

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Aplicación de dos quelatos sintéticos foliares en arándano (*Vaccinium
Corymbosum* var. *Biloxi*).

Por

Yolanda Coyac Rodríguez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Aplicación de dos quelatos sintéticos foliares en arándano (*Vaccinium
Corymbosum* var. *Biloxi*)

Por:

Yolanda Coyac Rodríguez


TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

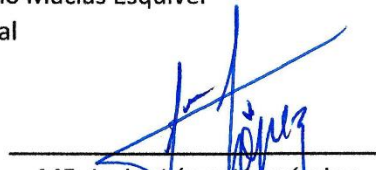
Aprobada por:


Dr. Rubén López Salazar
Presidente


ME. Víctor Martínez Cueto
Vocal


MD. Ma. Del Consuelo Macías Esquivel
Vocal


Ing. Orlando Tomas Cruz
Vocal


ME. Javier López Hernández
Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Aplicación de dos quelatos sintéticos foliares en arándano (*Vaccinium
Corymbosum* var. *Biloxi*)

Por:

Yolanda Coyac Rodríguez

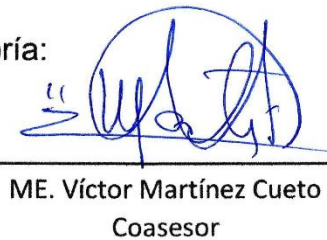
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

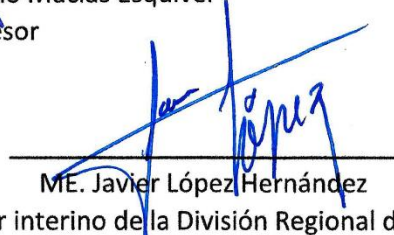
Aprobada por Comité de Asesoría:


Dr. Rubén López Salazar
Asesor Principal


ME. Víctor Martínez Cueto
Coasesor


MD. Ma. Del Consuelo Macías Esquivel
Coasesor


Ing. Orlando Tomas Cruz
Coasesor externo


ME. Javier López Hernández
Coordinador interino de la División Regional de Agronomía



Torreón, Coahuila, México Junio 2024

Dedicatorias

A mis padres:

Ismael Coyac Alonso

Raquel Rodríguez Flores

Dedico este trabajo a mis padres; por su amor incondicional, su apoyo constante y su ejemplo de perseverancia. Gracias por enseñarme a nunca rendirme, creer en mí, y motivarme a siempre buscar la excelencia. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

También quiero agradecer a mis queridos hermanos:

Por su apoyo constante, el amor que me han brindado y la confianza depositada en mí, para lograr mis metas. En especial para mi hermana Irma, Fabiola, Gabriela y Cristina, gracias a todos sus consejos, sus buenas palabras y las palabras de aliento.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi Alma Mater, por brindarme la oportunidad de poder cursar mis estudios académicos.

Al Dr. Rubén López Salazar, por disponer su tiempo como mi asesor, por su comprensión y apoyo durante todo el proceso de investigación, su sabiduría y orientación, sus valiosos consejos que han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Su conocimiento y experiencia han sido una fuente inagotable de aprendizaje.

A mis profesores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, por los conocimientos compartidos y por hacer de estos años una experiencia enriquecedora tanto a nivel académico como personal.

A José Enrique Fernández Zacarias, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento, ánimo, por su paciencia y cariño, por siempre creer en mí, su compañía en cada proceso, que sin duda fueron de gran ayuda en mi vida.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas y entidades que, de una forma u otra, han contribuido a la culminación de este trabajo. Cada uno de ustedes ha dejado una huella importante en este logro, y por ello, les estaré eternamente agradecido.

INDICE DE CONTENIDO

Resumen	vii
Introducción.....	1
Objetivos	2
Objetivo específico	2
Hipótesis	2
Hipótesis alternativa.....	2
Hipótesis nula	2
Revisión de literatura.....	3
Origen	3
Importancia económica	3
Superficie cultivada	4
Morfología	4
Clima.....	5
Suelo.....	5
Agua.....	6
Ciclo del cultivo	6
Cultivo en maceta	6
Producción en macro túnel	6
Nutrición.....	7
Plagas y enfermedades	8
Materiales y Métodos	10
Clima del área experimental	11
Diseño experimental	13
Resultados y discusión.....	18
Conclusión.....	31
Literatura citada.....	32

Índice de imágenes

<i>Imagen 1. Aspersora manual</i>	10
<i>Imagen 2. Adherente</i>	10
<i>Imagen 3. Área de la localidad</i>	11
<i>Imagen 4. Selección de plantas</i>	14
<i>Imagen 5. Preparación de soluciones</i>	14
<i>Imagen 6. Aplicación de tratamientos vía foliar en arándanos var. Biloxi</i>	15
<i>Imagen 7. Labores culturales</i>	15
<i>Imagen 8. Recolección de datos de plantas</i>	16
<i>Imagen 9. Recolección de datos de hojas</i>	16
<i>Imagen 10. Análisis de hojas</i>	17
<i>Imagen 11. Análisis de clorofila</i>	17

Índice de tablas

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en plantas de arándano var. Biloxi.....	13
Cuadro 2. Análisis de Varianza de altura de planta.....	18
Cuadro 3. Análisis de Varianza del diámetro de tallo	18
Cuadro 4. Análisis de Varianza de brotes	19
Cuadro 5. Análisis de Varianza de largo de hoja.....	20
Cuadro 6. Análisis de Varianza de ancho de hoja.....	21
Cuadro 7. Análisis de Varianza de peso de hoja.....	21
Cuadro 8. Análisis de Varianza de PH de hojas.....	22
Cuadro 9. Análisis de Varianza de CE de hojas.....	23
Cuadro 10. Análisis de Varianza Na^+ de hojas.....	24
Cuadro 11. Análisis de Varianza Ca^{2+} de hojas	25
Cuadro 12. Análisis de Varianza K^+ de hojas.....	26
Cuadro 13. Análisis de Varianza NO_3^- de hojas	27
Cuadro 14. Análisis de Varianza de clorofila en hojas	28

Índice de gráficas

Gráfica 1. Medias de altura de la planta	18
Gráfica 2. Medias de diámetro de las plantas	19
Gráfica 3. Medias de número de brotes	20
Gráfica 4. Medias de largo de hoja	20
Gráfica 5. Medias de ancho de hoja	21
Gráfica 6. Medias de peso de hojas	22
Gráfica 7. Medias de PH de hojas	23
Gráfica 8. Medias de CE en hojas	24
Gráfica 9. Medias de sodio en hojas	25
Gráfica 10. Medias de calcio en hojas	26
Gráfica 11. Medias de potasio en hojas	27
Gráfica 12. Medias de nitratos en hojas	28
Gráfica 13. Medias de clorofila en hojas	29

Resumen

El cultivo de arándano en México ha crecido considerablemente en los últimos años, convirtiéndose en un producto agrícola de gran relevancia tanto a nivel nacional como internacional, este crecimiento se debe a varios factores, entre los que destacan el aumento en la demanda global de frutos rojos por sus propiedades nutricionales y antioxidantes, y las condiciones climáticas favorables en diversas regiones del país, México se ha posicionado como uno de los principales productores y exportadores de arándanos, contribuyendo significativamente a la economía agrícola, los nutrimentos son esenciales para el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas de arándano, es relevante considerar cómo la aplicación de nutrimentos, como los productos sintéticos quelatados, puede influir en la calidad y el rendimiento del cultivo de arándano, se evaluaron los efectos de 7 tratamientos aplicados via foliar; T1 2.5 g, T2 5 g, T3 10 g de azufre (S), T4 2.5 g, T5 5 g, T6 10 g de hierro (Fe), y el T7 como testigo, los efectos evaluados fueron: altura, diámetro de tallo y número de brotes en la planta, también el largo, ancho, peso, PH, CE, Na^+ , Ca^{2+} , K^+ y NO_3^- de hojas, los resultados de los tratamientos en base a altura de planta, largo y peso de hojas, el mejor tratamiento fue el T3, en el diámetro y concentración de clorofila el superior fue el T2, en número de brotes fue el T4, ancho de hoja el T6, sin embargo en la concentración de PH, CE, Na^+ , Ca^{2+} y NO_3^- el más alto fue el T7 (testigo), el uso de nutrimentos si afecto y modifico el desarrollo de las plantas.

Palabras clave: Cultivo, Propiedades, Nutrimentos, Quelatados, Calidad, Foliar

Introducción

El arándano (*Vaccinium corymbosum*) es una fruta esférica de color azul, considerada una de las más recientemente domesticadas, su origen se encuentra en el norte de Europa, Asia y América (De Servicios A la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios 2018).

En los últimos años, la producción de arándanos en México ha aumentado significativamente, principalmente en los estados de Jalisco, Michoacán y Sinaloa. Su producción en 2021 superó las 66 mil toneladas (De Agricultura y Desarrollo Rural 2022), Navas (2023) estima que la producción de arándanos en México en 2024 alcance las 111,484 toneladas, lo que representaría un incremento notable y situaría al país en una posición destacada dentro de la industria mundial de este fruto; se ha convertido en un cultivo de gran importancia económica global debido a que es rico en vitaminas A, C, potasio, manganeso, fibra, su notable contenido de antioxidantes (Salgado Vargas et al. 2018), su alto valor nutracéutico y sus propiedades antiinflamatorias (Guamán y Granja 2022), digestivas, prebióticas, antiobesidad, antidiabéticas, antibacterianas, neuroprotectoras, anticancerígenas, antihipertensivas, inmunoestimulantes, fortalecen el sistema inmunológico y combaten las infecciones (De Agricultura y Desarrollo Rural 2017).

Los arándanos prosperan en altitudes que van desde los 1500 hasta los 4700 metros sobre el nivel del mar, prosperando en temperaturas que varían entre 3 y 17 °C, prefieren suelos ácidos, con un pH que cae en el rango de 4 a 5, y benefician de la presencia de microorganismos útiles que promueven una adaptación exitosa de los cultivos (Meléndez- Jacome et al. 2021), la composición mineral de las hojas es crucial para el crecimiento saludable de las plantas, cada nutriente tiene un patrón estacional único, lo que proporciona información valiosa sobre su absorción, utilización, redistribución interna y extracción de nutrientes, esta comprensión detallada de la composición sirve como un indicador clave del estado nutricional y ayuda en la evaluación de su rendimiento; por lo tanto, la determinación precisa de la concentración de nutrientes en diferentes órganos de la planta, como las hojas, tallos y raíces, no solo es esencial para el desarrollo óptimo, sino que también actúa como una guía fundamental para la programación precisa de la fertilización (Hernández 2014).

Objetivos

Objetivo general

- Comparar el comportamiento de dos quelatos sintéticos aplicados vía foliar en arándano var. *Biloxi*.

Objetivo específico

- Evaluar el impacto en la concentración de nutrimentos en las hojas de arándano tratados con los dos quelatos sintéticos.
- Analizar el crecimiento y el desarrollo de las plantas de arándano var. *Biloxi* tras la aplicación de los dos quelatos sintéticos.

Hipótesis

- La aplicación de dos quelatos sintéticos foliares en arándano tendrá un efecto significativo en la concentración de nutrimentos.
- La aplicación de dos quelatos sintéticos foliares en arándano tendrá un efecto significativo en el desarrollo vegetativo.

Hipótesis alternativa

- Por lo menos un tratamiento de los dos quelatos tendrá una eficiencia en la absorción de nutrimentos.
- Por lo menos un tratamiento de los dos quelatos tendrá una eficiencia en el desarrollo vegetativo.

Hipótesis nula

- Ninguno de los tratamientos de los dos quelatos tendrá una eficiencia en la absorción de nutrimentos y desarrollo vegetativo.

Revisión de literatura

Origen

Su origen se dio en el norte de Europa, Asia y América (De Agricultura y Desarrollo Rural 2022), cubriendo desde Canadá hasta Chile (De Agricultura y Desarrollo Rural 2018), el arándano es una de las frutas que se ha cultivado por menos tiempo, esto se debe a que, en Norteamérica, donde más se consume, era tan abundante que solo se necesitaba recolectarlo para su venta y consumo, sin embargo, con el crecimiento de la población en Estados Unidos durante el siglo pasado, la oferta de arándanos dejó de ser suficiente para satisfacer la demanda (García Rubio et al. 2018), en 1908, Frederick Coville obtuvo el primer híbrido de arándano mediante cruzamientos y selección de las progenies resultantes, después de su trabajo, varias universidades de EE. UU. y oficinas de la USDA en distintos estados se unieron para formar una red que promovió la expansión del cultivo comercial, adaptándolo a diversos entornos (suelo y clima) y mejorando su productividad y calidad (INTAGRI 2017).

En México, la variedad más comúnmente cultivada es *Biloxi*, que se caracteriza por su crecimiento erecto y vigoroso, así como por su alta productividad, sus frutos son medianos, maduran temprano, destacan por su buen color, firmeza y sabor, debido a su temprana floración (INTAGRI 2017).

Importancia económica

Pertenece a la familia *Ericaceae*, es uno de los alimentos más ricos en antioxidantes, vitamina C, potasio y fibra, además, incluyen vitaminas A y K, y minerales como calcio, hierro y manganeso, un gran aliado contra las infecciones urinarias, reduce en un 10% el riesgo de desarrollar hipertensión y como fruto deshidratado, pueden utilizarse para tratar la diarrea y mejorar problemas oculares, incluyendo la visión nocturna reducida, la fatiga ocular y la miopía (De Agricultura y Desarrollo Rural 2017), su producción en 2021 superó las 66 mil toneladas (De Agricultura y Desarrollo Rural 2022), en los últimos años, la producción de arándanos en México ha aumentado significativamente, este aumento se refleja también en el valor de las exportaciones, que ha alcanzado los US\$490 millones en los últimos cuatro años (Lahkak, 2024), Estados Unidos es el mayor consumidor de

arándanos, y nuestra proximidad a este país ha impulsado rápidamente la producción de esta fruta, así como el desarrollo de la industria; por ello, tanto las autoridades del sector como los productores están trabajando intensamente para diversificar los mercados y consolidar nuestra presencia en aquellos en los que ya hemos tenido éxito, como los países árabes y asiáticos (De Agricultura y Desarrollo Rural 2018).

Superficie cultivada

En México, la superficie cultivada con arándanos abarca 11,400 hectáreas, distribuidas principalmente en Jalisco con 4,915 hectáreas (43.1%), Sinaloa con 2,440 (21.4%), Michoacán con 1,830 (16.1%), Guanajuato con 970 (8.5%), Baja California con 565 (5.0%), Puebla con 270 (2.4%), Nayarit con 200 (1.8%), Querétaro con 60 (0.5%), Baja California Sur con 35 (0.2%), Estado de México con 30 (0.2%), Colima con 25 (0.2%), Sonora con 25 (0.2%), San Luis Potosí con 25 (0.2%) y Chihuahua con 10 (0.1%); la producción de arándanos en México es mayoritariamente convencional, representando el 88% con 10,032 hectáreas, mientras que el cultivo orgánico abarca el 12% con 1,368, aunque esta última cifra está en constante crecimiento, el 77% de las plantaciones de arándanos en México se encuentran bajo estructuras, abarcando 8,778 hectáreas, mientras que el 23% se cultiva en cielo abierto con malla sombra, con 2,622; de la producción total de arándanos en México, el 74% corresponde a variedades protegidas, con 8,453 hectáreas, seguido por un 23% de la variedad *Biloxi*, con 2,627 hectáreas, el restante 3% se divide entre diferentes variedades, en cuanto al método de cultivo, el 78% de las granjas de arándanos utilizan sustrato, con 8,930 hectáreas plantadas, mientras que el 22% restante permanece en suelo, representando 2,470 de las 11,400 hectáreas totales (Navas 2023).

Morfología

El sistema radicular es fibroso, de poca extensión superficial, la absorción de nutrimentos y agua se lleva a cabo gracias a las raíces jóvenes que tienen un diámetro de 75 micrones, mientras que las gruesas su función es de anclar a la planta y el almacenamiento de reservas, presenta hojas simples, peciolo corto, la forma de la hoja va desde elíptica, espatulada u ovalada (Amézquita 2022), contiene

inflorescencias, florece en yemas auxiliares y terminales; la corona des invertida y lleva cuatro o cinco lóbulos de color blanco y en las orillas rosado con ocho a diez estambres por flor (Retamales & Hancock 2012), el fruto es de forma esférica que va de 1.5 cm a 0.7 cm de diámetro de color azul o negro ceroso, su pulpa es blanca y puede llegar a contener en el endocarpio hasta 100 semillas (Meza 2015), principalmente está compuesto de 83% de agua, 0.7% de proteína, 0.5% grasa, 1.5% fibra y 15.3% carbohidratos, contiene ácido cítrico (1,25%) y en cantidades significativas ácido elágico (Amézquita 2022).

Clima

El fruto del arándano es una baya de forma cilíndrica de 0.5 a 1.5 centímetros de diámetro de color azul a negro cubierto por una capa cerosa, la planta debe contar con un clima que le brinde suficientes horas frío (400 a 1200) son los ideales para su correcto desarrollo (Gonzales 2016), los veranos nublados reducen la calidad de la fruta y favorecen la propagación de hongos y otros patógenos; por otro lado, los veranos muy calurosos pueden acelerar o concentrar la cosecha, disminuyendo el sabor y la firmeza de la fruta, además de impedir una cosecha escalonada y oportuna (Amézquita 2022), los vientos fuertes, especialmente en los primeros años de la plantación, provocan el desarrollo de brotes caídos y daños en el follaje, afectando también la floración debido a la caída de flores y pétalos, esto impide el proceso de polinización por insectos y causa la caída y daño mecánico de la fruta, perjudicando su calidad final (Rebolledo 2023), la temperatura es crucial para el crecimiento de esta planta, ya que se requieren 24°C para que broten las flores (García y García 2010), Meyer y Prinslo (2003) informan que los mejores frutos se obtienen con temperaturas nocturnas de 10°C y diurnas de 26°C, además, mencionan que el rango óptimo de temperatura está entre 20°C y 25°C.

Suelo

Se desarrollan mejor con más del 3 % de materia orgánica y PH entre 4.5 y 5.5 (Intagri, 2017), se ha observado que los arándanos azules son afectados por niveles altos de salinidad en su entorno, una conductividad eléctrica (CE) superior a 1,5 dS/m puede causar daños en el sistema de raíces, las hojas y reducir la producción de frutos (Machado et al. 2014), prosperan en suelos húmedos, arenosos, turbosos

o arcillosos poco profundos y de baja fertilidad, debido a sus necesidades de humedad y oxigenación, el suelo debe tener buen drenaje, alta capacidad de retención de agua y ser poroso para una adecuada aireación; cuando la acidez del suelo no es adecuada para el cultivo (pH más alto), es necesario implementar prácticas de manejo para aumentarla (disminuir el pH del suelo), una de las prácticas más eficientes y económicas es la aplicación de azufre elemental; sin embargo, hay que tener en cuenta que una alteración del pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrimentos para el cultivo (*Arándano* - SQM 2018).

Agua

Dado que el arándano tiene un sistema radicular poco extenso y la mayoría de sus raíces son superficiales, es susceptible tanto al exceso como al déficit de agua, es crucial manejar parámetros de las fuentes de riego para conocer la calidad del agua, determinando su pH, sales solubles (conductividad eléctrica) y la razón de adsorción de sodio (RAS), se recomienda mantener un nivel adecuado de humedad en los primeros 15 a 20 cm del suelo (Rebolledo, 2013).

Ciclo del cultivo

El crecimiento y desarrollo de la planta son continuos, de modo que la fase de establecimiento del cultivo ocurre entre el primer y segundo año después de la siembra, las primeras cosechas se realizan entre el tercer y cuarto año, y la estabilización de la cosecha se alcanza a los siete años (Carrera 2012).

Cultivo en maceta

El arándano en maceta, bolsas o contenedores es una gran alternativa si se cuenta con el clima ideal, pero no se tienen los requerimientos necesarios en el suelo, además, también se llega a lograr una alta eficiencia en el aprovechamiento del agua con el cultivo en maceta, llegando a bajar los consumos totales anuales a 7.000 m³/ha e incluso a 6.500 m³/ha sobre la base de fibra de coco y una buena mezcla de sustrato, el control de malezas y manejo fitosanitario también se ve beneficiado (Red agrícola 2023).

Producción en macro túnel

Los túneles altos son estructuras simples con forma de arco cubiertas con una película plástica y paredes laterales que pueden abrirse para regular la temperatura, ofrecen un nivel intermedio de protección y control ambiental entre la producción en

campo y la producción en invernadero, las cubiertas de hileras en túneles altos proporcionan protección adicional contra bajas temperaturas, los beneficios son: fruta de mayor calidad, mayores rendimientos, mayor tamaño, reducción de maleza, menos enfermedades y número de insectos (Tecnología 2020).

Nutrición

El manejo nutrición del arándano es muy importante ya que en este cultivo lo que se busca es la calidad y deben de seguir ciertos parámetros como: el análisis de suelo, análisis de agua, tipo de fertilización, monitoreo nutrimental y calidad de la fruta, debido a que es un cultivo rentable donde se busca calidad; por medio de la fertirrigación se suministra los nutrientes en un sistema de riego por goteo (Intagri, 2017), la dosis a aplicar debe estar vinculada al nivel de rendimiento del huerto y a las propiedades químicas del suelo (análisis de suelo); por lo tanto, el programa de fertilización debe ser específico para cada huerto en cada temporada, ya que no se puede generalizar una receta para todas las condiciones, la falta o el exceso de algún nutrimento afectará directamente la productividad del huerto y la calidad de la fruta, es necesario realizar análisis de suelo (preferiblemente cada 2 a 3 años) y análisis foliares (anualmente) para obtener un diagnóstico y una recomendación de fertilización específicos, cumpliendo así el objetivo del productor: mayor rendimiento y calidad, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para el cultivo (Hirzel 2013), las funciones se señalan a continuación:

Nitrógeno: Mejora el crecimiento vegetativo y vigor de la planta, de brotes, de raíces y la producción de flores, el crecimiento de frutos, las reservas (yemas, corona y raíces), el empleo excesivo genera un menor ingreso de luz, se vuelven más sensibles a plagas y enfermedades (Rodríguez 2021).

Fósforo: Permite el crecimiento de raíces, mejora la defensa contra plagas y en enfermedades, un exceso induce deficiencias de zinc (Rodríguez 2021).

Potasio: Mejora el vigor de los brotes, la calidad, sabor y olor de frutos, así como favorece la resistencia a plagas y enfermedades, un exceso puede inducir deficiencias de Mg y Ca (Rodríguez 2021).

Calcio: “Permite obtener brotes de calidad, mejorando la cuaja y el tamaño de los frutos, aumentando la consistencia del fruto, los problemas generados por el exceso de calcio son: déficit de magnesio (Mg) y potasio (K)” (Rodríguez 2021).

Magnesio: Intensifica el color verde de las hojas, estimula el vigor de los brotes, contribuye al aumento del rendimiento (mayor actividad fotosintética de las hojas), favorece la acumulación de reservas para la próxima temporada, un exceso puede inducir deficiencias de calcio y potasio (Hirzel, 2013).

Boro: Mejora el proceso de cuaje de flores e incrementa el tamaño de frutos (Hirzel, 2013).

Zinc: Tiene efectos positivos en la producción de centros de crecimiento, el enraizamiento de nuevas plantas, la cuaja de flores y el vigor general de las plantas, sin embargo, un exceso de zinc puede llevar a deficiencias de fósforo en suelos con bajos niveles de este nutrimento, así como deficiencias de cobre (Cu) y hierro (Fe) (Ochoa 2015).

Azufre: Favorece el desarrollo de brotes y la coloración de las hojas, además de contribuir a la reducción del pH del suelo mediante su acidificación, cuando se aplica junto con el potasio, mejora la firmeza de la fruta; sin embargo, su exceso en suelos con alta conductividad eléctrica puede aumentar este parámetro, lo que puede afectar el desarrollo de las plantas, además, aplicado como sulfato en suelos con baja concentración de calcio, puede causar deficiencia de este nutriente (Hirzel, 2013).

Hierro: Es un micronutriente esencial, desempeñando varias funciones cruciales en su crecimiento y desarrollo, algunas de las más importantes incluyen: síntesis de clorofila, respiración celular, metabolismo del nitrógeno, regulación enzimática, uno de los síntomas de deficiencia es clorosis intervenal, reducción del crecimiento, dado que es poco móvil se presenta en las hojas jóvenes (Admin 2020).

Plagas y enfermedades

“Las plagas que afectan al cultivo de arándanos incluyen principalmente diversas especies de coleópteros (*Aergonius sp.*, *Asynonychus sp.*, *Brachysternus sp.*, *Graphognatus sp.*, *Sericoides spp.*), lepidópteros (*Agrotis ípsilon*, *Argyrotaenia sp.*, *Peridroma saucia*, *Proeulia sp.*), trips (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*),

mosca blanca (*Trialeurodes packardii*), araña de dos puntos (*Tetranychus urticae*), pulgones (*Ericaphis fimbriata*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Brevicoryne brassicae*), piojo harinoso (*Hypogeococcus festeranus*), mosca del vinagre (*Drosophila suzukii*) y chinches (*Lygus lineolaris*, *Chelinidea tabulata*)” (INTAGRI 2017).

“Las enfermedades más comunes que atacan a la planta durante el ciclo de cultivo son: pudrición radical (*Phytophthora cinnamomi*), amilariosis (*Amillaria mellea*), verticilosis (*Verticillium dahliae*), agallas de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*), cancrrosis del cuello (*Botryphaeria corticis*), tizón de la madera (*Botrytis cinerea*), tizón bacteriano (*Pseudomonas syringae*), roya de arándano (*Pucciniastrum vaccini*), leaf scorch (*Xylella fastidiosa*), cáncer bacteriano (*Pseudomonas syringae*)” (INTAGRI 2017).

Materiales y Métodos

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento de la aplicación de dos quelatos aplicados vía foliar, las plantas fueron establecidas bajo condiciones de macrotúnel, manejadas en macetas de 30 litros de capacidad, con sustrato de fibra de coco, fertirriego y control de plagas y enfermedades, en un sistema de plantación de 0.9 m de separación entre plantas y 2.2 entre hileras.

Los productos evaluados fueron: Azufre, Hierro y un testigo absoluto, las aplicaciones se realizaron en intervalos de 8 días, durante 6 semanas, en plantas con 2 meses de plantación.

Se realizó con una aspersora manual de la marca SWISSMEX de 20 litros de capacidad aplicado al follaje, imagen 1.



Imagen 1. Aspersora manual

Y como adherente se utilizó 1 mililitro por cada litro de agua, de la marca Multiader-B, imagen 2.



Imagen 2. Adherente

Se utilizó el software minitab 2023 para el análisis estadístico.

Localización del experimento

Chaparaco se encuentra en el municipio de Zamora el cual está situado al Noroeste del estado de Michoacán y se encuentra ubicado con las coordenadas:

Latitud: 19°59'00"N

Altitud: 102°17'00"O

La localidad se encuentra a una mediana altura de 1580 metros sobre el nivel del mar.

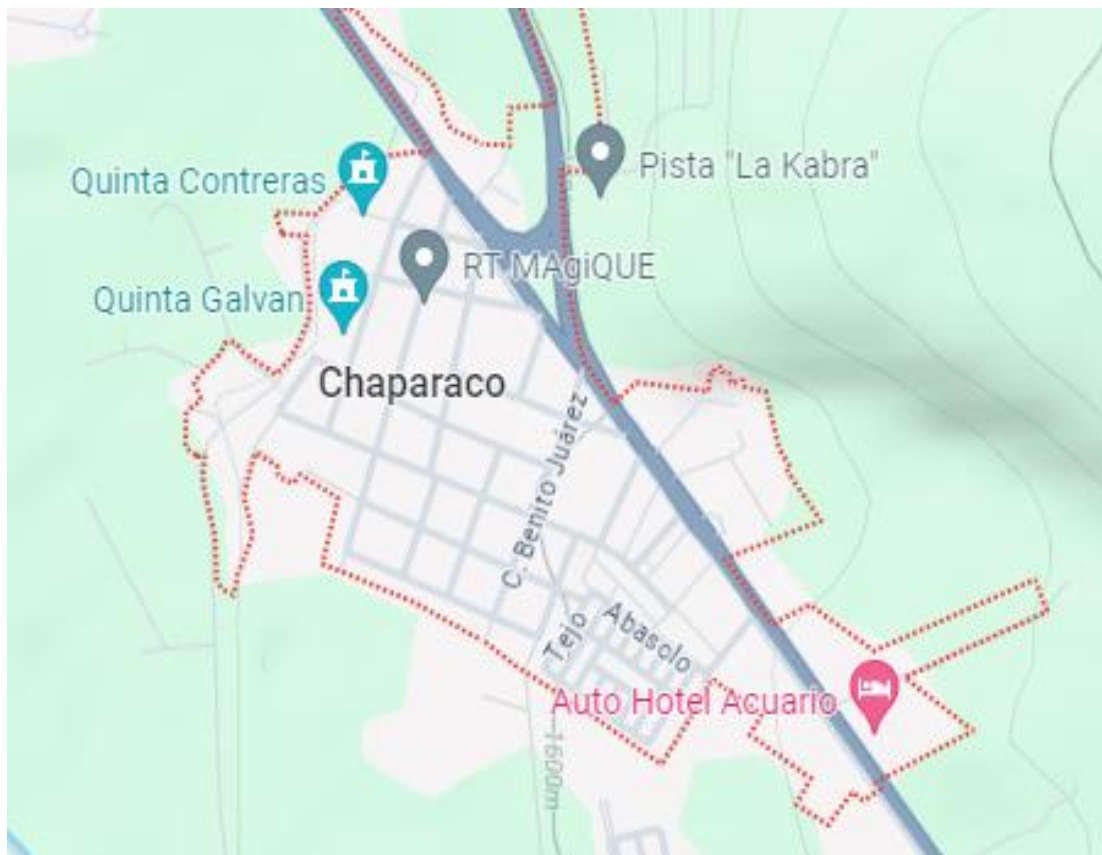


Imagen 3. Área de la localidad

Clima del área experimental

Los veranos en Zamora son largos, calurosos, húmedos y parcialmente nublados, mientras que los inviernos son cortos, frescos, secos y mayormente despejados, a lo largo del año, la temperatura oscila generalmente entre 8 °C y 40 °C, raramente descendiendo por debajo de 4 °C o superando los 43 °C, la época de calor abarca

3.9 meses, desde el 22 de mayo hasta el 18 de septiembre, con una temperatura máxima diaria promedio superior a 37 °C, Julio es el mes más caluroso, con temperaturas máximas promedio de 39 °C y mínimas de 26 °C, la temporada fresca dura 2.9 meses, desde el 24 de noviembre hasta el 21 de febrero, con una temperatura máxima diaria promedio inferior a 27 °C, diciembre es el mes más frío, con temperaturas mínimas promedio de 8 °C y máximas de 24 °C, la temporada de lluvias se extiende por 8.3 meses, desde el 11 de junio hasta el 20 de febrero, con un promedio mensual de al menos 13 milímetros de precipitación. Julio es el mes más lluvioso, con un promedio de 81 milímetros de lluvia (Servicio Meteorológico Nacional 2024).

La estación seca dura 3.7 meses, desde el 20 de febrero hasta el 11 de junio. Mayo es el mes menos lluvioso, con un promedio de 2 milímetros de precipitación, los puntos de rocío más bajos indican sequedad, mientras que los más altos indican humedad, a diferencia de la temperatura, que varía significativamente entre el día y la noche, el punto de rocío cambia más lentamente, por lo que, en días húmedos, las noches también suelen ser húmedas (Servicio Meteorológico Nacional 2024).

La humedad percibida en Estación Zamora varía considerablemente, el período más húmedo dura 3.5 meses, desde el 22 de junio hasta el 7 de octubre, y durante este tiempo, el nivel de incomodidad es alto al menos el 21 % del tiempo, agosto tiene el mayor número de días bochornosos, con 26.2 días de condiciones incómodas o peores (Servicio Meteorológico Nacional 2024).

La velocidad promedio del viento varía estacionalmente a lo largo del año, el período más ventoso dura 8.5 meses, desde el 25 de octubre hasta el 8 de julio, con velocidades promedio del viento superiores a 11.6 kilómetros por hora, mayo es el mes más ventoso, con una velocidad promedio del viento de 14.2 kilómetros por hora, el período más calmado dura 3.5 meses, desde el 8 de julio hasta el 25 de octubre, agosto es el mes más tranquilo, con vientos a una velocidad promedio de 9.0 kilómetros por hora (Servicio Meteorológico Nacional 2024).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de experimentos de bloques al azar, con 7 tratamientos y 3 repeticiones, cada repetición constó de 6 plantas, a continuación, se describen:

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en plantas de arándano var. Biloxi

Tratamientos	Concentración
Azufre	2.5 g
Azufre	5 g
Azufre	10 g
Hierro	2.5 g
Hierro	5 g
Hierro	10 g
Testigo absoluto	

Actividades del experimento

El día 26 de febrero de 2024, se seleccionaron plantas con dos meses de plantación para la realización del experimento, imagen 4, los nutrientes utilizados fueron azufre y hierro, los cuales se pesaron cuidadosamente para asegurar la cantidad exacta requerida para cada tratamiento, primero, se midieron 2 litros de agua para cada uno de los tratamientos a aplicar, a esta agua se le añadieron 2 mililitros de un adherente, que ayuda a que la solución de nutrientes se adhiera mejor a las hojas, imagen 5, una vez preparados y mezclados, la solución resultante se aplicó a las plantas usando una aspersora manual, imagen 6, este dispositivo permite una distribución uniforme del líquido sobre la superficie de las hojas, asegurando que todas las plantas reciban la misma cantidad de nutrientes; el proceso se repitió para cada tratamiento planificado, siguiendo las diferentes medidas.



Imagen 4. Selección de plantas



Imagen 5. Preparación de soluciones



Imagen 6. Aplicación de tratamientos vía foliar en arándanos var. Biloxi

El 4 de marzo se realizó la segunda aplicación, después se volvió a hacer el 11, luego el 18, posteriormente el 25, siendo esta la quinta aplicación. El 26 de marzo se realizaron labores culturales (quitar maleza), imagen 7.



Imagen 7. Labores culturales

El 01 de abril se aplicó la sexta y última aplicación.

El 10 de abril se recolectaron los datos de altura, grosor y número de brotes de las plantas, imagen 8.



Imagen 8. Recolección de datos de plantas

El 11 de abril se recolectaron datos de largo, ancho y peso de hojas, imagen 9.



Imagen 9. Recolección de datos de hojas

El 11 de abril se analizaron las muestras de hojas; se obtuvieron PH, CE, Na^+ , Ca^{2+} , K^+ y NO_3^- , imagen 10.



Imagen 10. Análisis de hojas

El 23 de abril se analizó la clorofila en la quinta hoja de cada planta, imagen 11.



Imagen 11. Análisis de clorofila

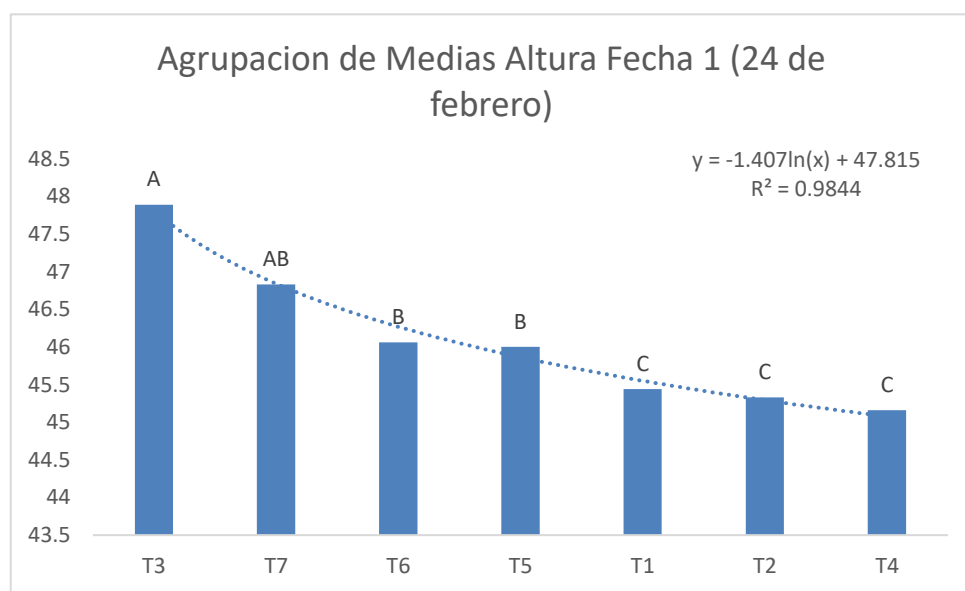
Resultados y discusión

Cuadro 2. Análisis de Varianza de altura de planta

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	101.5	16.92	0.67	0.672
Error	119	2994.2	25.16		
Total	125	3095.7			

El cuadro 2 muestra que no existe diferencia significativa ya que los valores de F y p son similares, sin embargo, en la gráfica 1, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de altura, si muestra diferencia en la que el T3 es superior en un 2 % al T7, en un 4 % al T6 y de manera similares un 4% al T5.

Gráfica 1. Medias de altura de la planta

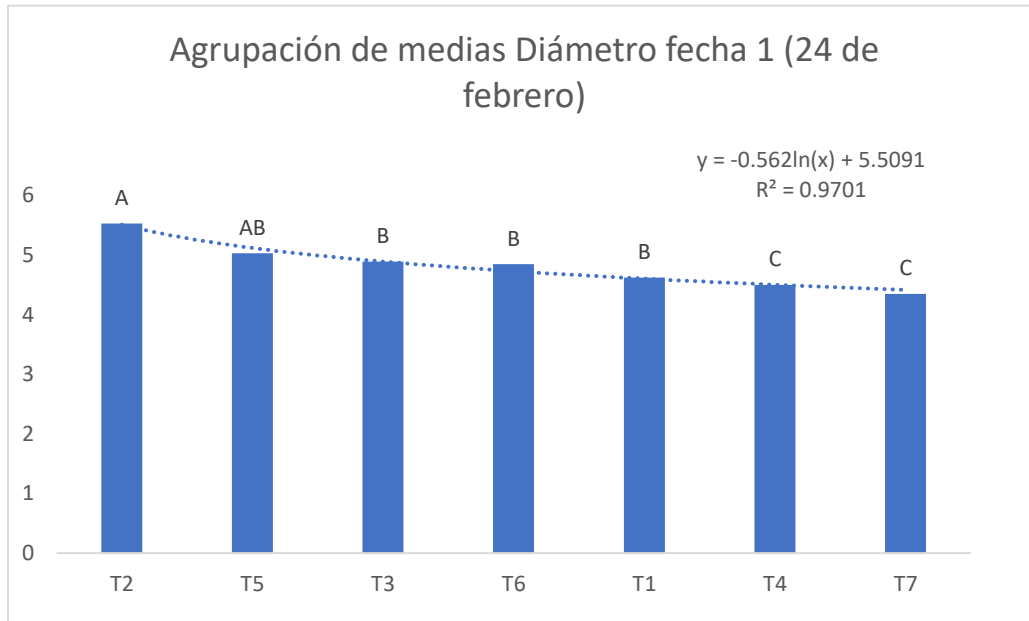


Cuadro 3. Análisis de Varianza del diámetro de tallo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	16.55	2.759	2.26	0.043
Error	119	145.54	1.223		
Total	125	162.09			

El cuadro 3 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 2, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de diámetro de tallo muestra que el T2 fue superior en 10% al T5, en un 14.5% al T3 y de manera similar un 14.5% al T6.

Gráfica 2. Medias de diámetro de las plantas

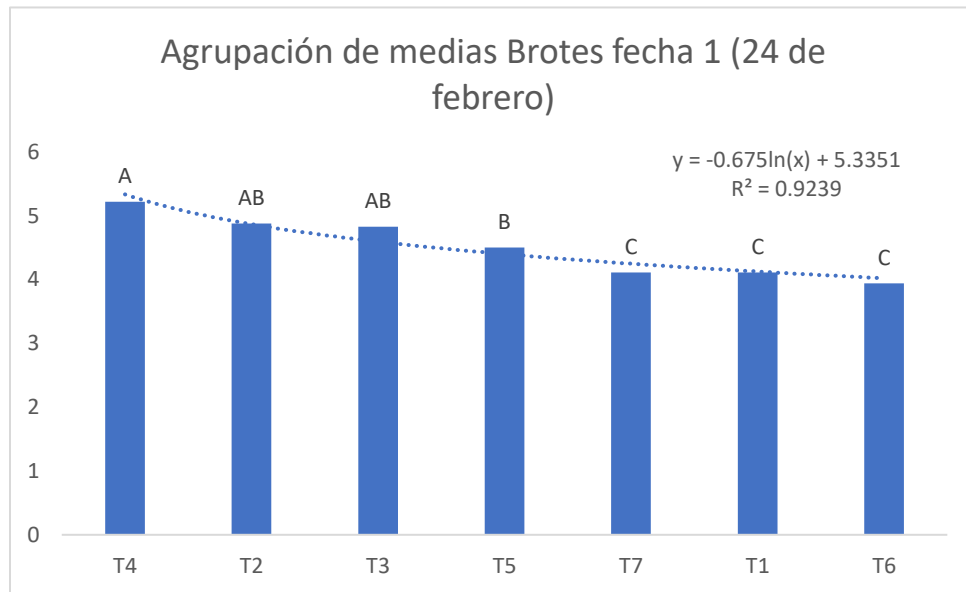


Cuadro 4. Análisis de Varianza de brotes

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	25.08	4.180	2.61	0.020
Error	119	190.39	1.600		
Total	125	215.47			

El cuadro 4 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 3, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de brotes muestra que el T4 fue superior en 6.96% al T2, en un 8% al T3 y en un 16% al T5.

Gráfica 3. Medias de número de brotes

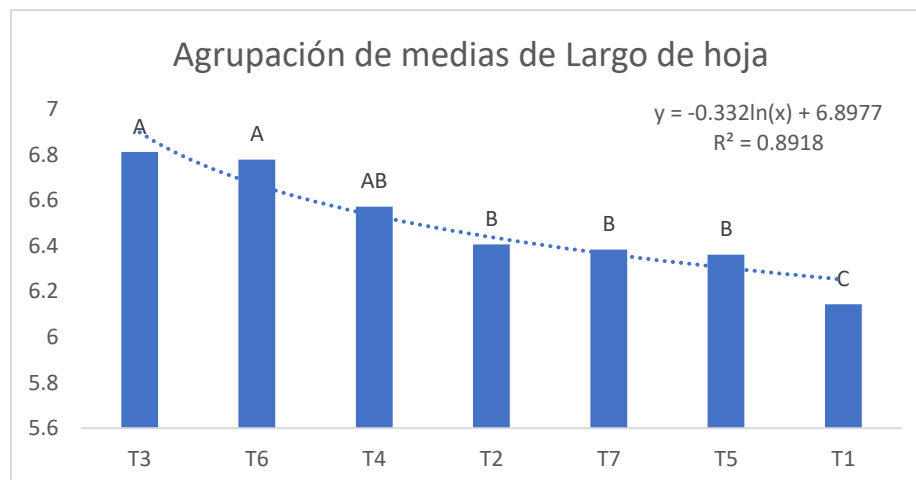


Cuadro 5. Análisis de Varianza de largo de hoja

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	6.248	1.0414	1.94	0.080
Error	119	63.827	0.5364		
Total	125	70.075			

El cuadro 5 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 4, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de largo de hojas muestra que el T3 fue superior en 0.5% al T6, en un 3.6% al T4 y un 6.40% al T2.

Gráfica 4. Medias de largo de hoja

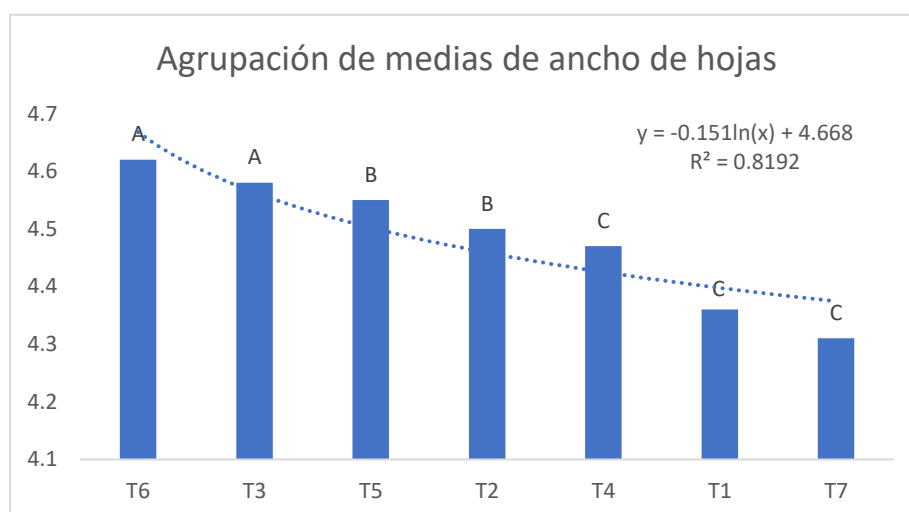


Cuadro 6. Análisis de Varianza de ancho de hoja

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	1.423	0.2371	0.97	0.446
Error	119	28.969	0.2434		
Total	125	30.392			

El cuadro 6 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 5, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de ancho de hojas muestra que el T6 fue superior en 0.87% al T3, en un 1.53% al T5 y un 2.66% al T2.

Gráfica 5. Medias de ancho de hoja

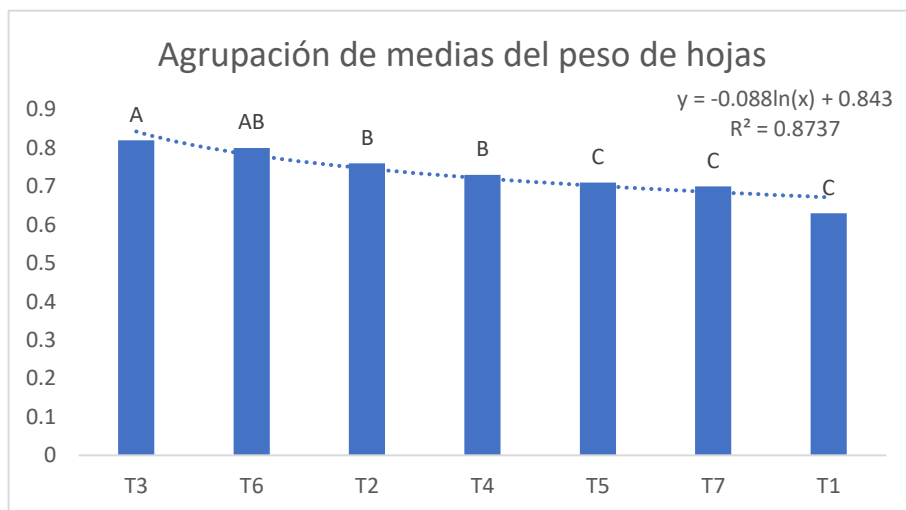


Cuadro 7. Análisis de Varianza de peso de hoja

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	0.4330	0.07217	2.43	0.030
Error	119	3.5306	0.02967		
Total	125	3.9636			

El cuadro 7 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 6, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de peso de hojas muestra que el T3 fue superior en 2.5% al T6, en un 7.89% al T2 y un 12.32% al T4.

Gráfica 6. Medias de peso de hojas

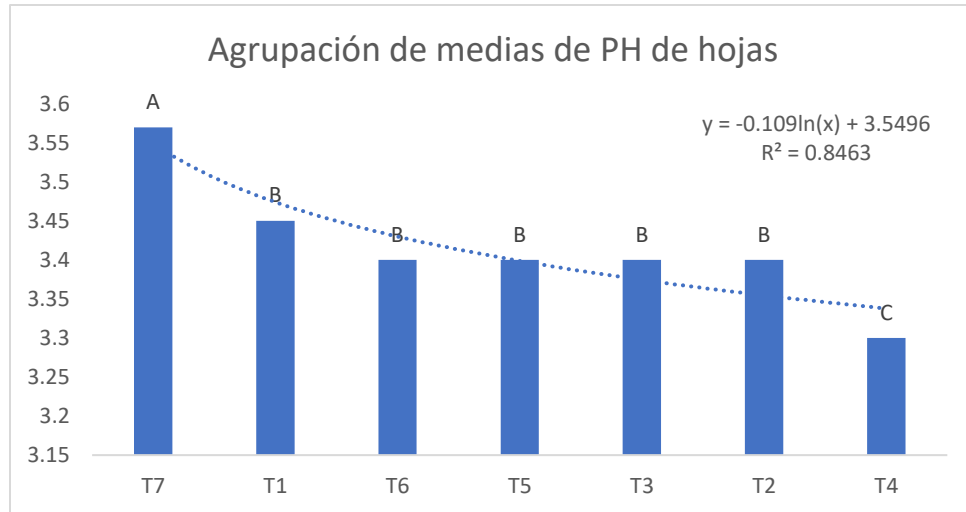


Cuadro 8. Análisis de Varianza de PH de hojas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	0.16357	0.027262	32.71	0.000
Error	21	0.01750	0.000833		
Total	27	0.18107			

El cuadro 8 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 7, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de PH de hojas muestra que el T7 fue superior en 3.47% al T1, en un 5% al T6 y de manera similar un 5% al T5.

Gráfica 7. Medias de PH de hojas

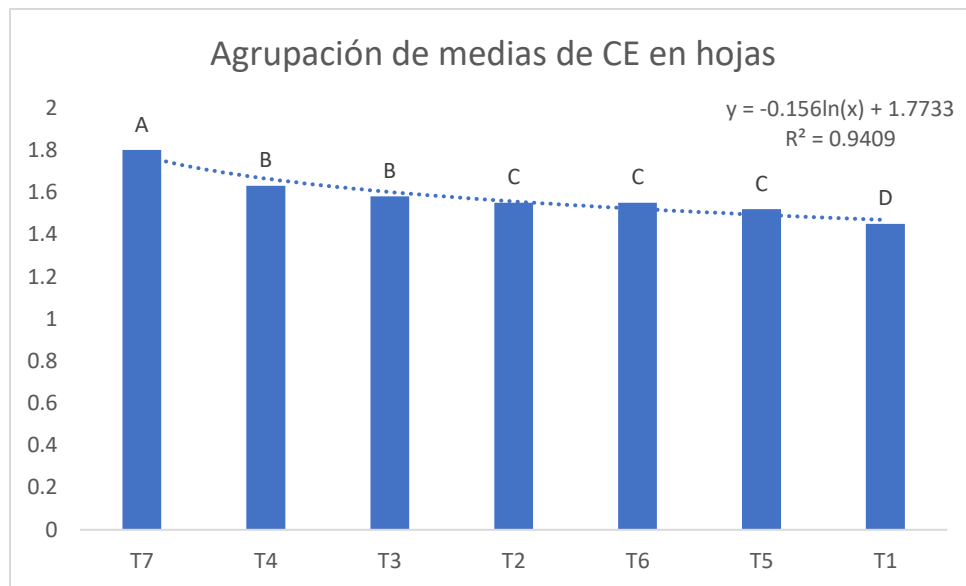


Cuadro 9. Análisis de Varianza de CE de hojas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	0.288571	0.048095	190.57	0.000
Error	21	0.005300	0.000252		
Total	27	0.293871			

El cuadro 9 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 8, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de CE de hojas muestra que el T7 fue superior en 10.42% al T4, en un 13.92% al T3 y en un 16.12% al T2.

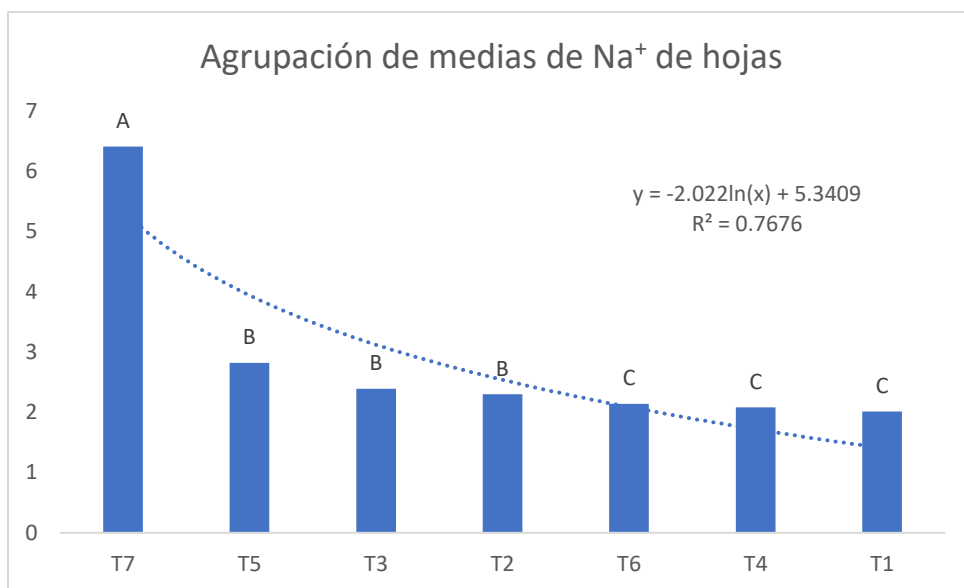
Gráfica 8. Medias de CE en hojas

Cuadro 10. Análisis de Varianza Na^+ de hojas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	59.9950	9.99917	410.29	0.000
Error	21	0.5118	0.02437		
Total	27	60.5068			

El cuadro 10 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 9, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de Na^+ de hojas muestra que el T7 fue superior en 127.3% al T5, en un 168.2% al T3 y en un 178.69% al T2.

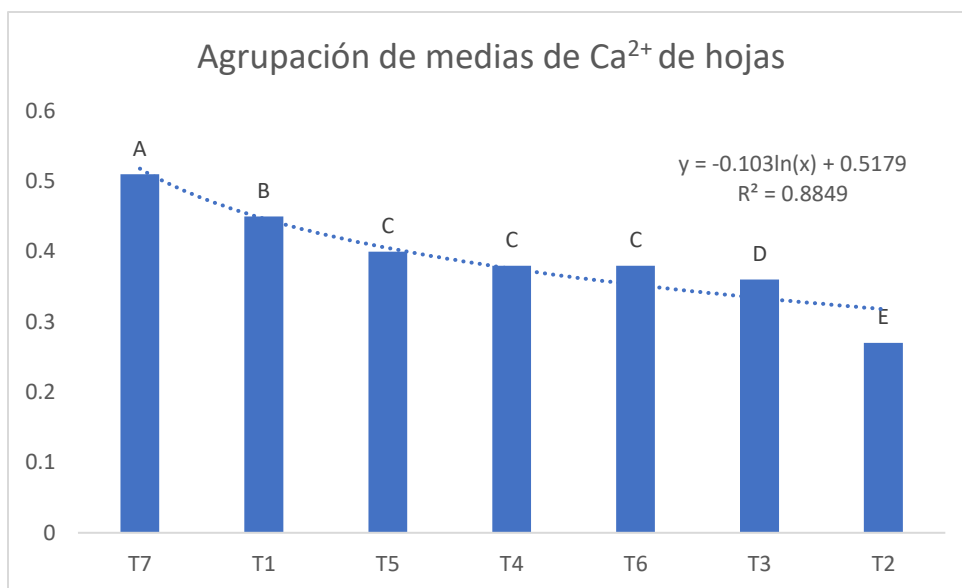
Gráfica 9. Medias de sodio en hojas

Cuadro 11. Análisis de Varianza Ca²⁺ de hojas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	0.1296	0.021607	4.32	0.005
Error	21	0.1050	0.005000		
Total	27	0.2346			

El cuadro 11 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 10, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de Ca²⁺ de hojas muestra que el T7 fue superior en 13.33% al T1, en un 27.5% al T5 y en un 34.21% al T4.

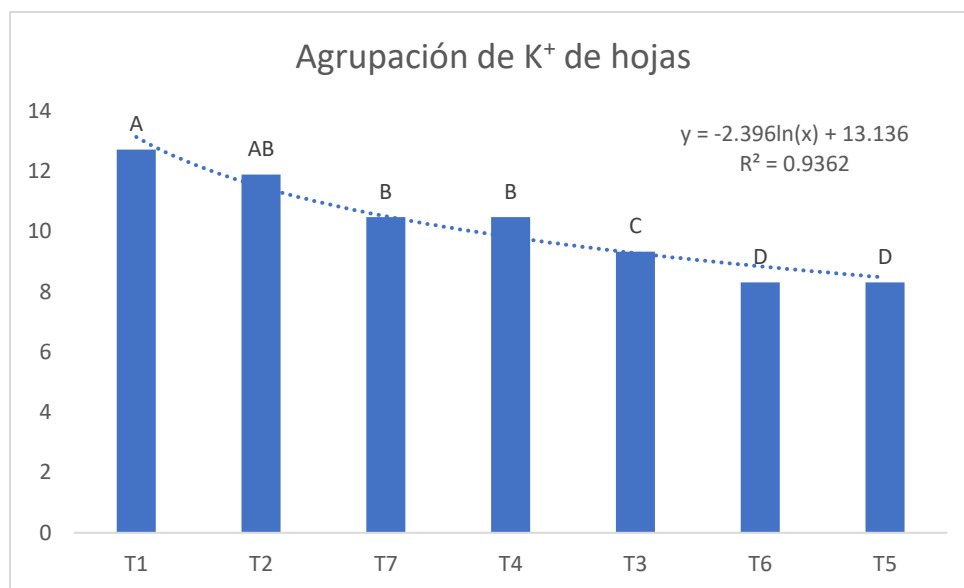
Gráfica 10. Medias de calcio en hojas

Cuadro 12. Análisis de Varianza K^+ de hojas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	69.08	11.5134	23.58	0.000
Error	21	10.25	0.4882		
Total	27	79.33			

El cuadro 12 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 11, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de K^+ de hojas muestra que el T1 fue superior en 6.98% al T2, en un 21.37% al T7 y de manera similar en un 21.37% al T4.

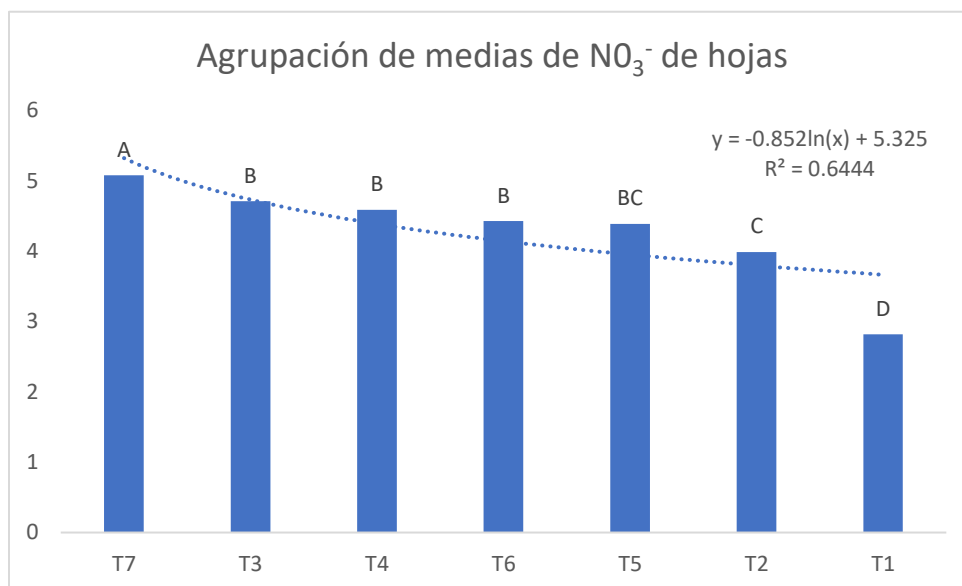
Gráfica 11. Medias de potasio en hojas

Cuadro 13. Análisis de Varianza NO₃⁻ de hojas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	12.706	2.11771	34.02	0.000
Error	21	1.307	0.06225		
Total	27	14.013			

El cuadro 13 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 12, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de NO₃⁻ de hojas muestra que el T7 fue superior en 7.85% al T3, en un 10.67% al T4 y en un 14.67% al T6.

Gráfica 12. Medias de nitratos en hojas

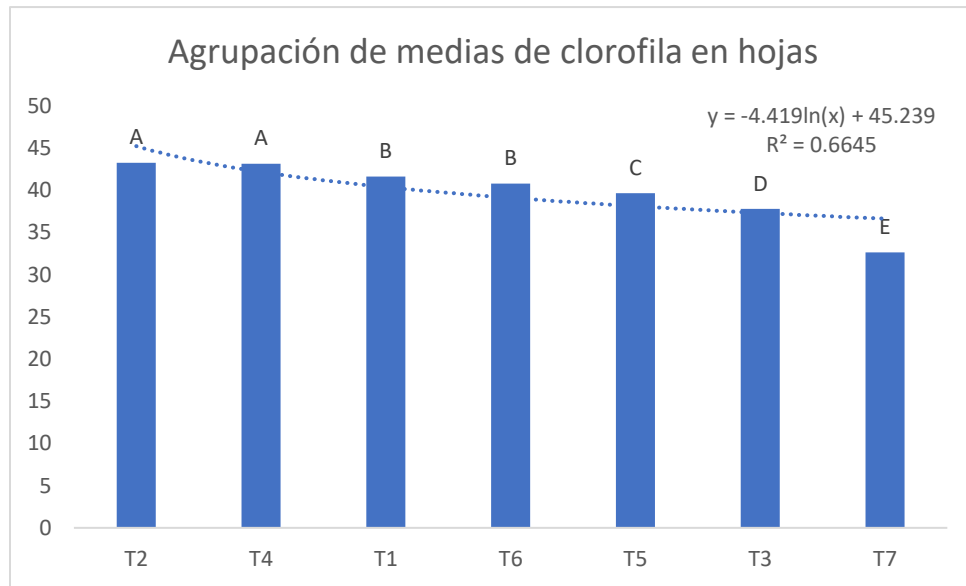


Cuadro 14. Análisis de Varianza de clorofila en hojas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	6	330.7	55.108	8.19	0.000
Error	21	141.3	6.726		
Total	27	471.9			

El cuadro 14 muestra que, si existe diferencia estadísticamente significativa, en la gráfica 13, de la agrupación de medias de la fecha 1 de la variable de Clorofila de hojas muestra que el T2 fue superior en 0.27% al T4, en un 3.88% al T1 y en un 6.05% al T6.

Gráfica 13. Medias de clorofila en hojas



Es frecuente encontrar deficiencia de hierro en los cultivos de arándanos, lo cual puede ser corregido mediante la modificación del pH del suelo, la aplicación de fertilización foliar, o el uso de fertilizantes quelatados de hierro, el ajuste es fundamental, ya que un suelo demasiado alcalino puede inhibir la absorción de Fe por las raíces de las plantas, la fertilización foliar, por su parte, permite una absorción rápida y directa de nutrientes a través de las hojas, proporcionando una solución eficaz a corto plazo, finalmente, los fertilizantes quelatados de hierro son una opción efectiva a largo plazo, ya que el quelato protege el hierro de la precipitación y permite su disponibilidad incluso en condiciones de pH desfavorable, la combinación de estas estrategias puede asegurar un adecuado nivel en los arándanos, promoviendo un crecimiento saludable y una óptima producción de frutos (ICL México 2024).

TecnoAgro R (2022) realizar análisis periódicos de suelo y hojas es crucial para monitorear los niveles de nutrientes en los arándanos, el pH del suelo debe mantenerse entre 4.5 y 5.0 para los arándanos, siendo 4.5 el nivel óptimo, los arándanos pueden tolerar un pH del suelo entre 3.8 y 5.5 si el contenido de materia orgánica es elevado, uno bajo es crucial para evitar deficiencias de nutrientes, particularmente de hierro, el azufre es eficaz para reducir el pH del suelo, esta estrategia asegura un manejo adecuado de la fertilidad y optimiza las condiciones del suelo para el cultivo de arándanos, promoviendo un crecimiento saludable y una producción óptima de frutos.

La aplicación foliar es fundamental para suministrar nutrientes de forma directa a los tejidos de las plantas en el momento adecuado, esta técnica es especialmente importante cuando los tratamientos del suelo son prolongados y los micronutrientes pueden no estar disponibles debido a ciertas condiciones; por ejemplo, durante la brotación, las bajas temperaturas del aire y del suelo a menudo reducen la disponibilidad de nutrientes, lo que hace necesaria la fertilización, en algunas estaciones y regiones de cultivo, la demanda de ciertos nutrientes es esencial para el rápido crecimiento de hojas y raíces, superando a veces la capacidad del sistema radicular y sus reservas, el pH del suelo puede afectar la disponibilidad de nutrientes, y las aplicaciones foliares pueden corregir rápidamente este déficit ajustando, estas aplicaciones tienen una duración limitada y deben coincidir con etapas específicas del crecimiento vegetativo o productivo de la planta, la fertilización foliar no solo mejora la salud y el vigor de las plantas, sino que también puede aumentar la eficiencia del uso de nutrimentos, especialmente en condiciones adversas, al asegurar que las plantas reciban los necesarios en el momento adecuado, se puede promover un crecimiento más robusto y una mayor productividad; por lo tanto, la aplicación foliar es una herramienta valiosa en el manejo integral de la fertilidad, contribuyendo significativamente al éxito del cultivo de arándanos y otros frutales (García 2017).

La aplicación foliar es una práctica esencial para suministrar rápidamente nutrimentos a las plantas, especialmente cuando el suelo no puede proporcionarlos de manera efectiva, este enfoque asegura un crecimiento saludable y una producción óptima, demostrando ser una estrategia eficaz en el manejo de la fertilidad y el desarrollo de cultivos de alta calidad.

Conclusión

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que diferentes tratamientos tienen impactos significativos en varias características de la planta, el tratamiento T3 mostró ser el más eficaz en términos de altura y peso de las hojas, en cuanto al diámetro de las plantas, el tratamiento T2 fue el más destacado, para el desarrollo de brotes, el tratamiento T4 resultó ser el más efectivo, en relación con las características de las hojas, el tratamiento T3 sobresalió en el largo, mientras que el T6 fue superior en el ancho, en cuanto a los parámetros químicos, el tratamiento T7 mostró los mejores resultados en pH, conductividad eléctrica, contenido de sodio, calcio y nitratos; por otro lado, el tratamiento T1 fue el más eficaz para el potasio, finalmente, en términos de contenido de clorofila, el tratamiento T2 fue el más favorable.

Cada tratamiento presenta ventajas específicas para diferentes parámetros de la planta, lo que sugiere que la elección del tratamiento óptimo dependerá de los objetivos específicos del cultivo y las condiciones ambientales particulares, en este caso lo que se buscaba era un mayor desarrollo y crecimiento que se logró con el T3 (10 g de azufre), en cuanto a nutrimentos el mejor fue el T7 (testigo), en este aspecto ningún tratamiento fue efectivo.

Literatura citada

- Admin. (2020, 29 marzo). *Función del hierro en las plantas*. Agroproductores. <https://agroproductores.com/el-hierro-en-las-plantas/>
- Amézquita Zegarra, G. (2022). Manejo integrado de plagas en el cultivo de arándano (*vaccinium corymbocum* L.) bajo condiciones del Valle de Huarmey Ancash.
- Arándano - SQM. (2018). SQM. <https://www.sqm.com/estudio/arandano/>
- Carrera J., 2012. Manual práctico para la creación y desarrollo de plantaciones de arándanos en Asturias, Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, Gobierno de España.
- De Agricultura y Desarrollo Rural, S. (2017.). *Arándano un fruto con maravillosas propiedades*. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/arandano#:~:text=La%20vitamina%20C%20que%20contienen,nocturna%2C%20fatiga%20ocular%20y%20miop%C3%A1Da.>
- De Agricultura y Desarrollo Rural, S. (2018). *Cultivo del arándano en México, reto superado*. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cultivo-del-arandano-en-mexico-reto-superado#:~:text=El%20ar%C3%A1ndano%20es%20uno%20de,continente%2C%20desde%20Canad%C3%A1%20hasta%20Chile.>
- De Agricultura y Desarrollo Rural, S (2022). Rico y delicioso arándano. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/rico-y-delicioso-arandano?idiom=es#:~:text=Su%20producci%C3%B3n%20en%202021%20super%C3%B3%20las%2066%20mil%20toneladas.>
- De Servicios A la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, A. (2018). *Arándano azul*. gob.mx. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/arandano-azul?idiom=es>
- Fertilizantes para Blueberry (Arándano Azul) | ICL MX. (2024). Mexico. <https://iclgrowingsolutions.com/es-mx/agriculture/crops/blueberry/>
- García, G. L. / E. A. (2017). Fertilización foliar orgánica en Arándanos | No. 120 | 2017 | TecnoAgro. <https://tecnoagro.com.mx/no.-120/fertilizacion-foliar-organica-en-arandanos>
- García, J., & García, G., 2010. Guía de cultivo orientaciones para el cultivo del arándano. Proyecto de cooperación “Nuevos Horizontes”. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. España. pp: 32
- García Rubio, J. C., García González de Lena, G., & Ciordia Ara, M. (2018). *El cultivo del arándano en el Norte de España*. Serida.org. <http://www.serida.org/pdfs/7452.pdf>
- Gonzales, F. (2016). Manejo del Riego en el Cultivo de Arándano. Sesión del Diplomado Internacional en el Cultivo de Berries. Intagri. Gto., México.

- Guamán, K. M., & Granja, F. (2022). Influencia de podas y nutrición nitrogenada en el desarrollo vegetativo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi). CEDAMAZ, 12(2).
- Hernández, D. (2014). *Estudio Nutritional de Arándano Azul (Vaccinium corymbosum L.) cv. Biloxi en los Reyes, Michoacán* [Tesis doctoral, Colegio de Posgraduados].
http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2378/Hernandez_Hernandez_D_DC_Edafologia_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hirzel, J. (2013). Manual de arándanos. En Fertilización en arándano (p. 31). Pablo Undurraga Díaz y Quilamapu Sigrid Vargas Schuldes.
<https://www.asocolblue.com/wp-content/uploads/2016/04/Manual-de-arandanos.pdf>
- INTAGRI. 2017. El Cultivo de Arándano. Serie Frutillas Núm. 17. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 10 p.
- INTAGRI. 2017. Variedades Comerciales de Arándanos en el Mundo. Serie Frutillas Núm. 15. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Lahkak, H. (2024). *México: El auge de la industria del arándano y su impacto a nivel global*. <https://es.linkedin.com/pulse/m%C3%A9xico-el-auge-de-la-industria-del-ar%C3%A1ndano-y-su-impacto-habib-lahkak-pjz1e#:~:text=El%20cultivo%20de%20ar%C3%A1ndanos%20en,en%20los%20%C3%BAltimos%20cuatro%20a%C3%B1os>.
- Machado, R. M. A., Bryla, D. R., & Vargas, O. (2014). Effects of salinity induced by ammonium sulfate fertilizer on root and shoot growth of highbush blueberry. *Acta Horticulturae*, 1017, 407-414. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1017.49>
- Meléndez-Jácome, M. R., Flor-Romero, L. E., Sandoval-Pacheco, M. E., Vasquez-Castillo, W. A., & Racines-Oliva, M. A. (2021). *Vaccinium* spp.: karyotypic and phylogenetic characteristics, nutritional composition, edaphoclimatic conditions, biotic factors and beneficial microorganisms in the rhizosphere. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 109-120.
- Meza Torres, P. A. (2015). ALGUNOS ASPECTOS DE LA FENOLOGIA, EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DE DOS CULTIVARES DE ARANDANO (*Vaccinium corymbosum* L. x *V. darowii*) PLANTADOS EN GUASCA (CUNDINAMARCA, COLOMBIA) [Biólogo, Universidad Militar Nueva Granada].
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6675/MesaTorresPaolaAndrea2015.pdf>
- Meyer, H.J. & Prinsloo N.. 2003. Assessment of the potential of blueberry production in South Africa. *Small Fruits Review* 2:3-21
- Navas, G. (2023). *Los números que reposicionan a México en la industria global del arándano*. Blueberries Consulting. <https://blueberriesconsulting.com/los-numeros-que-reposicionan-a-mexico-en-la-industria-global-del-arandano/>

- Ochoa, S. (2015). Pasos claves para emprender cultivo de arándano. Visita al departamento técnico SB Group. Pelarco, Chile.
- Rebolledo, C. (2013). Establecimiento del arándano. In Undurraga, P. & Vargas, S. Manual de Arándano. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – INIA, Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile. 120 pp.
- Redagrícola.(2023). Arándanos en macetas: mejor calidad y mayor precocidad. Redagrícola. <https://redagricola.com/arandanos-macetas-mejor-calidad-mayor-precocidad/>
- Retamales, J. & Hancock, J. (2012). Blueberries. US, Cambridge, Massachusetts, Centre for Agricultural Bioscience International, 323 pp.
- Rodríguez Marquina, R. R. (2021). Manejo agronómico del cultivo de arándano (*Vaccinium spp*) en condiciones del valle de Chao, La Libertad [Tesis de licenciatura, UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO]. [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/8236/REP_RIARD O.RODRIGUEZ_MANEJO.AGRONOMICO.DEL.CULTIVO.pdf?sequence=1&isAllo wed=y](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/8236/REP_RIARD_O.RODRIGUEZ_MANEJO.AGRONOMICO.DEL.CULTIVO.pdf?sequence=1&isAllo wed=y)
- Salgado Vargas, C., Sánchez García, P., & Volke Haller, V. H. (2018). *Respuesta agronómica de arándano (Vaccinium corymbosum L.) al estrés osmótico*. SciELO. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000200231
- Servicio Meteorológico Nacional. (2024). <https://smn.conagua.gob.mx/es/> Zamora. (2023). Weather Spark. Recuperado 28 de octubre de 2024, de <https://es.weatherspark.com/y/2823/Clima-promedio-en-Zamora-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- TecnoAgro, R. (2022). Nutrición de arándanos | No. 156 | 2022 | TecnoAgro. <https://tecnoagro.com.mx/no.-156/nutricion-de-arandanos>
- Tecnología, P. (2020). REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL ARÁNDANO. ProainShop. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/requerimientos-edafoclimaticos-del-arandano>