



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN EDAFOLOGÍA

**USO DE ENRAIZADORES PARA HACER
EFICIENTE LA NUTRICIÓN DE ARÁNDANO
(*Vaccinium corymbosum* L.) EN SUELO Y TEZONTLE**

ALEJANDRA SASTRE DECASA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019



COLEGIO DE POSTGRADUADOS


CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe, "**Alejandra Sastre Decasa**", Alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor "**Dr. Gabriel E. Alcántar González**", por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**Uso de enraizadores para hacer eficiente la nutrición en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en un suelo y tezontle**", y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Texcoco, Estado de México, a 16 de Enero de 2019



Ing. Alejandra Sastre Decasa



Vo. Bo. del DR. E. Gabriel Alcántar González

La presente tesis titulada: **“Uso de enraizadores para hacer eficiente la nutrición de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en suelo y tezontle”** realizada por la alumna: **“Alejandra Sastre Decasa”** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR



CONSEJERO (A)

DR. GABRIEL ALCÁNTAR GONZÁLEZ.

ASESOR (A)



DR. VICENTE ESPINOSA HERNÁNDEZ

ASESOR (A)



DR. EBANDRO USCANGA MORTERA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Enero de 2019

USO DE ENRAIZADORES PARA HACER EFICIENTE LA NUTRICIÓN DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L.) EN SUELO Y TEZONTLE”

Alejandra Sastre Decasa, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

A plantas de 6 meses de arándano de la variedad biloxy cultivadas en invernadero en suelo franco y tezontle se les aplicó la dosis comercial de cuatro enraizadores (Rooting, Brotamin, Ruter AA, Raix) para hacer eficiente la nutrición. Los enraizadores se aplicaron en la base del tallo. Después de la aplicación de los enraizadores se realizaron 6 muestreos en tallo y 11 en hoja, se midieron rendimiento, concentración de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+ en el extracto celular de hoja y tallo (solamente en suelo franco); número de frutos, grados brix, peso de materia fresca de tallos más hojas y raíz de plantas establecidas en suelo franco y tezontle.

Para el análisis estadístico se realizaron 10 cosechas en las cuales no se encontró diferencias significativas entre tratamientos. Las concentraciones de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+ no fueron significativamente diferentes entre tratamientos, sin embargo, los valores de algunos tratamientos fueron superiores a la media del testigo. El uso de Rutter AA mostró diferencia significativa en el aumento del 13 % en grados Brix respecto a los demás tratamientos. Se encontró significativo el aumento del 11.4% en grados Brix y 51.4% del peso fresco de tallos y hojas del suelo franco respecto al tezontle.

Palabras claves: *Vaccinium sp*, enraizador, extracto celular, grados Brix

USE OF ROOTS TO MAKE THE NUTRITION OF BLUEBERRY (*Vaccinium corymbosum* L.) EFFICIENT IN SOIL AND TEZONTLE

Alejandra Sastre Decasa, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

Four rooters (Rooting, Brotamin, Ruter AA, Raix) were used to make blueberry, biloxy variety, nutrition more efficient in 6-month-old plants in a loamy soil and tezontle (as a substrate). The dose was recommended by the manufacturer and applied to the soil near the stem. During the plant development, leaf and stem samples were taken with the plants established in a greenhouse. Fruit yield and concentrations of NO_3^- , Ca^{2+} , and K^+ were measured in the leaf and stem cell extracts (only in free soil). The number of fruits, brix degrees, weight of fresh matter of stems plus leaves, and root of plants established in free soil and tezontle were also recorded.

For the statistical analysis, 10 harvests were carried out in which no significant differences were found between treatments. The concentrations of NO_3^- , Ca^{2+} , and K^+ were not statistically significant; however, the values of some treatments were higher than the average of the control. The use of Rutter AA showed a significant difference in the increase of 13% in Brix degrees compared to the other treatments. The increase of 11.4% in Brix degrees and 51.4% of the fresh weight of stems and leaves of the free soil compared to the tezontle was found to be significant.

Key words: *Vaccinium corymbosum* L., rooting agent, cellular extract, Brix degrees

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme estar aquí y darme la fuerza para enfrentar los retos de la vida que se presentan, y ayudándome a disfrutar cada momento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyarme en el financiamiento para realizar mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo por permitirme realizar mis estudios en el Posgrado en Edafología.

A mi consejo particular, que han sido parte de este proyecto, quienes con su experiencia y sabiduría me han aportado lecciones de vida que me ayudarán a tomar decisiones cuando se necesiten.

Al Dr. Prometeo Sánchez García por su apoyo en el transcurso de la maestría, quien me brindo conocimientos para llevar a cabo mi proyecto de investigación y además por compartir sus experiencias como investigador.

A mis padres quienes me han inculcado, valores, educación y la fuerza para levantarme cuando las cosas no salen como uno las planea, han sido mi motor para seguir adelante.

A mis hermanos que admiro y respeto, que siempre me han tendido la mano cuando lo necesito sin pedirlo, de quienes estoy muy orgullosa y admiro.

A su apoyo incondicional, quienes siempre han estado ahí para apoyarme cuando lo he necesitado y darme palabras de aliento en este tiempo como estudiante Fide, Gris y Char.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xii
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Objetivo general y específicos.....	2
1.2. Hipótesis general.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Evaluación	4
2.2. Enraizador	4
2.3. Auxinas.....	4
2.4. Morfología de la raíz.....	5
2.5. Importancia de arándano a nivel nacional	7
2.6. Taxonomía.....	7
2.7. Morfología de la planta de arándano	8
2.8. Condiciones edafoclimáticas para un buen desarrollo del cultivo de arándano.....	9
2.9. Conclusiones de la revisión de literatura	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Material vegetal	13
3.2. Tratamientos.....	14
3.3. Manejo de las plantas.....	16
3.4. Variables.....	18
3.5. Análisis estadístico	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Suelo franco	23
4.2. Tezontle	32
4.3. Suelo franco y tezontle.....	39

4.4. Rizotrones	51
5. CONCLUSIONES	66
6. LITERATURA CITADA	67

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales fitorreguladores auxínicos utilizados en la agronomía.....	4
Cuadro 2. Principales estados productores de Arándano 2017.....	7
Cuadro 3. Disminución del rendimiento de arándano en función de la salinidad del suelo	10
Cuadro 4. Límite de tolerancia del arándano a la salinidad del suelo	11
Cuadro 5. Extracción y contenido nutrimental en hojas de arándano	11
Cuadro 6. Características de arándano Biloxi	13
Cuadro 7. Composición de los enraizadores utilizados.	15
Cuadro 8. Características del suelo obtenido de Michoacán	16
Cuadro 9. Características del agua que se utilizó durante todo el experimento	17
Cuadro 10. Solución Steiner.....	17
Cuadro 11. Dosis utilizada para el manejo de las plantas	18
Cuadro 12. Concentración de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+ en tallo y hoja con el uso de enraizadores en un suelo franco.....	23
Cuadro 13. Efecto de los enraizadores en el rendimiento por planta de arándano en un suelo franco.....	25
Cuadro 14. Efecto de los enraizadores en el número de frutos por planta de arándano en un suelo franco	27
Cuadro 15. Efecto de los enraizadores en los grados brix de frutos de arándano en un suelo franco.....	28
Cuadro 16. Efecto de los enraizadores en el peso de materia fresca de tallo y hoja por cada planta de arándano en un suelo franco.....	29
Cuadro 17. Efecto de los enraizadores en peso de materia fresca de raíz por cada planta de arándano en un suelo franco	30
Cuadro 18. Efecto de los enraizadores en rendimiento por cada planta de arándano en tezontle.....	32
Cuadro 19. Efecto de los enraizadores por cada planta de arándano en tezontle.....	33

Cuadro 20. Efecto de los enraizadores en grados brix de los frutos por cada planta de arándano en tezontle	35
Cuadro 21. Efecto de los enraizadores en peso de materia fresca de tallo y hoja por cada planta de arándano en tezontle.....	36
Cuadro 22. Efecto de los enraizadores en peso de materia fresca en raíz por cada planta de arándano en tezontle	37
Cuadro 23. Rendimiento por planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle	39
Cuadro 24. Número y peso de frutos por planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle	41
Cuadro 25. Grados brix de cada fruto por planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle	42
Cuadro 26. Peso fresco de tallos y hojas por cada planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle	43
Cuadro 27. Peso fresco de raíz por cada planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle	45
Cuadro 28. Efecto de los enraizadores en rendimiento por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle	46
Cuadro 29. Dinámica de la producción de planta de arándano en los primeros años de cultivo, la primera cosecha ocurre al 3er año de la plantación	47
Cuadro 30. Efecto de los enraizadores en número y peso de frutos por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle.....	47
Cuadro 31. Efecto de los enraizadores en grados brix en fruto por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle.....	48
Cuadro 32. Estimación del acceso nutrimental por intercepción, flujo de masas y difusión en raíces de maíz desarrollado en suelo fértil (Alcantar y Trejo 2013)	50
Cuadro 33. Efecto de los enraizadores en peso fresco de tallos y hojas por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle.....	50

Cuadro 34. Efecto de los agentes enraizantes en peso fresco de raíz por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle.....	51
Cuadro 35. Diferencia de las variables entre la primera y última medición en plantas de arándanos cultivadas en rizotrones.....	53
Cuadro 36 Interacción entre sustrato y enraizador en las diferentes variables..	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la raíz.....	6
Figura 2. Rizotrones de madera con dos cavidades cada uno	14
Figura 3. Procedimiento para obtener el extracto celular por cada muestra y realizar las lecturas en los ionómetros específicos de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+	19
Figura 4. Se cosechó cada unidad experimental, se identificó la muestra y se obtuvo su peso con una balanza semianalítica.....	20
Figura 5. Se identificaron los frutos por cada unidad experimental.....	20
Figura 6. Medición de grados Brix por cada unidad experimental	21
Figura 7. Efecto de los enraizadores en la concentración de macroelementos en hoja por planta de arándano en un suelo franco	24
Figura 8 Efecto de los enraizadores en la concentración de macroelementos en tallo por planta de arándano en un suelo franco	25
Figura 9. Efecto de los enraizadores en el rendimiento por planta de arándano en un suelo franco.....	26
Figura 10. Efecto de los enraizadores en el número de frutos por cada planta de arándano en un suelo franco.....	28
Figura 11. Efecto de los enraizadores en los grados brix por cada planta de arándano en suelo franco.....	29
Figura 12. Efecto de los enriazadores en peso de tallo y hoja por cada planta de arándano en un suelo franco.....	30
Figura 13. Efecto de los enraizadores en peso de raíz por cada planta de arándano en un suelo franco.....	31
Figura 14. Efecto de los enraizadores en la dinámica del porcentaje del rendimiento de cada planta de arándano en un suelo franco	32
Figura 15. Efecto de los enraizadores por cada planta de arándano en tezontle.....	33

Figura 16. Efecto de los enraizadores en número de frutos por cada planta de arándano en tezontle	34
Figura 17. Efecto de los enraizadores en grados brix por cada planta de arándano en tezontle.....	35
Figura 18. Efecto de los enraizadores en peso de materia fresca de tallo y hoja por cada planta de arándano en tezontle.....	36
Figura 19. Efecto de los enraizadores en peso fresco de raíz por cada planta de arándano en tezontle	37
Figura 20. Dinámica del porcentaje de cosecha entre los diferentes tratamientos en tezontle	38
Figura 21. A la izquierda las plantas están en el suelo franco y se observa mayor área foliar mientras que del lado derecho las plantas en tezontle presentan menor vigor de la planta.....	40
Figura 22 Se muestran las diferencias entre el desarrollo y la cantidad de frutos inmaduros de las plantas en suelo franco (izquierda) y tezontle (derecha) . Los frutos en esta etapa no se consideraron en el análisis estadístico	41
Figura 23. Grados brix de frutos de arándanos cultivados en un suelo franco y en tezontle.....	43
Figura 24. Se muestra la diferencia entre el peso fresco del tallo y hoja en entre los diferentes sustratos	44
Figura 25. Se muestran las diferencia entre el vigor de parte foliar de la planta en en suelo franco	44
Figura 26. Se muestran las diferencia entre el vigor de parte foliar de la planta en tezontle	45
Figura 27. Se muestra los valores de ° Brix que se registraron con el uso de enraizadores, encontrando al mejor tratamiento Ruter AA (Aminoácidos libres Nitrógeno, Fósforo Potasio Molibdeno, zinc-EDTA, Manganeso-EDTA e Hierro-EDDHA).....	49
Figura 28. Se muestra el crecimiento de raíz en el testigo.....	54
Figura 29. Se muestra el crecimiento de raíz en el Rutter-AA.....	54

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

En el grupo de las berries se encuentran los cultivos de frambuesa zarzamora y arándano. Las berries o frutos del bosque se ubican como uno de los productos con mayor potencial en el sector agrícola de México, con una producción de 427,283 toneladas, de las cuales el arándano representa el 8.6 %. Estos frutos cuentan con una demanda creciente a nivel nacional e internacional. En México el 41 % de la producción se destina al mercado internacional (SIAP 2017). Las importaciones mundiales han aumentado 118 % en la última década, por lo que también incrementaron las exportaciones mexicanas principalmente con destino a Estados Unidos, Canadá y Países Bajos. (SAGARPA 2017).

Desde hace una década el cultivo del arándano está en continuo crecimiento, en la actualidad existen 3,642 hectáreas en producción. Los principales estados productores son Jalisco, Michoacán, Sinaloa y Baja California. El valor de la producción del cultivo de arándano en 2017 fue de 2,150 millones de pesos, de los cuales 856 millones corresponden a Michoacán; principal entidad por valor (SIAP 2018), mientras que el monto de las exportaciones fue de 1,095.37 de millones de dólares a precios del 2016. Las berries promueven producciones intensivas en mano de obra y capital, que general alta rentabilidad en pequeñas superficies y son movilizadoras de las economías locales y regionales, se estima un total de 900 jornales por hectárea (SEDER-Jalisco 2014)

El arándano presenta cualidades nutricionales y antioxidantes que lo hacen un fruto de alto valor medicinal y nutricional (Jiménez y Esquivel 2013). Además, México cuenta con gran diversidad de lugares que por sus características edafoclimáticas podrían ser zonas con gran potencial de producción en un futuro cercano. El cultivo de arándano es un cultivo alternativo en el país, debido a que su mercado principal es de exportación, lo que beneficia al productor con un mejor precio, sobre todo cuando hay escasez del fruto en los principales países productores. En México es un cultivo que se encuentra en desarrollo, por lo que es importante desarrollar

técnicas de cultivo que permitan obtener mejores rendimientos por unidad de superficie.

Los rendimientos mayores se obtienen de plantas que se han desarrollado mejor. La nutrición mineral balanceada de la planta es un factor determinante para su buen desarrollo y por consiguiente de rendimientos altos, y dentro de este contexto se encuentra la raíz como el principal órgano de absorción de nutrientes. Por lo anterior es importante mantener un buen desarrollo del sistema radical como parte del manejo cultural en la planta de arándano. Una de las peculiaridades notables de este cultivo es que carece de pelos absorbentes, por lo que es necesario probar el efecto de algunos enraizadores que favorezcan o mejoren el programa nutricional de la planta.

1.1. Objetivo general y específicos

Incrementar el desarrollo de las plantas de arándano y el rendimiento de la fruta en función de la aplicación de enraizadores en suelo franco y tezontle.

- Mejorar la nutrición mineral en arándano y determinar la concentración de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+ en el extracto celular de tallo y hoja.
- Medir la eficiencia de los enraizadores en la producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxy y su influencia en el crecimiento de raíz.
- Comparar el rendimiento al utilizar un suelo franco y tezontle como sustratos con la misma solución nutritiva.
- Establecer la influencia de los enraizadores respecto a la calidad del fruto.

1.2. Hipótesis general

Mediante el uso de productos que promuevan crecimiento de raíz, la planta de arándano mejora la absorción de nutrimentos en suelo franco y tezontle, lo cual incrementa la producción.

- Las concentraciones de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+ del extracto celular aumentarán con el uso de enraizadores.
- El uso de enraizadores aumentará la producción de las plantas de arándano, lo cual estará relacionado con el crecimiento de la raíz.
- Las plantas de arándano tendrán mayor producción en los tratamientos que utilicen enraizadores y será mejor en las que se desarrollen en el suelo.
- Al aumentar la absorción de nutrimentos con los diferentes tratamientos podrá mejorarse la calidad del fruto (grados brix)

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Evaluación

En el artículo de Arencibia y Moya (2008) sugieren que es importante la evaluación de la actividad científica, realizar mediciones ayuda a desarrollar indicadores que constituyen herramientas para evaluar o describir algún fenómeno, su naturaleza y su evolución.

2.2. Enraizador

Azcón-Bieto y Talón (2013) comenta que las auxinas desempeñan un papel importante en la formación de raíces laterales y adventicias. Las auxinas son necesarias para estimular la formación de primordios y crecimiento de la raíz, por lo que generalmente los enraizadores contienen esta hormona en su composición. En el Cuadro 1 se muestran los principales fitorreguladores de importancia en la agronomía que contienen auxinas en su composición.

Cuadro 1. Principales fitorreguladores auxínicos utilizados en la agronomía

Nombre común	Nombre químico	Aplicaciones
IBA	Ácido indol-3-butírico	Enraizamiento
NAA	Ácido 1-naftilacético	Enraizamiento Aclareo.
4-CPA	Ácido 4- clorofenoxiacético	Cuajado de frutos
2-NCIA	Ácido 2-naftiloxiacético	Cuajado de frutos
NAA-m	Ácido 2-(1-naftil) acetamida	Aclareo Cuajado de frutos
2,4-D	Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (en forma de ésteres y sales)	Retardo en la caída de frutos.
2,4-DP	Ácido 2-(2,4-diclorofenoxi) propiónico	Modificador del aspecto de los frutos

Fuente: Azcón-Bieto y Talón 2013.

2.3. Auxinas

Las auxinas se generan principalmente en las partes jóvenes de la planta: ápices, frutos tiernos, y hojas en desarrollo, además promueven la formación de raíces

laterales y adventicias. En esquejes o estacas, las auxinas favorecen la regeneración de las raíces por su transporte basipétalo (hacia la base) en el tallo (Leszek 2003).

Existen dos corrientes de transporte polar de AIA en la raíz que menciona Leszek (2003): La primera es la acropétala, que va de la parte aérea hacia el ápice de la raíz, ésta ocurre en las células del cilindro vascular, la cual es importante para la formación de raíces laterales. La formación de raíces laterales necesita relativamente altas concentraciones de auxinas y tiene lugar en la zona de alargamiento y arriba de la zona de los pelos radicales. Estudios anatómicos mostraron que las raíces laterales se inician en el periciclo. La segunda es la basipétala, que viaja desde la caliptra y el ápice de la raíz hacia la base de la raíz, este transporte de la auxina ocurre en la corteza de la epidermis y es detectable a corta distancia a partir del ápice, esta corriente es muy importante en la respuesta de la raíz a la gravedad.

La aplicación exógena simple de la auxina en regiones definidas del periciclo es suficiente para iniciar el desarrollo de raíces laterales. Los sitios de iniciación de la raíz lateral se crean siguiendo la concentración de auxina en regiones definidas del periciclo, donde ocurren las divisiones necesarias para la formación de los primordios de la raíz según Smith y De Smet (2012)

2.4. Morfología de la raíz

Rueda (2009) comenta que, la raíz es el órgano de las plantas superiores, y sus funciones principales son: absorber y conducir el agua y minerales disueltos en ella, acumular nutrientes y anclarse en el suelo.

Rueda (2009) describe la raíz:

Cuello: Como la unión de la raíz con el tallo.

Zona suberizada: La cual se extiende desde el cuello hasta la zona donde se encuentran los pelos radicales. El nombre de esta parte es porque los pelos absorbentes tienen una vida corta, una vez cumplida su función desaparecen y las

células son remplazadas por células muertas formando súber. La zona aumenta su longitud y pierde la capacidad de absorber agua y nutrientes. Esta parte se puede apreciar en la Figura 1 como la zona de ramificación.

Zona de diferenciación: En esta zona se encuentran los pelos radicales como se muestra en la Figura 1 son prolongaciones que surgen de las células epidérmicas que se alargan y exploran el suelo para poder absorber agua y sales minerales. Los pelos cumpliendo su función dejan de ser funcionales y son remplazados por nuevos, los cuales se desarrollan por debajo de los últimos.

Zona de elongación: Mide aproximadamente 1cm y está ubicada en la parte terminal de la raíz, las células se dividen constantemente lo que permite que aumente el crecimiento de longitud, en la Figura 1 se muestra como zona de elongación.

Zona de división: Es la parte protectora de la raíz, resistente, se forma por una especie de casquete en la zona de crecimiento que evita la destrucción de la raíz mientras avanza a través de la tierra.

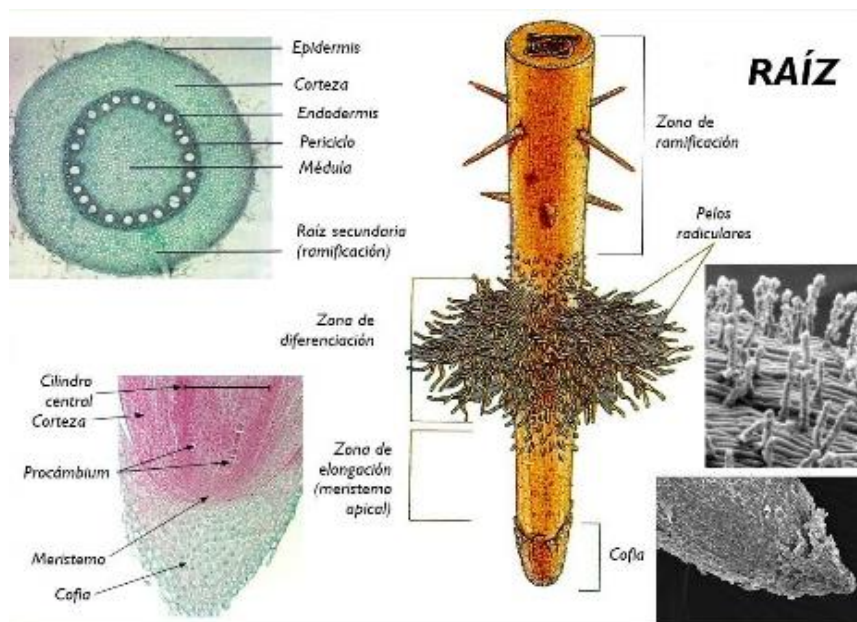


Figura 1. Morfología de la raíz

Fuente: https://www.google.com.mx/search?q=morfologia+de+la+raiz&espv=2&biw=1517&bih=681&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj9K2j_afQAhUhzoMKHXaBBQoQsAQILA&pr=0.9#imgrc=xMImEzpb7PE1eM%3A

2.5. Importancia de arándano a nivel nacional

En México, el cultivo de arándano ha adquirido importancia a través de tiempo debido a la demanda en mercados internacionales en temporada de baja producción de los principales países productores, lo que ha permitido ser un producto competitivo.

En cuanto a la superficie sembrada con arándano, a nivel nacional se encuentra en primer lugar a Jalisco, siguiéndole Michoacán, Sinaloa y Colima. Este último estado tiene el mayor rendimiento por hectárea, seguido por Baja California y Michoacán (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales estados productores de Arándano 2017

ESTADO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO OBTENIDO (TON/HA)	PRECIO MEDIO RURAL (\$/TON)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN (MILES DE PESOS)
BAJA CALIFORNIA	220	220	3,379.80	15	132,475	447,741
COLIMA	235	234	2,638	11	54,830	144,660
JALISCO	1,576	1,576	14,563	9	35,987	524,088
MEXICO	15	15	145	9	26,477	3,853
MICHOACÁN	800	682	8,860	12	96,580	855,781
PUEBLA	229	142	885	6	15,709	13,902
SINALOA	530	450	6,149	13	25,000	153,731
SONORA	12	12	72	6	85,000	6,120
	3618	3332	36693	84	472060	2,149,880

Fuente: Datos tomados de SIAP 2017.

Tanto la planta como los frutos se conocen como arándanos, mirtillos ráspanos, anavias o calderillas según Navarro (2001).

2.6. Taxonomía

Bañados (2007) determina la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

REINO: Plantae

SUPER DIVISIÓN: Spermatophyta

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

SUB CLASE: Dicotyledonae
ORDEN: Ericales
FAMILIA: Ericaceae
SUB FAMILIA: Vaccinioideae
TRIBU: Vaccinieae
GENERO: *Vaccinium*
ESPECIE: *corymbosum* L.
NOMBRE CIENTÍFICO: *Vaccinium corymbosum* L.

2.7. Morfología de la planta de arándano

Raíz: García (2011) describe que el sistema radical de la planta es superficial caracterizándose principalmente por ser raíces finas, fibrosas y con ausencia de pelos absorbentes: En los primeros 40 cm se encuentra el 80% de biomasa radicular y puede llegar a formarse simbiosis con una micorriza obteniendo un mayor desarrollo de la planta. Se prefiere el establecimiento del cultivo en suelos con buen drenaje.

La raíz es el órgano vegetal de la planta que se encargara de la absorción de los nutrimentos disueltos en el suelo por lo que es importante el estudio de ella, ya que mejorar su desarrollo lograra eficientizar la absorción lo que se verá reflejado en el desarrollo y crecimiento de la planta.

Navarro (2001) describe a la raíz como poco profunda, raíces finas y fibrosas caracterizada por falta de pelos.

Hojas: Según García (2011) “*Simples, alternas, cortamente pediceladas, forma elíptico-lanceoladas de unos 5 cm de longitud, caducas, de un color verde pálido a muy intenso según cultivares, ligeramente dentadas y finamente nervadas por el envés. Es típica la coloración rojiza que adquieren en el otoño*”.

La relación de un buen desarrollo de raíz se verá reflejado en un incremento de área foliar.

Flores: García (2011) las describe de la siguiente manera: “*Axilares o terminales, en racimos de 6 a 10 flores en cada yema, sépalos persistentes, corola acampanada blanca con tonos rosas en algunos cultivares, formada por 4-5 pétalos fusionados,*

8 a 10 estambres con anteras aristadas o no, prolongadas en tubos terminales con una abertura en el ápice, un pistilo simple, ovario ínfero, de 4 a 10 lóculos. El número de yemas florales que puede desarrollarse en una rama de un arbusto del grupo "highbush" parece estar relacionado con el grosor de la rama, con el cultivar, así como por la influencia de varios reguladores de crecimiento".

Con la información anterior sobre el número de yemas según el grosor de la rama en algunos cultivares y los reguladores de crecimiento presentes si se logra aumentar el sistema radicular del arándano se podrá mejorar las características del desarrollo de la planta para mejorar su producción.

Fruto: García (2011) describe lo siguiente *"Es una baya falsa esférica de 1 a 3 cm de diámetro, con un peso de 0,5 a 4,0 g y varias semillas en su interior, 20 a 100, cuyo número está correlacionado de forma positiva con el tamaño del fruto. Los frutos, a medida que maduran, pasan por distintos grados de color, adquiriendo el tono azul característico al finalizar la maduración. A su vez, la epidermis del fruto está cubierta por secreciones cerosas, que le dan una apariencia muy atractiva. Los frutos más cercanos a las ramas son más grandes que los distales, y su tamaño se ha relacionado también con el vigor de la rama, es decir, ramas más vigorosas generalmente producen frutos más grandes".*

Es interesante la información anterior, pues es necesario buscar producir ramas vigorosas, lo cual puede mejorarse con un buen abastecimiento de nutrientes a la planta mediante una raíz con mayor área de exploración.

2.8. Condiciones edafoclimáticas para un buen desarrollo del cultivo de arándano

Suelo. Según Colina (2009) el suelo que prefiere el arándano es un suelo ácido con un pH de 4 a 6 y que no retenga agua por tiempos prolongados. Tomando en cuenta que la planta es nativa de los bosques se podría simular un área similar con esas características para tener un buen desarrollo de la planta.

Temperatura. Según Spiers (1995) sus resultados de investigación, la temperatura del sustrato donde se estableció el cultivo de arándano en relación al crecimiento

de raíz fue significativo, pues se encontró que temperaturas de 16 °C el desarrollo y crecimiento aumentó considerablemente.

Simbiosis. Según Betancourt (2011) las micorrizas son un tipo de simbiosis que forman los hongos y se establecen en las raíces de las plantas principalmente arbóreas y arbustivas. Son eficaces en la absorción de agua y nutrientes. Las micorrizas están asociadas a ericáceas, el hongo es un Ascomycete o Basidiomycete formando o no la red de Harting. Estas micorrizas permiten colonizar suelos ácidos y pobres en nutrientes.

Además, la micorriza ayuda a la planta a establecerse y protegerse en suelos poco productivos como los afectados por desertificación, metales pesados y salinidad.

Salinidad. Sánchez (2010) la describe de la siguiente manera “*La salinidad corresponde a la concentración de sales que posee el suelo o una solución, se mide a través de la conductividad eléctrica y se expresa en mmhos/cm*”.

Dentro de las características específicas del cultivo del arándano se encuentra la baja tolerancia a condiciones de salinidad, en el Cuadro 3 se muestra que el rendimiento se ve afectado al aumentar la C.E.

Cuadro 3. Disminución del rendimiento de arándano en función de la salinidad del suelo

C.E. (mmhos cm ⁻¹)	Disminución del rendimiento (%)
1.0	10
1.5	25
2.0	50

Fuente: Hirzel y Rodriguez 2003

Las berries según Sánchez (2010) son sensibles a una alta conductividad eléctrica (C.E), soluciones demasiado concentradas en sales provoca problemas en la absorción radical. En el Cuadro 4 se muestran los límites de tolerancia del cultivo de arándano a la salinidad cuantitativa y cualitativa del suelo.

Cuadro 4. Límite de tolerancia del arándano a la salinidad del suelo

Parámetro	Cantidad	Unidad
Salinidad (c e)	1. 2	Mmhos/ cm
Cloruros	200	ppm
Boro	0.5 a 1.0	ppm
Sodio	150	

Fuente: Hirzel y Rodriguez 2003

Demanda de nutrientes.

La demanda de nutrimentos que requiere el cultivo de arandano se puede observar en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Extracción y contenido nutrimental en hojas de arándano

Nutrientes	Extracción (kg/ton Fruta)	Nivel foliar critico (%)
N	4.7	1.8
P	0.5	0.12
K	4	0.35
Ca	1.4	0.4
Mg	0.8	0.12

Fuente: Hirzel y Rodriguez 2003

2.9. Conclusiones de la revisión de literatura

El cultivo del arándano es cada vez más relevante dentro de las estadísticas de superficie y valor de la producción, por lo que es necesario seguir buscando técnicas mejores de producción para aumentar el rendimiento.

La nutrición mineral mediante el suministro de fertilizantes al suelo ayuda a proveer cada macro o micronutriente necesario para el cultivo, siendo los pelos

absorbentes dentro de la morfología de la raíz quienes se encargan de realizar la absorción de nutrimentos presentes en la solución de suelo.

El arándano carece de pelos radicales por lo que es necesario mantener a la planta desarrollando raíces nuevas mediante fitorreguladores auxínicos, quienes promueven enraizamiento en las plantas con la finalidad de eficientizar la nutrición en el cultivo y obtener rendimientos mayores.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un invernadero del colegio de postgraduados, campus Montecillo, Texcoco ubicado en 19°27'41.06"N 98°54'32.68"O a 2242 msnm.

3.1. Material vegetal

Para llevar a cabo el experimento se utilizaron 60 plantas de arándano variedad Biloxi obtenidas de un vivero ubicado en Tangancícuaro Michoacán. Se seleccionaron plantas homogéneas en tamaño, follaje, sanidad y apariencia general de 6 meses de edad.

Características de la variedad Biloxi.

Las principales características de Biloxi la hacen ideal para lugares sin heladas; sus hojas son perennes, floración primocane (el primer año de crecimiento no tiene capacidad de floración) y poco desgarre en el tejido al momento de cosechar (ver Cuadro 6). Biloxi es extremadamente vigorosa y produce rendimiento alto incluso en ausencia de otras variedades que propicien una mayor población de abejas para asegurar la polinización. Los frutos de Biloxi se caracterizan por ser de calibre mediano, color azul medio, buena firmeza y un sabor dulce. Uno de los desafíos principales con Biloxi es que el tamaño de la fruta disminuye cuando las condiciones ambientales, o la polinización, no son adecuadas.

Cuadro 6. Características de arándano Biloxi

Variedad	Región	BAYA			ARBUSTO		
		Temporada	Calibre	Características de la fruta	Tipo de fruta	Vigor/Hábito	Necesidades especiales del manejo
Biloxi	México Central	Primera cosecha Diciembre a enero Producción Principal Febrero a Marzo	M	Azul mediano, sabor dulce, buena vida post cosecha	Principalmente "Primocane"	Alto vigor Hábito erecto	Requiere buena polinización para fruta de calibre y calidad adecuada
Tiempo desde la poda a la primera producción: 7 meses							

Fuente: Fall Creek (2015)

3.2. Tratamientos

El diseño de tratamientos fue un factorial, donde el factor A (sustrato) tuvo dos niveles (suelo y tezontle) y el factor B cinco niveles (cuatro enraizadores y un testigo). Dando un total de 10 tratamientos. Cada tratamiento se repitió cuatro veces. La unidad experimental fue una planta por maceta. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar.

Se obtuvo suelo de Michoacán de textura franca en el que se tenía cultivo de arándano de un año, posteriormente fue trasladado al Colegio de Postgraduados para ser utilizado en el estudio. El suelo se cribó con una malla de 2 x 2 cm para retirar piedras, después fue necesario esterilizarlo en una olla de vapor con temperatura de 75°C durante 5 horas. El tezontle como sustrato fue de 2-3 mm de \emptyset . Un grupo de 20 plantas se trasplantaron en 10 rizotrones de dos cavidades cada uno con sustrato de suelo (Figura 2).



Figura 2. Rizotrones de madera con dos cavidades cada uno

Los enraizadores comerciales fueron: Rooting, Brotamin, Ruter AA y Raix y se aplicaron de acuerdo a las indicaciones de sus etiquetas. En el Cuadro 7 se muestra la composición de los enraizadores.

Cuadro 7. Composición de los enraizadores utilizados.

Producto	Composición.
Rooting	Extractos de origen vegetal 78.36% Citocininas 45ppm Auxinas 530ppm Vitaminas 500ppm Fosforo asimilable(P_2O_5) 15,000 ppm 1.5% Diluyentes y acondicionadores 20.14%
Brotamin	Aminoácidos no menos de 35% Nitrógeno disponible como N no menos de 9% Fosforo disponible como K_2O no menos de 5% Acondicionadores y diluyentes
Rutter AA	Aminoácidos libres 7% p/p (8.4% p/v) Nitrógeno (N) 5.5% p/p (6.6% p/v) Fósforo (P_2O_5) 5% p/p (6% p/v) Potasio (K_2O) 3.5% p/p (4.2% p/v) Molibdeno (Mo) 0.10% p/p (0.12% p/v) Cinc-EDTA (Zn) 0.076% p/p (0.09% p/v) Manganeso-EDTA (Mn) 0.05% p/p (0.06% p/v) Hierro-EDDHA (Fe) 0.036% p/p (0.04% p/v)
Raix	Extractos de origen vegetal con un contenido de fitohormonas y vitaminas biológicamente activas 88.17% Citocininas 57ppm Auxinas 610ppm Vitaminas 565ppm Pentóxido de fosforo 1.82% Acondicionadores y diluyentes 10.01%

3.3. Manejo de las plantas

Para el manejo de plantas en invernadero se realizó análisis de suelo (Cuadro 8) y agua (Cuadro 9) para conocer la cantidad de nutrientes, al desconocer si los nutrientes del suelo estaban disponibles solo se consideró el análisis de agua para la preparación de la solución nutritiva.

Cuadro 8. Características del suelo obtenido de Michoacán

Propiedades físicas del suelo						
Textura	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Dap (g/cm ³)		
Franco	31.84	26.16	42	1.14		
Reacción del suelo						
pH	CE(dS/m)	CO ₃ ⁻² (meq/L)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)			
7.25	0.67	nd	6.25			
Fertilidad del suelo						
MO (%)	N (%)	NO ₃ (ppm)	P (ppm)	Ca (meq/100 g)	Mg (meq/ 100 g)	
4.46	1.18	65.8	0.53	12.1	6.8	
K (meq/100 g)	Na (meq/100 g)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)
4.37	0.49	3.16	44.1	139.2	4.0	nd

nd=no detectado

Cuadro 9. Características del agua que se utilizó durante todo el experimento

Parámetros físicos			
pH	7.57	CE (dS/m)	0.48
Aniones			
Cl (ppm)	40.18	P (ppm)	0.04
CO ₃ ⁻² (meq/L)	nd	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	5.75
NO ₃ ⁻ (ppm)		7.98	
Cationes			
Ca (ppm)	32.7	K (ppm)	2.9
Mg (ppm)	29.4	Na (ppm)	37.6
S (ppm)	15.0	NH ₄ ⁺ (ppm)	3.8
Microelementos.			
B (ppm)	0.03	Cu (ppm)	0.11
Fe (ppm))	nd	Mn (ppm)	0.005
Zn(ppm)		0.065	

nd=no detectado

La solución nutritiva utilizada fue la de Steiner (1984) utilizando dos conductividades eléctricas (Cuadro 10), la primera de 1 dS/m para la fase vegetativa de la planta y 1.5 dS/m para la reproductiva.

Cuadro 10. Solución Steiner

Requerimiento nutrimental (ppm)						
CE (dS/m)	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻
1.0	84.07	15.50	136.5	90	24	55.94
1.5	126.11	23.25	204.75	135	36	83.91

Fuente: Steiner (1984)

Las fuentes de fertilización fueron: nitrato de calcio, fosfato monopotásico, sulfato de Magnesio, sulfato de potasio, sulfato de amonio y mezcla de micronutrientes.

Se utilizó ácido sulfúrico para mantener un pH de 5.5, en la solución nutritiva y en el agua acidulada para lavar el exceso de sales.

Fue necesario adaptar el sistema de riego para poder regar un día con solución nutritiva y el otro con agua acidulada, lo anterior con la finalidad de no saturar el suelo con fertilizantes. Se utilizaron dos tanques de capacidad de 200 litros.

El riego de las 40 plantas en bolsas de polietileno (20 en suelo y 20 en tezontle) fue mediante el uso de goteros mientras que para las 20 plantas en rizotrones fue manual.

Se aplicaron 8 veces los tratamientos en todas las plantas cada 15 días con las dosis que se señalan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Dosis utilizada para el manejo de las plantas

Enraizador	Recomendación de etiqueta	Dosis
1. Testigo.	Sin enraizador.	Sin enraizador.
2. Rooting.	2L/Ha	20ml/2L
3. Brotamin.	250ml/100L	5ml/2L
4. Rutter AA.	3L/Ha	30ml/2L
5. Raix.	1L/Ha	10ml/2L

3.4. Variables

✓ **Concentración de NO₃, Ca y K.**

Por operatividad del experimento solo se recolectaron tallos y hojas de arándano de las plantas establecidas en el suelo franco, lo anterior se realizó por las mañanas posteriores a la aplicación de los tratamientos, las muestras fueron colocadas en una hielera para evitar la deshidratación de los tejidos. Para la obtención de extracto celular tanto de tallo y hojas se utilizaron muestras de 2 g. Cada muestra fue colocada en un molino de café con 15 mL de agua destilada y molida durante diez segundos por tres series, con la ayuda de una jeringa (por cada tratamiento para

hoja y tallo) fue retirado el extracto celular, el cual, se colocó en los ionómetros específicos para NO_3^- , Ca^{2+} y K^+ con tres repeticiones cada uno (Figura 3).



Figura 3. Procedimiento para obtener el extracto celular por cada muestra y realizar las lecturas en los ionómetros específicos de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+

Antes de usar cada ionómetro fue calibrado con soluciones estándar de 150 y 2000 ppm tomando en cuenta las instrucciones de la guía contenida en el equipo.

✓ **Rendimiento.**

Se realizaron 10 cosechas en las plantas establecidas en suelo y tezontle en las siguientes fechas: 16/03/2018, 24/03/2018, 04/04/2018, 16/04/2018, 24/05/2018, 01/05/2018, 08/05/2018, 15/05/2018, 29/05/2018 y 12/06/2018. Los frutos obtenidos por cada unidad experimental se pesaron (Figura 4 y 5).



Figura 4. Se cosechó cada unidad experimental, se identificó la muestra y se obtuvo su peso con una balanza semianalítica



Figura 5. Se identificaron los frutos por cada unidad experimental

✓ **Número de frutos.**

Después de pesar los frutos se procedió a contar su número por cada unidad experimental.

✓ **Grados Brix.**

Del total de los frutos cosechados de cada unidad experimental se seleccionaron tres frutos para medir los grados brix con la ayuda de un refractómetro Pocket REFRACTOMETER PAL-1, en el cual se colocó la pulpa de cada uno de los frutos (Figura 6) y se registró, esta toma de datos se realizó para las plantas que se establecieron en suelo y tezontle. Posteriormente se obtuvo el promedio de las tres lecturas, este procedimiento se realizó en todas las cosechas.



Figura 6. Medición de grados Brix por cada unidad experimental

✓ **Peso de materia fresca de tallos y hojas**

Después de realizar las diez cosechas en el cultivo, se procedió a cortar los tallos a nivel del suelo, se colocó cada muestra en una bolsa con su respectiva etiqueta para poder pesarla en fresco.

✓ **Peso de materia fresca de raíz**

Al igual que el paso anterior se extrajo la raíz, eliminando las cantidades de suelo adherido y se procedió a pesar con la ayuda de una balanza semianalítica.

✓ **Dinámica del rendimiento de arándano cultivado en suelo y tezontle**

Se obtuvo el porcentaje del rendimiento de cada planta en cada una de las 10 cosechas tomando en cuenta el rendimiento total como el 100%.

✓ **Rizotrones.**

De las 20 plantas que se colocaron en los rizotrones de cada planta se tomaron datos de profundidad de enraizamiento, el ancho del área radical, altura de la planta y ancho del dosel con la ayuda de la cinta métrica.

3.5. Análisis estadístico

Por sustratos se realizaron ANDEVAS y comparación de medias (Tukey α 0.05) para las concentraciones de NO_3^- , Ca^{2+} , K^+ rendimiento, número de frutos, grados Brix, peso de materia fresca de tallo-hoja y raíz (SAS 9.0. Ink).

El diseño experimental que se utilizó para comparar las plantas de suelo y tezontle fue una factorial 2 (factores)x5(tratamientos), se realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey con un α 0.05 de significancia (R for Windows GUI front-end) el cual fue utilizado para analizar el rendimiento, número de frutos, grados Brix.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Suelo franco 4.1.1. Concentración de NO₃⁻, Ca²⁺ y K⁺

Los resultados no fueron significativos estadísticamente por lo que todos los tratamientos producen el mismo efecto en la concentración de NO₃⁻, Ca²⁺ y K⁺ del extracto celular en tallo y hoja (Cuadro 12). Los datos presentan gran variabilidad entre cada uno de los tratamientos lo que determina que no haya diferencia significativa. Rivadeneira (2012) hizo determinaciones de NO₃⁻, Ca²⁺ y K⁺ en hoja de arándano en diferentes estados de desarrollo y no encontró diferencias entre variedades evaluadas.

Cuadro 12. Concentración de NO₃⁻, Ca²⁺ y K⁺ en tallo y hoja con el uso de enraizadores en un suelo franco

Enraizador	Nitratos (ppm)		Calcio (ppm)		Potasio (ppm)	
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo
Ruter AA	115.4 a	46.4 a	876.2 a	451.7 a	530.8 a	96.8 a
Brotamin	88.8 a	46.6 a	826.2 a	439.0 a	507.1 a	90.2 a
Raix	76.6 a	38.0 a	741.7 a	455.3 a	501.4 a	106.4 a
Testigo	69.7 a	47.5 a	751.6 a	373.2 a	526.4 a	111.7 a
Rooting	67.3 a	38.2 a	965.7 a	526.7 a	449.5 a	96.4 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

Los enraizadores no contribuyeron a un aumento estadístico significativo; sin embargo, en la Figura 7 se puede apreciar lo siguiente: el contenido de nitratos en el extracto celular de hojas el tratamiento Rutter AA aumentó 65.6 % respecto al testigo, y Rooting disminuyó 3.4%. El contenido de nitratos en el extracto celular en el tallo, el testigo presentó el valor mayor respecto a los demás tratamientos. El calcio en hojas en el tratamiento de Rooting tuvo un aumento del 28.5 % respecto al testigo, y Raix disminuyó 1.3 %; en el tallo, el testigo fue el que concentró menor Ca²⁺, y el Rooting aumentó 41.1 %. El contenido de potasio en hojas en el Rutter

aumentó del 0.8 % y en el Rooting disminuyó 14.6% con respecto al testigo. El potasio en tallo en el testigo presentó mayor media respecto a los demás tratamientos. Lo anterior muestra que hubo valores diferentes respecto al testigo, aunque estadísticamente no fueron significativos.

Alcantar y Trejo (2013) comentan que la raíz desempeña un papel importante en la transferencia de nutrientes del suelo a las plantas. En esta investigación los enraizadores no modificaron de manera importante a la raíz para permitir que se presentara diferencias significativas en la concentración de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+ , sin embargo, surge la duda que por tratarse de un órgano de reserva y ser una planta perenne podría presentarse cambios significativos en un segundo año de cosecha.

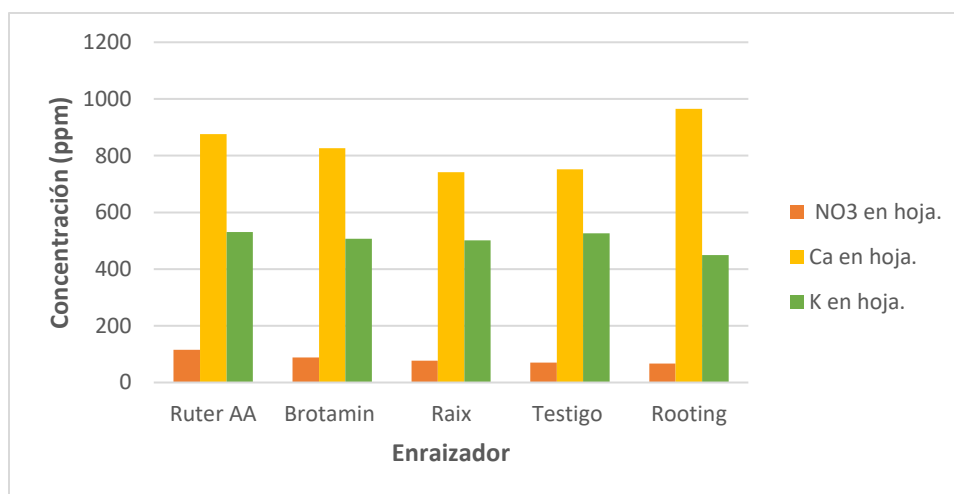


Figura 7. Efecto de los enraizadores en la concentración de macroelementos en hoja por planta de arándano en un suelo franco

Con los datos obtenidos del extracto celular se puede apreciar que la concentración de calcio sobresalió entre los tres macronutrientes estudiados siguiéndole el potasio y los nitratos en hojas y tallos lo cual concuerda con Diaz (2002) quien comentó que una vez llegado el calcio a las hojas desde las raíces por vía xilema tiende a tener dificultad para moverse a otras partes de la planta en comparación al nitrógeno y potasio por lo que se acumula en el follaje.

En la Figura 8 se muestra que la concentración de NO_3^- y Ca^{2+} en hoja es casi el doble del que se presentó en tallo; mientras que, la concentración de K^+ es cinco veces más respecto a la concentración en el tallo.

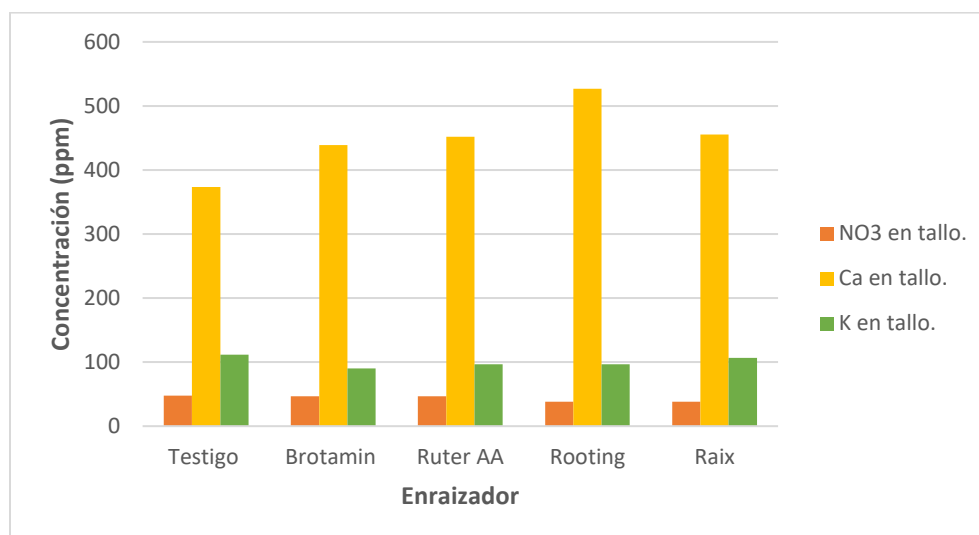


Figura 8 Efecto de los enraizadores en la concentración de macroelementos en tallo por planta de arándano en un suelo franco

4.1.2. Rendimiento

El rendimiento obtenido de los diferentes tratamientos en suelo franco no fue significativo estadísticamente (Cuadro13).

Cuadro 13. Efecto de los enraizadores en el rendimiento por planta de arándano en un suelo franco

Enraizador	Rendimiento por planta (g)
Ruter AA	98.0 a
Brotamin	79.5 a
Raix	76.6 a
Testigo	75.5 a
Rooting	65.5 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

En la Figura 9 se muestra las diferencias en rendimiento que se obtuvo por cada tratamiento, tres tratamientos registraron una media más alta en comparación al testigo; Ruter AA aumentó 30 %, Brotamin 5.3 % y Raix 1.4 % el rendimiento. Para Rooting se obtuvo un decremento del 13.2 % respecto al testigo.

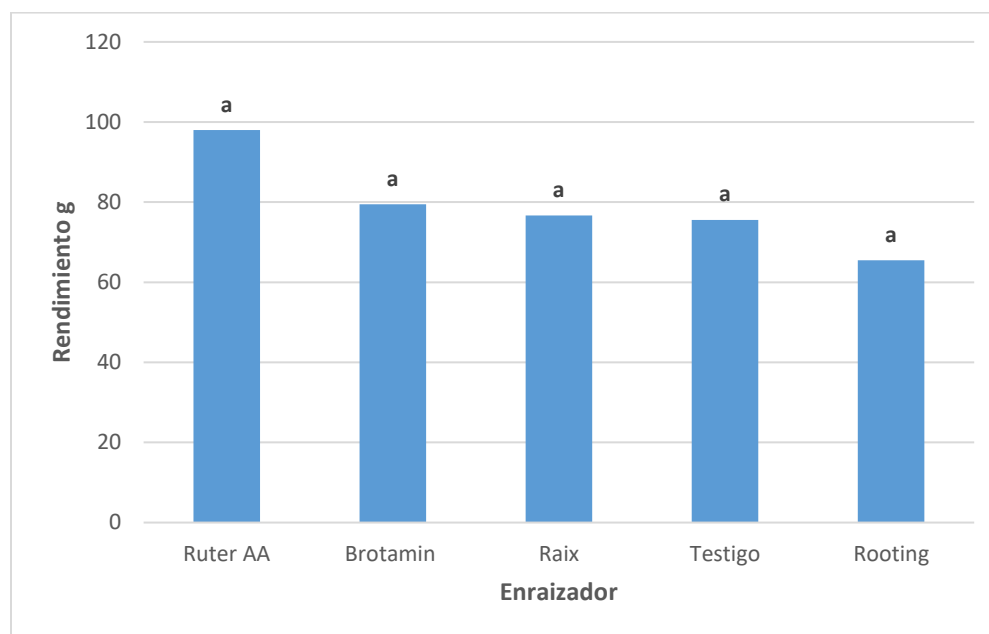


Figura 9. Efecto de los enraizadores en el rendimiento por planta de arándano en un suelo franco

Los resultados favorables del tratamiento Ruter AA y Brotamin es la relación entre los aminoácidos, las características del suelo franco y materia orgánica, según Navarro (2003) suelos de textura fina contienen más materia orgánica comparado a un suelo arenoso y esto es por la mayor humedad contenida y una lenta oxidación al tener poca aireación. Además, el suelo contiene humus y dentro de sus propiedades generales según Navarro (2003) su superficie y capacidad de adsorción exceden con mucho en comparación a la arcilla. El humus tiene estructuras alifáticas y aromáticas en sus moléculas, alta capacidad de cambio, gran densidad de grupos ácidos, carboxílicos y fenólicos, y constituido principalmente por C, H, O y N. mientras que los aminoácidos según Devlinc (2004) tienen un átomo de carbono central alfa (α) al que están unidos covalentemente un grupo de ácido carboxílico, un grupo amino y un átomo de hidrogeno. Lo anterior explica que el

suelo tiene ventajas al presentar una MO del 4.5 %, según Navarro (2003) las propiedades químicas del suelo son reguladas por el humus lo que le da poder amortiguador y hace aumentar su capacidad de cambio, lo que repercute en el incremento de la reserva de elementos nutritivos para la planta, ejerce una acción compensadora entre aniones y cationes en la disolución del suelo.

El arándano ha adquirido valor agregado al ser un producto de exportación bajo esquemas de certificación que aseguran la inocuidad y calidad del producto, por ello un aumento en la producción siempre será de interés y atractivo para el productor.

4.1.3. Número de frutos.

El número de frutos entre los tratamientos no fue significativo estadísticamente (Cuadro14).

Cuadro 14. Efecto de los enraizadores en el número de frutos por planta de arándano en un suelo franco

Enraizador	Número de frutos por planta	Peso de cada fruto (g)
Ruter AA	299.7 a	0.32 a
Raix	234.7 a	0.30 a
Brotamin	231.2 a	0.34 a
Testigo	218.5 a	0.31 a
Rooting	192.2 a	0.34 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

Tres tratamientos registraron mayor número de frutos en comparación con el testigo; Ruter AA con un aumento el 37.2 %, Raix con un 7.4 % y Raix con un 5.8 %, además se presentó un decremento del 12 % para Rooting, lo que está relacionado al número de flores por cada planta que se presentó en cada grupo de tratamiento (Figura 10), sin embargo los frutos más grandes se obtuvieron de Brotamin y Rooting al tener un peso de 0.34 g.

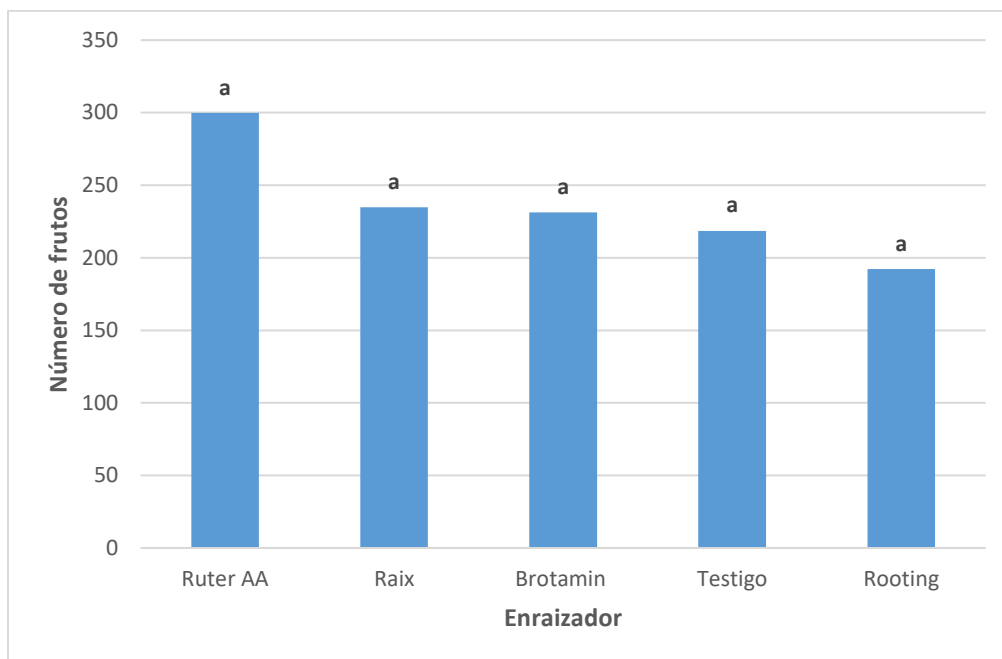


Figura 10. Efecto de los enraizadores en el número de frutos por cada planta de arándano en un suelo franco

4.1.4. Grados brix

Al menos un tratamiento tuvo diferencias significativas respecto a los demás tratamientos en grados Brix, siendo el Ruter AA quien sobresalió en comparación a los demás con un valor de 16.3 que representa un aumento del 11% respecto al testigo (Cuadro 15).

Cuadro 15. Efecto de los enraizadores en los grados brix de frutos de arándano en un suelo franco

Enraizador	Grados brix en fruto por cada planta
Ruter AA	16.3 a
Rooting	15.3 ab
Brotamin	14.8 b
Testigo.	14.7 b
Raix	14.4 b

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

En la Figura 11 se muestra que además del Ruter AA hubo dos tratamientos que registraron una media arriba del testigo los cuales fueron Rooting y Brotamin con un aumento del 4.1 y 1 %, respectivamente, mientras que Raix reportó un decremento del 2 %.

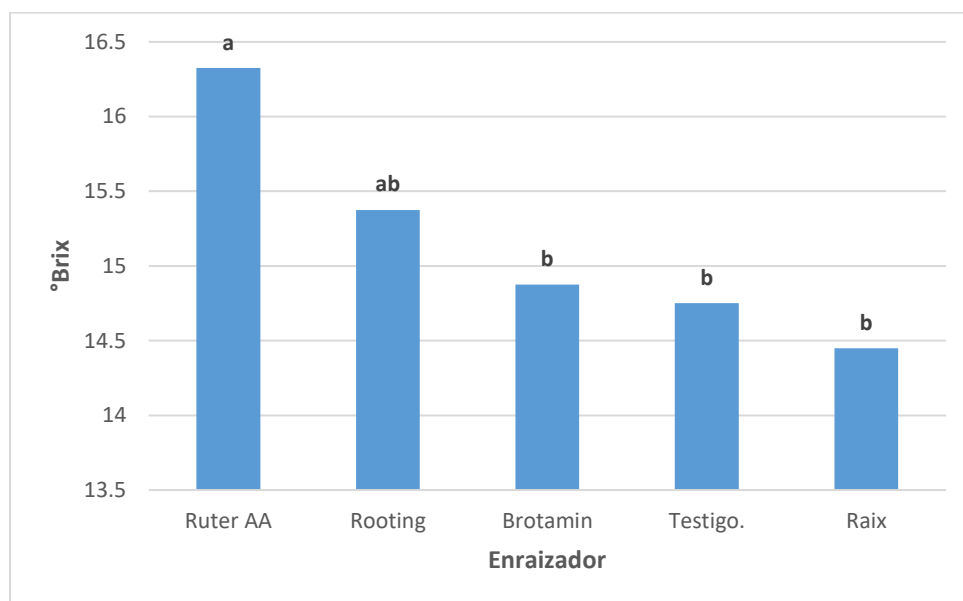


Figura 11. Efecto de los enraizadores en los grados brix por cada planta de arándano en suelo franco

4.1.5. Peso de materia fresca de tallos y hojas.

Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas estadísticamente (Cuadro 16).

Cuadro 16. Efecto de los enraizadores en el peso de materia fresca de tallo y hoja por cada planta de arándano en un suelo franco

Enraizador	Peso tallo y hoja por planta (g)
Testigo	385.0 a
Brotamin	339.2 a
Rooting	330.2 a
Ruter AA	284.2 a
Raix	276.7 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

En la Figura 12 se muestra que el peso de tallo y hoja fue más alto en el testigo en comparación a los demás tratamientos, hubo decremento del 12 % en Brotamin, del 14.2 % en Rooting, del 26.2 % en Ruter AA y del 28 % en Raix.

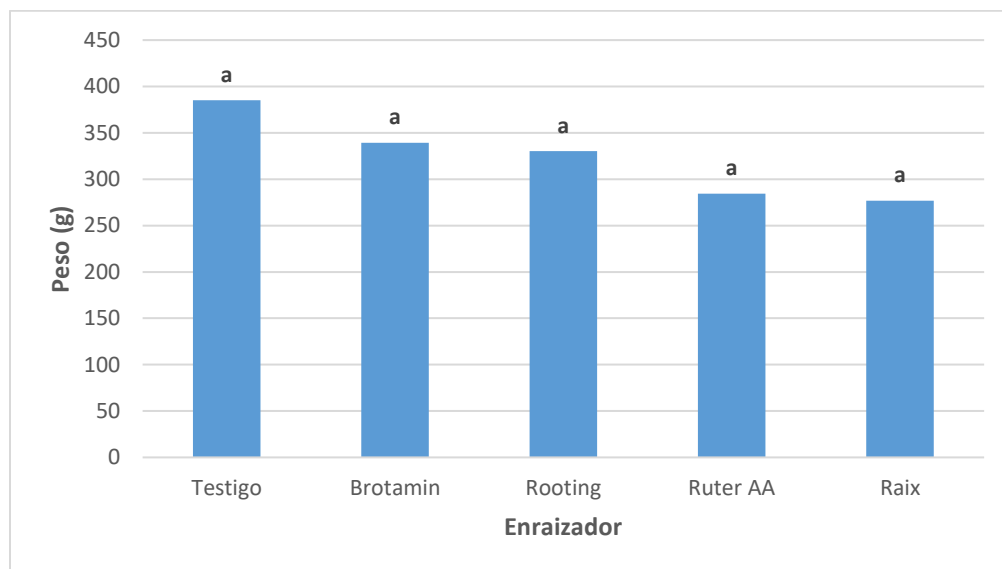


Figura 12. Efecto de los enraizadores en peso de tallo y hoja por cada planta de arándano en un suelo franco

4.1.6. Peso de materia fresca de raíz

Los resultados no presentan diferencias significativas estadísticamente entre los tratamientos en la variable peso fresco de raíz (Cuadro 17).

Cuadro 17. Efecto de los enraizadores en peso de materia fresca de raíz por cada planta de arándano en un suelo franco

Enraizador	Peso raíz por planta (g)
Rooting	247.5 a
Ruter AA	235.75 a
Testigo	211.5 a
Raix	204.0 a
Brotamin	192.5 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

En la Figura 13 muestra la variación que hubo entre el peso fresco de la raíz en los diferentes tratamientos, Rooting y Ruter AA presentaron mayor peso de raíz en comparación con el testigo; este aumento fue de 17 y 11.5 % respectivamente, mientras que para Raix hubo un decremento del 3.5 % y para Brotamin del 9 %.

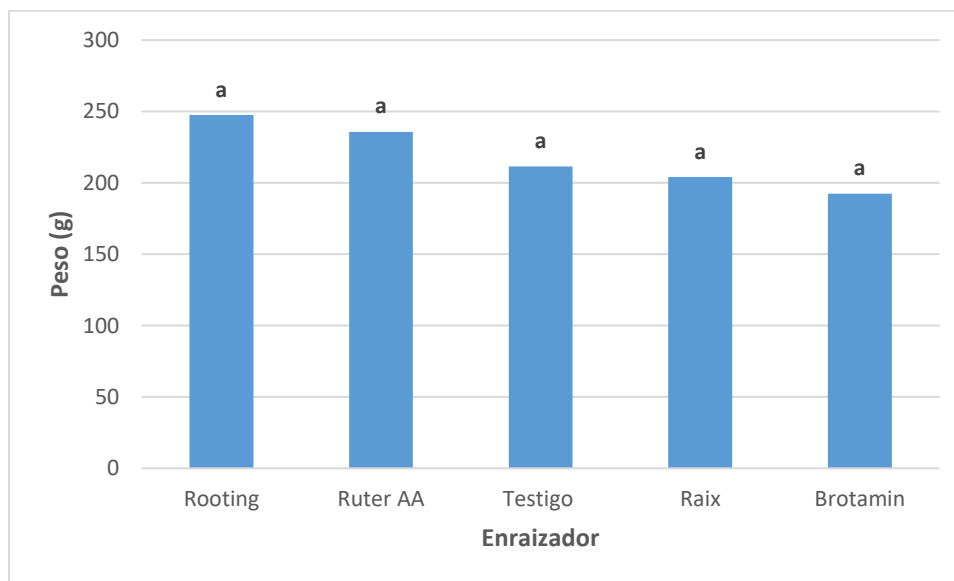


Figura 13. Efecto de los enraizadores en peso de raíz por cada planta de arándano en un suelo franco

4.1.7. Dinámica del rendimiento de arándano cultivado en suelo.

En la Figura 14 se muestra la dinámica del porcentaje de las cosechas que se realizaron durante el ciclo de producción, se observó durante el lapso de la primera a la sexta cosecha, en donde se utilizaron enraizadores el porcentaje fue mayor en comparación con el testigo, mientras que a partir de la séptima cosecha el porcentaje de cosecha se intercambia siendo mayor en el testigo en comparación a los tratamientos, por lo anterior se puede inferir que el uso de los productos provocó que la producción se adelantara, lo que podría ser considerado como parte del manejo en las unidades de producción.

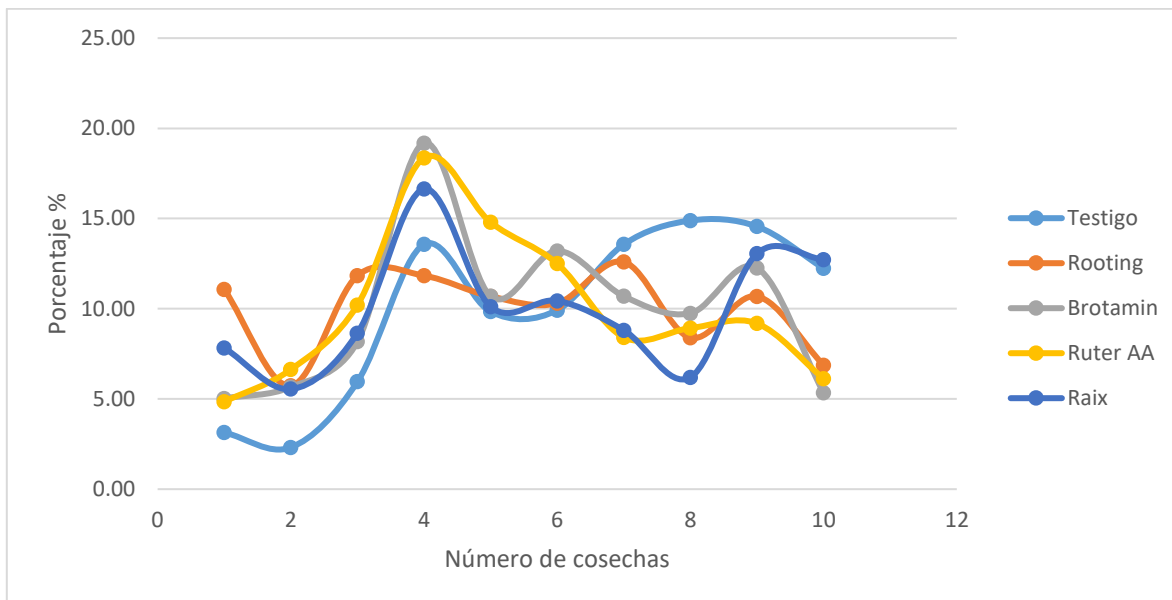


Figura 14. Efecto de los enraizadores en la dinámica del porcentaje del rendimiento de cada planta de arándano en un suelo franco

4.2. Tezontle

4.2.1. Rendimiento

El rendimiento que se obtuvo de los tratamientos en tezontle estadísticamente no fue significativo (Cuadro 18).

Cuadro 18. Efecto de los enraizadores en rendimiento por cada planta de arándano en tezontle

Enraizador	Rendimiento por planta
Raix	96.75 a
Testigo	75.88 a
Rooting	72.06 a
Brotamin	61.5 a
Ruter AA	46.13 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

En la Figura 15 se observa que hubo diferencias en el rendimiento, solo un tratamiento estuvo por arriba de la media del testigo y corresponde al tratamiento

Raix que registro 96.75 g, lo que representa un aumento del 27.5 %; mientras que los demás tratamientos presentaron un decremento; Rooting del 5 %, Brotamin del 19 % y Ruter AA del 39.2 %.

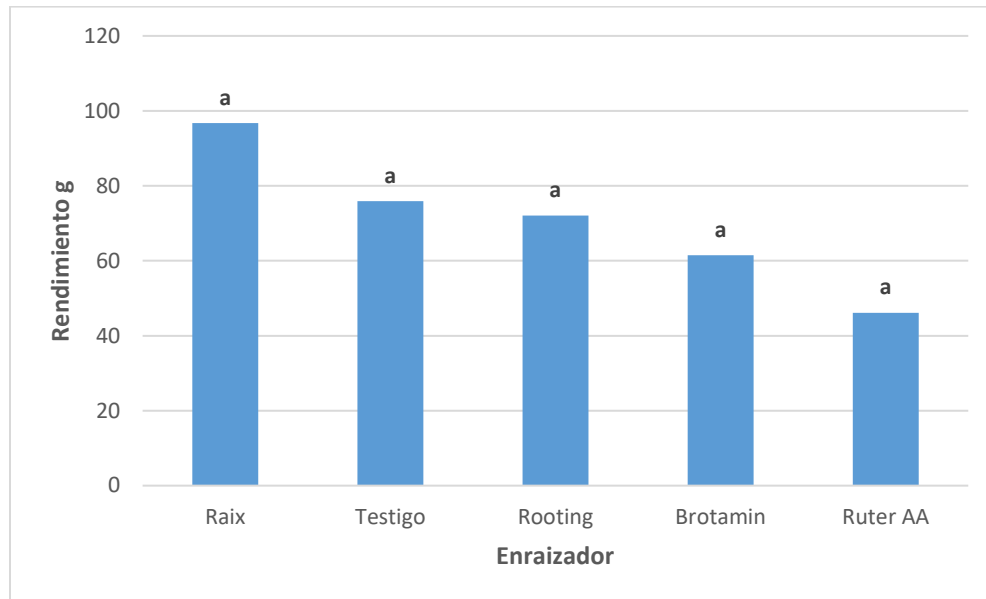


Figura 15. Efecto de los enraizadores por cada planta de arándano en tezontle

El tratamiento que sobresalió en tezontle fue el Raix el cual contiene extracto vegetal y hormonas mientras que el producto que menos decremento presento fue el Rooting con los mismos componentes. Brotamin y Rooting obtuvieron los menores rendimientos en el tezontle, por lo cual se puede inferir que existe afinidad entre extractos y hormonas con el tezontle.

Por las características del Rooting y el Ruter AA no fue posible la adsorción de aminoácidos por la falta de materia orgánica en tezontle y por lo tanto no hubo incremento en el rendimiento.

4.2.2. Número de frutos

El número de frutos por cada tratamiento no tuvo significancia (Cuadro 19).

Cuadro 19. Efecto de los enraizadores por cada planta de arándano en tezontle

Enraizador	Número de frutos por planta	Peso de cada fruto (g)
Raix	255.5 a	0.37 a
Rooting	226.7 a	0.30 a
Testigo	221.7 a	0.33 a
Brotamin	175.7 a	0.35 a
Ruter AA	146.0 a	0.29 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

Los tratamientos Raix y Rooting presentaron un número mayor de flores que convirtieron en un número mayor de frutos respecto al testigo para el primero fue un aumento del 15 % y para el segundo de 2.2 %; mientras que para Brotamin y Ruter AA hubo un decremento del 21 % y 34 %, respectivamente; sin embargo, el tratamiento que tuvo los frutos más grandes que el testigo fue el Raix con un peso por fruto del 0.37 g que representa un aumento del 12 % respecto al testigo (Figura 16).

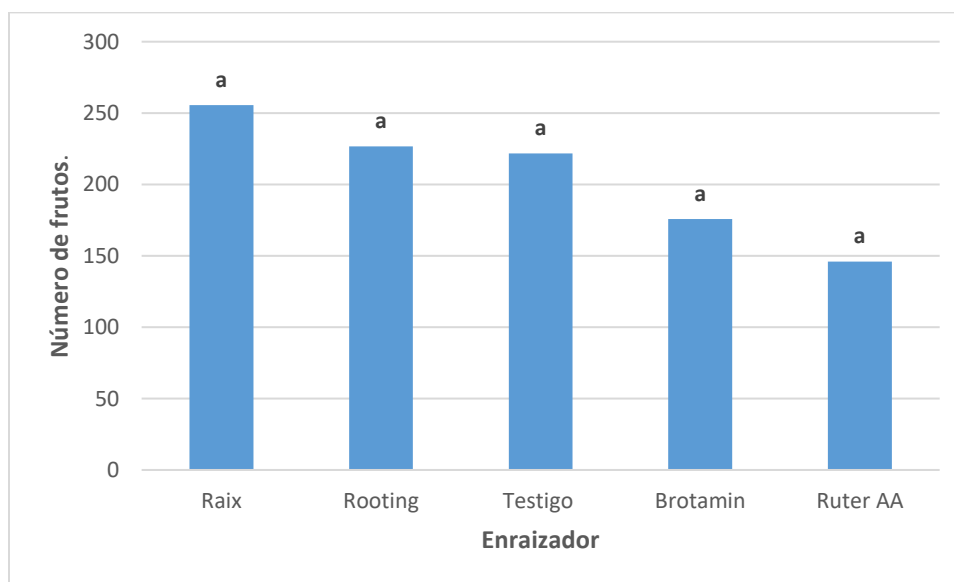


Figura 16. Efecto de los enraizadores en número de frutos por cada planta de arándano en tezontle

4.2.3. Grados Brix

No hubo diferencias significativas estadísticamente entre los diferentes tratamientos aplicados en tezontle para la variable grados brix (Cuadro 20).

Cuadro 20. Efecto de los enraizadores en grados brix de los frutos por cada planta de arándano en tezontle

Enraizador	Grados brix en fruto por cada planta
Ruter AA	14.6 a
Rooting	14.3 a
Brotamin	14.1 a
Raix	13.8 a
Testigo.	12.6 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

En la Figura 17 se muestra que todos los tratamientos presentaron valores por arriba del testigo, ocupando el primer lugar el uso del Ruter AA con un aumento del 16 %, posteriormente Rooting, Brotamin, y Raix con aumento de 13 %, 12 % y 9 % respectivamente.

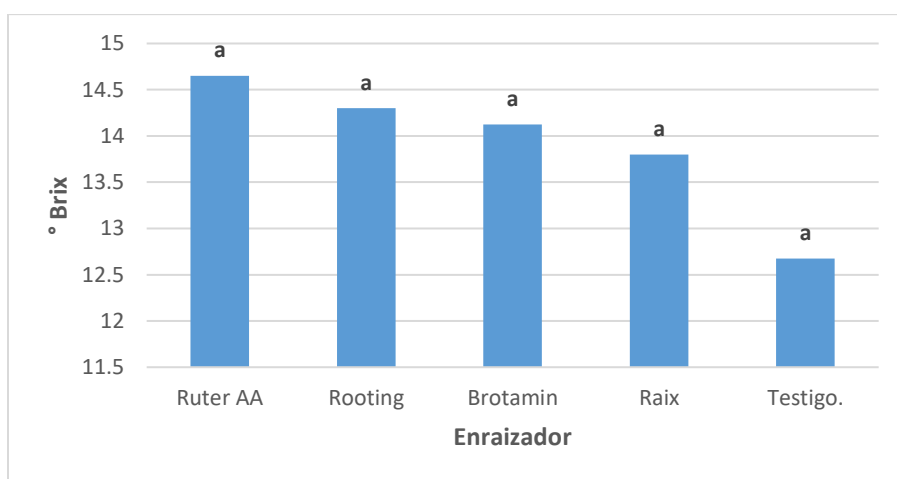


Figura 17. Efecto de los enraizadores en grados brix por cada planta de arándano en tezontle

4.2.4. Peso de materia fresca de tallos y hojas

No hubo diferencias significativas estadísticamente en el peso de tallo y hoja entre los diferentes tratamientos (Cuadro 21).

Cuadro 21. Efecto de los enraizadores en peso de materia fresca de tallo y hoja por cada planta de arándano en tezontle

Enraizador	Peso tallo y hoja por planta (g)
Raix	229.2 a
Ruter AA	220.2 a
Testigo	214.5 a
Brotamin	203.0 a
Rooting	200.5 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

En la Figura 18 se muestra que hubo diferencias entre los resultados que se obtuvieron respecto al testigo, Raix presentó un aumento del 7 % del peso fresco de tallo y hoja mientras que en el uso Ruter AA fue del 3 %, para Brotamin y Rooting hubo un decremento del 5.4 % y 6.5 % respectivamente.

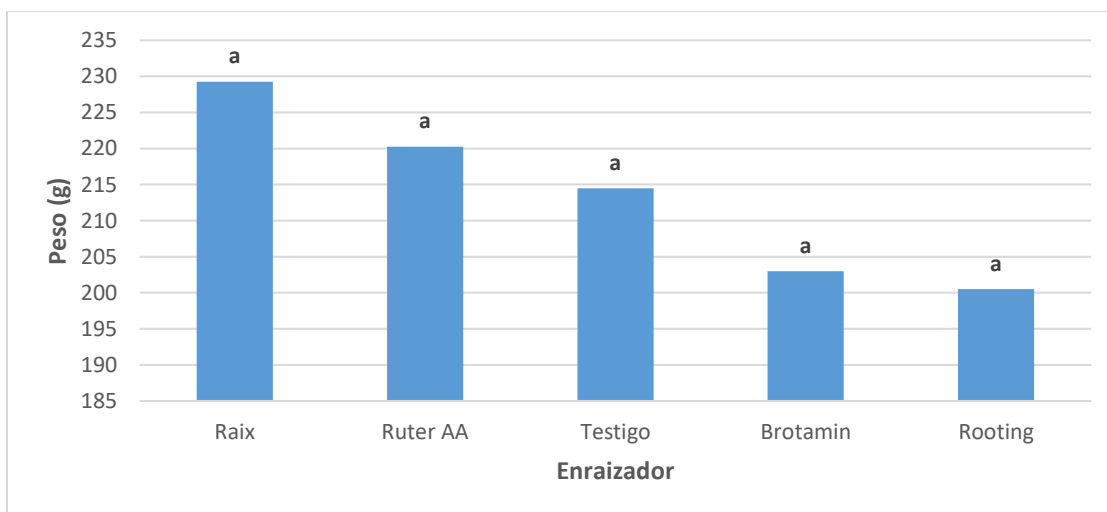


Figura 18. Efecto de los enraizadores en peso de materia fresca de tallo y hoja por cada planta de arándano en tezontle

4.2.5. Peso de materia fresca de raíz

Los resultados no mostraron diferencias significativas estadísticamente entre los tratamientos (Cuadro 22).

Cuadro 22. Efecto de los enraizadores en peso de materia fresca en raíz por cada planta de arándano en tezontle

Enraizador	Peso raíz por planta (g)
Raix	237.5 a
Brotamin	236.0 a
Testigo	232.5 a
Ruter AA	231.7 a
Rooting	205.7 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

En la Figura 19 muestra que el uso de Raix y Brotamin fueron los tratamientos que presentaron mayor cantidad de peso fresco de raíz tomando como referencia al testigo, en el primero hubo un aumento del 2.2 % y el segundo de 1.5 %, mientras que ocurrió un decremento para Ruter AA y Rooting del 0.3 % y 11.5 %, respectivamente.

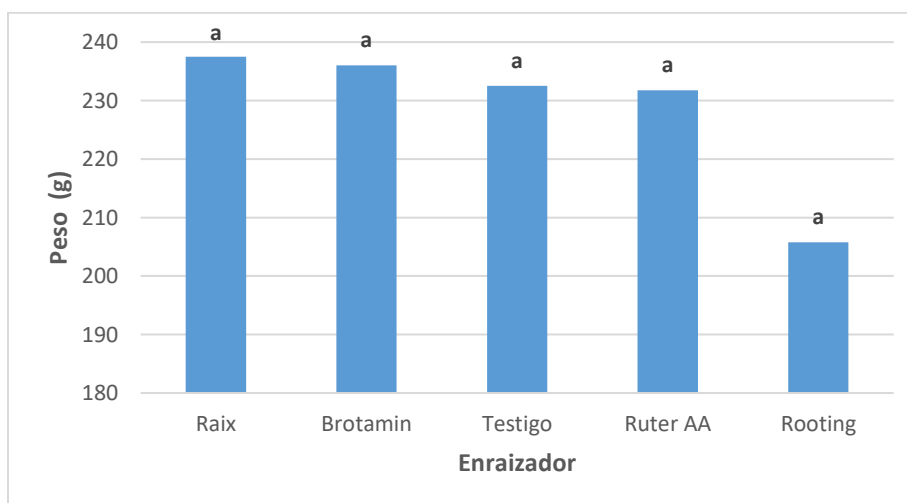


Figura 19. Efecto de los enraizadores en peso fresco de raíz por cada planta de arándano en tezontle

4.2.6. Dinámica del rendimiento de arándano cultivado en tezontle

En la Figura 20 se muestra que durante la primera y segunda cosecha, el porcentaje del rendimiento obtenido en el testigo fue menor en comparación a los demás tratamientos, mientras que en la tercera y cuarta cosecha se intercambia aumentando el porcentaje del rendimiento en los tratamientos en comparación al testigo, a partir de la quinta cosecha el porcentaje del rendimiento en testigo disminuye en comparación a los tratamientos.

Según Gonzalez (2017) la bioestimulación en las plantas se entiende como la inducción para promover o retrasar procesos fisiológicos que concuerda con la variación de producción de arándano por cada cosecha en los dos grupos de plantas con el uso de enraizadores.

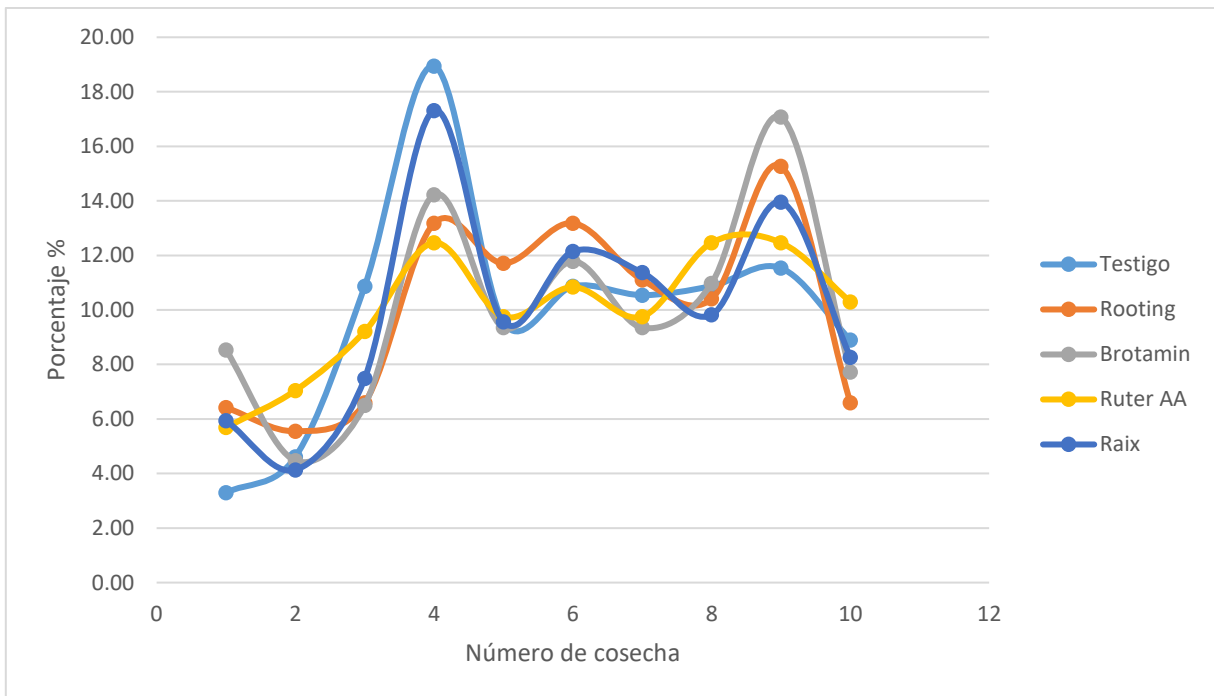


Figura 20. Dinámica del porcentaje de cosecha entre los diferentes tratamientos en tezontle

4.3. Suelo franco y tezontle

4.3.1. Efecto de los sustratos

4.3.1.1. Rendimiento. De los resultados que se obtuvieron, el rendimiento no presentó diferencias significativas entre el suelo franco y el tezontle (Cuadro 23). Ortega *et al.* (2016) evaluaron la eficiencia de diferentes sustratos en el sistema hidropónico y de suelo para la producción de tomate en invernadero y encontraron diferencias significativas en el tezontle obteniendo mayor rendimiento en comparación con el suelo. Ojodeagua (2008) midió la eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero, no encontrando diferencias significativas sin embargo reporta que se registro ahorro de agua y de fertilizantes en suelo.

La solución nutritiva que se utilizó en el experimento fue Steiner para plantas establecidas en suelo y tezontle, sin embargo no se tomó en cuenta la cantidad de nutrientes disponibles para la planta en el suelo por lo que pudo haber un desbalance de aniones y cationes en comparación al tezontle influyendo en el rendimiento mientras que el tezontle por ser un sustrato inerte la solución nutritiva fue balanceada y aprovechada lo que provocó tener rendimientos parecidos entre los dos grupos de plantas a pesar que el suelo tenga nutrientes por su origen, además, es importante recordar que las plantas fueron alternadas en el riego con solución nutritiva y con agua acidulada, la cantidad de riego en suelo y tezontle fue la misma sin embargo las plantas de tezontle por tener mayor drenaje requerían más agua, es por ello que existe la probabilidad que las plantas presentaran situación de estrés lo que permitiera una mayor reducción floral pero al final las plantas presentaron un desgaste mayor, ya que las plantas en suelo tenían mayor vigor y área foliar (Figura 21).

Cuadro 23. Rendimiento por planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle

Sustrato	Rendimiento por planta (g)
Suelo Franco	79.0 a
Tezontle	70.4 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

Se obtuvo un 12.2% de rendimiento mayor en comparación al tezontle, aunque no fue estadísticamente significativo.

Cabe señalar que el peso fresco de tallos y hojas fue significativamente mayor en el suelo franco comparada al tezontle lo que da pauta que por ser un cultivo perenne en posibles ciclos de cultivo podrían presentarse cambios en el rendimiento, puesto el grupo de plantas que se encontraban en tezontle presentaron mayor daño al final de las 10 cosechas y los tallos fueron más delgados y largos.



Figura 21. A la izquierda las plantas están en el suelo franco y se observa mayor área foliar mientras que del lado derecho las plantas en tezontle presentan menor vigor de la planta

Por cuestiones de operatividad y tiempo solo se realizaron 10 cosechas, sin embargo, existían plantas que tenía yemas diferenciadas, flores y frutos inmaduros que ya no fueron considerados en el análisis estadístico, las plantas de tezontle se mostraron más débiles (Figura 22).



Figura 22 Se muestran las diferencias entre el desarrollo y la cantidad de frutos inmaduros de las pantas en suelo franco (izquierda) y tezontle (derecha) . Los frutos en esta etapa no se consideraron en el análisis estadístico

4.3.1.2. Número de frutos. El número de frutos en los diferentes sustratos no fue significativo estadísticamente (Cuadro 24); sin embargo, es posible si se hubiesen hecho mayor número de cosechas por cada unidad experimental se podría obtener más frutos en las unidades experimentales establecidas en el suelo franco. Tomando en cuenta el rendimiento y el número de frutos por sustrato se puede observar que los frutos obtenidos en el tezontle fueron más grandes en comparación con los del suelo franco (Cuadro 26). Lo anterior difiere con García (2011), quien consignó que el tamaño de fruto está condicionado por el nivel y las oscilaciones de la humedad en el suelo, en el experimento el riego fue el mismo para suelo y tezontle, según las características del tezontle es más propenso a la filtración lo que provoca un mayor consumo de agua y fue en donde se reportó mayor tamaño de fruto.

Cuadro 24. Número y peso de frutos por planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle

Suelo franco		Tezontle	
Número de frutos por planta	Peso por fruto (g)	Número de frutos por planta	Peso por fruto (g)
235.3 a	0.32 a	205.1 a	0.33 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

No hubo diferencias significativas pero el número de frutos en suelo fue mayor en comparación al tezontle en un 14.7%, mientras que el tamaño fue mayor en tezontle en un 3%

4.3.1.3. Grados brix. En grados Brix se encontraron diferencias significativas estadísticamente entre el suelo franco y tezontle. Según García (2012) los grados brix son un parámetro que determina el inicio de cosecha y el nivel óptimo debe ser superior a 11° Brix, los datos obtenidos por cada grupo de plantas estuvieron por arriba del nivel óptimo (Cuadro 25).

Cuadro 25. Grados brix de cada fruto por planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle

Grados brix	
Suelo franco	Tezontle
15.5 a	13.91 b

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

Se obtuvo un valor de la media de 15.15 ° Brix para los frutos que se obtuvieron en el suelo franco que representa un aumento del 11.4 % en comparación al tezontle con una media de 13.9 ° Brix (Figura 23).

Los resultados anteriores dependen de la cantidad de nutrientes disponibles para la planta, el suelo franco tiene características sobresalientes como mayor fijación de las partículas coloidales, y mayor concentración en la solución del suelo en comparación al tezontle.

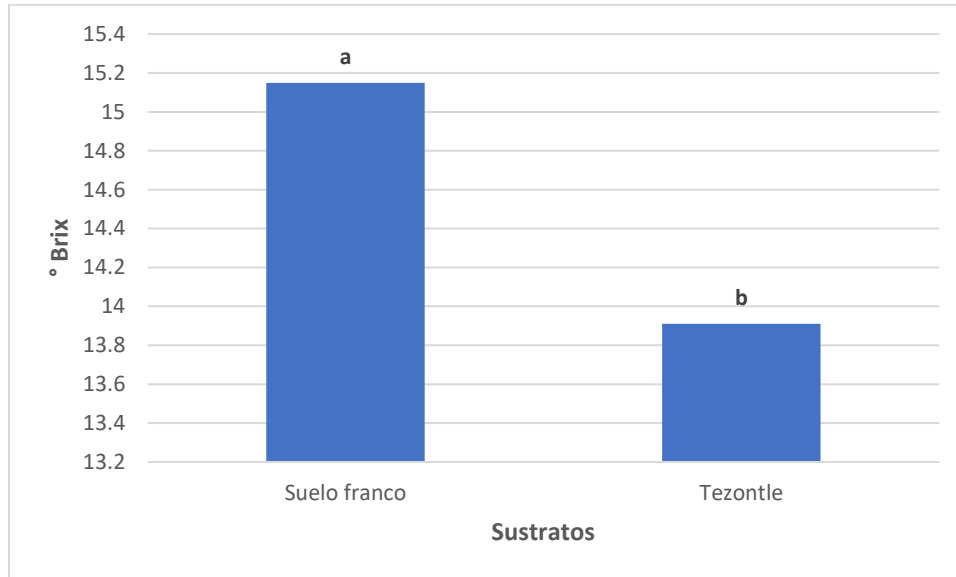


Figura 23. Grados brix de frutos de arándanos cultivados en un suelo franco y en tezontle.

4.3.1.4. Peso fresco de tallos y hojas. El peso de materia fresca de la parte aérea que incluye tallos y hojas fue significativo en suelo franco (Cuadro 26), se obtuvo 323.2g el cual representa un aumento del 51.4% en comparación a los 213.5g que se registraron para tezontle, los tallos fueron más vigorosos y mayor área foliar en el suelo franco lo cual se atribuye a que el suelo tiene mayor cantidad de nutrimentos por sus características.

Cuadro 26. Peso fresco de tallos y hojas por cada planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle

Peso fresco tallos y hojas (g)	
Suelo franco	Tezontle
323.2 a	213.5 b

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

Ojodeagua *et al* (2008) cuantificaron la eficiencia de suelo y tezontle en sistema de producción de tomate en invernadero y sus resultados indican el potencial del suelo en el ahorro de agua y fertilizante. En la Figura 24 se muestra la diferencia gráfica entre el suelo franco y tezontle en el peso fresco de tallos y hojas.

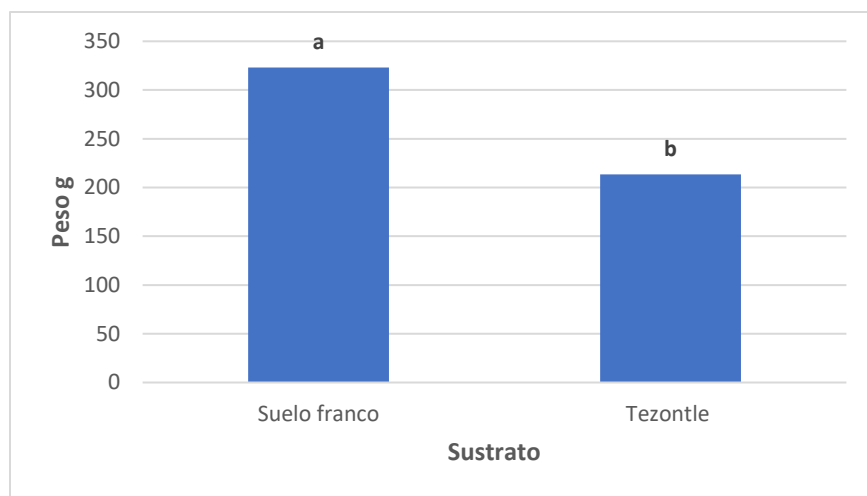


Figura 24. Se muestra la diferencia entre el peso fresco del tallo y hoja en entre los diferentes sustratos

En la figura 25 y 26 se muestra que existieron diferencias entre los dos tipos de sustrato, el area foliar fue muy diferente al termino del ciclo de producción.



Figura 25. Se muestran las diferencia entre el vigor de parte foliar de la planta en en suelo franco



Figura 26. Se muestran las diferencia entre el vigor de parte foliar de la planta en tezontle

4.3.1.5. Peso fresco de raíz. Los resultados del peso de raíz no fueron significativos entre los diferentes sustratos (Cuadro 27), los datos arrojan que en tezontle presentó mayor peso lo que se atribuye a la porosidad y aireación que permite mayor crecimiento de raíces.

Cuadro 27. Peso fresco de raíz por cada planta de arándano cultivado en dos sustratos: suelo franco y tezontle

Peso fresco raíz (g)	
Suelo franco	Tezontle
218.2 a	228.6 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

Se registró un aumento de peso fresco de raíz del 5% en tezontle en comparación al suelo.

4.3.2. Efecto de los enraizadores

4.3.2.1. Rendimiento. El rendimiento entre los tratamientos utilizados no fueron significativos estadísticamente (Cuadro 28). Sin embargo por ser una planta perenne es posible que la acumulación de carbohidratos en tallos y raíz fuera significativo y se reflejara en un segundo año de producción puesto que el área foliar fue mayor en el grupo de plantas establecidas en el suelo franco.

Cuadro 28. Efecto de los enraizadores en rendimiento por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle

Enraizador	Rendimiento por planta (g)
Raix	86.6 a
Testigo	75.7 a
Ruter AA	72.0 a
Brotamin	70.5 a
Rooting	68.7 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

El único enraizador que registró un aumento en el rendimiento en comparación al testigo fue Raix con un aumento del 14.4 % sin ser significativo.

Según Carrera (2012) el transcurso de plantación y la primera cosecha es de 2 a 3 años, a partir de este tiempo la planta ira desarrollandose y cada año que transcurra aumentará su producción. Garcia (2011) informó que el primer y segundo año la producción es del 0% (Cuadro 29), por lo que el uso de de agentes enraizantes podria repercutir en futuras cosechas.

Cuadro 29. Dinámica de la producción de planta de arándano en los primeros años de cultivo, la primera cosecha ocurre al 3er año de la plantación

Años de plantación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción (%)	0	0	20	40	75	90	100	100	100	100

Fuente: García 2012.

Navarro (2001) comenta que durante los 2 o 3 años se deben eliminar las flores para que las plantas se desarrollen bien.

4.3.2.2. Número de frutos. En el número de frutos por cada tratamiento no fue significativo, la variabilidad fue muy alta en los datos obtenidos por cada tratamiento, si se toma en cuenta el rendimiento y el numero de frutos se muestra que los frutos mas grandes fueron bajo el tratamiento Raix siguiendole Brotamin, Testigo, Rooting y Ruter AA (Cuadro 30). Según Undurraga (2013) biloxi tiene fruta de tamaño mediano.

Cuadro 30. Efecto de los enraizadores en número y peso de frutos por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle

Enraizador	Número de frutos por cada planta	Peso por fruto(g).
Raix	245.1 a	0.34 a
Ruter AA	222.8 a	0.30 a
Testigo	220.1 a	0.32 a
Rooting	209.5 a	0.32 a
Brotamin	203.5 a	0.34 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

No hubo diferencias significativas en el número de frutos, tomando como referencia al testigo el uso de Raix aumento el 11.3 % y Rutter AA del 1.2 % en la cantidad de

frutos cosechados por cada planta, mientras que Rooting y Brotamin hubo un decremento en esta variable del 5 y 7 % respectivamente.

4.3.2.3. Grados Brix. En grados Brix hubo diferencia significativa directamente en la calidad del fruto. El mejor tratamiento fue el Ruter AA (Aminoácidos libres Nitrógeno, Fósforo Potasio Molibdeno, zinc-EDTA, Manganeso-EDTA e Hierro-EDDHA) el cual tuvo un aumento del 13 % en comparación al testigo, siendo este ultimo el que tuvo menor ° Brix en sus frutos (Cuadro 31). Perez (1992) atribuyó a los aminoácidos parte fundamental del funcionamiento bioquímico de las plantas y como donadores de N para la formación de moléculas biológicas que apoyan a el sabor y aroma entre variedades de fresa lo que explicaría el aumento de grados Brix al aplicar aminoácidos.

Según Gonzalez (2017) el uso de bioestimulantes a nivel del sistema radical se relaciona con la absorción de agua y nutrientes, mejorara el soporte de de la planta, optimizan la síntesis de hormonas que regulan la división y diferenciación celular, lo que explica los valores por arriba de los que se registraron en el testigo al aumentar significativamente la calidad del fruto.

Cuadro 31. Efecto de los enraizadores en grados brix en fruto por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle

Enraizador	Grado brix en fruto por cada planta
Ruter AA	15.5 a
Rooting	14.8 ab
Brotamin	14.5 ab
Raix	14.1 b
Testigo.	13.7 b

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

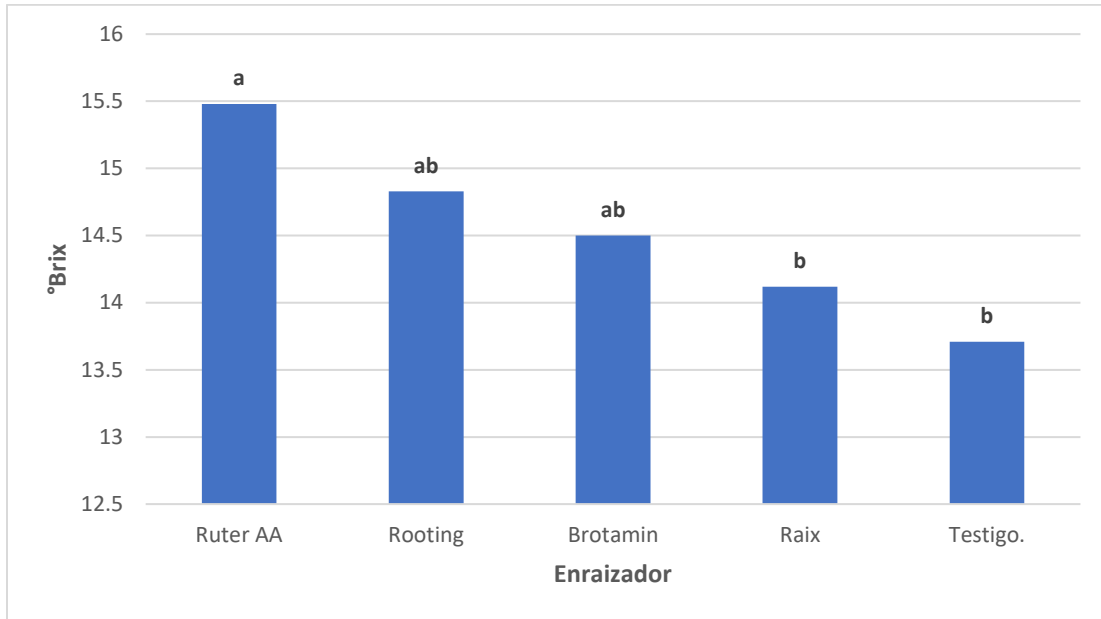


Figura 27. Se muestra los valores de ° Brix que se registraron con el uso de enraizadores, encontrando al mejor tratamiento Ruter AA (Aminoácidos libres Nitrógeno, Fósforo Potasio Molibdeno, zinc-EDTA, Manganeso-EDTA e Hierro-EDDHA)

Con el uso de enraizadores como Rooting Brotamin y Raix aumentó la cantidad de grados Brix respecto al testigo con un 8, 6 y 3% respectivamente, aunque no fue significativo (Figura 27). Los pelos radicales son importantes para la absorción de los iones que se mueven hacia la raíz principalmente por difusión porque expanden de manera efectiva la superficie de la raíz según Gregory (1992) y el principal acceso nutrimental del potasio es por difusión (Cuadro 32). Los pelos radicales juegan un papel importante en la absorción de agua y nutrientes a pesar que la concentración de K en el extracto celular entre tratamientos no fue significativo estadísticamente con el uso de Rutter AA hubo un aumento de ° Brix en los frutos cosechados.

Cuadro 32. Estimación del acceso nutrimental por intercepción, flujo de masas y difusión en raíces de maíz desarrollado en suelo fértil (Alcantar y Trejo 2013)

Nutrimento.	Acceso de nutrimentos a la raíz.
Nitrógeno	Flujo de masas
Calcio	Flujo de masas
Potasio	Difusión

Fuente: Alcantar y Trejo (2013)

4.3.2.4. Peso fresco de tallos y hojas. El peso de materia fresca entre los diferentes tratamientos no fue significativo (Cuadro 33), sin embargo, es interesante que el testigo fue el que presentó el resultado con el mayor valor en comparación a los demás, esto podría ser consecuencia de lo que comenta García (2011) que las plantas frente a deficiencias de nutrientes desarrollan respuestas morfológicas y fisiológicas principalmente en las raíces que ayudan a captar y movilizar el nutriente limitante, lo anterior podría ser la causa de lo que se reflejó en la parte aérea.

Cuadro 33. Efecto de los enraizadores en peso fresco de tallos y hojas por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle

Peso fresco tallos y hojas (g)	
Testigo	300.1 a
Brotamin	271.1 a
Rooting	265.3 a
Raix	253.0 a
Ruter AA	252.2 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

4.3.2.5. Peso fresco de raíz. En cuanto al peso fresco de raíz entre los diferentes tratamientos no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, el Rutter AA fue el tratamiento que presentó el mayor valor en peso de raíz (Cuadro 34).

Cuadro 34. Efecto de los enraizadores en peso fresco de raíz por cada planta de arándano en suelo franco y tezontle

Peso fresco raíz (g)	
Ruter AA	233.7 a
Rooting	226.6 a
Testigo	222.0 a
Raix	220.6 a
Brotamin	214.2 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

Según Diaz (2002) una característica de los árboles frutales es su prolongada longevidad, por vivir varios años en un solo sitio deben desarrollar un sistema vegetativo y radical de calidad que permita llevar a cabo los procesos y fisiológicos y morfológicos, lo anterior que se pudiera presentar cambios en el peso de raíz en siguientes ciclos con las mismas plantas.

Diaz (2002) comenta que el contenido del suelo estimula el crecimiento de las raíces absorbentes en longitud y peso, el potasio también estimula ramificación y peso de las raíces, el calcio es un elemento que ayuda en la firmeza estructural del sistema radical. En cuanto al potasio debemos recordar para el uso de Rutter AA hubo diferencia significativa en la concentración de grados Brix y en esta variable, aunque no fue significativo en este mismo tratamiento es el que registro mayor cantidad en el peso de raíz.

4.4. Rizotrones

No hubo diferencias significativas en las variables registradas en los rizotrones entre la primera y última medición (Cuadro 18).

Profundidad de enraizamiento

La tendencia muestra que en los productos que contienen extractos y fitohormonas Raix y Rooting hubo incremento del 46.8 % y 3.4 % respectivamente en la

profundidad de enraizamiento, mientras que para Ruter AA y Brotamin que contienen aminoácidos hubo un decremento de 20 y 29.4 % respecto al testigo.

Ancho del área radical

El ancho del área radical aumento con el uso de Brotamin, Raix, Rooting tomando como referencia al testigo, los incrementos fueron del 50.4, 41.6 y 30.8 % respectivamente, mientras que el Ruter AA mostro un decremento del 33.3 %.

Altura de la planta

La altura de la planta se incrementó con el uso de Brotamin, Ruter AA y Raix en de 47.42, 39.6 y 13 %, con respecto al testigo; mientras que con el uso de Rooting mostró un decremento del 19.2 %.

Ancho de la planta

Todos los tratamientos mostraron un aumento en el ancho de la planta con respecto al testigo sobresaliendo el Ruter AA con un 36 %, Rooting con 34 % y Raix con 31.7 % siendo el as bajo el Brotamin (Cuadro 35).

Cuadro 35. Diferencia de las variables entre la primera y última medición en plantas de arándanos cultivadas en rizotrones

Enraizador	Profundidad de enraizamiento	Ancho del área radical.	Altura de la planta.	Ancho de la planta.
1.Testigo	9.7 a	6.2 a	4.8 a	7.5 a
2.Rooting (extractos de origen vegetal, citocininas y auxinas)	10.1 a	8.1 a	3.9 a	5.0 a
3.Brotamin (aminoácidos, N y P)	6.9 a	9.4 a	7.1 a	7.6a
4.Ruter-AA (aminoácidos, N y P)	7.8 a	4.1 a	6.7 a	10.3 a
5.Raix (extractos de origen vegetal citocininas y auxinas)	14.3 a	8.8 a	5.4 a	9.9 a

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p>0.05$).

Según Gregory (1992) la profundidad del enraizamiento es mayor cuando existe un aporte reducido de agua o nutriente.

En la Figura 28 se muestra la raíz del testigo donde se observa que la profundidad del enraizamiento es mayor comparado con la Figura 29 que corresponde al tratamiento Rutter AA, en donde se puede apreciar que las raíces se concentraron la parte superficial del rizotrón.



Figura 28. Se muestra el crecimiento de raíz en el testigo.



Figura 29. Se muestra el crecimiento de raíz en el Rutter-AA

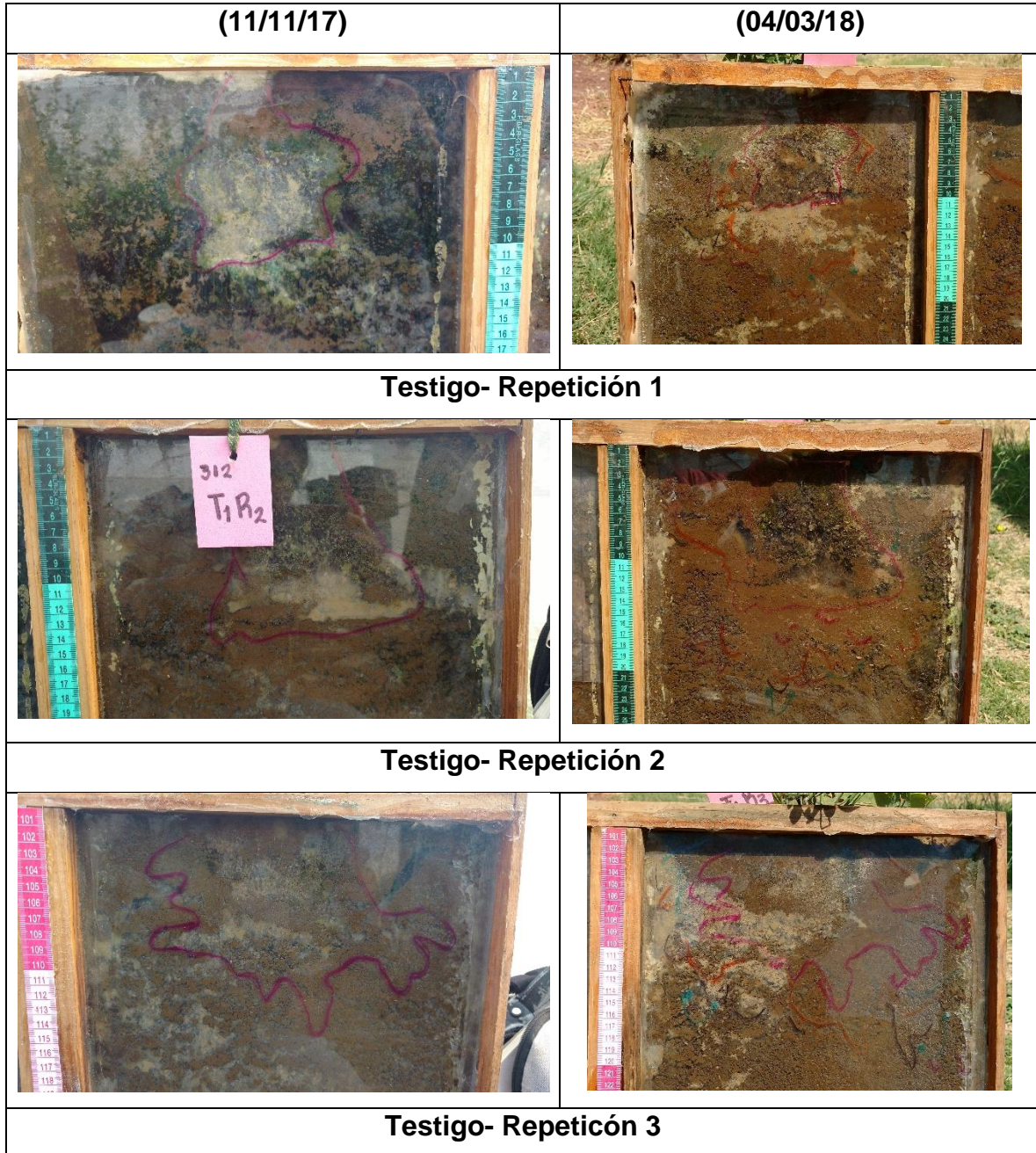
No hubo diferencias significativas en la interacción sustrato enraizador para las diferentes variables (Cuadro 36).

Cuadro 36 Interacción entre sustrato y enraizador en las diferentes variables.

Interacción entre sustrato y enraizador	Pr (>F)
Rendimiento	0.323
Número de frutos	0.271
Peso frutos	0.446
Grados Brix	0.448
Peso fresco de tallo y hoja	0.154
Peso fresco de raíz	0.323

4.4.1. Desarrollo de la raíz en rizotrones en la primera y última aplicación de enraizadores

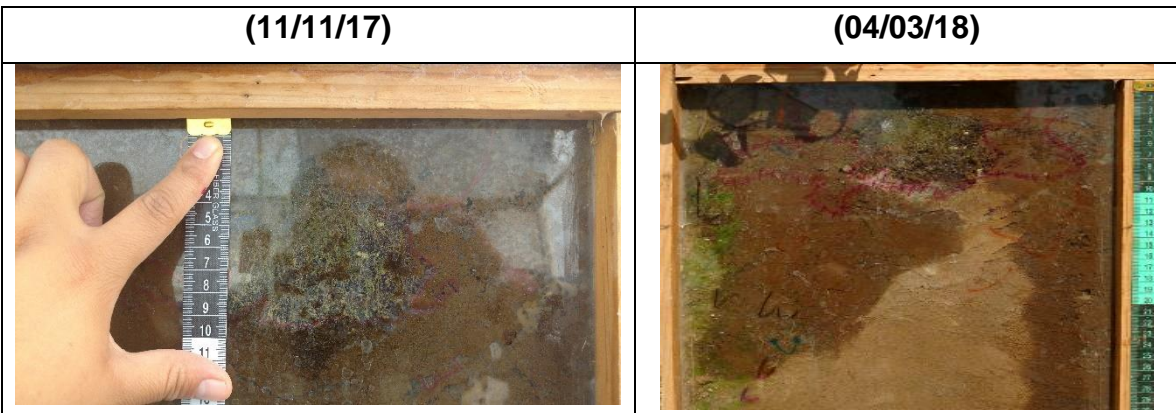
1. Testigo





Testigo- Repetición 4

2.Rooting



Rooting- Repetición 1



Rooting- Repetición 2

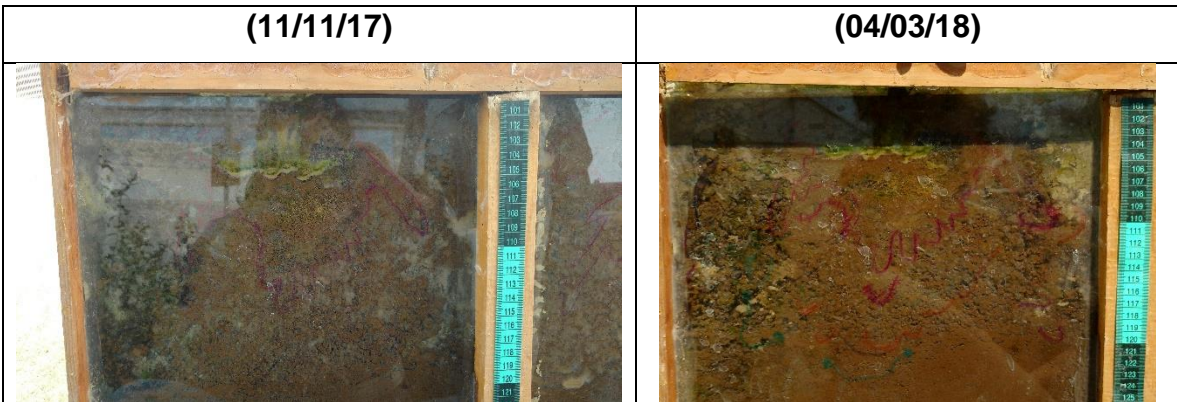


Rooting- Repetición 3

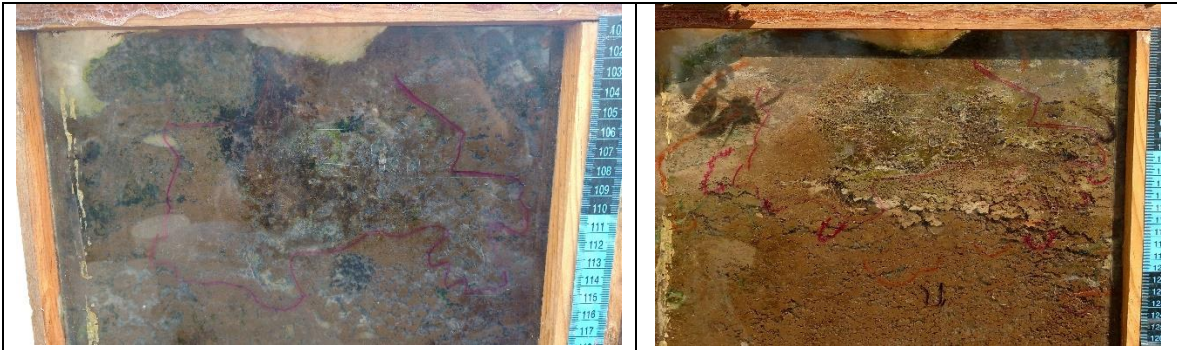


Rooting- Repetición 4

3. Brotamin



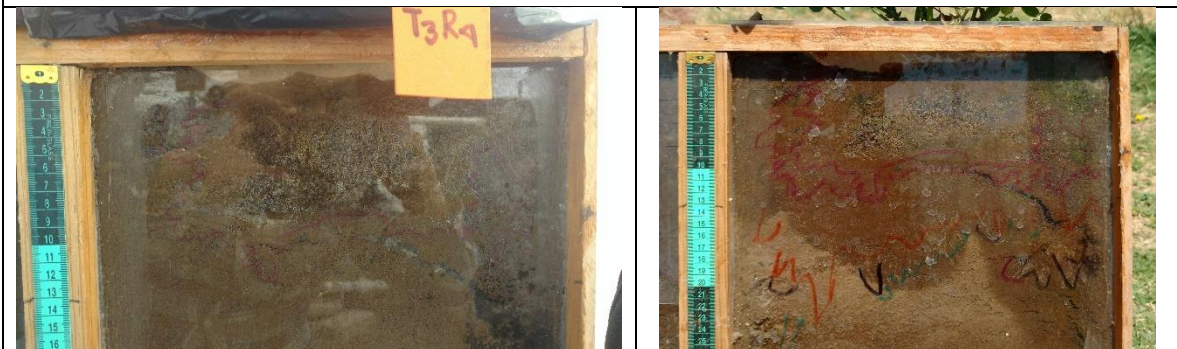
Brotamin- Repetición 1



Brotamin- Repetición 2

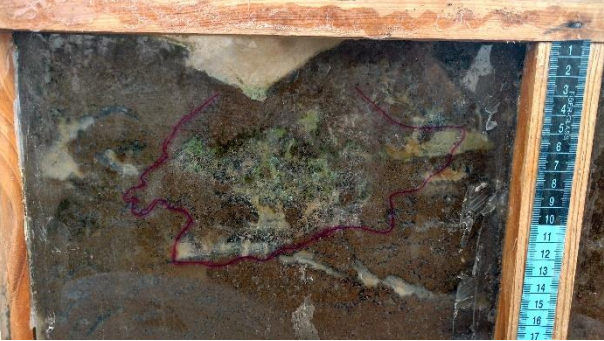







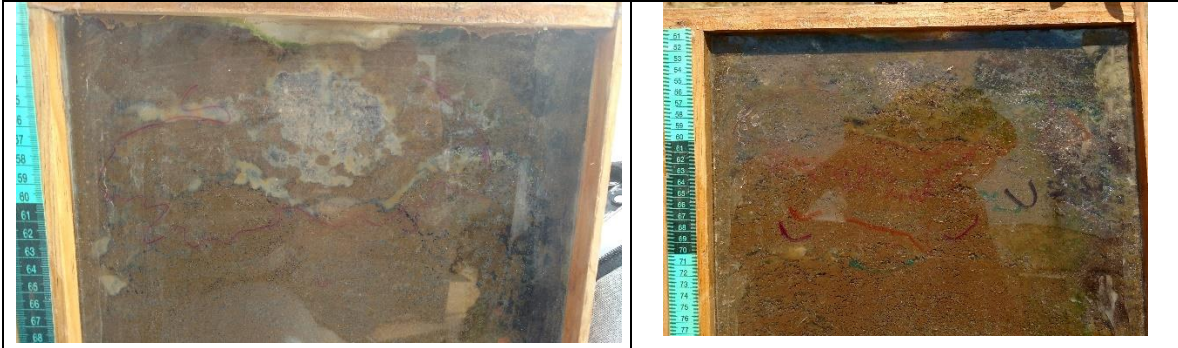
Brotamin- Repetición 3



Brotamin Repetición 4

4.Ruter AA

(11/11/17)	(04/03/18)
	
Ruter AA- Repetición 1	
	
Ruter AA- Repetición 2	
	
Ruter AA- Repetición 3	



Ruter AA- Repetición 4

5.Raix

(11/11/17)

(04/03/18)



Raix- Repetición1



Raix- Repetición 2

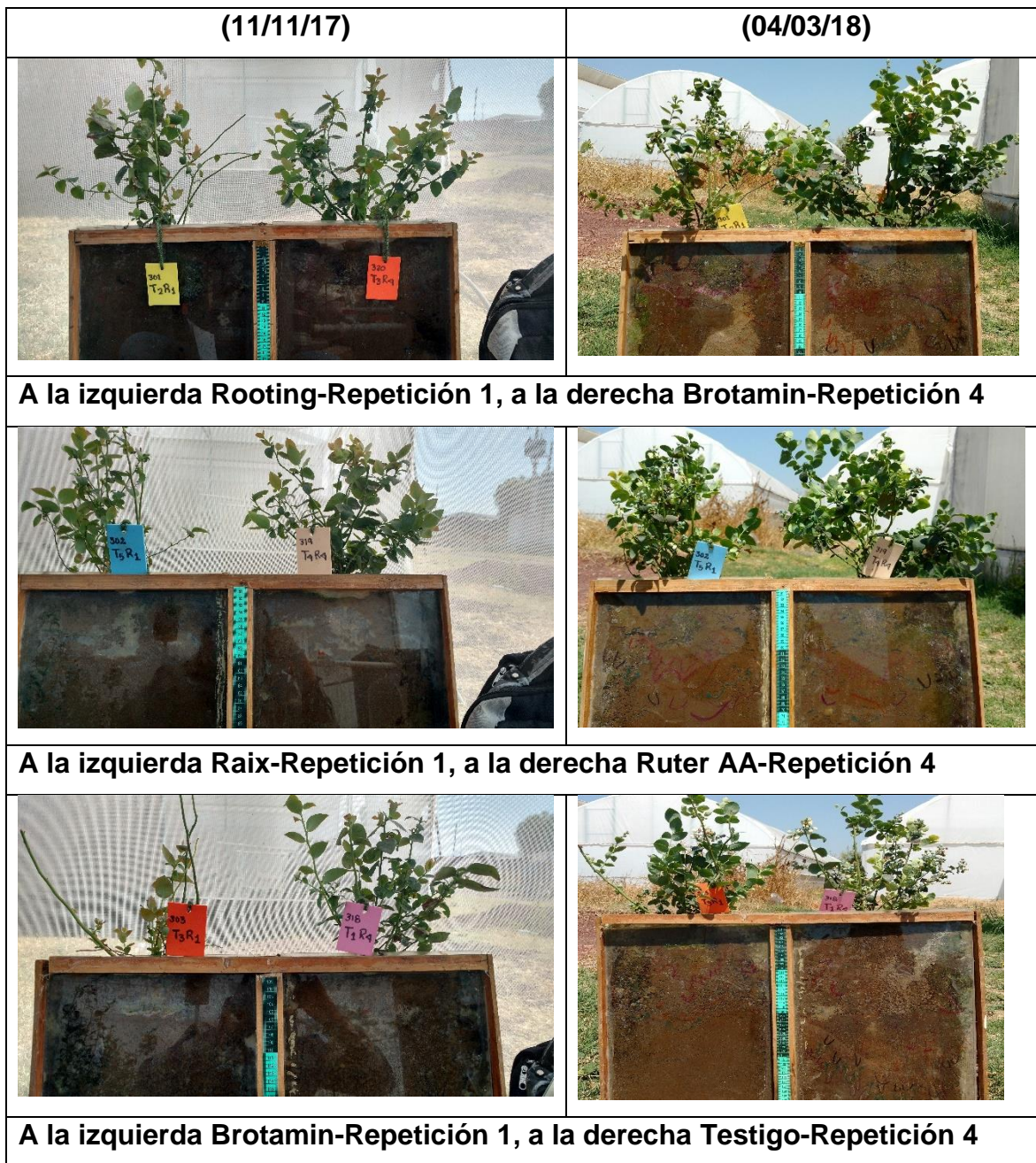


Raix- Repetición 3



Raix- Repetición 4

4.4.2. Desarrollo de la planta en rizotrones en la primera y última aplicación de enraizadores





A la izquierda Rooting-Repetición 2, a la derecha Ruter AA-Repetición 3



A la izquierda Ruter AA-Repetición 1, a la derecha Brotamin-Repetición 3



A la izquierda Raix-Repetición 2, a la derecha Raix-Repetición 4



A la izquierda Brotamin-Repetición 2, a la derecha Rooting-Repetición 4



A la izquierda Ruter AA-Repetición 2, a la derecha Testigo-Repetición 3



A la izquierda Testigo-Repetición 1, a la derecha Testigo-Repetición 2



A la izquierda Rooting-Repetición 3, a la derecha Raix-Repetición 3

5. CONCLUSIONES

Las concentraciones de NO_3^- , Ca^{2+} y K^+ en el extracto celular de tallo y hoja de arándano establecidas en suelo no fueron estadísticamente significativos. Se obtuvo mayor concentración de nitratos calcio y potasio en el extracto celular de hojas en las plantas donde se utilizaron enraizadores en comparación al testigo, mientras que para el extracto celular de tallo se encontró mayor concentración de nitratos y potasio en el testigo en comparación con las plantas tratadas con los enraizadores.

El efecto de los enraizadores sobre rendimiento no fue estadísticamente significativo, pero hubo algunos cambios en cuanto al crecimiento de la raíz. Los productos que contienen extractos vegetales y fitohormonas hicieron que la profundidad de enraizamiento fuera mayor en los rizotrones en comparación a los productos que contenían aminoácidos. El peso fresco de raíces en tezontle fue 5 % mayor al de las plantas en suelo franco.

El rendimiento de fruto en un suelo franco y un sustrato (tezontle) no fue estadísticamente significativo, sin embargo, se registró un aumento aproximado del 12.2 % en suelo franco en comparación al tezontle al utilizar la misma solución nutritiva. El número de frutos producidos en el suelo franco fue 14.7 % mayor comparado al tezontle. El tamaño de frutos en tezontle fue mayor en comparación al suelo en un 3 %. El peso fresco de tallos y hojas fue estadísticamente significativo mayor en el suelo con un aumento 51.4 % en comparación al tezontle.

Los frutos recolectados de las plantas establecidas en el suelo presentaron un 11.4 % más de grados brix en comparación al tezontle y fue estadísticamente significativo. La calidad de los frutos con el uso de Ruter AA (Aminoácidos libres Nitrógeno, Fósforo Potasio Molibdeno, zinc-EDTA, Manganeso-EDTA e Hierro-EDDHA) fue significativamente mayor con respecto al testigo al registrarse un aumento del 13% en grados brix.

6. LITERATURA CITADA

- Alcántar, G. G., L. I. Trejo T. 2013. Nutrición de cultivos. Biblioteca Básica de Agricultura. México. 454p
- Arencibia J., R., F. Moya A. 2008. La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la cienciometría. ACIMED. 17:4.
- Azcón-Bieto, J., Talón M. 2013. Fundamentos de fisiología vegetal (2ª. Ed.). Madrid, ES: Mc Graw-Hill. España. 652p
- Bañados, P. 2007. Perspectivas en el mercado de los arándanos. Produciendo arándanos. Facultad de ciencias empresariales. Universidad de Talca. Tucumán. Argentina 298p
- Betancourt B., R. R. 2011. Los beneficios de los hongos simbioses. Córdoba, AR: El Cid Editor. España 16p
- Brown L., K., T.S. George., J. A. Thompson., G. Wright., J. Lyon., L. Dupuy., S. F. Hubbard. and P. J. White. 2012 What are the implications of variation in root hair length on tolerance to phosphorus deficiency in combination with water stress in barley (*Hordeum vulgare*)? *Ann Bot.*110:2
- Carrera, J. J. 2012. Manual práctico para la creación y desarrollo de plantaciones de arándanos en Asturias. Nuevos horizontes. Tecnología agroalimentaria. Oviedo. N° 9. España. 60p
- Colina, J. M. de la. 2009. Producción de arándanos en Argentina. Córdoba, AR: El Cid Editor 24 p
- Devlin T. M. 2004. Bioquímica. Libro de texto con aplicaciones clínicas. Cuarta edición. Editorial Reverté, S. A. España 1188p
- Díaz M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT EDITOR S.A. México 390p.
- García R., J., C. y García G., de L., G. Guía del cultivo orientaciones para el cultivo del arándano Ministerio de medio ambiente y medio rural y Marino. España. 32p www.naviaporcia.com/images/documentos/documento_173.pdf, consultado el 6 de diciembre de 2016.
- García R. J.C. 2011. El cultivo del arándano en Asturias. Tecnología agroalimentaria N° 9 pp 13-20.

- García, M. J., F. J. Romera., C. Lucena., E. Alcántara y R. Pérez-Vicente. 2015 Ethylene and the Regulation of Physiological and Morphological Responses to Nutrient Deficiencies. *Plant Physiol.* 169:1
- González G. A.J. Riquelme S., A. France I., H. Uribe C., P. Robledo M., C.G. Morales A., J. Hirzel C., A. Pedreros L., B. Defilippi B. y C. Becerra C. 2017. Uso de Biostimulantes. *In* Morales, A. G (ed) Manual de manejo agronómico del arándano. Boletín INIA N° 06, INIA-INDAP, Santiago, Chile. 98p
- Gregory P. 1992. Crecimiento y funcionamiento de las raíces. Cáp. 4. In *Condiciones del Suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Versión española de Urbano Terron P. y Rojo Hernández C. Ediciones Mundi Prensa 1992.Madrid.
- Hirzel, J. y N. Rodríguez. 2003. Necesidades nutricionales y fertilización del cultivo de arándano en etapa productiva. Informativo agropecuario bioleche-INIA Quilamapu. 3p.
- Jiménez-Bonilla V. y Abdelnour-Esquivel A. 2013. Identificación y valor nutricional de algunos materiales nativos de Arándano (*Vaccinium spp*). *Tecnología en marcha.* 26:2
- La Jornada. 2016. Reportan Aumento de 300% en la producción de berries en cinco años. Enero 20. Pp:15
- Leszek S. J. 2003. Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en las plantas. *Propiedades y acción*. Ediciones Mundi Prensa. México. 487p
- Navarro G. G. y Navarro B. Simón. 2003. *Química Agrícola*. (2ª. Ed.). Grupo Mundi Prensa. España 487p.
- Navarro F. J. 2001. *Guía de las frutas cultivadas: Identificación y cultivo*. Grupo Mundi Prensa. España. 224 p
- Ojodeagua A., J., L., J. Castellanos R. Z., J.J. Muñoz R., G. Alcantar., L. Tijerina C., P. Vargas T., S. Enríquez R. 2008 Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 31:4
- Ortega M., L., D., C. Martínez V., J. Ocampo M., E. Sandoval C., B. Pérez A. 2016. Eficiencia de sustratos en el sistema hidropónico y de suelo para la

- producción de tomate en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7:3.
- Pérez A. G., J.J. Rios., C. Sanz and J.M. Olias 1992. Aroma components and free amino acids in strawberry variety chandler during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40:11
- Rivadeneira, M. F. 2012. Concentración de nutrientes en hojas de diferente estado de desarrollo en arándano. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 38:3.
- Rueda A. 2009. *Las plantas vasculares*. Cordoba, AR: El Cid Editor apuntes. 23p.
- SAGARPA. 2017. *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 Frutas de bosque arándano, frambuesa zarzamora mexicanas*. www.gob.mx/sagarpa
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/.../Potencial-Frutas_del_Bosque.pdf
- Sánchez G. P. (2010) *Manejo integral de la nutrición de Berries*
<https://docplayer.es/23888892-Manejo-integral-de-la-nutricion-de-berries.html> consultado el 11 de Octubre de 2018.
- SEDER. 2014. *Avanza convenio de producción y exportación de Berries Jalisco-China*. Marzo 19. <https://seder.jalisco.gob.mx/prensa/noticia/433>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018 *Atlas Agroalimentario 2016-2018 Primera Edición, México*. 222p
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2017. *Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera*. SAGARPA. México. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.org.mx>.
- Smith S. and De Smet I. 2012. Root system architecture: insights from Arabidopsis and cereal crops. *Royal Society* 367:1595
- Spiers J. M. 1995 *Substrate Temperatures Influence Root and Shoot Growth of Southern Highbush and Rabbiteye Blueberries*. *HORTSCIENCE* 30:5
- Steiner A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proceedings of the 6th International congress on soilless culture*. 150 SC. The Netherlands. P. 633-650.

Undurraga P., Vargas, S. 2013. Manual del arándano. Boletín INIA N° 263. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. 120 p.

Páginas web:

http://www.fallcreeknursery.com/assets/uploads/documents/FALL_CREEK_Variety_sheet_BILOXI_ESP_MEXICO_2015_ABRIL_HR.pdf

<http://www.gob.mx/siap>

<http://www.serida.org/>

https://www.google.com.mx/search?q=morfologia+de+la+raiz&espv=2&biw=1517&bih=681&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwj9K2j_afQAUhzoMKHXaBBQoQsAQILA&dpr=0.9#imgrc=xMImEzpb7PE1eM%3A