.21)

Después de un análisis sobre los problemas en el cultivo de ajo bajo condiciones del estudio se determinó como problema primordial, el bajo rendimiento del cultivo de ajo, el cual motiva el presente estudio.

1.2 Delimitación de la investigación

Delimitar una investigación significa especificar en términos concretos nuestras áreas de interés en la búsqueda, establecer sus alcances y decidir las fronteras de espacio, tiempo y circunstancias que le impondremos a nuestro estudio. El presente trabajo es investigación experimental, con la manipulación de especies vegetales de ajo, con cuatro repeticiones en la provincia de Huaral.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema General

¿La baja producción y sus consecuencias en zonas productoras de ajo mejorarían con cuatro variedades provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿La altura de plantas mejoraría con cuatro variedades de ajo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral?
- ¿El número de hojas mejoraría con cuatro variedades de ajo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral?
- ¿El diámetro del cuello basal del pseudotallo mejoraría con cuatro variedades de ajo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral?
- ¿El bajo calibre de diámetro polar de bulbos mejoraría con cuatro variedades de ajo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral?
- ¿El bajo calibre del diámetro ecuatorial de bulbos mejoraría con cuatro variedades de ajo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral?
- ¿El peso de bulbos mejoraría con cuatro variedades de ajo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral?
- ¿El número de dientes se reduciría con cuatro variedades de ajo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral?

1.4 Formulación de Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Identificar las variedades de ajo, con alto rendimiento, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, frente a

características vegetativas indeseables y baja producción, en condiciones de zonas productoras en la provincia de Huaral.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la altura de planta de cuatro variedades de ajo, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro.
- Determinar el número de hojas de cuatro variedades de ajo, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro.
- Determinar el diámetro del cuello basal del pseudotallo de cuatro variedades de ajo, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro.
- Determinar el diámetro polar de los bulbos de cuatro variedades de ajo, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro.
- Determinar el diámetro ecuatorial de bulbos de cuatro variedades de ajo, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro.
- Determinar el peso de bulbos de cuatro variedades de ajo, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro.

- Determinar el número promedio de dientes de cuatro variedades de ajo, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro.

1.5 Justificación de la Investigación

Se realizó la investigación para posibilitar una oportunidad en la mejora de la economía de los agricultores del valle de Huaral, al incorporar la variedad de mayor rendimiento, al respecto Bejarano (1998) menciona que, “las ocupaciones básicas de la agricultura están asociadas a la producción de alimentos, al capital, a las divisas para los sectores de agricultores en expansión, a la contribución directa del crecimiento y a la reducción de la pobreza”.

Así mismo, al incorporar la o las variedades que obtengan mayor rendimiento posibilitará satisfacer no solo los mercados nacionales, sino también el mercado extranjero como el colombiano, así lo menciona Agrodaperu (2014, como se citó en Prato-Sarmiento, 2015) recientemente, se ha producido un aumento significativo de las importaciones de ajo peruano en Colombia, que se utilizan tanto para el consumo en fresco como para la producción de semillas de propagación asexual (dientes de ajo). Los envíos de ajo a Colombia se incrementaron en un 182% en el primer semestre de 2010 en comparación con el mismo periodo de 2009, convirtiéndose en uno de los mercados más importantes del país.

Se utilizaron cuatro variedades de ajos obtenidas por la técnica in vitro, para ofertar plantas libres de patógenos u otras características no deseables (bulbos pequeños y virus) al respecto Ramírez et al. (2005) mencionan que, para crear líneas desprovistas del virus del mosaico, se utilizaron técnicas

biotecnológicas. Éste es el agente causante de la enfermedad vírica más grave del cultivo, que puede provocar pérdidas de hasta el 40% en los clones comerciales cuando está presente. Como parte de su investigación, utilizó métodos in vitro para identificar la presencia del virus del mosaico. Se ha validado el método existente, así como la certificación de líneas de plantas in vitro que se emplearán en operaciones de micropropagación.

Identificar el(los) mejor(es) material(es) genético(s) a partir de cuatro variedades de ajos provenientes de cultivo in vitro, determinando el crecimiento y potencial productivo para recomendar a los productores de ajo de la provincia de Huaral, y zonas productoras similares, al respecto Pérez, Navarro et al. (2010) en su trabajo “Evaluación de rendimiento de compuestos de ajo tipo Taiwán”, mencionan que, al comparar los rendimientos experimentales promedio con el rendimiento promedio del ajo dado para el estado de Guanajuato, los compuestos de mayor rendimiento estudiados elevaron los rendimientos experimentales promedio en más del 100%, así también se espera determinar el crecimiento y potencial productivo del mejor material genético, para recomendar a los productores de ajo de la provincia de Huaral.

1.6 Limitaciones de la investigación

El limitaciones en la investigación son las restricciones en el diseño, los métodos o incluso las limitaciones de los investigadores que afectan e influyen en la interpretación de los resultados finales de su investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudio

2.1.1 Sanidad de Ajo

Madariaga et al. (2020) en su estudio “Valorización y diversificación del cultivo del ajo”, concluyen que, “mediante la técnica de cultivo in vitro, las plantas de ajo son libres de virus y logran altos rendimientos”.

Conci et al. (2003) concluyen que, los cultivos desprovistos de fitopatógenos están mejor equipados para mostrar todo su potencial de producción, a pesar de que la producción de plantas de ajo a partir del cultivo de meristemas es un proceso laborioso que requiere muchos ciclos productivos para alcanzar la estabilidad del cultivo.

Escaff et al. (1993) concluyen que, “con el cultivo de ajo in vitro, se mejora significativamente las bondades de las plantas de ajo como obtener plantas libres de enfermedades”.

INIA-Estación Experimental Agraria Donoso-Huaral (2013) en su trabajo sobre “Producción de semilla de ajo, empleando la técnica de micropropagación”, menciona que, además de los virus y los nematodos, el ajo se ve afectado por enfermedades producidas por diversos patógenos, que disminuyen la producción y la calidad del producto cosechado entre un 30 y un 70%. Se pueden producir plantas sanas y fuertes mediante el uso de la micropropagación y el cultivo de meristemas, con lo que se obtienen mayores rendimientos.

2.1.2 Cultivo de Ajo Bajo Cobertores

Madariaga et al. (2020) concluyen que, sólo en el primer ciclo de producción se obtuvo un bulbo de ajo chino de calidad comercial, procedente de plantas libres de virus cultivadas bajo una red antiáfidos. Cuando se midió el diámetro ecuatorial de todo el material recogido, el 42 por ciento de los bulbos tenía calidad de flor extra, el 28 por ciento tenía calidad de flor, el 18 por ciento tenía calidad de primera y el 12 por ciento tenía calidad de segunda. No se identificó ningún bulbo con un diámetro ecuatorial lo suficientemente grande como para entrar en la tercera categoría. Aparte de eso, cuando se revisaron 50 bulbos elegidos al azar, se descubrió un peso medio de 90 g, con una media de 10 bulbos por bulbo examinado. Como ejemplo, en el caso del ajo rosa, los bulbos recogidos después del primer ciclo de producción no presentaban calidad comercial, ya que el 85% de ellos no entraba en ninguna de las categorías de exportación y tenía un peso medio de 19 g, con un número medio de bulbillos por bulbo.

Escaff et al. (1993) en el laboratorio de Biotecnología de la E.E. La Platina, Chile, concluyen que, al final del primer ciclo (un año) de producción de semillas de ajo, se obtienen plantas que casi no reflejan las cualidades de las

variedades originales, presentando colores más morados, plantas ramaleadas, tamaños relativamente pequeños, y en general con características que no representan la verdadera variedad original, por los diferentes tratamientos a que han sido expuestas las plántulas. Posteriormente viene un segundo ciclo, que consiste en reproducir los bulbos con una técnica semejante a la de producción comercial de ajo. Se consideran una serie de medidas que impidan la reinfectación de las plantas que constituirán el stock básico de semillas.

2.1.3 Peso de Bulbo de Ajo

Canavelli et al. (1998) concluyen que, los bulbos de ajo Rosado Paraguayo producidos por las plantas infectadas con la combinación viral son un 43-53% más ligeros en peso que los bulbos generados por las plantas que no fueron infectadas con la mezcla de virus. Por otro lado, el peso de los bulbos se redujo entre un 24 y un 39 por ciento cuando sólo estaba presente el OYDV (Onion Yellow Dwarfism Virus) en el cultivo de la cebolla. Además, se descubrió que existía una relación entre la concentración viral y la productividad.

Acosta y Lujan (1998) en su trabajo “Crecimiento y rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, México”, mencionan que, el estado de Chihuahua tiene alto potencial para producción de ajo (*Allium sativum* L.) de buena calidad; los cultivares difieren en sus características fenotípicas, y la temperatura y fotoperíodo afectan su adaptabilidad. Los más rendidores fueron Chino Calera (14.3 t/ha), coreano (13.1 t/ha) y chino CEDEL (13 t/ha); pero coreano presentó el mayor porcentaje de bulbos mayores de 6.5 cm (9%) y 6 cm (18%).

2.1.4 Rendimiento de Semilla Saneada

Castillo et al. (s.f) mencionan que, se ha conseguido un rendimiento continuo de semilla mejorada gracias al programa de producción de semilla saneada y rápidamente el sector productivo adoptó su utilización por la demanda creciente de este tipo de semillas. Con el uso de semillas esterilizadas, la superficie plantada con ajo en Uruguay alcanzó el 80% de toda la superficie cultivada con este producto tras sólo cuatro años de producción. Con materiales esterilizados se han logrado rendimientos de hasta 15.000 kg/ha de ajo rojo en promedio, lo que demuestra importantes ganancias de productividad y calidad.

Pérez, García et al. (2003) en su trabajo “Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento agronómico e industrial”, mencionan que, en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato se evaluó el rendimiento, las características de calidad del bulbo y el rendimiento industrial de cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) durante los ciclos de otoño-invierno de 1988-1989, 1989-1990, 1991-1992 y 2001-2002. Se ensayaron varios genotipos, incluyendo el morado y el blanco, con resultados que variaron según el genotipo y el ciclo vegetativo. La producción de campo, la calidad y el rendimiento industrial de cualquiera de los primeros cultivares fueron todos inferiores. En cuanto al rendimiento en campo, el peso medio de los bulbos y el número de dientes por bulbo entre los cultivares de ciclo intermedio o tardío, destacaron los siguientes cultivares: Cristal, Chileno Compuesto N° 1, Taiwán y Chileno Compuesto N° 2. Cristal, Pocitas, Hermosillo y Napura fueron los cultivares que tuvieron la mayor producción industrial (t/h de ajo deshidratado).

Izquierdo y Gómez (2007) en su trabajo, “Vietnamita, un clon de ajo (*Allium sativum* L.) de alta calidad fitosanitaria y buen potencial de rendimiento”, mencionan que, “Su investigación comenzó con un estudio de los mayores

productores de ajo del mundo. Además, demostró un fuerte rendimiento frente a las plagas y enfermedades más importantes que afectan al cultivo, así como una buena calidad de las semillas y un alto potencial de producción del cultivo”.

2.1.5 Baja Producción de Ajo

Pérez, Gómez et al. (2008) mencionan que, el ajo (*Allium sativum L.*) está afectado por una variedad de virus difíciles de distinguir. El objetivo de su estudio era encontrar virus en plantas de ajo recogidas en diez lugares diferentes y evaluar cómo afectaban a las características agronómicas y a la calidad del ajo en cada lugar. Recogió bulbos del tipo Taiwán de plantas que parecían estar en buen estado, así como de aquellas que mostraban signos de infección viral. Se realizaron dos pruebas distintas: en la primera se midió la altura del bulbo, el diámetro, el peso del bulbo y el número de bulbillos por bulbo; en la segunda, se contaron los bulbillos por bulbo. A continuación, se volvieron a evaluar las variables, esta vez incluyendo la salud de la planta, la altura de la planta, el número de hojas por planta y los síntomas virales. Los resultados indican que el complejo viral tiene un impacto perjudicial en las características agronómicas y de calidad del ajo en cada uno de los 10 sitios de investigación.

2.1.6 Bondades de Nuevas Variedades

Macías et al. (2010) mencionan que, la selección individual a partir del clon C-37-1/8 dio lugar al desarrollo de la variedad de ajo "San Marqueo". Esta nueva variedad es del tipo Perla, con un ciclo vegetativo semitardío de 210 días desde la siembra hasta la cosecha, con establecimiento en el mes de octubre. Aproximadamente 14 dientes se distribuyen uniformemente dentro del bulbo de forma ovalada, de color blanco nacarado. Sus hojas son verticales y de color verde grisáceo, con un margen verde grisáceo. Produce un rendimiento

económico de 17,0 t/ha cuando se cultiva a escala comercial. Para desarrollar clones de ajo con características de alta producción y calidad, la selección individual es una estrategia adecuada. Es posible aumentar el rendimiento en más de un 60% y mejorar la calidad reduciendo el número de dientes por bulbo, de 18 a 20 dientes por bulbo a 14 dientes por bulbo, utilizando este enfoque.

Reveles-Hernández et al. (2017) mencionan que, en el municipio de Villa de Cos, Zacatecas, se produjo una nueva variedad de ajo conocida como Barretero a partir de muestras tomadas allí. Tiene características como el vigor, la sanidad, la forma del bulbo y el rendimiento que son superiores a los de otras variedades de ajo de la región. En comparación con el tipo Calerense, esta variedad tiene una media de 13 dientes con líneas de color rosa a púrpura en ellos, así como un tamaño y una forma constantes. Su densidad relativa también es mejor que la de la variedad Calerense. Aunque la variedad Barretero es algo más alta (61 cm) que la Calerense (43 cm), el número de hojas de la variedad Barretero es menor (9,7) que el de la Calerense (17,8), lo que se compensa con el mayor tamaño de las hojas de la variedad Barretero (62,5 frente a 48,9). En comparación con los tipos de bulbo blanco, que tienen un ciclo de cosecha de 240 días, las plantas tienen un ciclo intermedio de 220 días para alcanzar la madurez. Se puede esperar un potencial de rendimiento de aproximadamente 26 t/ha de este nuevo cultivar.

2.1.7 Rendimiento de Ajo con Riego por Goteo

Barrios-Díaz et al. (2006) en su trabajo, “Efecto del sistema de riego y tensión de humedad del suelo en rendimiento y calidad del ajo”, mencionan que,

cuando la sobreexplotación de los acuíferos se convierte en un problema, los productores de hortalizas del estado mexicano de Guanajuato están utilizando sistemas de riego más eficaces, como el riego por goteo. Los efectos del riego por goteo en el rendimiento y calidad de bulbos de ajo bajo este sistema de suministro de agua fueron los siguientes, en el cultivo de ajo cv. Tacázcuaró, el rendimiento fue de 29 t/ha y el calibre de bulbo fue el super colosal (70 a 75 mm de diámetro).

2.2 Bases Teóricas Científicas

2.2.1 Propagación

Condor (2012) menciona que, las plantas de ajo se propagan mediante dos métodos: las semillas sexuales y los dientes o bulbillos de origen vegetativo; como las flores de ajo rara vez son viables, las semillas son muy poco frecuentes y se utilizan para la mejora genética mediante cruces y para obtener plantas libres de virus. Al igual que las semillas botánicas, los bulbillos florales no se forman en cantidad suficiente para su uso y carecen de los componentes nutricionales que se encuentran en los dientes normales (bulbillos).

2.2.2 Riego por Goteo

La irrigación tecnológicamente mejorada se utiliza ampliamente para la agricultura a gran escala mundial, y es uno de los avances técnicos que más rápidamente se han desarrollado en los últimos años. Esto ha permitido incluir grandes regiones con suelos marginales o en lugares con un suministro de agua limitado, ampliando así la superficie cultivada. Los beneficios del riego por goteo incluyen el uso eficiente del agua en comparación con otros sistemas de riego tecnológicamente avanzados, la posibilidad de aplicar fertilizantes, insecticidas u otros compuestos químicos directamente a través de la línea de riego, una

distribución más uniforme del agua en todo el cultivo y la evitación de la pérdida de suelo debido a la erosión causada por el riego tradicional. Los inconvenientes son el elevado coste de la instalación inicial, la posibilidad de que se obstruyan los emisores y la necesidad de contar con trabajadores especializados para manejar el equipo. (Pais, 2004)

2.2.3 Propagación de Bulbos en Invernadero

Al respecto Alpi y Tognoni (1999) mencionan que, tradicionalmente, la jardinería en invernadero ha permitido obtener cosechas de alta calidad en cualquier época del año, reduciendo el ciclo de crecimiento, permitiendo la producción durante las temporadas más difíciles y consiguiendo precios más altos. Cuando los agricultores aumentan sus ingresos como resultado, pueden gastar en la mejora de sus invernaderos o casas de red, sistemas de riego localizado y sistemas de control de la temperatura, entre otras cosas, lo que finalmente se traducirá en un aumento de los rendimientos y la calidad del producto.

2.2.4 Variedades de Ajos

Burba y Blanco (1986, como se citó en Izquierdo y Quiones, 2001) “Esta hortaliza presenta una fascinante gama de cultivares en todo el mundo, que varían en cuanto a madurez, latencia, necesidades de frío, tamaño del bulbo y número de bulbillos, color de la hoja protectora y facilidad para liberar el tallo floral, entre otras características”.

Burba (2009) menciona que, la especie *Allium sativum* L., llamada ajo común, ajo doméstico o ajo de huerta, se puede mencionar tres subespecies (botánicamente llamadas variedades), que son pekinense, sativum y ophioscorodon. Según algunas escuelas populares, algunas de estas variedades

estarían “especializadas” en producir bulbillos aéreos y otras en bulbillos subterráneos, aunque, según las condiciones ambientales de cultivo o las temperaturas del almacenamiento de la “semilla”, las variedades pueden producir dos tipos de propágulos, tal es el caso de ajos “blancos”, que por lo general no emiten vara floral, pero sí lo hacen en regiones muy frías, y por consiguiente la denominación hardneck (de cuello duro o con vara floral) o softneck (de cuello blando o sin vara floral).

2.2.4.1 INIA 104 - Blanco Huaralino

Nicho (2005) describe que, este cultivar que, es una variedad híbrida generada a partir de bulbillos adquiridos por el proceso de cultivo in vitro, que parece conferir a su descendencia un vigor comparativo superior al de otras variedades de la especie. Es un cultivar tardío que tiene un ciclo vegetativo de 6 meses y medio, clasificado como una subespecie de la vulgare. Las características foliares deben ser similares a las del grupo "Napurí" porque desarrolla un bulbillito en el pseudotallo; sin embargo, tiene una mejor disposición vertical de sus láminas foliares (representadas todas juntas en forma de "v"), que son de naturaleza flexible, y a partir del último tercio de las mismas apoya sus hojas en el suelo, la lámina conserva su color verde intenso durante todo el período vegetativo, incluso durante la maduración y el llenado del bulbo. Por las notables cualidades productivas y de calidad del bulbo, podría deducirse que es más tolerante a las condiciones ambientales que prevalecen en la costa central de Perú (bajo contenido de materia orgánica, pH alcalino, con alto porcentaje de materia calcárea, alta humedad relativa y enfermedades foliares, etc.). Además, se distingue por alcanzar la mayor

producción comercial posible, con una predisposición del 80% a bulbos de mayor diámetro, dientes anchos, tipo cuña (3 planos) como alargados, y túnicas exteriores blancas muy resistentes a la abrasión por circunstancias de manipulación y almacenamiento. Para ello, el Programa Nacional de Investigación en Hortalizas del INIA evaluó germoplasma de ajo recolectado en las zonas productoras de la región, tras lo cual se creó el cultivar INIA-104 Blanco Huaralino, obtenido por selección a partir del cultivar Blanco Huaralino. El ajo INIA 104 es una variedad muy productiva con una calidad de bulbo excepcional, que alcanza los 84 centímetros de altura, tiene 13 hojas, un diámetro de 1,2 centímetros en el cuello, un color de hoja verde intenso y produce 14 bulbos por núcleo. Además de tener una forma única en "V" en el punto de inserción del pseudotallo (vainas), la planta también exhibe un tono verde particularmente brillante durante todo su ciclo de vida. Con una producción de más de 15 t/ha (superior a la media nacional de 8 t/ha) y un potencial de producción de hasta 24 t/ha, la variedad de ajo INIA 104 - Blanco Huaralino se distingue de la competencia. En comparación con los otros cultivares, también tiene un 80% de probabilidad de producir bulbos más grandes.

2.2.4.2 Cincomesino

Nicho (2005) menciona que, en la costa central del Perú, este cultivar es bastante abundante, y tiene un período vegetativo de 5 meses. Su hoja es de color verde amarillento (verde claro), y desarrolla clorosis a medida que se acerca a la madurez (foliar). El hábito de crecimiento del follaje es postrado con gran flexibilidad desde que brota hasta la cosecha;

las hojas basales y las que alcanzan el máximo alargamiento (tercer mes del periodo vegetativo) descansan en el suelo, lo que dificulta y hace inadecuada la escarda y la fertilización por el daño que se produce al pisarlas o romperlas. Este cultivar es precoz, y los bulbos en la madurez suelen adquirir un ligero color púrpura (seco), tienen una forma irregular y presentan bulbillos en el pseudotallo; los dientes son de dos tipos, uno (triangular de tres lados), perfecto hacia la periferia del bulbo, y el otro de forma alargada hacia el centro; el rendimiento es de 14 toneladas por hectárea.

2.2.4.3 Napurí

Tamo (1991, como se citó en Torres, 2018)“hace referencia que, en Arequipa este cultivar se ha adaptado muy bien, por debajo de los 3000 m.s.n.m el tamaño de la porción aérea de la planta alcanza unos 70 cm; las hojas son estrechas de color verde claro, presentan inflorescencia que no se abren; el bulbo es de color violáceo de 12 – 15 dientes de distribución irregular y sobre montados, con un bulbo de 4.5 cm de diámetro; es un cultivar precoz con un periodo vegetativo de 5 meses a 5 meses y medio. Presenta un peso promedio de bulbos de 40 g.

2.2.4.4 Arequipeño

Tamo (1991, como se citó en Torres, 2018) menciona que, es la variedad de ajo más cultivada en Perú; el tamaño de la parte aérea puede alcanzar hasta 60 cm de altura, con hojas largas y estrechas bifurcadas y una inflorescencia envuelta en brácteas; el bulbo contiene de 10 a 15 dientes, cada uno de los cuales mide 5 cm de diámetro en el ecuador, y los dientes están cubiertos por una vaina blanca que imparte dureza al bulbo

blanco; se producen de 6,6 a 9,8 toneladas de producto por hectárea con una excelente conservación y rendimiento.

Ortega (1993, como se citó en Torres, 2018) menciona que “en el comercio nacional, este tipo de ajo también se denomina "ajo serrano", mientras que los otros clones se denominan ajos criollos o ajos costeros”.

2.3 Definición de Términos Básicos

2.3.1 Cultivo en Cobertores

Según Olivera (2009) menciona que, una de las muchas características de los cultivos de cobertura es que las plantas crecen y se desarrollan en un entorno protegido de la entrada de insectos vectores que pueden propagar virus, además de otras plagas. Del mismo modo, el uso de un sustrato desinfectado permite una propagación libre de patógenos, así como el uso de plántulas o semillas libres de virus procedentes de la propagación in vitro, lo cual es ventajoso. Las plantas libres de patógenos proporcionan un alto rendimiento en los cultivos de propagación vegetativa, por lo que se producen excelentes rendimientos. Durante el procedimiento, hay dos etapas distintas: la de laboratorio y la de invernadero, ambas bien definidas.

2.3.2 Rendimiento

FAO (2014) Rendimiento potencial (t/ha): Es el rendimiento del cultivo estudiado que teóricamente puede alcanzarse en función del nivel de insumos especificado y de la idoneidad de la región evaluada para la explotación y el cultivo analizado. Rendimiento actual (toneladas por hectárea): Según las técnicas actuales de producción agrícola (nivel de insumos), es el rendimiento del cultivo

elegido que se alcanza en la región investigada, expresado en toneladas por hectárea.

2.4 Formulación de Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

- El bajo rendimiento en zonas productoras de ajo se incrementará con el uso de cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- La altura de plantas mejorará con cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.
- El número de hojas mejorará con cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.
- El diámetro del cuello basal del pseudotallo mejorará con cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.
- El bajo calibre de diámetro polar de bulbos mejorará con cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.
- El bajo calibre del diámetro ecuatorial de bulbos mejorará con cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.

- El peso de bulbos mejorará con cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.
- El número de dientes se reducirá con cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral

2.5 Identificación de variables

Una variable es una forma de expresar las características o atributos que tienen en común los sujetos que participan en una investigación o experimento y pueden presentarse en modalidades diferentes o por grados.

2.6 Definición operacional de variables e indicadores

Proceso en el cual se transforma la variable, de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles. Se define como las características subdivididas de la variable. El indicador es la propiedad de la variable susceptible de ser medida.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación

Es aplicada porque se recurrió a los conocimientos de las ciencias agrícolas para resolver el problema, la baja producción y sus consecuencias en zonas productoras de ajo mejorarían con cuatro variedades provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.

3.2 Nivel de investigación

La presente investigación fue de nivel exploratoria.

3.3 Método de Investigación

3.3.1 Selección de la Semilla

Se realizó la selección de las semillas escogiendo los dientes más grandes

de los bulbos producidos en los ensayos previos hechos por el “Programa Nacional de Investigación en Hortalizas en la E.E.A. Donoso – Huaral”. Para el presente experimento se utilizaron los dientes de la periferia de los bulbos, al seleccionar los dientes se eliminaron los de la parte central del bulbo porque suelen ser muy alargados y dan lugar a bulbos malformados.

3.3.2 Preparación de Camas y Sustrato

Se realizó la construcción de camas de 10 m de longitud por 1.5 m de ancho (anexo 1) utilizando ladrillos de 20 cm de largo por 11 cm de ancho y 10 cm de alto, los cuales sirvieron como barrera y soporte al sustrato, seguidamente se colocó el material de polietileno de color negro en el fondo de la cama para evitar que el agua del riego se pierda, posteriormente se hizo la desinfección de la arena con Pentacloronitrobenceno, luego se procedió a hacer la mezcla de la arena y humus de lombriz en la proporción 3:1 para conformar el sustrato.

3.3.3 Desinfección de la Semilla

Se realizó la desinfección de la semilla utilizando Benomyl, al 1%, se procedió a remojar las semillas de ajo durante cinco minutos en un contenedor para luego pasar a sembrar las semillas en las camas ya preparadas con el sustrato.

3.3.4 Riego de las Camas con Sustrato antes de la Siembra

Luego de preparar todas las camas con el sustrato, se procedió a regarlas utilizando una manguera para proporcionar suficiente humedad al sustrato antes de realizar la siembra.

3.3.5 Siembra

Se realizó la siembra en hileras, tomando como patrón de distanciamiento entre plantas 10 cm y entre hileras 15 cm, utilizando una pequeña estaca de madera para hacer un agujero de 3 cm de profundidad, los dientes de ajo deben plantarse en el suelo de forma que su parte más fina quede hacia arriba y se cubran sólo con una pequeña cantidad de tierra y se presionen ligeramente. Esto se debe a que cuando los dientes de ajo se plantan en el surco sin ninguna disposición, caen en diferentes posiciones, lo que da lugar a plantas con cuellos retorcidos. Se empleó 32 kilos de semilla para los 4 tratamientos en las 4 repeticiones.

3.3.6 Determinación de la Muestra de cada Unidad Experimental

Cuando las plantas empezaron a desarrollarse y crecer, se procedió a señalar al azar con pedazos de cinta de color blanca a 15 plantas de los surcos centrales (anexo 2) que constituyeron la muestra de cada unidad experimental, con el propósito de realizar las posteriores evaluaciones de las variables en estudio para este experimento.

3.3.7 Riego por Goteo

Los riegos se realizaron frecuentemente, teniendo en cuenta los periodos de crecimiento de la planta, para el lapso del primer mes se regó por espacio de 1 hora diaria; a partir del segundo mes hasta el quinto mes se regó por espacio de 3 horas diarias, por las mañanas y las tardes, finalmente. Al sexto mes, cuando las plantas de ajo alcanzaron la madurez y se empezaron a secar, se regó 2 horas interdiarias, el último riego se aplicó a los 15 días antes de la cosecha, con el objetivo de facilitar el secado de las hojas y catáfilas envolventes del bulbo, además de favorecer el proceso de llenado de los bulbos.

Respecto al sistema de riego por goteo se dispuso tres cintas de riego de 10 m. de longitud por cama, con orificios situados a cada 0.25 m., haciendo un total de 120 orificios por las 3 cintas de riego, el volumen de caudal por orificio fue de 1.2 l/hora.

3.3.8 Fertilización

Se realizó la fertilización al segundo mes después de la siembra con la dosis 11-20-11, abriendo surcos entre las hileras, con los siguientes fertilizantes y cantidades por elemento: Sulfato de potasio 21.5 k, Superfosfato triple 21.50 k, Fosfato diamónico 21.50 k, Urea 15.5 k, haciendo un total de 80 k de fertilizante para la primera aplicación. La dosis fue recomendada por los expertos en E.E.A Donoso Huaral.

La segunda fertilización se realizó al cuarto mes después de la siembra, se utilizó los mismos fertilizantes y se realizó la aplicación de igual modo que la primera vez.

Respecto a la aplicación de los microelementos, se suministró a través de aspersiones al follaje desde el segundo mes después de la siembra, se aplicó sulfato de magnesio al 16% cada 15 días hasta completar seis aplicaciones en dosis de 300 g por 20 litros de agua. No se suministraron otros tipos de microelementos porque solo en las zonas frías se presentan marcadas deficiencias de estos microelementos y se recomienda aplicaciones de azufre, hierro, zinc y boro, que el cultivo utiliza en pequeñas cantidades.

3.3.9 Cosecha

La cosecha se efectuó de forma manual, es decir arrancando las plantas cuidadosamente para evitar causar daños a los bulbos, esta labor fue realizada 6

meses después de la siembra, cuando las hojas de las plantas de ajos empezaron a secarse y a postrarse al suelo.

La cosecha de las plantas en evaluación se realizó con mucho cuidado de no mezclarlas con las otras plantas de ajos que no se encontraban en estudio, para lo cual se procedió a aislarlas en un lugar separado dentro de los cobertores para su posterior evaluación.

3.4 Diseño de Investigación

Los tratamientos fueron establecidos bajo un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con 4 tratamientos y 4 repeticiones (anexo 3), se determinaron los siguientes tratamientos: T1: INIA - 104 Blanco Huaralino; T2: Cincomesino; T3: Napurí; T4: Arequipeño.

El modelo Aditivo Lineal fue el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

X_{ij} = Dato cualquiera del experimento

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Es el error aleatorio no observado, debido a variaciones incontrolables del valor de los tratamientos y repeticiones.

3.4.1 Material Genético

INIA - 104 Blanco Huaralino, Cincomesino, Napurí y Arequipeño, semillas que fueron obtenidas por cultivo *In vitro*, provenientes de los trabajos de producción de semilla de ajo en el laboratorio de Biotecnología del INIA.

3.4.2 Tratamientos

Los tratamientos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

Cuadro 1

Tratamientos empleados en el experimento.

N°	Tratamientos
T1	INIA - 104 Blanco Huaralino
T2	Cincomesino
T3	Napurí
T4	Arequipeño

3.4.3 Variables Evaluadas

a. Altura de Planta (cm)

Se realizó la primera evaluación a partir del tercer mes después de la siembra, a intervalos de 20 días, haciendo un total de tres evaluaciones. Esta labor se realizó utilizando una cinta métrica, se tomó la medida desde la base del cuello de la planta hasta el punto de mayor crecimiento.

b. Diámetro del Cuello Basal del Pseudotallo (mm)

Se evaluó esta variable a partir del tercer mes de instalado el cultivo, la evaluación fue cada veinte días hasta el día de la cosecha, teniendo en total tres evaluaciones; la toma de los datos, se produjo a la altura del cuello de la planta para lo cual se contó con la ayuda de un vernier de metal.

c. Número de Hojas (N°)

Se realizó la primera evaluación a partir del tercer mes después de la siembra, a intervalos de 20 días, haciendo un total de tres evaluaciones. Se contó el número de hojas mediante la observación directa.

d. Diámetro Polar de Bulbos (mm)

Se utilizó un vernier de metal, el cual se ubicó en el sentido polar de los bulbos, teniendo cuidado de no ejercer demasiada presión para evitar dañarlos, esta labor se realizó después del proceso de curado.

e. Diámetro Ecuatorial de Bulbos (mm)

Se realizó de la misma manera que la variable anterior; se colocó el vernier en la parte ecuatorial más prominente del bulbo, teniendo cuidado de no ejercer demasiada presión sobre los bulbos y evitar dañarlos, esta labor se efectuó después del proceso de curado.

f. Peso de Bulbos (g)

Para determinar el peso de los bulbos se procedió a separarlos del resto de la planta, haciendo uso de tijeras desinfectadas, posteriormente, se trasladaron los bulbos para ser pesados al laboratorio donde se encontraba la balanza digital. Esta labor se realizó después del proceso de curado.

g. Número Promedio de Dientes (N°)

Para determinar esta variable, excepcionalmente se tomó al azar 5 bulbos por cada tratamiento y repetición. Se separaron los dientes de los bulbos con las manos y se realizó la contabilización respectiva. Esta actividad se llevó a cabo después de que concluyó el proceso de curado.

3.5 Población y Muestra

3.5.1 Población

Se trabajó con cuatro variedades de ajos, cada variedad contenía 800 plantas, haciendo un total de 3200 plantas. Se tuvo cuatro repeticiones por tratamiento, lo cual conforma una población total de 12800 plantas.

3.5.2 Muestra

La muestra estuvo constituida de 15 plantas por cada tratamiento y repetición, las cuales se señalaron de los surcos centrales de forma aleatoria.

3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1 Técnicas de Recolección de Datos

- a. Análisis Documental:** Se utilizó esta técnica para la discusión de los resultados de los datos de las variables.
- b. Observación Directa:** Resultados de la variable del desarrollo vegetativo y de rendimiento.

3.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos

- a. Ficha de Registro:** Instrumento que permitió el registro de datos de las variables evaluadas.

3.7 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los datos recolectados de cada variable se registraron en el software Excel, luego fueron procesados con el software INFOSTAT y poder calcular parámetros estadísticos como; el coeficiente de variabilidad y el análisis de

varianza (ANVA) con el propósito de identificar si existe significancia entre los tratamientos; la comparación múltiple de medios se efectuó mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) con el fin de contrastar la hipótesis en estudio, finalmente se analizó e interpretó los resultados de las variables.

3.8 Tratamiento Estadístico

3.8.1 Análisis de ANVA

El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales.

3.8.2 Prueba de Comparación de Duncan

Se utiliza para comparar las medias de todos los pares de datos. La técnica de Nuevo Rango Múltiple de Duncan se ideó inicialmente en 1951, sin embargo, posteriormente cambió su enfoque original para producir lo que ahora se conoce como el método del Nuevo Rango Múltiple de Duncan. Este examen no necesita una prueba previa de nivel F, de modo que, aún sin ser la prueba F significativa, la prueba de comparación de Duncan puede llevarse a cabo. (Mendoza y Bautista, 2002).

3.9 Orientación Ética Filosófica y Epistémica

El trabajo de investigación no incluye personas ni animales en ninguna etapa del experimento, por lo tanto, el estudio no ingresó a ninguna comisión de ética.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del Trabajo de Campo

El estudio se realizó bajo condiciones de la costa central, en la provincia de Huaral, en la estación experimental INIA Donoso, región Lima, a 188 m.s.n.m, sur 11°30'03", oeste 77°12'33".

El estudio consideró como objetivo general identificar las variedades de ajo, con alto rendimiento, bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, frente a características vegetativas indeseables y baja producción, en condiciones de zonas productoras en la provincia de Huaral, siendo la hipótesis general; el bajo rendimiento en zonas productoras de ajo se incrementará con el uso de cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones

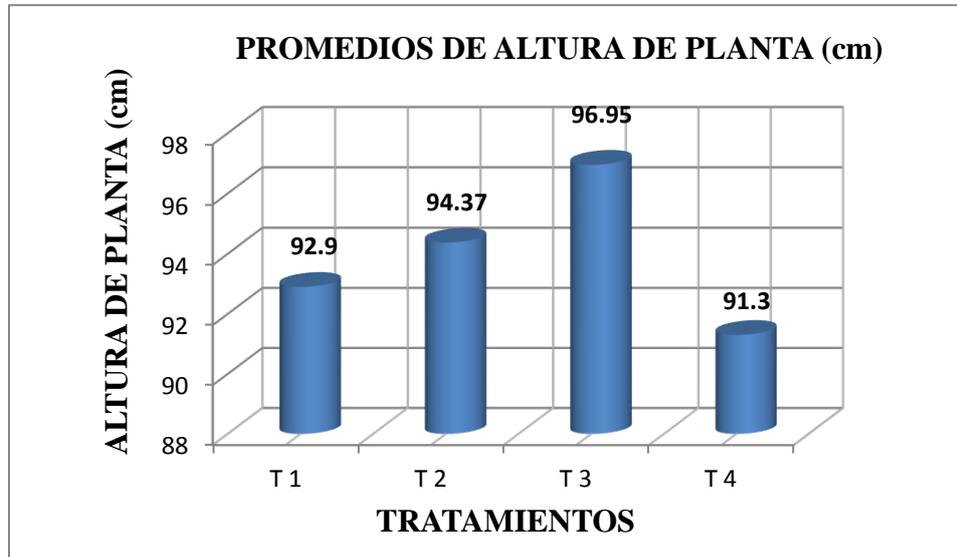
de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral.

4.2 Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1 Altura de Planta (cm)

El material genético estuvo constituido por dientes de ajo de la variedad T1 (INIA - 104 Blanco Huaralino), T2 (Cincomesino), T3 (Napurí) y T4 (Arequipeño) los cuales se cultivaron bajo cobertores, se observó que a partir del tercer mes después de la siembra, los valores de altura fueron variables y según transcurría las semanas los promedios se hicieron constantes. En la figura 1, se muestra el promedio de altura de planta desde 91.3 cm hasta 96.95 cm.

Figura 1. Promedios de altura de planta



Nota. Promedios de altura de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) obtenidos por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

Al realizar el análisis de varianza para la variable altura de planta, nos muestra que, si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, al

95% de probabilidad (cuadro 2), indicándonos que el crecimiento y desarrollo vegetativo de cada variedad es diferente debido a las características propias que poseen.

Cuadro 2. Análisis de varianza para altura de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

F. V	SC	GL	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	69,06	3	23,02	3,57	0,0472	*
Error	77,44	12	6,45			
Total	146,50	15				

C.V 2.71

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable altura de planta de ajos (*Allium sativum* L.) se encontró que los tratamientos T₃ (Napurí), T₂ (Cincomesino), y T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino), con valores de 96.95 cm, 94.37 cm, 92.90 cm respectivamente.

Cuadro 3. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para altura de plantas de ajo (*Allium sativum* L.)

Tratamiento	Variedades de Ajos	Promedios de altura de planta (cm)	Significación Estadística ($\alpha = 0.05$)
T ₃	NAPURÍ	96.95	A
T ₂	CINCOMESINO	94.37	A B
T ₁	INIA 104 BLANCO HUARALINO	92.90	A B
T ₄	AREQUIPEÑO	91.30	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P \leq 0.05$

4.2.2 Número de Hojas (N°)

Respecto al número de hojas se obtuvo valores desde 9.1 hojas hasta 10.32 hojas (figura 2), al parecer estos resultados se deben a que el T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino) es una variedad tardía, que a través de un proceso biotecnológico se le confiere características como mayor vigor, por lo cual mantiene mayor número de hojas hasta el final de su periodo vegetativo, además, cuenta con mejor disposición y estructura vertical de sus limbos, en consecuencia, se reduce el encamado, esto es favorable para las labores culturales ya que se reduce el peligro de dañar las hojas.

Figura 2. Promedios de número de hojas



Nota. Promedios de número de hojas en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

En el cuadro 4 se observa los resultados de análisis de varianza para la variable número de hojas, según la Prueba F indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

Cuadro 4. Análisis de varianza para número de hojas en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

F. V	SC	GL	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	3,37	3	1,12	10,76	0,0010	*
Error	1,25	12	0,10			
Total	4,62	15				

C.V 3.35

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable número de hojas en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) en el cuadro 5, se encontró que el tratamiento T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino) tuvo en promedio 10.32 hojas siendo superior al resto de los tratamientos, el tratamiento T₂ (Cincomesino) obtuvo 9.8 hojas y el tratamiento T₃ (Napurí) con 9.38 hojas siendo estadísticamente iguales, pero superiores al T₄ (Arequipeño), que obtuvo 9.1 hojas.

Cuadro 5. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para número de hojas en plantas de Ajos (*Allium sativum* L.)

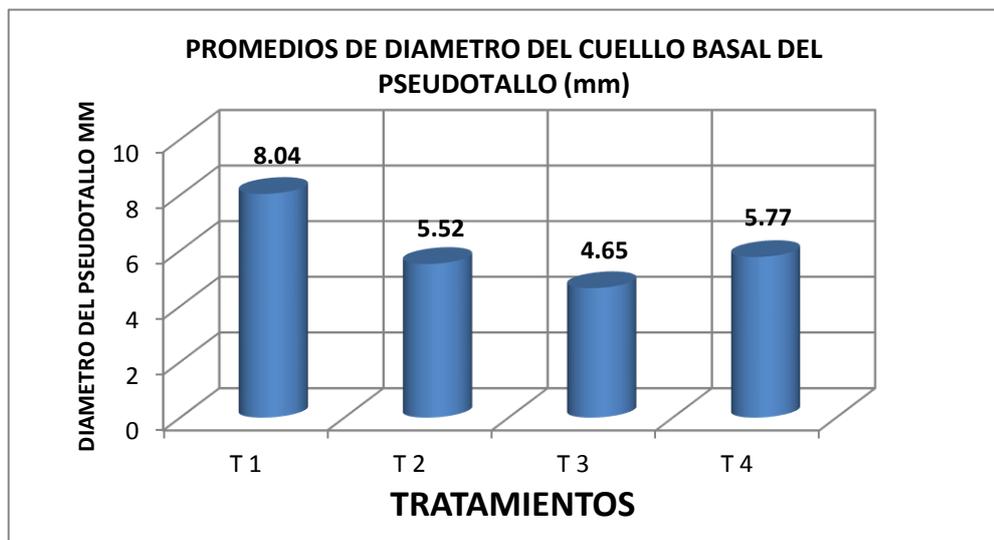
Tratamiento	Variedades de Ajos	Promedios de número de hojas	Significación Estadística ($\alpha = 0.05$)
T ₁	INIA 104 BLANCO HUARALINO	10.32	A
T ₂	CINCOMESINO	9.80	B
T ₃	NAPURÍ	9.38	B
T ₄	AREQUIPEÑO	9.10	C

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P \leq 0.05$

4.2.3 Diámetro del Cuello Basal del Pseudotallo (mm)

El diámetro del cuello basal del pseudotallo se midió a partir del tercer mes después de la siembra y se obtuvo valores desde 4.65 mm hasta 8.04 mm, teniendo como promedio 5.9 mm, estos resultados se deberían al genotipo y periodo vegetativo de cada variedad (figura 3).

Figura 3. Promedios de diámetro del cuello basal del pseudotallo



Nota. Promedios de diámetro del cuello basal del pseudotallo en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

El análisis de varianza para esta variable (cuadro 6) señala que existen diferencias significativas entre tratamientos, indicando que al menos un tratamiento difiere de los demás.

Cuadro 6. Análisis de varianza para diámetro del cuello basal del pseudotallo en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

F. V	SC	GL	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	25,01	3	8,34	10,92	0,0010	*
Error	9,16	12	0,76			
Total	34,17	15				

C.V 14.58

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable diámetro del cuello basal del pseudotallo en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) en el cuadro 7, se encontró que el tratamiento T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino), es estadísticamente superior a los tratamientos T₄ (Arequipeño) y T₂ (Cincomesino) y T₃ (Napurí).

Cuadro 7. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para diámetro del cuello basal del pseudotallo en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

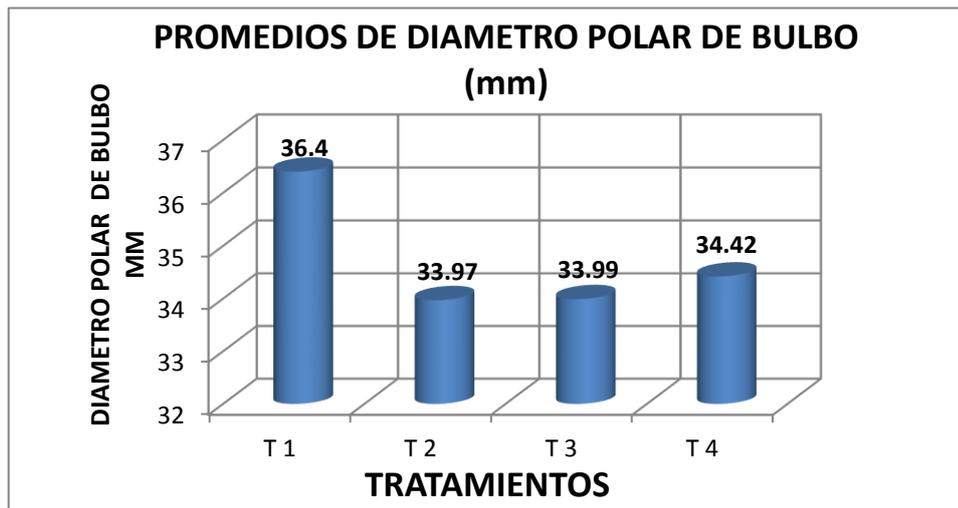
Tratamiento	Variedades de Ajos	Promedios del diámetro del cuello basal del pseudotallo (mm)	Significación Estadística ($\alpha = 0.05$)
T ₁	INIA 104 BLANCO HUARALINO	8.04	A
T ₄	AREQUIPEÑO	5.77	B
T ₂	CINCOMESINO	5.52	B
T ₃	NAPURÍ	4.65	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P \leq 0.05$

4.2.4 Diámetro Polar de Bulbos (mm)

En la figura 4 se observa el diámetro polar de bulbos (mm), se obtuvo valores desde 33.97 mm hasta 36.40 mm.

Figura 4. Promedios de diámetro polar de bulbos



Nota. Promedios de diámetro polar de bulbo de plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

Al realizar el análisis de varianza para la variable diámetro polar de bulbos de ajos (*Allium sativum* L.), señala que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 8. Análisis de varianza para diámetro polar de bulbos en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

F.V	SC	GL	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	16,06	3	5,35	1,48	0,2707	NS
Error	43,52	12	3,63			
Total	59,57	15				

C.V 5.49

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable diámetro polar de bulbos en plantas de ajos (cuadro 9), se aprecia que todos los tratamientos se sitúan en un mismo rango (A), lo que significaría que tienen el mismo comportamiento respecto a esta variable.

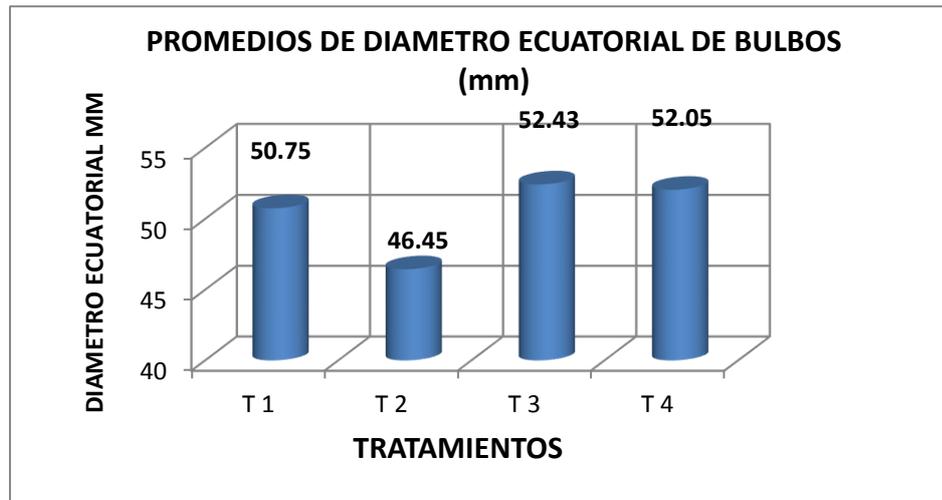
Cuadro 9. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para diámetro polar de bulbos en plantas de Ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

Tratamiento	Variedades de Ajos	Promedios de diámetro polar de bulbos (mm)	Significación Estadística ($\alpha = 0.05$)
T ₁	INIA 104 BLANCO HUARALINO	36.40	A
T ₄	AREQUIPEÑO	34.42	A
T ₃	NAPURÍ	33.99	A
T ₂	CINCOMESINO	33.97	A

4.2.5 Diámetro Ecuatorial de Bulbos (mm)

Los tratamientos T3 (Napurí) y T4 (Arequipeño) obtuvieron los valores más altos respecto a esta variable (figura 5), esto se debe a sus cualidades genéticas, así también reviste importancia mencionar que existe una estrecha relación entre los tratamientos T3 (Napurí) y el T4 (Arequipeño) respecto a la variable peso de bulbos como caracteres determinantes del rendimiento.

Figura 5. Promedios de diámetro ecuatorial de bulbos



Nota: Promedios de diámetro ecuatorial de bulbos en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidos por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

Al realizar el análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de bulbos, nos muestra que si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, al 95% de probabilidad (cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de bulbos en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

F. V	SC	GL	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	90,31	3	30,10	9,83	0,0015	*
Error	36,74	12	3,06			
Total	127,05	15				

C.V 3.47

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable diámetro ecuatorial de bulbos en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) (cuadro11), se encontró que el tratamiento T₃ (Napurí) obtuvo 52.43 mm en promedio, siendo la variedad que produjo bulbos con mayor diámetro ecuatorial,

seguidamente el T₄ (Arequipeño) se ubica en el mismo rango (A) con 52.05 mm, el T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino) 50.75 mm y todos estos tratamientos antes mencionados son estadísticamente superiores al T₂ (Cincomesino) que obtuvo 46.45 mm de diámetro ecuatorial.

Cuadro 11. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para diámetro ecuatorial de bulbos en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

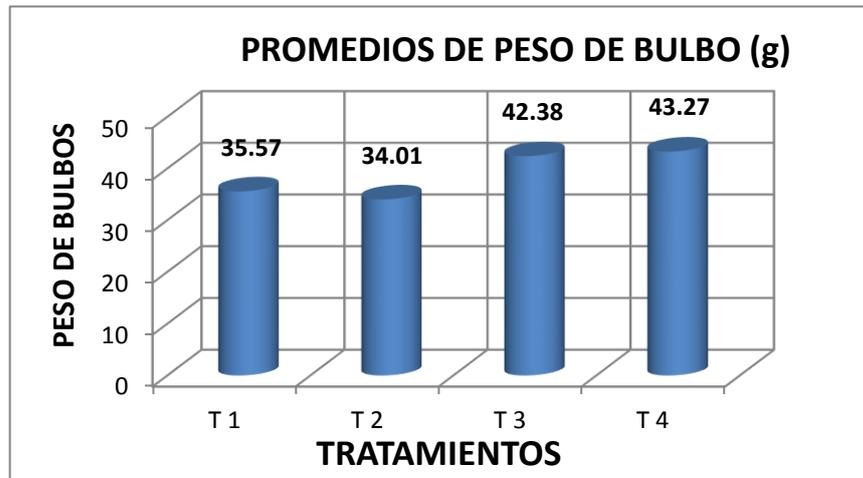
Tratamiento	Variedades de Ajos	Promedios de diámetro ecuatorial de bulbos (mm)	Significación Estadística ($\alpha = 0.05$)
T ₃	NAPURÍ	52.43	A
T ₄	AREQUIPEÑO	52.05	A
T ₁	INIA 104 BLANCO HUARALINO	50.75	A
T ₂	CINCOMESINO	46.45	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P \leq 0.05$

4.2.6 Peso de Bulbos (g)

Los tratamientos el T₄ (Arequipeño) y T₃ (Napurí) lograron mayores valores respecto a esta variable (figura 6). El peso de bulbo y el diámetro ecuatorial son los caracteres determinantes del rendimiento. La variedad Arequipeño logró 17.31 t/ha y la variedad Napurí de 16.95 t/ha, siendo variedades óptimas para los productores de ajo en el Perú.

Figura 6. Promedios de peso de bulbos



Nota. Promedios de peso de bulbos en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo *in vitro* bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

Por otra parte, es importante señalar que, en la bibliografía local consultada de ajo, no se encontraron trabajos previos en donde se evaluaran las variedades descritas en esta investigación, por lo que los resultados obtenidos representan un aporte interesante para el estudio de la respuesta y comportamiento productivo de plantas procedentes de cultivo *in vitro*.

El peso de los bulbos de las variedades Napurí (T3) y Arequipeño (T4), fue superior al peso de las otras dos variedades en estudio (INIA 104 – Blanco Huaralino y Cincomesino). Se observa que los mejores promedios en peso de bulbo están relacionados con los mejores promedios en cuanto al diámetro ecuatorial que éstas mismas variedades obtuvieron.

Al realizar el análisis de varianza para la variable peso de bulbos, nos muestra que, si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, (cuadro 12) indicándonos que el rendimiento de cada variedad es diferente debido a las características propias que poseen. El coeficiente de variabilidad fue de 9.39

lo cual nos indica que los resultados son confiables. A mayor valor del coeficiente de variación, mayor heterogeneidad de los valores de la variable.

Cuadro 12. Análisis de varianza para peso de bulbos en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

F. V	SC	GL	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	264,47	3	88,16	6,65	0,0068	*
Error	159,16	12	13,26			
Total	423,63	15				

C.V 9.39

Se encontró que los tratamientos T₄ (Arequipeño) y T₃ (Napurí) obtuvieron 43.27 y 42.38 g. en promedio respectivamente, siendo las variedades que produjeron bulbos con mayor peso, las cuales se ubican en el mismo rango (A) y son estadísticamente superiores al T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino) y al T₂ (Cincomesino) que sólo obtuvieron 35.57 y 34.01 g respectivamente, los cuales se encuentran en el rango (B).

Cuadro 13. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para peso de bulbos en plantas de Ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

Tratamiento	Variedades de Ajos	Promedios de peso de bulbos (g)	Significación Estadística ($\alpha = 0.05$)
T ₄	AREQUIPEÑO	43.27	A
T ₃	NAPURÍ	42.38	A
T ₁	INIA 104 BLANCO HUARALINO	35.57	B
T ₂	CINCOMESINO	34.01	B

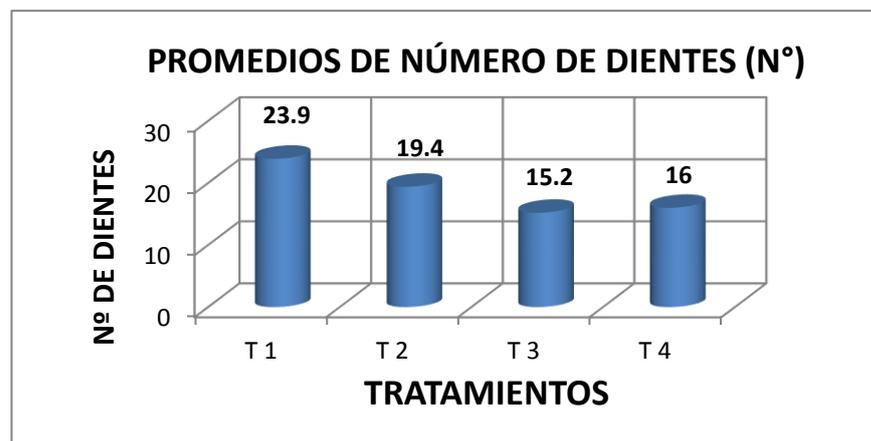
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P \leq 0.05$

Se comprobó que estas plantas de ajo regeneradas a partir del cultivo in vitro de tejidos, mostraron variabilidad para características fenotípicas como altura de planta, número de hojas y peso de bulbos y diámetro ecuatorial de bulbos.

4.2.7 Número Promedio de Dientes (N°)

El tratamiento T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino) obtuvo el mayor número de dientes, en relación a este aspecto es importante resaltar que esta variedad es tardía con un periodo vegetativo de 6 meses y medio, tiene la característica fisiológica de mantener sus limbos de un color verde intenso durante todo el periodo vegetativo inclusive durante la maduración y llenado de bulbo, esto estaría relacionado con el número promedio de dientes ya que necesita un periodo de tiempo más prolongado en campo para el llenado de todos los dientes que ha formado.

Figura 7. Promedios de número de dientes



Nota. Número promedio de dientes por bulbo en plantas de ajo (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

Al realizar el análisis de varianza para la variable número promedio de dientes, nos muestra que, si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, al 95% de probabilidad (cuadro 14), indicándonos que la producción inicial de dientes de ajo de cada variedad es diferente debido a las características propias que poseen, ya que cada variedad necesita un periodo de tiempo diferente para lograr llenar cada diente de ajo con sustancias nutritivas.

Cuadro 14. Análisis de varianza para número promedio de dientes por bulbo en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

F. V	SC	GL	CM	F	Pr > F	Sig.
Tratamiento	188,19	3	62,73	30,50	<0,0001	*
Error	24,68	12	2,06			
Total	212,87	15				

C.V 7.70

Al realizar la prueba de comparación múltiple de Duncan $\alpha = 0.05$ para la variable número promedio de dientes por bulbo en plantas de Ajos (*Allium sativum* L.) se encontró que el tratamiento T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino) obtuvo 23.90 dientes por bulbo siendo superior al resto de los tratamientos, seguidamente, se encuentra el tratamiento T₂ (Cincomesino) con 19.40 dientes por bulbo en promedio, los cuales son estadísticamente superiores al T₄ (Arequipeño) y T₃ (Napurí), éstos se ubican en el mismo rango (C) y obtuvieron 16.00 y 15.20 dientes por bulbo en promedio respectivamente (cuadro 15).

Cuadro 15. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) para número promedio de dientes por bulbo en plantas de ajos (*Allium sativum* L.) obtenidas por cultivo in vitro bajo condiciones de cobertores y riego por goteo.

Tratamiento	Variedades de Ajos	Promedios de número de dientes	Significación Estadística ($\alpha = 0.05$)
T ₁	INIA 104 BLANCO HUARALINO	23.90	A
T ₂	CINCOMESINO	19.40	B
T ₄	AREQUIPEÑO	16.00	C
T ₃	NAPURÍ	15.20	C

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P \leq 0.05$

4.3 Prueba de Hipótesis

El bajo rendimiento en zonas productoras de ajo se incrementará con el uso de cuatro variedades de ajo, producidas bajo condiciones de cobertores y riego por goteo, provenientes de cultivo in vitro, en la provincia de Huaral. Por tanto, se demuestra que existe diferencia entre variedades en estudio, con una significación estadística, lo cual permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna.

4.4 Discusión de Resultados

4.4.1 Altura de Planta (cm)

En esta variable se obtuvo valores desde 91.3 cm hasta 96.95 cm. Esta variabilidad de altura de plantas probablemente se debe a diversos factores, como el genotipo, reacción fisiológica y labores culturales.

El tratamiento T3 (Napurí) con 96.95 cm. de altura de planta fue el mejor cultivar respecto a esta variable, esto se debería a la potencialidad genética de este cultivar. Así mismo, podemos afirmar que un efecto significativo en el crecimiento es ejercido por cultivos asépticos de meristemas, reaccionando ésta variedad de una manera mucho más favorable a ésta condición en comparación a las otras 3 variedades en estudio, esta sería una de las razones por la que el tratamiento T3 alcanzó una mayor altura, en comparación con lo reportado por Tamo (1991, como se citó en Torres, 2018) quien menciona que, “la variedad Napurí cultivada en campo abierto alcanza 70 cm en promedio de la porción aérea de la planta”.

Adicionalmente, esto podría ser explicado porque el sustrato utilizado en el presente experimento poseía alto contenido de nutrientes (humus de lombriz), el cual posee la capacidad de potenciar el crecimiento. Al respecto Rodríguez et al. (2008) indican que el humus de lombriz contiene sustancias activas que incrementan el crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y en consecuencia el crecimiento.

También, Acosta y Lujan (1998) reportan que, se encontró significancia estadística para longitud de planta, los cultivares denominados Del-45 y español, alcanzaron los mayores valores de longitud de planta con 62.7 y 60 cm, seguidos de cultivar Del-53 y Taiwán, similar a lo reportado por Pardo y Marín (2003) coincidiendo estos resultados con los hallados en el presente experimento, donde también se obtuvo significancia estadística para esta variable.

Así mismo, López, Silvestri y Rigoni (1997) mencionan que se comprobó que plantas de ajo regeneradas a partir del cultivo *in vitro* de tejidos mostraron marcada variabilidad para características *fenotípicas* como altura de planta, número de hojas, peso y número de dientes (bulbillos), características morfológicas de las cabezas (bulbos), coloración de hojas envoltentes y presencia de bulbillos aéreos; lo cual coincide con los resultados obtenidos en este experimento.

4.4.2 Número de Hojas (N°)

En la variable número de hojas se obtuvo valores desde 9.1 hojas hasta 10.32 hojas, el tratamiento T1 es el cultivar con mayor número de hojas, al parecer estos resultados se deben a que el T1 (INIA - 104 Blanco Huaralino) es una variedad tardía, que a través de un proceso biotecnológico se le confiere características como mayor vigor, por lo cual mantiene mayor número de hojas hasta el final de su periodo vegetativo.

Al respecto, Stoll y Seebeck (2013) en su trabajo, evaluación agronómica y productiva de 2 variedades de ajos tardíos (*Allium sativum* L.) denominados Alpha Suquia y Barranquino, evaluados en 3 tipos de sustratos, en la localidad de Zacatecas, reportan que, encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para la variable número de hojas; coincidiendo con lo obtenido en el presente experimento, también menciona que al realizar la observación y conteo de las hojas al momento de la cosecha de las plantas, tanto de la variedad Alpha S. y Barranquino encontraron 9 y 10 hojas semisecas respectivamente, infiriendo de este modo que el proceso de acumulación de sustancias nutritivas en el bulbo se intensifica después que cesa la formación de

las yemas y el crecimiento intenso de las hojas, para proceder así el llenado total de los bulbos.

4.4.3 Diámetro del Cuello Basal del Pseudotallo (mm)

Se obtuvo como resultado en el diámetro del cuello basal del pseudotallo valores desde 4.65 mm hasta 8.04 mm. En el experimento, el tratamiento T₁ (INIA – 104 Blanco Huaralino) logró el mayor valor de 8.04 mm.

Al respecto Nicho (2005) menciona que, esta variedad es un cultivar tardío que al aplicarle las técnicas biotecnológicas se le confiere a su progenie mayor vigor vegetativo, presenta una mejor disposición vertical de sus limbos representado todos juntos en forma de “V” en donde estos muestran su color verde intenso hasta el final del periodo vegetativo, inclusive durante la maduración y llenado de bulbo. Estos resultados indican que esta variedad promisorio de ajo, T₁ (INIA – 104 Blanco Huaralino) fue superior estadísticamente frente a las otras variedades en estudio, adaptándose mejor a las condiciones dentro de los cobertores.

4.4.4. Diámetro Polar del Bulbo (mm)

Se obtuvo valores desde 33.97 mm hasta 36.40 mm. Estos resultados probablemente se deben a las condiciones homogéneas (técnica de cultivo in vitro, manejo adecuado del cultivo bajo cobertores que incluyeron sustrato nutritivo, fertilización y riego controlado) en las cuales los tratamientos se desarrollaron, los factores externos fueron iguales y controlados por este motivo los resultados en esta variedad fueron estadísticamente iguales para cada tratamiento.

De manera semejante, Kubec et al. (1996) reportan que, no encontraron diferencias significativas para la variable DPB (diámetro polar de bulbos); coincidiendo con los resultados encontrados en el presente estudio, ya que las variedades INIA – 104 Blanco Huaralino (T₁), Arequipeño (T₄) Napurí (T₃) y Cincomesino (T₂) con promedios de diámetro polar de 36.40, 34.42, 33.99 y 33.97 mm respectivamente, tuvieron un comportamiento similar que permitió clasificarlos estadísticamente dentro de un mismo rango (A).

4.4.5 Diámetro Ecuatorial del Bulbo (mm)

Los tratamientos T₃ (Napurí), T₄ (Arequipeño) y T₁ (INIA-104 Blanco Huaralino) obtuvieron los valores más altos con 52.43, 52.05 y 50.75 mm respectivamente, frente al tratamiento T₂ (Cincomesino) que obtuvo 46.45 mm. Estos resultados son coincidentes con los reportados por Tamo (1991, como se citó en Torres, 2018) quien menciona, “la variedad Napurí (T₃), es un cultivar mejor adaptado a las condiciones de la costa, se cosechan dientes distribuidos irregularmente y sobre montados, con bulbos de 50 mm de diámetro ecuatorial”. De la misma manera Tamo (1991, como se citó en Torres, 2018) indica que, “la variedad Arequipeño (T₄), alcanza hasta un diámetro ecuatorial de 60 mm”, estos datos reportados referente al diámetro no serían coincidentes a lo alcanzado por la variedad Arequipeño (T₄) en el presente experimento, una probable explicación sería la densidad de siembra utilizada en el presente estudio, ya que la densidad de plantas por superficie fue mayor al normalmente utilizado en cultivos a campo abierto. Bravo (2008) lo ratifica en su trabajo Eficiencia de densidad de plantas y productividad del cultivo de ajos y menciona que, “el peso y diámetro ecuatorial promedio de bulbos disminuyó significativamente conforme la densidad de plantas aumentó”.

Por otro lado, Pardo y Marín (2003) reportan que, “el 85% de sus bulbos cosechados obtuvieron en promedio 58 mm de diámetro ecuatorial”, mientras que los mejores resultados en el presente estudio para esta variable evaluada corresponde al tratamiento T₃ (Napurí) y al T₄ (Arequipeño) con 52.43 y 52.05 mm respectivamente, lo cual difiere mínimamente con los resultados hallados por estos autores, esto también se debería a que en el presente estudio se tuvo una población considerable de plantas cultivadas a partir de semillas producidas in vitro en un espacio reducido (camas), por lo cual habría habido mayor competencia por nutrientes y espacio entre plantas para poder bulbificar (alta densidad), pero a pesar de estas condiciones del medio, los presentes resultados no varían significativamente.

Adicionalmente, Lipinski y Gaviola (2006) mencionan que, “en su trabajo Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado con fertirriego nitrogenado, los bulbos tuvieron un diámetro ecuatorial de 55 mm en promedio”. Estos resultados son superiores respecto al mayor promedio de diámetro ecuatorial hallado en el presente estudio perteneciente al T₃ (Napurí) con 52.43 mm, estas diferencias de resultados se deberían a las concentraciones de nitrógeno durante el fertirriego que aplicaron estos autores en su estudio, lo cual podría haber tenido una influencia sobre el tamaño de los bulbos.

También Acosta y Lujan, (1998) reportan que encontraron significancia estadística para diámetro ecuatorial de bulbos, lo cual concuerda con los resultados en el presente estudio. Estos autores mencionan que, el cv. Coreano mostró superioridad estadística para producir bulbos clase 10 (6.5 a 6.9 cm de diámetro ecuatorial) e incluso presentó un total de 50% de bulbos con diámetro mayor e igual de 6.0 cm (clase 9 y 10), seguido por el cultivar denominado Del 1

(25%), Chino Calera (20%) y Chino CEDEL (18%); mientras que, los cultivares que mostraron los tamaños más chicos (clase 5 y 6, con diámetro igual o menor de 42 mm) fueron California (57%), Early California (43%), Perla (28%), C. de Cadereyta (25%) y Taiwán (23%).

4.4.6 Peso del Bulbo (g)

Los tratamientos T4 (Arequipeño) con 43.27 g y T3 (Napurí) con 42.38 g fueron los valores más altos en peso de bulbo frente a los demás tratamientos. Esto se debería a la potencialidad genética propia de estas variedades. Se observó que como caracteres de rendimiento estas 2 variedades también resaltaron referente a la variable diámetro ecuatorial de bulbos obteniendo el T4 (Arequipeño) 52.05 cm y T3 (Napurí) 52,43 g. estas relaciones dependen de las características genéticas de cada especie, que están en alto grado afectadas por la interacción con el ambiente.

Nicho (2005) menciona que, la producción de ajo en el Perú, aún no ha alcanzado un nivel de desarrollo especializado que permita producir para el mercado interno y el mercado externo en función a los requerimientos de cada uno, pero a pesar de esto, el Perú exporta ajos de las variedades Morado Arequipeño y Napurí por presentar bulbos de buen peso, 40 g en promedio. El Perú está en la capacidad de producir durante todo el año, diferentes variedades de ajo, en la costa y en la sierra, como el ajo INIA-104 Blanco Huaralino, para otros mercados. Los antes mencionado coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que la variedad Arequipeño (T4) y Napurí (T3) obtuvieron peso de bulbos similares (43.27g y 42.38g respectivamente), lo cual los hace preferibles para el mercado interno y externo.

Es importante señalar el resultado que obtuvo la variedad INIA-104 Blanco Huaralino (T1) 35.57 g de peso promedio de bulbos. Al respecto, Nicho (2005) describe que este cultivar es una variedad híbrida generada a partir de bulbillos adquiridos por el proceso de cultivo in vitro, que parece conferir a su descendencia un vigor comparativo superior al de otras variedades de la especie. Es un cultivar tardío que tiene un ciclo vegetativo de 6 meses y medio. Por las notables cualidades productivas y de calidad del bulbo podría deducirse que es más tolerante a las condiciones ambientales que prevalecen en la costa central de Perú (bajo contenido de materia orgánica, pH alcalino, con alto porcentaje de materia calcárea, alta humedad relativa y enfermedades foliares, etc.). Además, se distingue por alcanzar la mayor producción comercial posible, con una predisposición del 80% a bulbos de mayor diámetro. El Programa Nacional de Investigación en Hortalizas del INIA evaluó germoplasma de ajo recolectado en las zonas productoras de la región, tras lo cual se creó el cultivar INIA-104 Blanco Huaralino, obtenido por selección a partir del cultivar Blanco Huaralino. El ajo INIA 104 es una variedad muy productiva con una calidad de bulbo excepcional, que alcanza los 84 centímetros de altura, tiene 13 hojas, con una producción de más de 15 t/ha (superior a la media nacional de 8 t/ha) y un potencial de producción de hasta 24 t/ha, la variedad de ajo INIA 104 - Blanco Huaralino tiene un 80% de probabilidad de producir bulbos más grandes. Los resultados referente al peso de bulbo no coinciden con lo antes mencionado, la razón más probable sería que la variedad INIA-104 Blanco Huaralino muestra todo su potencial productivo en campo abierto, al ser cultivado a un distanciamiento entre surcos de 50 cm en comparación con el distanciamiento usado en el presente estudio el cual fue de 10 cm entre plantas y 15 cm entre

hileras, este distanciamiento podría haber causado en esta variedad un nivel de estrés por competencia por nutrientes, lo cual resultó en rendimientos menores a los reportado por Nicho (2005). Adicionalmente estos resultado se podrían explicar ya que la variedad INIA-104 Blanco Huaralino es tardía en comparación con los periodos vegetativos de las otras variedades en estudio y debido a esto pudo haber necesitado un poco más de tiempo en el suelo para desarrollar sus bulbos adecuadamente.

Aljaro (s.f) menciona que, la variable referida al rendimiento expresado por el peso promedio individual de bulbo, resultó con significación estadística observándose incrementos en la medida que el tamaño del diente semilla aumentaba. En efecto, si se analiza el rendimiento expresado en toneladas por hectárea, resultó ser el máximo cuando se utilizaron solo dientes grandes superiores a 4 g, por el contrario, el rendimiento fue más bajo y así también el peso promedio de cada bulbo cosechado, cuando el diente semilla utilizado fue el más pequeño, esto es, dientes menores a 4 g y muy especialmente bajo 2 g. Estos resultados coinciden con lo obtenido en el presente experimento ya que también encontramos diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, porque para la selección de las semillas se realizó escogiendo los dientes más grandes a partir de los bulbos obtenidos de los ensayos previos realizados por el programa nacional de investigación en hortalizas en la E.E.A. Donoso – Huaral, para la siembra se utilizó los dientes periféricos de los bulbos, al escoger los dientes se desecharon los de la parte céntrica del bulbo, pues generalmente son muy alargados o irregulares y ocasionan bulbos deformes, esta metodología se siguió para optimizar los resultados en las variables de rendimiento (peso y diámetro de bulbos), siendo así que se cosecharon bulbos con el mayor promedio de peso

alcanzado el cual fue de 43.27 g, perteneciente al T₄ (Arequipeño) y 42.38 g perteneciente al T₃ (Napurí). Estos resultados eran previstos, puesto que al ser el ajo una especie de reproducción asexual, se presume que la constitución genética de cualquier órgano vegetativo de propagación es idéntica a la planta madre de donde proviene.

Pradel (2003) menciona que, “para mejorar el rendimiento, en cuanto a peso y diámetro de bulbos, la utilización de bulbos seleccionados y sanos obtenidos por cultivos de meristemos apicales es el método más idóneo”. Lo antes mencionado coincide con los resultados en la presente investigación ya que se observaron altos rendimientos debido a la utilización de semillas obtenidas por cultivo in vitro.

4.4.7 Número Promedio de Dientes de Bulbo (N°)

Referente a la variable número promedio de dientes por bulbo, Acosta y Lujan, (1998) reportan que, se encontró significancia estadística para número promedio de dientes, el cultivar que presentó significativamente el mayor número de dientes fue Del-45 con 13 dientes; mientras que, los menores valores los tuvieron los cvs. Coreano, Del-19, Del-1, Chino Calera y Chino CEDEL, sin diferenciarse significativamente (10 dientes en promedio). Esta información indica que el número de dientes por bulbo encontrado en este trabajo es menor al reportado por Luján (1991), Pérez et al. (2003) y Pardo y Marín (1997) “los cuales obtuvieron de 19 dientes por bulbo en promedio”. En este sentido, los resultados se asemejan a los hallados en el presente experimento en donde también encontramos diferencias significativas entre tratamientos, teniendo como máximo valor de número promedio de dientes al T₁ (INIA – 104 Blanco Huaralino) con 23.9 dientes por bulbo, cabe señalar aquí un aspecto importante y

contradictorio con los presentes resultados, que aunque la variedad INIA – 104 Blanco Huaralino es una variedad promisorio liberada por INIA-DONOSO y una de las características deseadas de entre todas al liberar cultivares promisorios de ajos es también que los bulbos producidos no presenten un número elevado de dientes, no siendo éste el caso de acuerdo a los presentes resultados. Al respecto, Lagunes (2009) menciona que, la mejora genética del ajo es difícil, ya que los progenitores originales se han extinguido y la planta no produce semillas viables, por lo que la única forma de mejorarla genéticamente es induciendo mutaciones mediante productos químicos mutagénicos, radiación, variación somaclonal lo cual se puede definir como la variabilidad genética generada durante la práctica de cultivo de tejidos, la cual ofrece nuevas alternativas en el campo de mejoramiento genético. Sobre lo anterior mencionado, existe el hecho que el tratamiento T₁ (INIA – 104 Blanco Huaralino), el cual obtuvo el mayor número de dientes, es una variedad liberada, clasificada como cultivar promisorio de ajo y por consiguiente no debería presentar esta característica indeseable para los bulbos de ajos, traduciéndose esto en un peso menor 35.57 g en promedio, una posible explicación sería que, la respuesta del incremento de número de dientes por bulbo es influenciada y determinada por el genotipo, factores ambientales, sobre todo por la altitud, temperatura y luz solar, que son efectos ambientales preponderantes.

De manera referencial, también, Macías et al. (2010) mencionan que, “la variedad de ajo blanco tipo Perla, presenta en promedio 14 dientes de color blanco cremoso”. Estos resultados son semejantes a los obtenidos en el presente experimento, donde el T₃ (Napurí) obtuvo 15.2 dientes en promedio.

Sin embargo, Nicho (2005) menciona que, “el ajo INIA 104 Blanco Huaralino, tiene rendimientos en campo abierto de 24 t/ha, con un número de dientes por bulbo de 29, este cultivar liberado con características promisorias muestra todo su potencial bajo características de campo abierto”, no correspondiendo estos resultados con lo reportado en el presente experimento referente al número promedio de dientes, debido probablemente a la alta densidad de plantas, condiciones de luz y competencia por nutrientes.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye que:

- a) Las variedades Napurí y Arequipeño resaltaron en cuanto a las variables de rendimiento (diámetro ecuatorial y peso de bulbo).
- b) En cuanto al rendimiento, la variedad Arequipeño logró 17.31 t/ha y la variedad Napurí de 16.95 t/ha, siendo variedades óptimas para los productores de ajo en el Perú.
- c) Las variedades con mejor desarrollo vegetativo fueron Napurí y Cincomesino.
- d) Los tratamientos T₄ (Arequipeño) y T₃ (Napurí) obtuvieron 43.27a y 42.38a g en promedio respectivamente, siendo las variedades que produjeron bulbos con mayor peso, las cuales se ubicaron en el mismo rango (A) y son estadísticamente superiores al T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino) y al T₂ (Cincomesino) que obtuvieron 35.57b y 34.01b g respectivamente, los cuales se ubicaron en el rango (B).
- e) Se determinó que los tratamientos T₁ (INIA - 104 Blanco Huaralino) y T₂ (Cincomesino) obtuvieron 23.90a y 19.40b dientes por bulbo en promedio, siendo éstas las variedades que produjeron bulbos con mayor número de dientes, y son estadísticamente superiores al T₄ (Arequipeño) y T₃ (Napurí), los cuales se ubican en el mismo rango (C) y obtuvieron 16.00c y 15.20c dientes por bulbo en promedio respectivamente.

RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio es posible realizar las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda a los agricultores cultivar las variedades Arequipeño y Napurí por tener mejores características agronómicas y alto rendimiento.
2. Se recomienda ejecutar investigaciones empleando 1 testigo de ajo criollo común, como forma de ampliar las observaciones y evaluaciones de rendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, R. y Lujan, F. (1998). Desarrollo, rendimiento y calidad de 16 materiales de ajo en la región de Delicias, Chihuahua. https://www.researchgate.net/publication/38292455_Crecimiento_y_rendimiento_de_cultivares_de_ajo_en_Delicias_Chihuahua_Mexico/link/56a25b8408ae232fb2019cf0/download
- Aljaro, A. (s.f) Calibre del bulbo madre y peso y forma del diente semilla en el cultivo de ajos. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/34627/NR14224.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alpi, A. y Tognoni, F. (1999). Cultivo en invernadero. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471143471/cultivo-en-invernadero>
- Barrios-Díaz, J.M., Larios-García, M. C., Castellanos, J. Z., Alcántar-González, G., Tijerina-Chávez, L. y Rodríguez-Mendoza, Ma. de las N. (2006) Efecto del sistema de riego y tensión de humedad del suelo en rendimiento y calidad del ajo. Terra latinoamericana. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311494009.pdf>.
- Bejarano, J. A. (1998). Economía de la agricultura. TM Editores. http://www.fce.unal.edu.co/media/files/CentroEditorial/catalogo/Libros_Digitalizados/Q_Jesus_Antonio_Bejarano_1998.pdf
- Bhojwani, M. (1980). In vitro propagation of garlic by shoot proliferation. Sci. Hortic, 47-52. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19800386662>
- Bravo, L. (2008). Eficiencia de densidad de plantas, productividad y metodología de riego por goteo. <https://www.inifapzac.sagarpa.gob.mx>
- Burba, J. (2009). Manejo de semilla de ajo frigioinducida. Argentina: INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manejo_de_semilla_frigioinducida_doc_088.pdf
- Canavelli, A., Nome, S. F., & Conci, V. C. (1998). Efecto de distintos virus en la producción de ajo (*Allium sativum* L.) Rosado Paraguayo. Fitopatol. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=inta2.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=021912>
- Castillo, A., Ceppa, M., Dalla, R., Del Pino, G., Bonilla, B., Maeso, D., Rodríguez, G., Suárez, C. y Vilaró, F. (s.f). Producción de semilla de ajo (*Allium sativum* L.) de sanidad mejorada. Mejoramiento genético Programa Hortalizas "las brujas". Instituto Nacional de Innovación Agraria. <http://www.inia.org.uy/investigacion/biotecnologia/tejidos/produccion.htm>.
- Conci, V., Canavelli, A., Lunello, P., Di Rienzo, J., Nome, S. F., Zumelzu, G., and Italia, R. (2003). Yield losses associated with virus-infected garlic plants during five successive years. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2003.87.12.1411>.

- Condor, J. (2012). Tecnología de producción de Ajo, Programa Nacional de Investigación en Hortalizas. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.
- Escaff, M., Muñoz, C. y Bruna, A. (1993). Cultivo in vitro en la producción de semillas de ajos. Investigación y Progreso Agropecuario La Platina. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/30847/NR15604.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2014). Bioenergía y seguridad alimentaria evaluación rápida (BEFS RA) manual de usuario producción de cultivos. <http://www.fao.org/3/bp851s/bp851s.pdf>
- INIA. Estación Experimental Agraria Donoso - Huaral. (2013). Producción de semilla de ajo, empleando la técnica de micropropagación en el Perú. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/506/1/Trip-Semilla_de_Ajo.pdf.
- Izquierdo, H. y Gómez, O. (2007). Vietnamita', un clon de ajo (*Allium sativum* L.) de alta calidad fitosanitaria y buen potencial de rendimiento. Cultivos Tropicales. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215858013>
- Izquierdo, H. y Quiones, Y. (2001) Obtención de semilla de ajo mejorada mediante el empleo de técnicas biotecnológicas. División de Biotecnología, Fisiología y Resistencia del Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". Facultad de Biología de la Universidad de La Habana. <https://www.utm.mx/~temas/temas-docs/nfnotas15R2.pdf>
- Kubec, R., Velisek, J. y Davidek, J. (1996). Evaluation of culinary and pharmaceutical garlic-based products. Potravinarske Vedy. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ9700163>
- Lagunes, E. (2009) *Transformación genética de ajo (Allium Sativum L.) mediante Agrobacterium Tumefaciens*. [tesis de maestría, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas]. <https://docplayer.es/26467271-Transformacion-genetica-de-ajo-allium-sativum-l-mediante-agrobacterium-tumefaciens.html>
- Lipinski, V. y Gaviola, S. (2006). Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertiirrigados con nitrógeno. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382838559005.pdf>
- López Frasca, A., Silvestri, V. y Rigoni, C. (1997). Métodos convencionales del mejoramiento genético del ajo. Cultivares y Producción de Semilla. INTA. [https://scholar.google.es/scholar?lookup=0&q=L%C3%B3pez+Frasca,+A.,+Silvestri,+V.+y+Rigoni,+C.\(1997\).+M%C3%A9todos+convencionales+del+mejoramiento+gen%C3%A9tico+del+ajo.+Cultivares+y+Producci%C3%B3n+de+Semilla.+INTA,+32-48&hl=es&as_sdt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?lookup=0&q=L%C3%B3pez+Frasca,+A.,+Silvestri,+V.+y+Rigoni,+C.(1997).+M%C3%A9todos+convencionales+del+mejoramiento+gen%C3%A9tico+del+ajo.+Cultivares+y+Producci%C3%B3n+de+Semilla.+INTA,+32-48&hl=es&as_sdt=0,5)
- Luján, F. (1991). La investigación fisiotécnica en hortalizas. Fitotec, 256-266. [Archivo PDF] <https://www.redalyc.org/pdf/608/60834205.pdf>
- Macías, L., Maciel, L. y Silos, H. (2010). San Marqueño: Una nueva variedad de ajo blanco. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6090707.pdf>

- Madariaga, M., Ramírez, I., Núñez, Y., Molina, A. y Horta, M. (2020). Producción de plantas de ajo libre de virus. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6928/NR42295.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendoza, H. y Bautista, G. (2002). Diseño Experimental. Universidad Nacional de Colombia, <http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000352/html/legal.html>
- Nicho, S. (2005). Descripción agronómica y Manejo agronómico del cultivo de ajo, fresa, pimiento, ají pprika, Programa Nacional de Investigación en Hortalizas. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.
- Nicho, P. y Condor, J. (2012). Tecnología de producción de Ajo, Programa Nacional de Investigación en Hortalizas. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.
- Olivera, S. (2009). Técnica de producción de semilla genética y básica de ajo (*Allium sativum* L.) libre de virus. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/183/1/Semilla_genetica_ajo_2009.pdf
- Pais Llanca, J. F. (2004). *Evaluación técnica y económica de la producción de ajo bajo riego por goteo*. [tesis de grado, Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/101747/pais_j.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Pardo, A. y Marín, C. (2003). Clasificación de cultivares de ajo por métodos de análisis multivariado. Agronomía Tropical, http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000400002&lng=es&tlng=es.
- Prato-Sarmiento A. (2015) Evaluación financiera de ajo (*Allium sativum* L.) morado Nacional y Peruano en el altiplano cundiboyacense, Colombia. Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria. <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n1/v17n1a05.pdf>
- Pérez, L., García, P., Ramírez, R. y Barrera, J. (2003). Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento agronómico e industrial en Irapuato. <http://www.repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/2024/1/Evaluaci%20de%20Cultivares%20de%20Ajo%20Morado%20y%20Blanco%20por%20su%20Rendimiento%20Agron%20mico%20e%20Industrial%20en%20Irapuato.pdf>
- Pérez, L., Navarro, M., Mendoza, B. y Ramírez, R. (2010) Evaluación de rendimiento de compuestos de ajo tipo Taiwán. <https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/59/46>
- Pérez, L., Gómez, S., Rico, J., Ramírez-Malagón, R. y Mendoza-Celedón, B. (2008). Efecto de virus fitopatógenos sobre características agronómicas y calidad del ajo (*Allium sativum* L.) en el estado de Guanajuato, México. Revista mexicana de fitopatología. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61226107.pdf>
- Pradel, M. (2003). Comparación de variedades de ajo sanas y virulentas para coloración foliar y productividad. INRAENSA, 36.

<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/LavalLanaudiere/Varietesailletvente.pdf>

- Ramírez, J. E. G., Pérez, R. H., Villafaña, O. P., Martínez, A. P. y Moya, Y. G. (2005). Metodología para el diagnóstico molecular del Virus del Mosaico de la Malanga para la certificación de plantas in vitro de clones comerciales de malanga. *Biotecnología Vegetal*. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/440/408>
- Revels-Hernández, M., Velásquez-Valle, R. y Cid-Ríos, J. Á. (2017). Barretero: nueva variedad de ajo jaspeado para Zacatecas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/318/309>
- Rodríguez, D., Cano, R., Figueroa, V., Palomo, G., Favela Che, Álvarez, R. y Moreno, R. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Fitotec México*, 265-272. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61031310.pdf>
- Seguel, I. y Díaz, L. (s.f) Saneamiento y conservación de germoplasma de ajo mediante técnicas de cultivo in vitro. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6759/NR29014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Stoll, A. y Seebeck, E. (2013). Chemical investigations of alliin, and the specific principle of. DOI: 10.1002/9780470122563.ch8
- Torres, H. (2018) *Determinación del uso consuntivo del ajo var. Napurí (Allium sativum L.) con riego por goteo en la irrigación majes – Arequipa*. [tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7737/AGtotohm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos

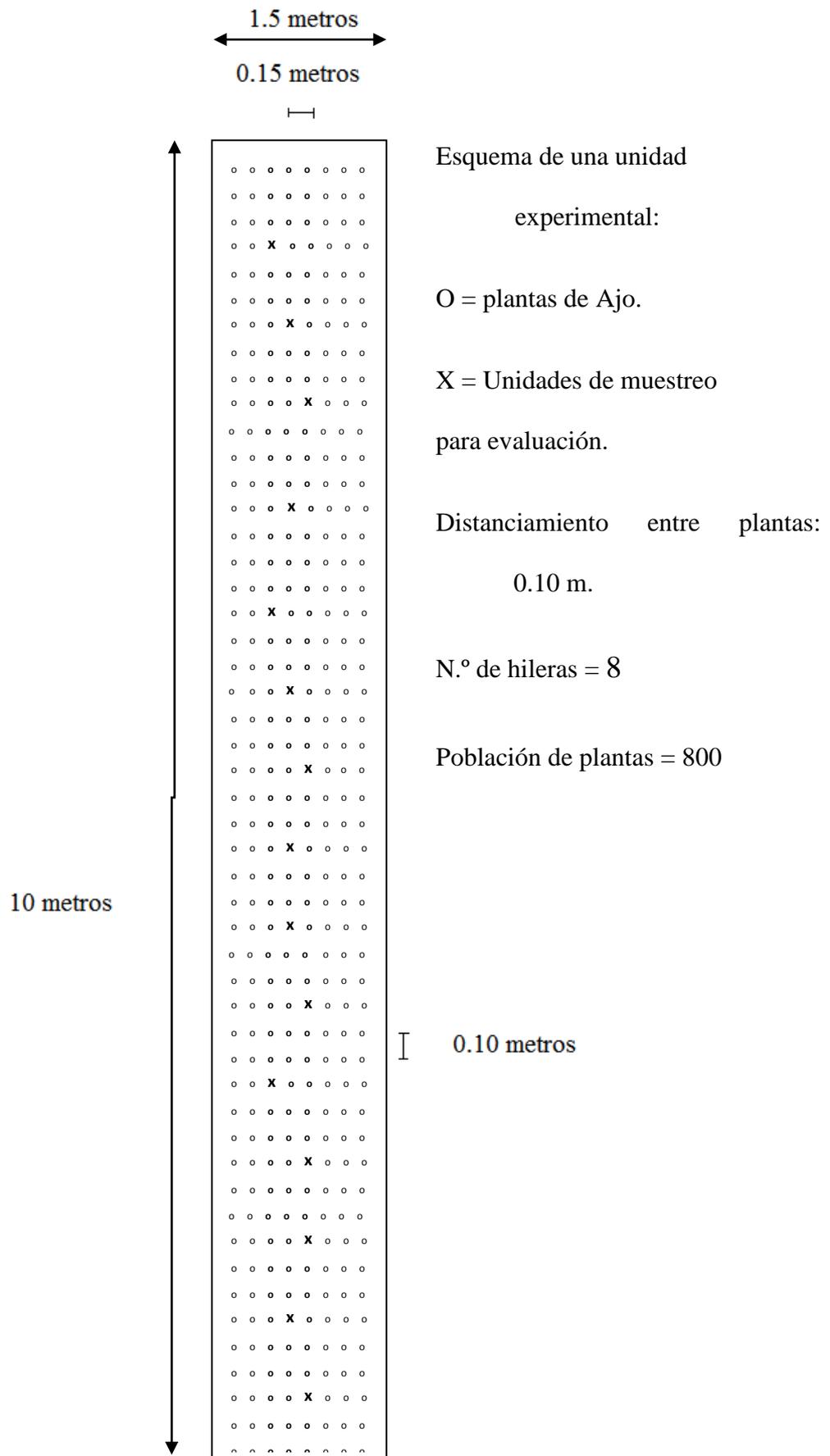
			1ERA EVALUA	2DA EVALUA	3ERA EVALUA	PROMEDIO
	Rep. 1	T1	12.13	11.50	10.50	11.38
	Rep. 1	T2	10.93	9.80	6.53	9.09
	Rep. 1	T3	12.67	11.20	4.80	9.56
	Rep. 1	T4	10.07	8.53	5.47	8.02
DIAMETRO	Rep. 2	T1	11.27	10.40	8.20	9.96
DEL CUELLO	Rep. 2	T2	11.40	10.27	6.20	9.29
BASAL DEL	Rep. 2	T3	11.00	10.13	4.47	8.53
PSEUDOTALI	Rep. 2	T4	10.67	9.80	4.40	8.29
	Rep. 3	T1	11.67	11.07	7.07	9.93
	Rep. 3	T2	11.13	9.93	4.60	8.56
	Rep. 3	T3	11.93	11.13	4.93	9.33
	Rep. 3	T4	10.20	8.67	6.27	8.38
	Rep. 4	T1	12.80	10.67	7.67	10.38
	Rep. 4	T2	10.60	10.47	4.73	8.60
	Rep. 4	T3	11.93	10.20	4.40	8.84
	Rep. 4	T4	10.40	8.87	6.93	8.73

Anexo: Croquis y Características del Área Experimental

Área total del campo experimental: 450.8 m.²

			1ERA EVALUA	2DA EVALUA	3ERA EVALUA	PROMEDIO
	Rep. 1	T1	90.47	99.00	92.53	94.00
	Rep. 1	T2	89.13	90.33	95.93	91.80
	Rep. 1	T3	103.27	99.60	100.27	101.04
	Rep. 1	T4	92.80	87.33	90.47	90.20
ALTURA	Rep. 2	T1	94.40	89.93	89.80	91.38
DE	Rep. 2	T2	95.27	92.33	95.13	94.24
PLANTA	Rep. 2	T3	96.33	92.73	93.60	94.22
	Rep. 2	T4	96.73	90.20	93.67	93.53
	Rep. 3	T1	95.20	91.20	94.27	93.56
	Rep. 3	T2	97.13	95.87	97.40	96.80
	Rep. 3	T3	101.27	96.27	98.33	98.62
	Rep. 3	T4	94.33	87.87	90.67	90.96
	Rep. 4	T1	96.20	92.40	95.00	94.53
	Rep. 4	T2	94.87	92.53	94.80	94.07
	Rep. 4	T3	97.60	94.13	95.60	95.78
	Rep. 4	T4	91.60	85.93	90.40	89.31

Características de la Unidad Experimental



REPETICIONES	TRAT.	N° Estolones/Unidad Exp.	N° Plantas hija/Unidad Exp.	Peso de la planta /Unidad Exp. (g)	N° hojas / Unidad Exp.	Altura de planta/Unidad Exp. (cm)	Longitud de raíz /Unidad Exp. (cm)	Volumen de masa radicular /Unidad Exp. (cm³)
Rep. 1	T1	23	223	19.6	6	22.0466667	17.4066667	5.6
Rep. 1	T2	33	277	18.4	7.13333333	21.5266667	17.3533333	5.33333333
Rep. 1	T3	26	294	23.0666667	7.33333333	22.9666667	17.98	5.8
Rep. 1	T4	25	222	18.6	6.86666667	23.0133333	19.6266667	3.93333333
Rep. 1	T5	45	261	16.9333333	5.8	21.8866667	18.74	5.13333333
Rep. 2	T1	31	442	10.2	6.06666667	20.0866667	17.92	3.66666667
Rep. 2	T2	48	636	18.4666667	6.6	26.94	23	5.86666667
Rep. 2	T3	33	380	21.9333333	6.73333333	25.58	24.0666667	7.86666667
Rep. 2	T4	30	376	10.8	5.4	21.2733333	15.7	3.26666667
Rep. 2	T5	30	415	16.4666667	6.53333333	24.84	19.1	5.2
Rep. 3	T1	34	412	17.6666667	7.4	23.8266667	21.16	5.06666667
Rep. 3	T2	34	378	17.4666667	7.93333333	23.0733333	22.2066667	5.4
Rep. 3	T3	31	472	20	7.06666667	27.2933333	22.5866667	5.2
Rep. 3	T4	44	438	15.2666667	7.4	23.9866667	20.1866667	4.06666667
Rep. 3	T5	36	415	16.6666667	6.53333333	27.3533333	19.6666667	4.73333333
Rep. 4	T1	33	305	13.2	6.73333333	21.3333333	17.1466667	3
Rep. 4	T2	39	240	20.3333333	8	25.6866667	18.9266667	5.06666667
Rep. 4	T3	30	461	13.7333333	7.26666667	23.7933333	19.0733333	3.13333333
Rep. 4	T4	30	399	14.2	7.26666667	25.7333333	18.4866667	3.73333333
Rep. 4	T5	28	414	11.9333333	6.73333333	25.7333333	19.4666667	4

