

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTES MICROBIANOS
COMERCIALES EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL
ARÁNDANO “*VACCINIUM CORYMBOSUM*” CV. BILOXI
EN HUARAL**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

ASESOR

Dra. María del Rosario Utia Pinedo

TAPIA OCHOA, JIMMY JOEL

HUACHO-PERÚ

2022

EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTES MICROBIANOS COMERCIALES EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ARÁNDANO "Vaccinium corymbosum" cv. BILOXI EN HUARAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante | 15% |
| 2 | 1library.co Fuente de Internet | 1% |
| 3 | repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 5 | repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 6 | worldwidescience.org Fuente de Internet | <1% |
| 7 | repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet | <1% |

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

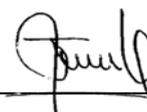
**EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTES MICROBIANOS
COMERCIALES EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL
ARÁNDANO "*Vaccinium corymbosum*" cv. BILOXI EN HUARAL**

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador



DR. EDISON GOETHE PALOMARES ANSELMO

Presidente



MG. SC. TEODOSIO CELSO QUISPE OJEDA

Secretario



DR. ROBERTO HUGO TIRADO MALAVER

Vocal



**MARÍA DEL ROSARIO UTIA PINEDO
INGENIERO AGRONOMO
DNZ 006**

Dra. María del Rosario Utia Pinedo

Asesor

HUACHO-PERÚ

2022

DEDICATORIA

DEDICO ESTA TESIS A MIS PADRES ANIBAL Y GRACIELA PORQUE ELLOS HAN DADO RAZON A MI VIDA, POR SUS CONSEJOS, SU APOYO INCONDICIONAL Y SU PACIENCIA, TODO LO QUE SOY ES GRACIAS A ELLOS.

A MIS HERMANOS EDWIN Y DELMER Y DEMAS FAMILIA QUE MAS QUE HERMANOS SON MIS VERDADEROS AMIGOS EN GENERAL POR EL APOYO QUE SIEMPRE ME BRINDARON DIA A DIA EN EL TRANSCURSO DE CADA AÑO DE MI CARRERA UNIVERSITARIA.

AGRADECIMIENTO

A DIOS POR BRINDARME DIA A DIA SU HERMOSA SABIDURIA Y PODER
CULMINAR ESTA HERMOSA CARRERA.

A LA UNIVERSIDAD QUE NOS ABRIO SUS PUERTAS PARA SER MEJORES
PERSONAS Y BUENOS PROFESIONALES.

A LOS DOCENTES QUE NOS FORMARON VERDADEROS PROFESIONALES.

ÍNDICE

| | Pag. |
|--|-------------|
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimiento | iv |
| Resumen | ix |
| Abstract | x |
| Introducción | 1 |
| Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | |
| 1.1 Descripción de la realidad problemática | 2 |
| 1.2 Formulación del problema | 2 |
| 1.2.1. Problema General | 3 |
| 1.2.2. Problemas Específicos | 3 |
| 1.3. Objetivos de la investigación | 3 |
| 1.3.1 Objetivo general | 3 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 3 |
| 1.4. Justificación de la investigación | 4 |
| 1.5. Delimitación del estudio | 4 |
| Capítulo II: MARCO TEÓRICO | |
| 2.1 Antecedentes de la investigación | 5 |
| 2.2 Bases teóricas | 7 |
| 2.2.1. Origen | 7 |
| 2.2.2 Aspectos botánicos | 7 |
| 2.2.3 Periodo vegetativo | 8 |
| 2.2.4 Características climáticas | 9 |
| 2.2.5 Características Edáficos | 9 |
| 2.2.6 Características de los bioestimulantes microbianos comerciales | 9 |
| 2.3 Definiciones conceptuales | 15 |
| 2.4 Formulación de hipótesis | 17 |
| 2.4.1. Hipótesis general | 17 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas | 17 |

| | |
|---|----|
| Capítulo III: METODOLOGÍA | |
| 3.1. Diseño metodológico | 19 |
| 3.1.1 Ubicación | 19 |
| 3.1.2 Materiales e insumos | 19 |
| 3.1.3 Diseño experimental | 20 |
| 3.1.4 Tratamientos | 20 |
| 3.1.5 Características del área experimental | 21 |
| 3.1.6. Variables | 24 |
| 3.1.7. Conducción del experimento | 25 |
| 3.2. Población y Muestra | 25 |
| 3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 25 |
| 3.4. Técnicas para el procesamiento de la información | 25 |
| | |
| CAPITULO IV: PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO | |
| 4.1 Rendimientos total por planta | 26 |
| 4.2. Altura de planta del arándono | 27 |
| 4.3. Número de frutos por plantas | 28 |
| 4.4. Porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm.) | 28 |
| 4.5. Porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (18-28mm.) | 28 |
| 4.6. Porcentaje de sólidos solubles | 28 |
| 4.7. Porcentaje de acidez titulable | 28 |
| 4.8. Relación sólidos solubles/acidez titulable | 28 |
| | |
| Capítulo V: DISCUSIONES | 36 |
| | |
| Capítulo VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | |
| 6.1. Conclusiones | 38 |
| 6.2. Recomendaciones | 38 |
| | |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 39 |
| | |
| ANEXO | 42 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pag. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Análisis de varianza | 20 |
| Tabla 2. Cuadro de la operacionalizacion de variables | 20 |
| Tabla 3. Los tratamientos para estudiar son las siguientes | 21 |
| Tabla 4. Análisis de varianza del rendimiento total por planta | 26 |
| Tabla 5. Prueba Duncan del comparativo de promedios del rendimiento total por planta | 27 |
| Tabla 6. Análisis de varianza de la altura de planta del arándano | 27 |
| Tabla 7. Prueba Duncan del comparativo de promedios de altura de planta del arándano | 28 |
| Tabla 8. Análisis de varianza del número de frutos por planta | 28 |
| Tabla 9. Prueba Duncan del comparativo de promedios del número de frutos por planta | 29 |
| Tabla 10. Análisis de varianza del porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm) | 30 |
| Tabla 11. Prueba Duncan del comparativo de promedios del porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm) | 30 |
| Tabla 12. Análisis de varianza del porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm) | 31 |
| Tabla 13. Prueba Duncan del comparativo de promedios del porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm) | 32 |
| Tabla 14. Análisis de varianza del porcentaje de sólidos solubles | 32 |
| Tabla 15. Prueba Duncan del comparativo de promedios del porcentaje de sólidos solubles | 33 |
| Tabla 16. Análisis de varianza del porcentaje de acidez titulable | 34 |
| Tabla 17. Prueba Duncan del comparativo de promedios del porcentaje de acidez titulable | 34 |
| Tabla 18. Análisis de varianza del relación sólidos solubles/acidez titulable | 35 |
| Tabla 19. Prueba Duncan de la relación sólidos solubles/acidez titulable | 35 |
| Tabla 20. Registro de datos para el rendimiento total por planta | 43 |
| Tabla 21. Registro de datos para la altura de planta del arándano | 44 |

| | |
|---|----|
| Tabla 22. Registro de datos para el número de frutos por planta | 45 |
| Tabla 23. Registro de datos para el porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm) | 46 |
| Tabla 24. Registro de datos para el porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm) | 47 |
| Tabla 25. Registro de datos para el porcentaje de sólidos solubles | 48 |
| Tabla 26. Registro de datos para el porcentaje de acidez titulable | 49 |
| Tabla 27. Registro de datos para la relación sólidos solubles/acidez titulable | 50 |

RESUMEN

Objetivo: Determinar la influencia de los bioestimulantes microbianos comerciales en el rendimiento del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral. **Métodos:** Se realizó en octubre del 2020 a marzo del 2021, en el valle de Huaral. Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar y la Prueba de Duncan (0,05). Los tratamientos fueron: T1 (testigo), T2 (*Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha), T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha), T4 (*EM*[®] a una dosis de 400 g/ha) y el T5 (*Bacillus subtilis* una dosis de 3 kg/ha). Las variables de estudio fueron: altura y número de frutos por planta, porcentaje de calibre no comercial del fruto y comercial del fruto, porcentaje de sólidos solubles, acidez titulable y relación sólidos solubles/acidez titulable. **Resultados:** El tratamiento T5 obtuvo mayor rendimiento por planta con 2,97 kg/planta superior a los demás bioestimulantes microbianos comerciales, seguido del T2 con 2,84 kg/planta. Asimismo, el T5 obtuvo mayor altura (66,67cm) y número de frutos por planta (489 frutos/planta). En cuanto a la calidad del fruto el T5 reportó menor porcentaje de calibre no comercial del fruto (5,8%) y mayor de calibre comercial (94,2%). Asimismo, el T5 reportó mayor porcentaje de sólidos solubles (12,4%) y acidez titulable (1,06%) y mejor relación sólidos solubles/acidez titulable. **Conclusión:** El bioestimulante microbiano *Bacillus subtilis* aplicado en el arándano ha logrado aumentar el rendimiento y mejorar significativamente la calidad del fruto, siendo una opción en el manejo del arándano cv. Biloxi en Huaral.

Palabras claves: acidez titulable, altura, calibre, sólidos solubles, testigo.

ABSTRACT

Objective: To determine the influence of commercial microbial biostimulants on the yield of cranberry cv. Biloxi in Huaral conditions. **Methods:** It was carried out from October 2020 to March 2021, in the Huaral valley. The completely randomized block design and Duncan's Test (0.05) were used. The treatments were: T1 (control), T2 (*Trichoderma harzianum* at a dose of 3 kg / h), T3 (Seaweed extract at a dose of 500 g/ha), T4 (EM® at a dose of 400 g/ha) and T5 (*Bacillus subtilis* at a dose of 3 kg/ha. The study variables were: height and number of fruits per plant, percentage of non-commercial fruit size and commercial fruit size, percentage of soluble solids, titratable acidity and soluble solids/titratable acidity ratio **Results:** Treatment T5 obtained higher yield per plant with 2.97 kg/plant higher than the other commercial microbial biostimulants, followed by T2 with 2.84 kg/plant. Likewise, T5 obtained greater height (66.67cm) and number of fruits per plant (489 fruits/plant). Regarding the quality of the fruit, T5 reported a lower percentage of non-commercial fruit size (5.8%) and a higher commercial size (94.2%). Likewise, T5 reported a higher percentage of soluble solids (12.4%) and titratable acidity (1.06%) and a better soluble solids/titratable acidity ratio. **Conclusion:** The microbial biostimulant *Bacillus subtilis* applied to blueberry has managed to increase yield and significantly improve fruit quality, being an option in the management of blueberry cv. Biloxi in Huaral.

Keywords: titratable acidity, height, caliber, soluble solids, control.

INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), es un cultivo que ha logrado posicionarse entre los productos agrícolas de mayor exportación y genera miles de empleos, además, de presentar un incremento en la economía nacional, debido a que el fruto contiene vitaminas, minerales y sobretodo antioxidantes los cuales son beneficiosos para la salud humana, lo que le convierte en un producto cotizado a nivel nacional y mundial (Fernández et al., 2015). Sin embargo, la continua producción y la exportación del fruto del arándano, suele estar propenso a problemas fitosanitarios durante las diferentes fases del ciclo fenológico del cultivo. Así también, durante estas fases el cultivo está influenciado por factores climáticos, o de un mal manejo nutricional, originando pérdida en el rendimiento baja calidad del fruto que en consecuencia los comerciantes disminuyen el precio del fruto, siendo un aspecto negativo en la economía del agricultor (Berg et al., 2020).

Ante ello, se propone el uso de bioestimulantes a base de microorganismos, ya que estos presentan mecanismos de acción que reducen o eliminan a los hongos fitopatógenos y tiene capacidad de estimular a la planta en reguladores de crecimiento y además solubilización de fosforo y de hierro, logrando un aumento en el rendimiento y en la mejora del fruto comercial (Sharma et al., 2014). Por tanto, los bioestimulantes contribuyen a la producción de cultivos sostenibles de alto rendimiento ya que en bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que se aplica a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o los rasgos de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes (Dujardin, 2015).

Asimismo, Berg et al. (2020) al evaluar el efecto de los bioestimulantes microbianos comerciales sostiene que la activación de cada mecanismo implica la producción de compuestos y metabolitos específicos, como reguladores de crecimiento vegetal, enzimas hidrolíticas, sideróforos, antibióticos y permeasas de carbono y nitrógeno. Estos metabolitos pueden sobre producirse o combinarse con cepas de biocontrol apropiadas para obtener nuevas formulaciones para su uso.

Es por ello, que la presente investigación se evaluó la influencia de los bioestimulantes microbianos comerciales en el rendimiento del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Actualmente en el Perú se está convirtiendo en unos de los países más exportadores del cultivo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), llegando hacer una actividad de importancia en la agricultura y la economía, ya que genera ingresos así también es generadora de empleo tanto directos como indirectos (Fernández et al., 2015).

Las zonas de producción de arándano más importantes en el Perú, se encuentra en Arequipa, Ancash, Lima y en esta región están ubicadas en el Valle de Cañete, en Barranca, Huaura y Huaral. Siendo estas zonas donde se obtiene un buen rendimiento del arándano.

Sin embargo, la continua producción y la exportación del fruto del arándano, suele estar propenso a problemas fitosanitarios durante el ciclo vegetativo y el ciclo reproductivo, así también como en la poscosecha. Además, existen problemas externos que provocan baja calidad y bajo rendimiento en el cultivo de arándano. Sumando a ello, los altos costos de producción por el alto uso de agroquímicos para el aumento del rendimiento y la uniformización del tamaño del fruto y la cosecha (Berg et al., 2020).

Los mercados internacionales exigen frutos de buen tamaño es decir con buenas características organolépticas, por ello, que los productores realizan aplicaciones de agroquímicos para satisfacer las necesidad de cuyos mercados, sin embargo, esto genera una altos costos de producción y residuos químicos que provocan riesgos en la saludo del productor y del medio ambiente (Carrera, 2012).

Esta problemática ocasiona pérdidas económicas y además aumenta los costos de producción. El uso de bioestimulantes microbianos se han utilizado con éxito y tiene la capacidad para mejorar la productividad agrícola de una manera más sostenible (Hellequin et al., 2018). Es por ello, que se busca nuevas alternativas y por eso la importancia de realizar el presente proyecto de investigación apoyándose en evidencia del uso de bioestimulantes

en las características agronómicas del cultivo y características organolépticas en el fruto en condiciones del Valle de Huaral.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema General.

¿Los bioestimulantes microbianos comerciales influyen en el rendimiento del arándano “*Vaccinium corymbosum*” cv. Biloxi en condiciones de Huaral?

1.2.2. Problemas Específicos.

¿Los bioestimulantes microbianos comerciales influye en las características agronómicas del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral?

¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes microbianos comerciales en las características de calidad tal como porcentaje de calibre comercial y no comercial de las frutas del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral?

¿Los bioestimulantes microbianos comerciales influye en las características organolépticas del fruto del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral?

1.3. Objetivos de la investigación.

1.3.1. Objetivo general.

Determinar la influencia de los bioestimulantes microbianos comerciales en el rendimiento del arándano “*Vaccinium corymbosum*” cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

1.3.2. Objetivo específico.

Determinar el efecto de los bioestimulantes microbianos comerciales en las características agronómicas del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

Determinar el efecto de los bioestimulantes microbianos comerciales en las características de calidad tal como porcentaje de calibre comercial y no comercial de las frutas del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

Evaluar los bioestimulantes microbianos comerciales en las características organolépticas del fruto del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

1.4. Justificación de la investigación.

Actualmente la producción del arándano en Huaral, presentan problemas internos y externos que provocan dificultades en el rendimiento y calidad del fruto del arándano, preocupando a los productores y exportadores de este fruto, ya que el mercado exigen frutos de buen tamaño es decir con buenas características organolépticas que los mercados internacionales exigen.

Es por ello que se requiere de nuevas estrategias para reducir lo mencionado anteriormente, ante ello se evaluó el efecto de bioestimulante a base de microbios comerciales en el rendimiento del cultivo de arándano. Al respecto, Pereg y McMillan (2015) sostienen que uno de los mecanismos más importantes es la estimulación del crecimiento de las plantas, debido al efecto de la producción de fitohormonas, fenómeno llamado fitoestimulación, debido a la acción de algunos microorganismos rizosféricos. Asimismo, aumenta la disponibilidad de nutrientes y la absorción de nutrientes, especialmente si se aplica en combinación con los fertilizantes.

Por tal motivo, es necesario evaluar diferentes bioestimulantes microbianos comerciales en las características agronómicas del cultivo y características organolépticas en el fruto en condiciones del Valle de Huaral.

1.5. Delimitación del estudio. La presente investigación se realizó entre los meses de octubre del 2020 a abril del 2021, en el predio “Don Ortíz” ubicado en el valle de Huaral, provincia de Lima, geográficamente se encuentra a una altitud de 240 msnm, latitud de 11°30’43’’S y longitud de 77°09’52’’.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

Berg et al. (2020) quienes, evaluando el efecto de bioestimulantes a base de microbios comerciales en suelo, usando en su metodología el uso de productos, como el *Lactobacillus* y *Trichoderma*, combinados con una tasa de fertilizante nitrogenado de 25% menor, encontraron mejoras los atributos biológicos de los suelos agrícolas, y una vía es la introducción de microbios beneficiosos a través de productos bioestimulantes comerciales. Aunque está ganando popularidad entre los agricultores, a menudo falta una evaluación científica de tales productos en cultivos de campo.

Hellequin et al. (2018) quienes estudiando la adición de bioestimulantes en el suelo, sostienen que en el suelo los bioestimulantes provoca un efecto neutralizador del pH y una mejora simultánea de la mineralización orgánica del C de los residuos de cultivos y la biomasa microbiana que estaban vinculadas a cambios en las comunidades microbianas del suelo. La mejora de la mineralización del carbono del suelo en presencia del bioestimulante fue apoyada por el reclutamiento específico de bacterias y hongos del suelo.

Ncube (2008) evaluando el efecto de microorganismos efectivos (EM) en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de verduras seleccionadas en Sudáfrica. Concluye que los EM es una mezcla comercial de microbios que incluye levaduras, hongos, bacterias y actinomicetos. La aplicación de EM provocó un aumento en el número de frutos. Además, las aplicaciones combinadas de EM con enmiendas orgánicas mejoraron el contenido de N de la planta y aumentaron el contenido de N del suelo por encima de los niveles iniciales, debido a que los nutrientes se liberaron lentamente del material de abono.

Pereg y McMillan (2015) determinaron que el uso potencial de microorganismos beneficiosos para aumentar la productividad en los sistemas de algodón. Encontraron que el potencial de los microbios beneficiosos es necesario comprender el papel de los microbios

en el crecimiento, en términos de fertilización y control de enfermedades, y los desafíos en la aplicación y comercialización de microbios promotores del crecimiento de las plantas.

Berg et al. (2020) concluyó que las comunidades de hongos del suelo como productos comerciales ayudará a los agricultores para obtener mejores rendimientos y a tomar decisiones acertadas sobre la selección de productos, para garantizar que los beneficios de los bioestimulantes microbianos se obtengan para cultivos de gran extensión.

Billard et al. (2014) evaluando el efecto de dos bioestimulantes derivados de algas y de ácido húmico en el cultivo de colza, demostró que el suministro de estos dos bioestimulantes estimularon el crecimiento de las raíces y la absorción de macronutrientes (N, S, K y P) a un nivel similar al crecimiento. Ambos bioestimulantes también estimulan la división del cloroplasto. También aumentaron las concentraciones de plantas de Mg, Mn, Na y Cu y la translocación de raíz a brote de Fe y Zn. El transporte de nutrientes fueron estimulados por ambos bioestimulantes de manera significativa.

Sharma et al. (2014) evaluando el efecto del bioestimulante, concluye que es un material orgánico que, cuando se aplica en pequeñas cantidades, favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas. El uso de macroalgas para controlar el estrés abiótico y biótico en plantas de cultivo. Además, el uso de macroalgas en plantas puede generar múltiples beneficios con efectos que incluyen un mejor enraizamiento, mayores rendimientos de cultivos y frutos, tolerancia a la congelación, la sequía y la sal, una mayor actividad fotosintética y resistencia a hongos, bacterias y virus (Sharma et al., 2014).

Benítez et al. (2004) evaluando el *Trichoderma* en la producción agrícola, demostraron que estas cepas fúngicas actúan como agentes de control biológico, de forma directa e indirecta. La activación de cada mecanismo implica la producción de compuestos y metabolitos específicos, como reguladores de crecimiento vegetal, enzimas hidrolíticas, sideróforos, antibióticos y permeasas de carbono y nitrógeno. Estos metabolitos pueden sobreproducirse o combinarse con cepas de biocontrol apropiadas para obtener nuevas formulaciones para su uso.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Origen.

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es un arbusto frutal constituyen un grupo de especies ampliamente distribuidas por el Hemisferio Norte, básicamente por Norteamérica, Europa central y Asia, encontrándose también en américa del sur, y unas especies en áfrica. (Bañados, 2005).

2.2.2. Aspectos botánicos

a. Taxonomía

La taxonomía del arándano según Carre^ra (2012) es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Dicotiledónea

Clase: Dicotiledónea

Orden: Ericace

Familia: Ericaceae

Sub familia: Vacciniae

Género : *Vaccinium*

Sub género: *Cyanococcus*.

Especie: *corymbosum*

Nombre científico: *Vaccinium corymbosum* L.

b. Morfología

El fruto del arándano, conforma el grupo de las frutas denominadas comercialmente en el ámbito internacional como berries, entre las que además se encuentran la fresa, frambuesa, kiwi, cranberry, etc. Los arándanos son plantas leñosas, perennes y de larga vida alrededor de 20 años, dependiendo de la especie, pueden alcanzar alturas superiores a 1 m, por lo general forman colonias extensas debido a la habilidad de las raíces rizomatosas de emitir brotes vegetativos. Las especies mayores de 1,5 m, por el contrario, no tienen rizomas, pero

la raíz tiene la capacidad de emitir brotes adventicios, por lo que generalmente están desprovistos de un tronco único, forman coronas de brotes múltiples (Bañados, 2005).

c. Raíz

Tener un sistema radicular de aspecto fibroso y superficial. En condiciones naturales, sus raíces están asociadas con hongos micorrizas específicos, con los cuales mantiene una relación de mutuo beneficio (simbiótica). Entre las raíces y la parte aérea se encuentra la corona, que tiene la capacidad de emitir brotes. La altura alcanzada por esta planta oscila entre los 0.5 hasta los 2.5 m, dependiendo de la variedad. El arándano ojo de conejo alcanzaría valores más altos, pero se controla mediante podas (Castillo, 2008)

d. Hoja

Las hojas son simples, de forma ovalada a lanceolada y caducas, adquiriendo una tonalidad rojiza en el otoño. A diferencia de otros frutales, las yemas vegetativas y las fructíferas se encuentran claramente separadas (Castillo, 2008).

e. Tallo

Es de Tipo leñoso, de color verde ramificado (Castillo, 2008).

e. Flor

Las flores poseen una corola blanca o rosada, y se reúnen en racimos (Castillo, 2008).

f. Fruto

Su fruto es una baya casi esférica, puede variar en tamaño de 0.7 a 1.5 cm de diámetro dependiendo de la especie. La epidermis del fruto está cubierta por secreciones cerosas. El fruto del arándano es de color azul, de ahí la denominación de "blueberry", en inglés (Castillo, 2008).

2.2.3. Periodo vegetativo

El periodo vegetativo paso por dos estados generales, el primero es el estado vegetativo, cuando, durante esta etapa las hojas y ramas crecen e inician el proceso fotosintético, después llega el estado reproductivo, el cual consiste, que las yemas vegetativas se convierten en reproductivas, se da la inducción floral, seguido el botón floral para luego dar la floración con el brote floral, luego llega el botón rosa y una polinizado la flor, el ovario empieza a

hincharse, se cae las flores y se cuaja el fruto, luego se forma el fruto verde, y seguido del rosado y continua hasta llegar a madurar tornándose un color morado (Castillo, 2008).

2.2.4. Características climáticas.

El arándano se puede desarrollar en climas muy diferentes, ya que depende mucho de la cantidad de horas frío requeridas por el cultivar a instalar para que las yemas rompan la latencia o dormancia. Esto se comprueba al contrastar las diferentes zonas productoras de arándano en el mundo. Sin embargo se debe tener en cuenta que las temperaturas bajas afectan la floración, por ello se debe seleccionar cultivares cuya fenología no coincida con éstos fenómenos. La temperatura para una óptima fotosíntesis en los arándanos es de 14 a 26°C (Rebolledo, 2013).

2.2.5. Características edáficas.

El arándano tiene la particularidad de desarrollarse mejor en condiciones de suelos ácidos, con un pH entre 4.5 y 5.5; si bien se pueden desarrollar de 5.8 hasta 6.0. Esta característica, permite que el arándano se pueda domesticar. La Conductividad Eléctrica (CE) ideal es bajo los 1.5 dS/m (Rebolledo, 2013). El cultivo requiere de suelos ligeros, de buena aireación con porosidad de 40%, porcentaje alto en materia orgánica, contenido de carbonato de calcio bajo el dos por ciento y buen drenaje. El encharcamiento es un problema muy grave que puede afectar a las raíces (Rebolledo, 2013).

2.2.6. Características de los bioestimulantes en la agricultura sostenible

La agricultura está experimentando cambios importantes para lograr una gestión sostenible del suelo con respecto a la biodiversidad. Se promueven y desarrollan soluciones alternativas como los bioestimulantes a los fertilizantes químicos. Aún se desconocen los mecanismos por los cuales algunos bioestimulantes del suelo mantienen el funcionamiento biológico del suelo y aumentan el rendimiento de los cultivos (Hellequin et al., 2018).

Los bioestimulantes contribuyen a la producción de cultivos sostenibles de alto rendimiento. Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que se aplica a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o los rasgos de calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes. Además, los

bioestimulantes vegetales también designan productos comerciales que contienen mezclas de dichas sustancias y/o microorganismos (Dujardin, 2015).

La manipulación de la microbiota del suelo ha surgido así como una nueva práctica en la agricultura con respecto a la transición ecológica que promueve suelos sostenibles. El uso de bioestimulantes agrícolas destinados a estimular y regular los microorganismos del suelo podría promoverse como una solución alternativa al uso de fertilizantes minerales, que son más costosos (Hellequin et al., 2018).

a) Bioestimulantes.

La palabra bioestimulante aparentemente fue acuñada por especialistas en horticultura para describir sustancias que promueven el crecimiento de las plantas sin ser nutrientes, enmiendas del suelo o pesticidas (Dujardin, 2015).

Los bioestimulantes se definen como "*materiales que, en cantidades diminutas, promueven el crecimiento de las plantas*". Usando las palabras '*cantidades diminutas*'. Para describir los bioestimulantes, los autores se propusieron distinguir los bioestimulantes de los nutrientes y enmiendas del suelo, que también promueven el crecimiento de las plantas pero se aplican en mayores cantidades (Zhang y Schmidt, 2000). Un bioestimulante es un material orgánico que, cuando se aplica en pequeñas cantidades, favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas, de modo que la respuesta no puede atribuirse a la aplicación de nutrientes vegetales tradicionales (Sharma et al., 2014).

Kauffman et al (2007) define como "los bioestimulantes son materiales, distintos de los fertilizantes, que promueven el crecimiento de las plantas cuando se aplican en pequeñas cantidades". Así también "Los bioestimulantes están disponibles en una variedad de formulaciones y con diferentes ingredientes, pero generalmente se clasifican en tres grupos principales según su fuente y contenido".

Estos grupos incluyen sustancias húmicas (HS), productos que contienen hormonas (HCP) y productos que contienen aminoácidos. Los extractos de algas, contienen cantidades identificables de sustancias activas para el crecimiento de las plantas, como auxinas, citoquininas o sus derivados (Kauffman et al., 2007).

Los microorganismos incluyen bacterias beneficiosas, y hongos beneficiosos. Pueden ser de vida libre, rizosféricos o endosimbióticos (Dujardin, 2015). Muchos bioestimulantes mejoran la nutrición y lo hacen independientemente de su contenido de nutrientes (Dujardin, 2015). Además, los bioestimulantes microbianos incluyen hongos micorrízicos y no micorrízicos, endosimbiontes bacterianos (como *Rhizobium*) y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Así, los microorganismos aplicados a las plantas pueden tener una doble función de agente de control biológico y de bioestimulante, y el efecto agrícola reivindicado será fundamental en su categorización reguladora (Dujardin, 2015).

b) Efectos de los bioestimulantes microbianos comerciales en las comunidades microbianas del suelo y las raíces

Los atributos biológicos de los suelos agrícolas, y una vía es la introducción de microbios beneficiosos a través de productos bioestimulantes comerciales. Aunque está ganando popularidad entre los agricultores, a menudo falta una evaluación científica de tales productos en cultivos de campo (Berg et al., 2020). Los microorganismos asociados a las plantas cumplen funciones importantes para el crecimiento y la salud de las plantas. La promoción directa del crecimiento de las plantas por parte de microbios se basa en una mejor adquisición de nutrientes y estimulación hormonal (Berg, 2009).

c) Mecanismos de fitoestimulación

Uno de los mecanismos más importantes de la promoción del crecimiento de las plantas es la producción de hormonas vegetales, o fitoestimulación, por algunos microorganismos rizosféricos. Los microbios mejoran el crecimiento de las plantas al producir hormonas de crecimiento, como auxinas, giberelinas y citoquininas en las proximidades de las raíces, o controlando los niveles de etileno producidos por las plantas. El tamaño y la profundidad de los sistemas de raíces influyen en la capacidad de las plantas para capturar nutrientes del suelo de manera eficiente y viceversa: el crecimiento y la morfología de las raíces pueden cambiar en respuesta a la disponibilidad de nutrientes (Pereg y McMillan, 2015).

En consecuencia, el uso de la fitoestimulación para mejorar el desarrollo de las raíces de las plantas podría desempeñar un papel importante en la mejora de la absorción de nutrientes, especialmente si se aplica en combinación con la biofertilización (Pereg y McMillan, 2015).

d) Consideraciones para el uso y comercialización de microbios para la producción

Cuando se usa junto con fertilizantes químicos, sería necesario definir la relación más efectiva entre el tamaño del inóculo y la concentración de fertilizantes. Las estrategias de manejo que combinan la aplicación de pesticidas o herbicidas y bioinoculantes deben probar la resistencia del bioinoculante a los agroquímicos y los métodos óptimos de co-aplicación (Pereg y McMillan, 2015).

Los factores económicos y de fabricación deben incluir a la comercialización de inoculantes microbianos. La producción masiva de microbios puede ser técnicamente desafiante y costosa; los productos deben formularse para tener una vida útil prolongada en el transporte y en el almacenamiento, lo que puede ser problemático en particular con bacterias gram negativas que no forman esporas. Además, el procedimiento de registro puede ser costoso y llevar mucho tiempo, y la aplicación debe ser simple y compatible con las prácticas y el equipo agronómicos (Berg, 2009).

e) Productos comerciales y biocontrol para su uso en la producción

El mayor enfoque de la investigación en los microbios ha llevado a la comercialización de una serie de productos para su uso en la industria agrícola. En 1992, *B. subtilis* GB03 fue registrada como un producto de biocontrol comercial para los patógenos de algodón en los EE.UU., llamado Kodiak ® (Pereg y McMillan, 2015).

Existe un fuerte mercado en crecimiento para los inoculantes microbianos en todo el mundo con una tasa de crecimiento anual de aproximadamente el 10%. El uso de tecnologías genómicas conduce a productos con efectos más predecibles y consistentes. El éxito futuro de la industria del control biológico se beneficiará de la investigación interdisciplinaria, por ejemplo, sobre producción en masa, formulación, interacciones y señalización con el medio ambiente, así como sobre gestión empresarial innovadora, marketing de productos y educación (Berg, 2009).

f) Microorganismos efectivos (EM)

Los microorganismos efectivos (EM) en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de verduras seleccionadas en Sudáfrica. Concluye que los EM es una mezcla comercial de microbios que incluye levaduras, hongos, bacterias y actinomicetos. La aplicación de EM provocó un aumento en el número de frutos. Además, las aplicaciones combinadas de EM con enmiendas orgánicas mejoraron el contenido de N de la planta y aumentaron el contenido de N del suelo por encima de los niveles iniciales, debido a que los nutrientes se liberaron lentamente del material de abono (Ncube, 2008).

g) Extractos de algas

El uso de extracto de macroalgas en plantas de cultivo puede generar múltiples beneficios con efectos reportados que incluyen un mejor enraizamiento, mayores rendimientos de cultivos y frutos, tolerancia a la congelación, la sequía y la sal, una mayor actividad fotosintética y resistencia a hongos, bacterias y virus (Sharma et al., 2014).

Las algas son macroalgas marinas de color verde, marrón y rojo. Los extractos de algas pardas se utilizan ampliamente en cultivos hortícolas principalmente por sus efectos de promoción del crecimiento de las plantas y por su efecto de mejora en la tolerancia de los cultivos a tensiones abióticas como la salinidad, temperaturas extremas, deficiencia de nutrientes y sequía. Los componentes químicos del extracto de algas incluyen polisacáridos complejos, ácidos grasos, vitaminas, fitohormonas y nutrientes minerales (Battacharyya et al., 2015).

Los extracto de macroalgas pueden aplicarse como una alternativa, o usarse junto con productos sintéticos para la protección de cultivos y reguladores del crecimiento de las plantas, y pueden tener un papel en el mantenimiento de los niveles de producción, la salud y la calidad de los cultivos en el futuro, cuando muchos ingredientes activos se perderán para la industria debido a cambios en las regulaciones de la Unión Europea. En todo el mundo, las macroalgas permanecen en gran parte sin explotar. Tienen mayor actividad fotosintética y resistencia a hongos, bacterias y virus (Sharma et al., 2014).

h) Hongos beneficiosos

Los hongos interactúan con las raíces de las plantas de diferentes maneras, desde simbiosis y mutualistas (es decir, cuando ambos organismos viven en contacto directo entre sí y establecen relaciones mutuamente beneficiosas) así también el parasitismo (du Jardin, 2015). Los productos a base de hongos aplicados a las plantas para promover la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés, el rendimiento de los cultivos y la calidad del producto. Los inoculantes microbianos pueden contener cepas únicas (*Bacillus subtilis*) o mezclas de microorganismos que muestran efectos aditivos o sinérgicos (du Jardin, 2015).

Trichoderma spp., tiene la capacidad de controlar numerosos patógenos foliares, radiculares y frutales e incluso los nematodos. Tienen la capacidad de mejorar una amplia gama de tensiones abióticas (Shoresh et al., 2010). También pueden mejorar la absorción de nutrientes en las plantas y pueden aumentar sustancialmente la eficiencia del uso de nitrógeno en los cultivos. Estas habilidades pueden ser más importantes para la agricultura que el control de enfermedades. Algunas cepas también tienen la capacidad de mejorar la eficiencia fotosintética y la respiración de las plantas (Shoresh et al., 2010).

El género *Trichoderma* comprende un gran número de cepas fúngicas que actúan como agentes de control biológico, cuyas propiedades antagonistas se basan en la activación de múltiples mecanismos. Las cepas de *Trichoderma* ejercen un biocontrol contra los fitopatógenos fúngicos ya sea de forma indirecta, compitiendo por los nutrientes y el espacio; promoviendo el crecimiento de las plantas y los mecanismos de defensa y antibiosis de las plantas, o directamente, mediante mecanismos como el micoparasitismo (Benítez et al., 2004).

Estos mecanismos indirectos y directos pueden actuar de manera coordinada y su importancia en el proceso de biocontrol depende de la cepa de *Trichoderma*. Su función incluye la disponibilidad de nutrientes, y la concentración de hierro (Benítez et al., 2004). La activación de cada mecanismo implica la producción de compuestos y metabolitos específicos, como factores de crecimiento vegetal, enzimas hidrolíticas, sideróforos, antibióticos. Estos metabolitos pueden reproducirse o combinarse con cepas de biocontrol apropiadas para obtener nuevas formulaciones para su uso en el control más eficiente de enfermedades de las plantas y aplicaciones poscosecha (Benítez et al., 2004).

i) Otros (Ácidos húmicos y fúlvicos)

Las sustancias húmicas son constituyentes naturales de la materia orgánica del suelo, resultantes de la descomposición de residuos vegetales, animales y microbianos, pero también de la actividad metabólica de los microbios del suelo que utilizan estos sustratos. Estos compuestos también muestran una dinámica compleja de asociación/disociación en coloides supramoleculares, y esto está influenciado por las raíces de las plantas a través de la liberación de protones y exudados (du Jardin, 2015).

Se pueden utilizar diferentes estrategias, conocidas como biofortificación de cultivos, para aumentar las concentraciones de micronutrientes en las partes cosechadas para reducir las deficiencias de nutrientes en la dieta humana (Billard et al., 2014).

Las sustancias húmicas y sus complejos en el suelo son el resultado de la interacción entre la materia orgánica, los microbios y las raíces de las plantas. Cualquier intento de utilizar sustancias húmicas para promover el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos debe optimizar estas interacciones para lograr los resultados esperados. Esto explica por qué la aplicación de sustancias húmicas (fracciones solubles de ácidos húmicos y fúlvicos) muestra resultados inconsistentes, aunque globalmente positivos, en el crecimiento de las plantas (du Jardin, 2015).

2.3. Definiciones conceptuales.

Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: Uno de los mecanismos más importantes de las bacterias del crecimiento de las plantas es la producción de hormonas vegetales, o fitoestimulación, por algunos microorganismos rizosféricos. Estas bacterias mejoran el crecimiento de las plantas al producir hormonas de crecimiento, como auxinas, giberelinas y citoquininas en las plantas. El tamaño y la profundidad de los sistemas de raíces influyen en la capacidad de las plantas para capturar nutrientes del suelo de manera eficiente y viceversa: el crecimiento y la morfología de las raíces pueden cambiar en respuesta a la disponibilidad de nutrientes.

Bioestimulantes: Los bioestimulantes se definen como "materiales que, en cantidades diminutas, promueven el crecimiento de las plantas". Usando las palabras 'cantidades

diminutas'. Para describir los bioestimulantes, los autores se propusieron distinguir los bioestimulantes de los nutrientes y enmiendas del suelo, que también promueven el crecimiento de las plantas pero se aplican en mayores cantidades. Un bioestimulante es un material orgánico que, cuando se aplica en pequeñas cantidades, favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas, de modo que la respuesta no puede atribuirse a la aplicación de nutrientes vegetales tradicionales. Por lo tanto se define como *"los bioestimulantes son materiales, distintos de los fertilizantes, que promueven el crecimiento de las plantas cuando se aplican en pequeñas cantidades"*. Así también "Los bioestimulantes están disponibles en una variedad de formulaciones y con diferentes ingredientes, pero generalmente se clasifican en tres grupos principales según su fuente y contenido".

Cepa: A la cepa se le reconoce como una población de microorganismos que constituye una especie. Esta puede ser como las cepas microbianas que permiten estimular a la planta a producir hormonas y así tenga esta una mayor desarrollo y crecimiento.

Clamidospora. Se le llama clamidospora a un tipo de espora de un hongo donde tiene paredes gruesas y esto le permite sobrevivir en condiciones no apropiadas, hasta llegar el momento o las condiciones apropiadas y llegue a germinar una vez que infecta a la planta.

Clorosis. Es el síntoma en la cual produce una decoloración en la planta debido al ataque de los hongos u otros microorganismos.

Diseminación. Se refiere a la transferencia de las esporas de los microorganismos a otros organismos vivos para ser infectados e infestados.

Espora. Se le llama así a la estructura reproductora de los microorganismos en especial hongos el cual le permite su propagación y crecimiento y desarrollo del hongo.

Hongo benéfico: Los hongos benéficos interactúan con las raíces de las plantas de diferentes maneras, desde simbiosis y mutualistas así también el parasitismo. Pueden ser de vida libre, rizosféricos o endosimbióticos. Asimismo, los bioestimulantes microbianos incluyen hongos micorrízicos y no micorrízicos, endosimbiontes bacterianos (como *Rhizobium*) y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Así, los microorganismos aplicados a las plantas pueden tener una doble función de agente de control biológico y de bioestimulante, y el efecto agrícola reivindicado será fundamental en su categorización reguladora.

Microbio: Los microbios mejoran los atributos biológicos de los suelos agrícolas. Además, los microbios mejoran el crecimiento de las plantas al producir hormonas de crecimiento, como auxinas, giberelinas y citoquininas en las proximidades de las raíces, o controlando los niveles de etileno producidos por las plantas.

Microorganismos: Los microorganismos incluyen bacterias beneficiosas y hongos beneficiosos. Pueden ser de vida libre, rizosféricos o endosimbióticos.

Microorganismos benéfico: Los productos deben formularse para tener una vida útil prolongada en el transporte y en el almacenamiento, lo que puede ser problemático en particular con bacterias gram negativas que no forman esporas. Además, el procedimiento de registro puede ser costoso y llevar mucho tiempo, y la aplicación debe ser simple y compatible con las prácticas y el equipo agronómicos (Berg, 2009).

Mutualismo: Esto surge cuando ambos organismos viven en contacto directo entre sí y establecen relaciones mutuamente beneficiosas.

2.4. Formulación de hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general.

H₀: No existe diferencias en los bioestimulantes microbianos comerciales en el rendimiento del arándano "*Vaccinium corymbosum*" cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

H_a: Existe diferencias en los bioestimulantes microbianos comerciales en el rendimiento del arándano "*Vaccinium corymbosum*" cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

2.4.2. Hipótesis específico.

Hipótesis 01

H₁: No existen diferencias en los bioestimulantes microbianos comerciales en las características agronómicas del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

H₀: Existe diferencias entre los bioestimulantes microbianos comerciales en las características agronómicas del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

Hipótesis 02

Ho: No existe diferencias en el porcentaje de efectividad de los bioestimulantes microbianos comerciales en el arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

Ha: Existe diferencias el porcentaje de efectividad de los bioestimulantes microbianos comerciales en el arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

Hipótesis 03

Ho: No existe diferencias en los bioestimulantes microbianos comerciales en las características organolépticas del fruto del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

Ha: Existe diferencias en los bioestimulantes microbianos comerciales en las características organolépticas del fruto del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

3.1. Diseño metodológico.

3.1.1. Ubicación.

La presente investigación se realizó en el predio “Don Ortíz” ubicado en el valle de Huaral, provincia de Lima, geográficamente se encuentra a una altitud de 240 msnm, latitud de 11°30’43’’S y longitud de 77°09’52’’.

3.1.2. Materiales e insumos

Los materiales e insumos utilizados son las siguientes:

Materiales de campo

- Jabas de plástico
- Lampa
- Letreros
- Libreta de campo
- Wincha

Insumos

- Fertilizantes
- Insecticidas
- Herbicidas
- Tecnología EM®
- Algax® (Extracto de algas marina)
- Serenade (*Bacillus subtilis*)
- Tricho D (*Trichoderma harzianum*)

Equipos

- Balanza analítica
- Refractómetro
- Cámara fotográfica
- Mochila fumigadora (20 litros)

- Laptop
- pHmetro
- Vernier

3.1.3. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado para la presente investigación fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar con 5 tratamientos y en cada tratamiento con 4 repeticiones. La comparación de medias de los tratamientos, se utilizó la prueba de Duncan con un nivel de significación del 5%.

Tabla 1

Análisis de varianza.

| Fuente de variabilidad | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | SIG. |
|------------------------|------|---|--------------------|----------------------------------|------|
| Bloque | 3 | SC _B | SC _B /3 | CM _B /CM _E | |
| Tratamiento | 4 | SC _T | SC _T /4 | CM _T /CM _E | |
| Error | 12 | SC _{To} -(SC _B +SC _T) | SCE/12 | | |
| Total | 19 | SC _{To} | | | |

3.1.4. Tratamientos.

La asignación de los tratamientos son los siguientes:

Tabla 2

Asignación de los tratamientos

| Ingrediente Activo | Dosis de IA/ha | Tratamiento |
|--|----------------|-------------|
| Testigo sin control (agua) | 0 | T1 |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | 400 ml/ha | T2 |
| <i>Extracto de algas marinas</i> | 500 g/ha | T3 |
| <i>EM</i> [®] (<i>Microorganismos Eficaces</i>) | 400 g/ha | T4 |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 3 kg/ha. | T5 |

Fuente propia

Tabla 3

Cuadro de la operacionalización de variables

| Variable | Definición | Dimensiones | Indicadores | Parámetros de dimensión |
|--|--|---|--|-------------------------|
| V. Independiente (X) Bioestimulantes microbianos comerciales | Es la capacidad de los bioestimulantes microbianos comerciales | X1: Bioestimulantes | - T1: Testigo sin control (agua). | Nominal |
| | | | - T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | Nominal |
| | | | - T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | Nominal |
| | | | - T4: <i>EM[®] (Microorganismo s Eficaces)</i> a una dosis de 400 g/ha. | Nominal |
| | | | - T5: <i>Bacillus subtilis</i> una dosis de 3 kg/ha. | Nominal |
| V. Dependiente (Y) Rendimiento y calidad del arándano. | Son evaluaciones que miden las características agronómicas de la planta y características organolépticas del fruto del arándano. | Y1: Características agronómicas de la planta y características organolépticas del fruto del arándano. | - Y1: Altura de planta. | Razón |
| | | | - Y2: Número de brotes. | Razón |
| | | | - Y3: Número de frutos por planta. | Razón |
| | | | - Y4: Calibre. | Razón |
| | | | - Y5: Porcentaje de bayas exportables | Razón |
| | | | - Y6: Porcentaje de sólidos solubles. | Razón |
| | | | - Y7: Rendimiento | Razón |

Fuente: Elaboración propia

3.1.5. Características del área experimental

La investigación se realizó en un campo experimental con las siguientes medidas:

Dimensiones del campo experimental del área total:

- Largo: 46 m
- Ancho: 67.5 m
- Área neta del experimento: 3105 m²
- Número de Tratamiento: 5
- Número de repetición: 4

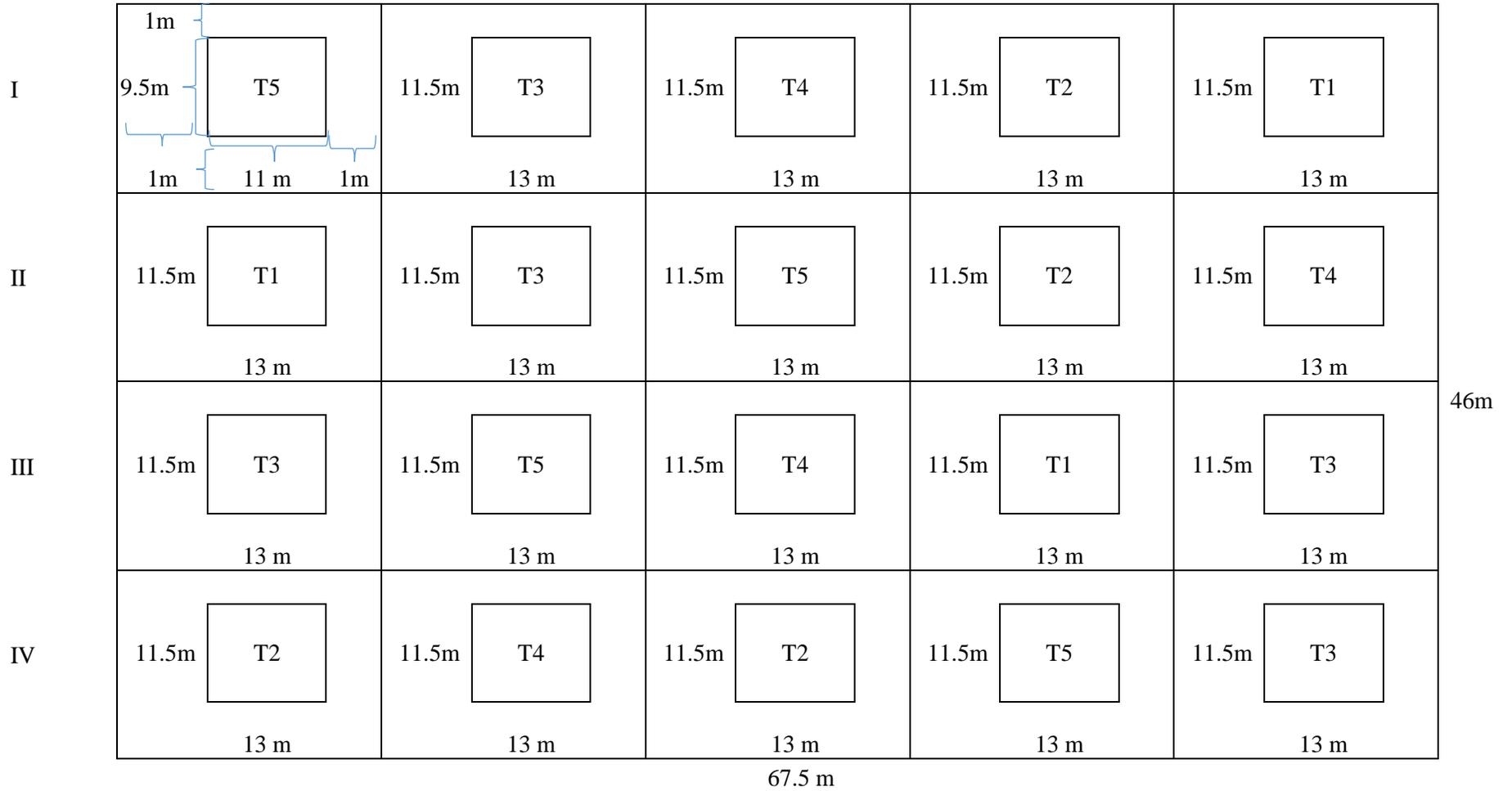
De la unidad experimental (UE)

- Largo de la UE: 9.5 m
- Ancho de la UE: 11 m
- Área de la UE: 150 m²
- Número de surcos por UE: 3

Densidad de siembra

- Distancia entre hilera: 3 m
- Distanciamiento entre plantas: 1.5 m
- Densidad: 2 222 plantas /ha

CROQUIS DEL EXPERIMENTO



3.1.6. Variables

Para la evaluación de las características se tomaron al azar 5 plantas de arándano por cada repetición. Se evaluaron las siguientes variables:

Rendimiento por planta

Se realizó extrayendo los frutos maduros de la planta de arándano en cada unidad experimental y se expresó en kg/planta.

Altura de planta

Se midió con la wincha cada planta de la muestra en cada unidad experimental.

Número de frutos por planta

Se contó el número de frutos de arándano por planta en cada unidad experimental.

Porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm)

Se realizó mediante el conteo total de frutos por planta, luego se midieron con el vernier y se seleccionaron los frutos con calibre de 10mm-17mm.

Porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm)

Se realizó mediante el conteo total de frutos por planta luego se midieron con el vernier y se seleccionaron frutos con calibre extra (18mm-28mm).

Porcentaje de sólidos solubles

A cada muestra de frutos cosechados por cada unidad experimental se obtuvo un extracto o jugo y se coloca mediante gotas en el refractómetro de marca ATAGO, para medir los sólidos solubles o los en °Brix.

Porcentaje de acidez titulable

Se realizó mediante la titulación del jugo de la muestra del arándano por cada unidad experimental con solución de 0,1N, NaOH, llegando a un pH de 8,2 con el uso del pHmetro y se expresó en porcentaje (%) del ácido cítrico del arándano.

Relación sólidos solubles/acidez titulable

Se calculó la relación entre el valor de los sólidos solubles sobre el valor del acidez titulable por cada unidad experimental.

3.1.7. Conducción del experimento

Instalación del experimento

La presente investigación se realizó el 15 de octubre del 2020, debido al inicio de campaña, llevándose a cabo en el campo agrícola del predio de “Don Ortiz” productor de arándano con 4 años de producción, ubicado en Huaral provincia de Lima, cuya variedad es la Biloxi.

Aplicación de los tratamientos

Se realizó la aplicación de los bioestimulantes microbianos comerciales de manera foliar el 17 de noviembre de 2020 a los 15 días antes de la floración, a una dosis de “x” según el bioestimulante, luego se realizaron 4 aplicaciones más con una frecuencia de 15 días (2 de diciembre, 17 de diciembre, 02 de enero y el 17 de enero), haciendo un total de 5 aplicaciones por todo el ciclo reproductivo y de maduración del fruto del arándano.

La cosecha se realizó desde 5 de abril y la última cosecha se realizó el 26 de abril del 2021, momento donde se realizó la evaluación del rendimiento por planta.

3.2. Población y muestra

a) Población

El área experimental del experimento fue de 3105 m² en el predio Don Ortiz.

b) Muestra

La muestra aleatoria será de 5 plantas de arándano, por cada unidad experimental.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se usaron diferentes bioestimulantes microbianos comerciales sobre las características agronómicas de la planta y características organolépticas del fruto del arándano en condiciones de Huaral.

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

Las variables de estudio se analizaron mediante el ANOVA (análisis de varianza), usando por el software estadístico SAS, Versión 9.3.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Rendimiento total por Planta.

En la tabla 4, se muestra los resultados del análisis de varianza respecto al rendimiento total por planta de los tratamientos en estudio, donde se visualiza que estadísticamente no hay diferencias significativas entre bloques, pero si existe diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, el coeficiente de variabilidad C.V. =6,08%, valor bajo que indica que los datos de esta variable reporta precisión experimental (Vanderlei, 1996).

Tabla 4

Análisis de varianza del rendimiento total por planta

| F.V. | SC | GL | CM | F-cal | p-valor | Significación |
|--------------|------|----|------|-------|---------|---------------|
| Bloques | 0,08 | 3 | 0,03 | 1,27 | 0,3336 | ns |
| Tratamientos | 4,41 | 4 | 1,10 | 54,63 | <0,0001 | ** |
| Error | 0,22 | 11 | 0,02 | | | |
| Total | 4,71 | 18 | | | | |

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 6,08 %

Fuente: elaboración propia del autor

El análisis de la prueba de Duncan al 5%, muestra el comparativo de promedios de los tratamientos en cuanto al rendimiento total por planta (Tabla 5), reportando promedios que oscilan entre 1,75 y 2,97 kg/planta. Siendo el tratamiento T5 (*Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha) con mayor rendimiento reportando 2,97 kg/planta superior a todos los bioestimulantes microbianos comerciales, luego se muestra el T2 (*Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha) con 2,84 kg/planta, superior al tratamiento T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha) con 2,25 superando al tratamiento T4 (*EM[®]* a una dosis de 400 g/ha) con 1,89 kg/planta y el tratamiento T1 (Testigo sin control) siendo este el tratamiento con el rendimiento más bajo con 1,75 kg/planta.

Tabla 5

Prueba Duncan del comparativo de promedios del rendimiento total por planta

| Tratamientos | Promedio (kg/planta) | Prueba de Duncan |
|--|-------------------------|---------------------|
| T5: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha | 2,97 | a |
| T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | 2,84 | a |
| T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | 2,25 | b |
| T4: EM [®] a una dosis de 400 g/ha | 1,89 | c |
| T1: Testigo sin control (agua) | 1,75 | c |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia del autor

4.2. Altura de planta del arándano.

Observando la Tabla 6 se aprecia los resultados del análisis de varianza respecto a la altura de planta de los tratamientos en estudio, donde muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, pero si diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, el coeficiente de variabilidad C.V. =2,55%, valor bajo que indica que los datos de esta variable reporta precisión experimental.

Tabla 6

Análisis de varianza de la altura de planta del arándano

| F.V. | SC | GL | CM | F-cal | p-valor | Significación |
|--------------|--------|----|--------|-------|---------|---------------|
| Bloques | 49,63 | 3 | 16,54 | 7,68 | 0,4800 | ns |
| Tratamientos | 777,32 | 4 | 194,33 | 90,26 | <0,0001 | ** |
| Error | 23,68 | 11 | 2,15 | | | |
| Total | 850,63 | 18 | | | | |

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 2,55 %

Fuente: elaboración propia del autor

En la Tabla 7, muestra el comparativo de promedios de los tratamientos en cuanto a la altura de planta, reportando medias que oscilan entre 49,25 y 66,67 cm. Siendo el tratamiento T5 (*Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha) con mayor altura (66,67 cm) superior a los demás bioestimulantes microbianos comerciales.

Asimismo, se muestra al tratamiento T2 (*Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha) y el tratamiento T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha) con 62,50 y 60,25 cm, superando al tratamiento T4 (*EM[®]* a una dosis de 400 g/ha) con 51,50 cm y al T1 (Testigo sin control) siendo este con menor tamaño con 49,25cm.

Tabla 7

Prueba Duncan del comparativo de promedios de altura de planta del arándano

| Tratamientos | Promedio (cm) | Prueba de Duncan |
|--|---------------|------------------|
| T5: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha | 66,67 | a |
| T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | 62,50 | b |
| T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | 60,25 | b |
| T4: <i>EM[®]</i> a una dosis de 400 g/ha | 51,50 | c |
| T1: Testigo sin control (agua). | 49,25 | c |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia del autor

4.3. Número de frutos por planta.

La tabla 8 muestra los resultados del análisis de varianza del número de frutos por planta de los tratamientos, donde se muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, pero si diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, el coeficiente de variabilidad fue de 3,93%, valor bajo que indica que los datos de esta variable reporta precisión experimental.

Tabla 8

Análisis de varianza del número de frutos por planta

| F.V. | SC | GL | CM | F-cal | p-valor | Significación |
|--------------|---------|----|----------|-------|---------|---------------|
| Bloques | 2225,0 | 3 | 741,67 | 2,94 | 0,0803 | ns |
| Tratamientos | 49707,9 | 4 | 12426,99 | 49,31 | <0,0001 | ** |
| Error | 2772,0 | 11 | 252,0 | | | |
| Total | 54704,9 | 18 | | | | |

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 3,93 %

Fuente: elaboración propia del autor

La prueba de Duncan (Tabla 9), muestra el comparativo de promedios de los tratamientos en cuanto al número de frutos por planta, reportando medias que oscilan entre 342,3 y 489 frutos/planta. Siendo el tratamiento T5 (*Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha) con mayor número de frutos por planta reportando 489 frutos, superior a los demás bioestimulantes microbianos comerciales.

Asimismo, se muestra el tratamiento T2 (*Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha) con 442,3 frutos/planta, superior al tratamiento T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha) con 391,5 frutos/planta superando al tratamiento T4 (*EM[®]* a una dosis de 400 g/ha) con 362,3 frutos/planta y el T1 (Testigo sin control) siendo este con el menor valor con 342,3 frutos/planta.

Tabla 9

Prueba Duncan del comparativo de promedios del número de frutos por planta

| Tratamientos | Promedio | Prueba de Duncan |
|--|-----------------|-------------------------|
| T5: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha | 489,0 | a |
| T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | 442,3 | b |
| T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | 391,5 | c |
| T4: <i>EM[®]</i> a una dosis de 400 g/ha | 362,3 | d |
| T1: Testigo sin control (agua). | 342,3 | d |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia del autor

4.4. Porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm).

En la tabla 10, se muestra los resultados del análisis de varianza respecto al porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm) de los tratamientos en estudio, donde se visualiza que estadísticamente no hay diferencias significativas entre bloques, pero si existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

Asimismo, el coeficiente de variabilidad (C.V. =11,6%), valor bajo que indica que los datos de esta variable reporta precisión experimental (Vanderlei, 1996).

Tabla 10

Análisis de varianza del porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm)

| F.V. | SC | GL | CM | F-cal | p-valor | Significaci ^o n |
|--------------|--------|----|--------|-------|---------|----------------------------|
| Bloques | 25,15 | 3 | 71,75 | 4,37 | 0,2950 | ns |
| Tratamientos | 477,83 | 4 | 8,38 | 62,30 | <0,0001 | ** |
| Error | 21,09 | 11 | 119,46 | | | |
| Total | 524,07 | 18 | 1,92 | | | |

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 11,6 %

Fuente: elaboración propia del autor

En el análisis de la prueba de Duncan (Tabla 11), muestra el comparativo de promedios de los tratamientos en cuanto al porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm), reportando medias que oscilan entre 5,8 y 18,4%. Siendo el tratamiento T1 (Testigo sin control) con mayor valor (18,4%) superior a los demás bioestimulantes microbianos comerciales, luego se muestra el tratamiento T4 (*EM*[®] a una dosis de 400 g/ha) con 17,8%, superior al tratamiento T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha) con 9,8% superando al tratamiento T2 (*Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha) con 7,9% y el tratamiento T5 (*Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha) siendo este el tratamiento con el menor valor con 5,8% de calibre no comercial exportable de la fruta.

Tabla 11

Prueba Duncan del comparativo de promedios del porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta (10-17mm)

| Tratamientos | Promedios (%) | Prueba de Duncan |
|--|---------------|------------------|
| T1: Testigo sin control (agua) | 18,4 | a |
| T4: <i>EM</i> [®] a una dosis de 400 g/ha | 17,8 | a |
| T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | 9,8 | b |
| T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | 7,9 | bc |
| T5: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha | 5,8 | c |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia del autor

4.5. Porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm).

En la tabla 12, se muestra los resultados del análisis de varianza respecto al porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm) de los tratamientos en estudio, donde se visualiza que estadísticamente no hay diferencias significativas entre bloques, pero si existe diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, el coeficiente de variabilidad C.V. = 3,6 %, valor bajo que indica que los datos de esta variable reporta precisión experimental (Vanderlei, 1996).

Tabla 12

Análisis de varianza del porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm)

| F.V. | SC | GL | CM | F-cal | p-valor | Significación |
|--------------|--------|----|--------|-------|---------|---------------|
| Bloques | 25,15 | 3 | 8,38 | 4,37 | 0,2950 | ns |
| Tratamientos | 477,83 | 4 | 119,46 | 62,3 | <0,0001 | ** |
| Error | 21,09 | 11 | 1,92 | | | |
| Total | 524,07 | 18 | | | | |

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 3,6 %

Fuente: elaboración propia del autor

El análisis de la prueba de Duncan al 5% (Tabla 13), muestra el comparativo de promedios de los tratamientos en cuanto al porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm), reportando medias que oscilan entre 81,6 y 94,2% de calibre comercial. Siendo el tratamiento T5 (*Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha) con mayor porcentaje de frutos exportables reportando 94,2% de calibre comercial superior a los demás bioestimulantes microbianos comerciales, luego se muestra el tratamiento T2 (*Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha) con 92,1% de calibre comercial, superior al tratamiento T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha) con 90,2% de calibre comercial superando al tratamiento T4 (*EM*[®] a una dosis de 400 g/ha) con 82,3% de calibre comercial y el tratamiento T1 (Testigo sin control) siendo este el tratamiento con el calibre comercial más bajo con una media de 81,6% de fruta exportable (18-28mm).

Tabla 13

Prueba Duncan del comparativo de promedios del porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm)

| Tratamientos | Promedios (%) | Prueba de Duncan |
|--|---------------|------------------|
| T5: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha | 94,2 | A |
| T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | 92,1 | AB |
| T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | 90,2 | B |
| T4: EM [®] a una dosis de 400 g/ha | 82,3 | C |
| T1: Testigo sin control (agua). | 81,6 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia del autor

4.6. Porcentaje de sólidos solubles

En la tabla 14, se muestra los resultados del análisis de varianza respecto al porcentaje de sólidos solubles de los tratamientos en estudio, donde se visualiza que estadísticamente no hay diferencias significativas entre bloques, pero si existe diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, el coeficiente de variabilidad C.V. = 5,6 %, valor bajo que indica que los datos de esta variable reporta precisión experimental (Vanderlei, 1996).

Tabla 14

Análisis de varianza del porcentaje de sólidos solubles

| F.V. | SC | GL | CM | F-cal | p-valor | Significaci ^o n |
|--------------|------|----|------|-------|---------|----------------------------|
| Bloques | 0,12 | 3 | 0,04 | 1,39 | 0,2987 | ns |
| Tratamientos | 2,4 | 4 | 0,60 | 21,46 | <0,0001 | ** |
| Error | 0,31 | 11 | 0,03 | | | |
| Total | 2,82 | 18 | | | | |

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 5,6 %

Fuente: elaboración propia del autor

El análisis de la prueba de Duncan al 5% (Tabla 15), muestra el comparativo de promedios de los tratamientos en cuanto al porcentaje de sólidos solubles, reportando medias que oscilan entre 11,4 y 12,4 %. Siendo el tratamiento T5 (*Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha) con mayor porcentaje de sólidos solubles reportando 12,4%, similar al tratamiento T2 (*Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha) con 12,3% de sólidos solubles, superior al tratamiento T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha) con 12% de sólidos solubles, superando al tratamiento T4 (*EM*[®] a una dosis de 400 g/ha) con 11,7% y el tratamiento T1 (Testigo sin control) siendo este el tratamiento con el valor más bajo con 11,4% de sólidos solubles.

Tabla 15

Prueba Duncan del comparativo de promedios del porcentaje de sólidos solubles

| Tratamientos | Promedios (%) | Prueba de Duncan |
|--|----------------------|-------------------------|
| T5: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha | 12,4 | a |
| T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | 12,3 | ab |
| T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | 12,0 | b |
| T4: <i>EM</i> [®] a una dosis de 400 g/ha | 11,7 | c |
| T1: Testigo sin control (agua). | 11,4 | c |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia del autor

4.7. Porcentaje de acidez titulable

En la tabla 16, se muestra los resultados del análisis de varianza respecto al porcentaje de acidez titulable de los tratamientos en estudio, donde se visualiza que estadísticamente no hay diferencias significativas entre bloques, pero si existe diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, el coeficiente de variabilidad C.V. = 9,3 %, valor bajo que indica que los datos de esta variable reporta precisión experimental (Vanderlei, 1996).

Tabla 16

Análisis de varianza del porcentaje de acidez titulable

| F.V. | SC | GL | CM | F-cal | p-valor | Significación |
|--------------|------|----|------|-------|---------|---------------|
| Bloques | 0,07 | 3 | 0,02 | 2,15 | 0,1515 | ns |
| Tratamientos | 0,21 | 4 | 0,05 | 5,05 | 0,0148 | ** |
| Error | 0,11 | 11 | 0,01 | | | |
| Total | 0,38 | 18 | | | | |

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 9,3 %

Fuente: elaboración propia del autor

La prueba de Duncan al 5% (Tabla 17), muestra el comparativo de medias de los tratamientos en cuanto al porcentaje de acidez titulable, reportando promedios que oscilan entre 0,94 y 1,26%. Siendo el tratamiento T4 (*EM*[®] a una dosis de 400 g/ha) con mayor acidez titulable reportando 1,26%, superior a los demás bioestimulantes microbianos comerciales, luego se muestra el T2 (*Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha) con 1,10% de acidez titulable, superior al tratamiento T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha) con 1,08% de acidez titulable, superando al tratamiento T5 (*Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha) con 1,06 y el tratamiento T1 (Testigo sin control) siendo este el tratamiento con el valor más bajo con 0,94% de acidez titulable.

Tabla 17

Prueba Duncan del comparativo de promedios del porcentaje de acidez titulable

| Tratamientos | Promedios (%) | Prueba de Duncan |
|--|---------------|------------------|
| T4: <i>EM</i> [®] a una dosis de 400 g/ha | 1,26 | a |
| T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | 1,10 | a b |
| T1: Testigo sin control (agua). | 1,08 | b |
| T5: <i>Bacillus subtilis</i> una dosis de 3 kg/ha | 1,06 | b |
| T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | 0,94 | b |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia del autor

4.8. Relación sólidos solubles/acidez titulable

En la tabla 18, se muestra los resultados del análisis de varianza respecto a la relación sólidos solubles/acidez titulable de los tratamientos en estudio, donde se visualiza que estadísticamente no hay diferencias significativas entre bloques, pero si existe diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, el coeficiente de variabilidad fue de 5,6 %, valor bajo que indica que los datos de esta variable reporta precisión experimental (Vanderlei, 1996).

Tabla 18

Análisis de varianza del relación sólidos solubles/acidez titulable

| F.V. | SC | GL | CM | F-cal | p-valor | Significación |
|--------------|-------|----|------|-------|---------|---------------|
| Bloques | 6,26 | 3 | 2,09 | 2,41 | 0,1226 | ns |
| Tratamientos | 27,81 | 4 | 6,95 | 8,02 | <0,0001 | ** |
| Error | 9,53 | 1 | 0,87 | | | |
| Total | 43,60 | 18 | | | | |

ns. = no significativo** = altamente significativo

C.V: 8,3 %

Fuente: elaboración propia del autor

En el análisis de la prueba de Duncan (Tabla 19), muestra el comparativo de promedios de los tratamientos en cuanto al relación sólidos solubles/acidez titulable, reportando medias que oscilan entre 9,2 y 12,9. Siendo el tratamiento T5 (*B. subtilis* una dosis de 3 kg/ha) con mayor relación de sólidos solubles y acidez titulable reportando 12,9, similar al T2 (*T. harzianum* a una dosis de 3 kg/ha) con 11,9, superior al T3 (*Extracto de algas marinas* a una dosis de 500 g/ha) con 11,1, superando al T4 (*EM*[®] a una dosis de 400 g/ha) con una relación de 11 y por último el T1 (Testigo sin control) con 9,2 de sólidos solubles/acidez titulable.

Tabla 19

Prueba Duncan de la relación sólidos solubles/acidez titulable

| Tratamientos | Promedios | Prueba de Duncan |
|--|-----------|------------------|
| T3: <i>Extracto de algas marinas</i> a una dosis de 500 g/ha | 12,9 | a |
| T5: <i>Bacillus subtilis</i> a una dosis de 3 kg/ha | 11,9 | a |
| T2: <i>Trichoderma harzianum</i> a una dosis de 3 kg/ha | 11,1 | b |
| T1: Testigo sin control (agua). | 11,0 | b |
| T4: <i>EM</i> [®] a una dosis de 400 g/ha | 9,2 | c |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia del autor

CAPÍTULO V. DISCUSIONES

En el presente trabajo de investigación, se ha determinado el efecto de la aplicación de bioestimulantes microbianos comerciales en el rendimiento y calidad del cultivo de arándano en condiciones de Huaral. Los resultados reportan rendimientos por planta con más de 2,5 kg/planta obtenido con el bioestimulante a base de *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha quien mostró el mayor rendimiento junto a *Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha ambos superando a las demás tratamientos. Estos resultados coincide con lo reportado por Olivares et al. (2015) quienes encontraron respuesta favorable sobre el rendimiento de planta, indicando que el desarrollo de bioestimulantes microbianos comerciales promueven el crecimiento de las plantas, además, el *Bacillus subtilis* y el *Trichoderma harzianum* obtuvieron altos rendimientos, ya que el uso de bacterias y hongos mejoran la microbiota y fertilidad del suelo, debido al aumento del contenido de nitratos del suelo y demás, mejoró la absorción de N, P, K entre otros nutrientes, y por tanto, aumenta la nutrición de las plantas, generando mayor rendimiento de la planta.

Además, el efecto de los tratamientos de los bioestimulantes microbianos comerciales sobre el comportamiento de las características morfológicas del arándano para altura de planta y número de frutos por planta los resultados reportan al tratamiento *Bacillus subtilis* una dosis de 3 kg/ha quien mostró el mayor altura de planta y número de frutos por planta estadísticamente mayor a los demás tratamientos, lo que indica que dicho bioestimulante mejora dichas características, resultados que coinciden con lo reportado por Schoebitz et al. (2016) quienes evaluando la efectividad del consorcio microbiano en el arándano reportaron que las estas cepas presentan un crecimiento de más de 70 cm y más de 500 frutos por planta en la variedad Biloxi, además indican que el *Bacillus subtilis* tienen una capacidad de adaptación y establecimiento en la rizosfera de la planta, donde compite por nutrientes y espacio con otros microorganismos que entre ellos pueden estar hongos patógenos, y además estimulan la producción de hormonas vegetales promoviendo el crecimiento de la planta, debido a la mejora del suministro de nutrientes en el suelo para una mayor absorción y por la estimulación de fitohormonas.

Asimismo, se ha encontrado efecto positivo de los bioestimulantes microbianos comerciales en la calidad del fruto del arándano. Con respecto al porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-17mm), entre los tratamientos que obtuvo mayor valor fue

reportado con el bioestimulante *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha con mayor calibre comercial para la exportación. Resultados coincide con Viscardi et al. (2016) quienes afirmaron que los microbianos comerciales obtuvieron mayor porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta con más de 90 %, siendo el *Bacillus subtilis* quien obtuvo 93% de frutas comerciales, además sostiene que las bacterias y los hongos beneficiosos, son una parte importante de la microbiota del suelo, los cuales son conocidos por su capacidad para promover la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fosfato, la producción de ácido indol acético, y estas propiedades logran obtener mayor calidad del fruto.

Al respecto Villarreal-Delgado et al. (2018) al evaluar el efecto de los bioestimulantes a base de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* en el porcentaje de calibre comercial del fruto, sostienen que los microbios son beneficiosos para las plantas debido a sus diferentes funciones que aumentan el tamaño del fruto y además, presenta una alternativa antifúngica, ya que secretan varios metabolitos que desencadenan el crecimiento de las plantas y previenen la infección por patógenos. Asimismo, el *Bacillus* debido a estos metabolitos permite a las plantas una mayor adaptación al estrés abiótico y biótico, destacando su capacidad para producir antibióticos y otros metabolitos antimicrobianos y antifúngicos.

En cuanto al porcentaje de sólidos solubles, acidez titulable y relación entre sólidos solubles/acidez titulable, se reporta significancia estadística entre los bioestimulantes microbianos, siendo el *Bacillus subtilis* quien obtuvo un mayor efectividad en estas características evaluadas con mayor porcentaje de sólidos solubles y baja acidez titulable lo que confirma que los bioestimulantes aumentan la calidad del fruto. Resultados concuerdan con lo afirmado por Martínez et al. (2019) quienes evaluando la aplicación de los bioestimulantes sobre la calidad del arándano, encontraron que el *Bacillus subtilis* influye sobre el porcentaje de sólidos solubles y la acidez titulable de los frutos, dado que la presencia de la bacteria aumenta el porcentaje de sólidos solubles y reduce la acidez, lo cual aumenta la vida útil, ya que la calidad de los arándanos se mantiene en buen estado, obteniendo mayor concentración de ácido cítrico el cual es el principal ácido orgánico presente en el arándano. Además, el *B. subtilis* se ha utiliza en pre y postcosecha para controlar con éxito la enfermedad conocida como pudrición gris en arándano, causada por *Botrytis cinerea*, logrando mantener las características organolépticas del fruto del arándano.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

El bioestimulante microbiano *Bacillus subtilis* aplicado en el arándano en Huaral, ha logrado aumentar el rendimiento y mejorar significativamente la calidad del fruto superando al testigo y a los otros microbios comerciales, siendo una opción en el manejo del cultivo del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

El *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha obtuvo mejoras en las características agronómicas tales como altura de planta (66,67 cm) y número de frutos (489 frutos/planta) del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

En cuanto a los parámetros de calidad el *Bacillus subtilis* a una dosis de 3 kg/ha obtuvo mayor porcentaje de calibre comercial exportable (94,2%) de la fruta del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

El *Bacillus subtilis* logró mejorar estadísticamente las características de calidad del fruto en porcentaje de sólidos solubles (12,4%), acidez titulable (1,06%) y relación entre sólidos solubles/acidez titulable (12,9) logrando mantener las características organolépticas del fruto del arándano cv. Biloxi en condiciones de Huaral.

6.2. Recomendaciones.

Recomendar los bioestimulantes a base de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* a una dosis de 3 kg/ha en base a los resultados y conclusiones para que los productores de arándano en Huaral incluyan en el manejo nutricional del cultivo.

Validar los resultados obtenidos, realizando nuevamente la presente investigación en la misma zona con los mismos bioestimulantes y la misma metodología.

Realizar esta investigación en diferentes zonas para determinar el comportamiento de de los bioestimulantes, con el fin de revalidar su efecto en las características del rendimiento y calidad del arándano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bañados, P. (2005). *Fisiología, poda y nutrición de los arándanos*. Seminario Asociación de Exportadores de Chile (ASOEX), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago- Chile.

<http://asocolblue.com/wp-content/uploads/2016/04/Manual-de-arandanos.pdf>

Battacharyya, D., Zamani, M., Rathor, P. and Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>

Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C., & Codón, A. C. (2004). Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. *International microbiology: the official journal of the Spanish Society for Microbiology*, 7(4), 249–260.

Berg, G. (2009). Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agricultura. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84(1), 11-18. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2092-7>

Berg, S., Dennis, P.G., Paungfoo-Lonhienne, C. (2020). Effects of commercial microbial biostimulants on soil and root microbial communities and sugarcane yield. *Biol Fertil Soils*, 56, 565–580.

Berg, S., Dennis, P.G., Paungfoo-Lonhienne, C., Robinson, N., Brackin, R., DiBella, L. and Schidt, S. (2020). Effects of commercial microbial biostimulants on soil and root microbial communities and sugarcane yield. *Biol Fertil Soils*, 56, 565–580

Billard, V., Etienne, P., Jannin, L. Garnica, M., Cruz, F., Yvin, J. and Ourry, A. (2014). Two Biostimulants Derived from Algae or Humic Acid Induce Similar Responses in the Mineral Content and Gene Expression of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *J Plant Growth Regul*, 33, 305–316.

Carrera, J. (2012). Manual práctico para la creación y desarrollo de plantaciones de arándanos en Asturias. *Nuevos horizontes Tecnología agroalimentaria*, Oviedo 9, 09-15.

Castillo, C. (2008). *Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles de los Frutos Rojos*. Fundación Doñana 21. España.

Du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definitions, concept, main categories and regulations. *Sc. Horticulturae* 196:3–14.

Fernández, R., Rivera, M., Varsallona, B. and Wright, E. (2015). Disease Prevalence and Symptoms Caused by *Alternaria tenuissima* and *Pestalotiopsis guepinii* on Blueberry in Entre Ríos and Buenos Aires, Argentina. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 3082-3090.

Hellequin, E., Monard, C., Quaiser, A., Henriot, M., Klarzynski, O., and Binet, F. (2018). Specific recruitment of soil bacteria and fungi decomposers following a biostimulant application increased crop residues mineralization. *PloS one*, 13(12), e0209089.

Kauffman et al (2007) Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *Crop Sci.*, 47(2007), pp. 261-267

Martinez-Viveros, O., Jorquera, M., Crowley, D.E., Gajardo, G. and Mora, M.L. (2010). Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10 (3), 293-319.

Martínez, O.A., Juárez M.R., Saldaña, R. A., Cervantes, E., López C., Pérez, L. (2019). Efecto de la Aplicación de *Bacillus subtilis* Sobre Propiedades Físico-Químicas de Frutos de Arándano (*Vaccinium corymbosum*) Almacenados en Refrigeración. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 4, 399-403.

NCUBE (2008) Evaluación de Microorganismos efectivos (EM) en Suelo Propiedades Químicas y Rendir de seleccionados Verduras en la Oriental cabo, sur África. M. Sc. Tesis. Departamento de Agronomía, Escuela de Agricultura y agroindustria, Facultad de Ciencias Y Agricultura, Universidad de Fort Hare, Alice, Sudáfrica. 156 págs.

Olivares, FL, Aguiar, NO, Rosa, RCC, Canellas, LP 2015. La biofortificación del sustrato en combinación con aspersiones foliares de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas y sustancias húmicas impulsa la producción de tomates orgánicos. *Scientiae Horticola*, 183, 100-108.

Pereg, L. and McMillan, M. (2015). Scoping the potential uses of beneficial microorganisms for increasing productivity in cotton cropping systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 80, 349-358.

Rebolledo, C. (2013). Establecimiento del arándano. In Undurraga, P. y Vargas, S. *Manual de Arándano*. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA, Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile. 120 pp.

Schoebitz, M., López, M.D., Serrí, H., Martínez, O., Zagal, E. (2016). Combined application of microbial consortium and humic substances to improve the growth performance of blueberry seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16 (4), 1010-1023.

Sharma, H.S.S., Fleming, C., Selby, C. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal Appl Phycol* 26, 465–490

Shoresh, M., Harman, G. and Mastouri, F. (2010). Induced Systemic Resistance and Plant Responses to Fungal Biocontrol Agents. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 21-43.

Villarreal-Delgado, M., Villa-Rodríguez, E., Cira-Chávez, L., Estrada-Alvarado, M., Parra-Cota, F., & de los Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana De Fitopatología, Mexican Journal Of Phytopathology*, 36(1).

Viscardi, S., Ventorino, S., Duran, P., Maggio, A., De Pascale, S., Mora, M.L., Pepe, O. (2016). Assessment of plant growth promoting activities and abiotic stress tolerance of *Azotobacter chroococcum* strains for a potential use in sustainable agriculture. *Journal Soil Science Plant Nutritional*. 16 (3), 848-863

ANEXOS

Tabla 20

Registro de datos para el rendimiento total por planta

| Bloque | Tratamiento | Rendimiento |
|--------|-------------|-------------|
| I | T1 | 1,65 |
| I | T2 | 2,78 |
| I | T3 | 2,04 |
| I | T4 | 1,75 |
| I | T5 | 3,05 |
| II | T1 | 1,73 |
| II | T2 | 2,93 |
| II | T3 | 2,31 |
| II | T4 | 1,94 |
| II | T5 | 2,94 |
| III | T1 | 1,72 |
| III | T2 | 2,83 |
| III | T3 | 2,1 |
| III | T4 | 2,04 |
| III | T5 | 3,02 |
| IV | T1 | 1,88 |
| IV | T2 | 2,81 |
| IV | T3 | 2,56 |
| IV | T4 | 1,83 |
| IV | T5 | 2,85 |

Tabla 21

Registro de datos para la altura de planta del arándano

| Bloque | Tratamiento | Altura |
|--------|-------------|--------|
| I | T1 | 51 |
| I | T2 | 60 |
| I | T3 | 59 |
| I | T4 | 51 |
| I | T5 | 67 |
| II | T1 | 49 |
| II | T2 | 63 |
| II | T3 | 61 |
| II | T4 | 49 |
| II | T5 | 58 |
| III | T1 | 50 |
| III | T2 | 65 |
| III | T3 | 62 |
| III | T4 | 55 |
| III | T5 | 68 |
| IV | T1 | 47 |
| IV | T2 | 62 |
| IV | T3 | 59 |
| IV | T4 | 51 |
| IV | T5 | 65 |

Tabla 22

Registro de datos para el número de frutos por planta

| Bloque | Tratamiento | Número de frutos por planta |
|--------|-------------|-----------------------------------|
| I | T1 | 319 |
| I | T2 | 415 |
| I | T3 | 392 |
| I | T4 | 354 |
| I | T5 | 468 |
| II | T1 | 328 |
| II | T2 | 463 |
| II | T3 | 390 |
| II | T4 | 378 |
| II | T5 | 456 |
| III | T1 | 350 |
| III | T2 | 452 |
| III | T3 | 406 |
| III | T4 | 361 |
| III | T5 | 492 |
| IV | T1 | 372 |
| IV | T2 | 439 |
| IV | T3 | 378 |
| IV | T4 | 356 |
| IV | T5 | 507 |

Tabla 23

*Registro de datos para el porcentaje de calibre no comercial exportable de la fruta
(10-17mm)*

| Bloque | Tratamiento | Porcentaje de calibre no comercial de la fruta (15mm) |
|--------|-------------|---|
| I | T1 | 21,1 |
| I | T2 | 6,5 |
| I | T3 | 11,5 |
| I | T4 | 17,3 |
| I | T5 | 4,7 |
| II | T1 | 18,8 |
| II | T2 | 9,3 |
| II | T3 | 9,7 |
| II | T4 | 19,5 |
| II | T5 | 6,3 |
| III | T1 | 16,8 |
| III | T2 | 8,60 |
| III | T3 | 9,5 |
| III | T4 | 17,4 |
| III | T5 | 6,90 |
| IV | T1 | 16,9 |
| IV | T2 | 7,2 |
| IV | T3 | 8,5 |
| IV | T4 | 16,8 |
| IV | T5 | 5,90 |

Tabla 24

Registro de datos para el porcentaje de calibre comercial exportable de la fruta (18-28mm)

| Bloque | Tratamiento | Porcentaje de calibre comercial de la fruta (15mm) |
|--------|-------------|--|
| I | T1 | 78,9 |
| I | T2 | 93,5 |
| I | T3 | 88,5 |
| I | T4 | 82,7 |
| I | T5 | 95,3 |
| II | T1 | 81,2 |
| II | T2 | 90,7 |
| II | T3 | 90,3 |
| II | T4 | 80,5 |
| II | T5 | 93,7 |
| III | T1 | 83,2 |
| III | T2 | 91,4 |
| III | T3 | 90,5 |
| III | T4 | 82,6 |
| III | T5 | 93,1 |
| IV | T1 | 83,1 |
| IV | T2 | 92,8 |
| IV | T3 | 91,5 |
| IV | T4 | 83,2 |
| IV | T5 | 94,1 |

Tabla 25

Registro de datos para el porcentaje de sólidos solubles

| Bloque | Tratamiento | Porcentaje de sólidos solubles |
|--------|-------------|--------------------------------|
| I | T1 | 11,7 |
| I | T2 | 12,3 |
| I | T3 | 12,1 |
| I | T4 | 11,5 |
| I | T5 | 12,4 |
| II | T1 | 11,9 |
| II | T2 | 12,2 |
| II | T3 | 11,9 |
| II | T4 | 11,2 |
| II | T5 | 12,1 |
| III | T1 | 11,5 |
| III | T2 | 12,3 |
| III | T3 | 12,3 |
| III | T4 | 11,4 |
| III | T5 | 12,5 |
| IV | T1 | 11,6 |
| IV | T2 | 12,2 |
| IV | T3 | 11,8 |
| IV | T4 | 11,6 |
| IV | T5 | 12,4 |

Tabla 26

Registro de datos para el porcentaje de acidez titulable

| Bloque | Tratamiento | Porcentaje de acidez titulable |
|--------|-------------|--------------------------------|
| I | T1 | 0,92 |
| I | T2 | 1,1 |
| I | T3 | 0,94 |
| I | T4 | 1,1 |
| I | T5 | 1,02 |
| II | T1 | 1,3 |
| II | T2 | 1,12 |
| II | T3 | 0,93 |
| II | T4 | 1,4 |
| II | T5 | 0,98 |
| III | T1 | 0,97 |
| III | T2 | 1,09 |
| III | T3 | 0,94 |
| III | T4 | 1,2 |
| III | T5 | 1,2 |
| IV | T1 | 1,13 |
| IV | T2 | 1,1 |
| IV | T3 | 0,93 |
| IV | T4 | 1,32 |
| IV | T5 | 0,95 |

Tabla 27

Registro de datos para la relación sólidos solubles/acidez titulable

| Bloq | Trat | Relación de sólidos solubles/acidez titulable |
|------|------|--|
| I | T1 | 12,7 |
| I | T2 | 11,2 |
| I | T3 | 12,9 |
| I | T4 | 10,5 |
| I | T5 | 12,2 |
| II | T1 | 9,2 |
| II | T2 | 10,9 |
| II | T3 | 12,8 |
| II | T4 | 8,0 |
| II | T5 | 12,3 |
| III | T1 | 11,9 |
| III | T2 | 11,3 |
| III | T3 | 13,1 |
| III | T4 | 9,5 |
| III | T5 | 10,4 |
| IV | T1 | 10,3 |
| IV | T2 | 11,1 |
| IV | T3 | 12,7 |
| IV | T4 | 8,8 |
| IV | T5 | 13,1 |