



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**



CARRERA DE AGRONOMÍA

TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Evaluación de dos productos a base de calcio boro en un cultivo
establecido de mora colombiana (*Rubus glaucus*) en el cantón
Mocha**

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR:

ALEX ISMAEL TENESACA SHIGLA

TUTOR:

Ing. CARLOS VÁSQUEZ FREYTEZ, Ph.D.

CEVALLOS, 2023

Evaluación de dos productos a base de calcio boro en un cultivo establecido de mora colombiana (*Rubus glaucus*) en el cantón Mocha

APROBADO Y REVISADO POR:



Ing. Carlos Vásquez Freytez, Ph.D.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS

I. LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DEL GRADO

Fecha

31/08/2023



Ing. Patricio Núñez, PhD.

Presidente del Tribunal

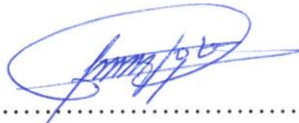
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Ing. Mg. Palio Edwin

31/08/2023

II. MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



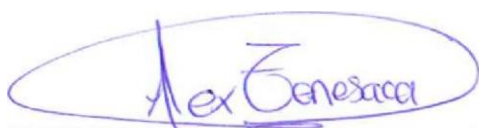
Ing. Mg. Velástegui Giovanni

31/08/2023

III. MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, Alex Ismael Tenesaca Shigla, portador de cédula de ciudadanía número: 1804919155, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: "Evaluación de dos productos a base de calcio boro en un cultivo establecido de mora colombiana (*Rubus glaucus*) en el cantón Mocha" es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



ALEX ISMAEL TENESACA SHIGLA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado "Evaluación de dos productos a base de calcio boro en un cultivo establecido de mora colombiana (*Rubus glaucus*) en el cantón Mocha" como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



ALEX ISMAEL TENESACA SHIGLA

DEDICATORIA

A todos aquellos que han formado parte importante de este proceso académico y personal.

A Dios, por guiarme y permitirme culminar mis estudios.

A mis padres, Luis y Alicia por su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día. Por sus consejos y apoyo constante que han sido la clave de mi éxito.

A mis hermanas, por los momentos compartidos que han llenado de paz mi corazón.

Alex Ismael Tenesaca Shigla

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, a todos y cada uno de los docentes quienes en el transcurso de este proceso me han brindado de sus conocimientos permitiéndome formar como profesional.

A mi tutor Ing. PhD. Vásquez Freytez Carlos Luis el quien ha sido mi guía durante este proceso, por su apoyo y orientaciones necesarias.

Alex Ismael Tenesaca Shigla

ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	ii
DERECHO DE AUTOR.....	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes Investigativos	2
1.3. El cultivo de mora de Castilla	4
1.4. Factores que afectan la eficiencia del uso de fertilizantes.....	5
1.5. Fuentes de fertilización a base de calcio y boro	8
1.5.1. Las funciones del calcio y el boro en la planta	8
1.5.2. Fuentes de calcio y boro utilizadas en esta investigación	9
1.6. Objetivo general.....	10
CAPÍTULO II	11
METODOLOGÍA	11
2.1. Ubicación del estudio	11
2.2. Características del lugar	11
2.3. Características climáticas	11
2.4. Materiales y equipos.....	11
2.6. Diseño experimental.....	13
2.7. Manejo del experimento	13
2.7.1. Fertilización de fondo	13
2.7.2. Aplicación foliar de calcio y boro	13
2.7.3. Riego	13

2.7.4.	Control de malezas	13
2.7.5.	Controles fitosanitarios	13
2.7.6.	Cosecha	¡Error! Marcador no definido.
2.8.	Hipótesis	14
2.9.	Variable independiente	14
2.11.	Variables respuesta	14
2.11.1.	Número de flores cuajadas por planta	14
2.11.2.	Diámetro ecuatorial del fruto	14
2.11.3.	Diámetro polar del fruto	15
2.11.4.	Peso del fruto.....	15
2.11.5.	Firmeza del fruto	15
2.11.6.	Grados Brix	15
2.12.	Procesamiento de la información	15
CAPÍTULO III.....		16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		16
3.1.	Efecto de tres dosis de dos productos a base de Calcio Boro sobre la floración de plantas de mora colombiana con espinos.....	16
3.2.	Efecto de tres dosis de dos productos a base de Calcio Boro sobre el rendimiento del cultivo de mora colombiana con espinos	18
3.3.	Efecto de la dosis y de dos productos a base de Calcio Boro en la calidad del fruto de mora colombiana con espinos	19
CAPÍTULO IV.....		22
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		22
4.1.	CONCLUSIONES.....	22
4.2.	RECOMENDACIONES	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		23
ANEXOS		27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Peso de frutos de mora obtenidos de plantas tratadas con diferentes dosis Tarafol Beca y Multifrutos.....	18
Tabla 2. Variación de la calidad del fruto de mora obtenidos de plantas de mora tratadas con dos tipos de productos a sus diferentes dosis.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índices de eficacia del uso de fertilizantes (UEF) en respuesta a las propiedades y procesos físicos y químicos del suelo responsables de la absorción de nutrientes	6
Figura 2. Variación en el número de flores cuajadas en plantas de mora tratadas con tres dosis de Tarafol Beca y Multifrutos	17
Figura 4. Labores culturales aplicados durante el ensayo.....	28
Figura 5. Conteo de flores en el cultivo despues de la aplicación	29
Figura 6. Evaluación de los grados Brix en frutos de mora	30
Figura 7. Medición del diámetro polar y diámetro ecuatorial en frutos de mora	31
Figura 8. Medición de la firmeza del fruto de mora	32
Figura 9. Pesado del fruto de mora	33
Figura 10. Productos usados en el ensayo.....	34
Figura 11. Aspecto general de las plantas de moras en flor.....	35
Figura 12. Plantas de mora con frutos cuajados.....	36

RESUMEN

En Ecuador, la mora es un producto agrícola de gran demanda gracias a sus propiedades organolépticas ya que permite el procesamiento de alimentos manteniendo su valor nutricional y características sensoriales. Sin embargo, aún existe poca información de las prácticas de fertilización para promover el aumento de la productividad. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos productos a base de Calcio Boro en un cultivo establecido de mora colombiana (*Rubus glaucus*). Se evaluó el efecto de tres dosis (1.0, 1.5 y 2 g/L) de dos fuentes de calcio-boro (Tarafol Beca y Multifrutos) sobre la calidad del fruto y el rendimiento de plantas de mora andina. El mayor número de flores cuajadas fue obtenido con Tarafol Beca con valores promedio de 775.83 y 764.80 flores/planta cuando se aplicó a dosis de 1.5 y 2.0 g/L. Además, tanto el peso de fruto como el rendimiento de mora fueron afectados por el tipo y la dosis del producto. Los máximos valores fueron alcanzados cuando las plantas fueron tratadas con Tarafol Beca a dosis de 2.0 y 1.5 g/L (6.33 y 5.31 tn/ha) y con Multifrutos a dosis de 2.0 g/L (5.35 tn/ha). Finalmente, no se observaron diferencias en la calidad del fruto de mora por efecto de la aplicación de Tarafol beca y Multifruto en sus diferentes dosis en lo relacionado con la firmeza, grados Brix y diámetro polar del fruto, pero si en el diámetro ecuatorial. Se demostró el efecto benéfico de fuentes de calcio boro en el incremento de la productividad de este cultivo.

Palabras clave: mora andina, fertilización, calcio-boro, Tungurahua

ABSTRACT

In Ecuador, blackberry is an agricultural product highly demanded due to its organoleptic properties, since it allows the processing of foods while maintaining its nutritional value and sensory characteristics. However, there is still little information on fertilization practices to promote increased productivity. The objective of this investigation was to evaluate the effect of two products based on Calcium Boron in an established crop of Colombian blackberry (*Rubus glaucus*). The effect of three doses (1.0, 1.5 and 2 g/L) of two calcium-boron sources (Tarafo Beca and Multifrutos) on fruit quality and yield of Andean blackberry plants was evaluated. The highest number of set flowers was obtained with Tarafo Beca with average values of 775.83 and 764.80 flowers/plant when applied at doses of 1.5 and 2.0 g/L. In addition, both the fruit weight and the blackberry yield were affected by the type and dose of the product. The maximum values were reached when the plants were treated with Tarafo Beca at a dose of 2.0 and 1.5 g/L (6.33 and 5.31 tn/ha) and with Multifrutos at a dose of 2.0 g/L (5.35 tn/ha). Finally, no differences were observed in the quality of the blackberry fruit due to the application of Tarafo beca and Multifruto in their different doses in relation to firmness, Brix degrees and polar diameter of the fruit, but in the equatorial diameter. The beneficial effect of calcium boron sources in increasing the productivity of this crop was demonstrated.

Keywords: Andean blackberry, fertilization, calcium-boron, Tungurahua

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la mora es un producto agrícola de gran demanda gracias a sus propiedades organolépticas ya que permite el procesamiento de alimentos procesados manteniendo su valor nutricional y características sensoriales, es por ello que la producción nacional de este rubro está en constante aumento, lo que sugiere que su cultivo representa una alternativa prometedora para diversificar el cultivo y aprovechar su potencial de exportación (Figueroa, 2017).

La satisfacción de la demanda de la población en los mercados nacionales e internacionales requieren no solo del desarrollo tecnológico de la producción, sino también de un manejo racional de la producción agrícola, conservación y marketing. Además, se requiere un amplio conocimiento de las propiedades físico-químicas de la fruta, información importante para su correcto manejo, clasificación, limpieza, embalaje y almacenamiento que garantice la excelente calidad para su comercialización (Acosta Maza, 2013).

Los agricultores debido a la demanda de esta fruta deben aplicar nuevas técnicas en el manejo para obtener buenos productos de calidad a bajo costo y excelente producción, el fertilizante foliar es requerido por las plantas el cual juega un papel importante en la producción (Cardona, 2019).

Aunque es conocido el efecto beneficioso de la fertilización en la productividad de los cultivos, es importante tener en cuenta que el rendimiento de la fruta y su calidad no están relacionados exclusivamente con la presencia o ausencia de un nutriente/elemento específico, sino también con la forma de nutriente suministrada con los fertilizantes (Valentinuzzi et al., 2015). Así, las recomendaciones de aplicación de fertilizantes deben estar adaptadas a cada cultivo, pero también al clima y a las condiciones de fertilidad del suelo, sin dejar de lado las condiciones socioeconómicas de los agricultores, para de esa manera poder conseguir el incremento de la productividad, a la vez que se reducen los riesgos de producción relacionados con el

clima y los impactos no deseados de los fertilizantes en el medio ambiente (Rurinda et al., 2020).

1.1. Antecedentes Investigativos

De acuerdo a investigaciones previas, el calcio es uno de los nutrientes más importantes para la mora andina, sin embargo, su absorción es limitada en suelos ácidos y su baja movilidad en la planta disminuye sus efectos sobre los frutos. En este sentido, Cardona et al. (2023) estudiaron el efecto de cinco fuentes de calcio (Ca quelato, CaB nitrato, Ca óxido, CaB y CaBZn gluconato) aplicados en forma foliar durante tres estados fenológicos de plantas de mora andina en tres localidades y se evaluó el peso, diámetros, firmeza, color, jugo, pulpa, pH, sólidos solubles, acidez, deshidratación y daño de frutos. Se encontró que la fertilización foliar con quelato, nitrato y óxido de calcio en cultivos de mora andina con espinas es una alternativa viable para mejorar la firmeza, peso y diámetro de los frutos cuando es aplicado en cualquiera de las etapas fenológicas (botón floral, cuajado y fruto rojo). En cambio, estos autores encontraron que los parámetros químicos y de color en frutos de mora andina dependen de las condiciones edafoclimáticas de cada zona.

La información relacionada con el efecto de diferentes dosis de nutrientes en la calidad de las bayas de mora andina (*Rubus glaucus* Benth.) es escasa. Es por ello que Monroy Cárdenas et al. (2019) evaluaron el efecto de dosis variables de N, P, K y Ca sobre las características fisicoquímicas y proximales de frutos de mora andina y observaron que la aplicación de dosis bajas de N y altas de K y Ca permitió la obtención de frutos con mayor firmeza ($3,92 \pm 0,40$ Kgf) en el grado de madurez 5, mientras que dosis medias de N, K y Ca, y bajas de P dieron lugar a valores más altos de sólidos solubles totales (8,10 °Brix). En general, la fertilización con dosis medias de N, P, K y Ca permitió obtener frutos con valores de firmeza superiores a 5 Kgf en grado de madurez 4, bajo índice de acidez (2,74), un potencial de rendimiento del cultivo superior a 20 t/ha y rendimiento de jugo del 62,65%, con bajos costos de fertilización. En conclusión, se puede asegurar que la aplicación de planes de fertilización diseñados con base en los requerimientos nutricionales del cultivo, su fenología y demanda nutricional, contribuyen con la formación de frutos con características físico-químicas diferenciadas y sobresalientes, con alto valor comercial en los mercados.

Sánchez Luna (2020) evaluaron el contenido de nutrientes en hojas, tallos, raíces y savia de plantas de zarzamora (*Rubus* sp.) cv. Tupy sometidas a dos concentraciones de Ca^{+2} (6.5 y 8 meq/L) y tres de K^{+} (6, 8 y 10 meq/L) en la solución nutritiva demostrándose que la raíz y hoja acumularon la mayor cantidad de nutrientes y además se verificó un efecto positivo entre contenido de Ca y K y su interacción con la mayoría de macronutrientes en la planta, pero este efecto fue menor con los micronutrientes. El incremento en la concentración de K en savia estuvo directamente relacionado con el contenido de N, mientras que el contenido de P y Mg mostró una relación negativa con el aumento de Ca en la solución nutritiva.

De la misma forma, Sánchez Luna (2020) evaluaron el crecimiento de tallo, acumulación de materia vegetal, concentración de azúcares solubles totales y pigmentos fotosintéticos en hoja, además de parámetros anatómicos en el tejido foliar en plantas de zarzamora (*Rubus* sp.) cv. Tupy desarrolladas en dos concentraciones de Ca^{+2} (6.5 y 8 meq/L) y tres de K^{+} (6, 8 y 10 meq/L) en la solución nutritiva. De acuerdo con los resultados, la cantidad de calcio y potasio y su interacción afectaron positivamente sobre la longitud y diámetro de tallo, así como en la acumulación de peso seco y fresco en la planta; mientras que la aplicación de potasio provocó el incremento en el contenido de azúcares, el contenido de clorofila y carotenoides en hoja, grosor de hoja, grosor de epidermis y frecuencia estomática.

Además de mejorar la calidad de los frutos, el manejo de la fertilización también ha sido usada para mejorar las alternativas para el manejo de enfermedades en el cultivo de mora. De ese modo, Bautista-Montealegre et al. (2019) realizaron un experimento para estimar el efecto del nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en las infecciones por *Colletotrichum gloeosporioides* (cepa 52) en mora andina. Para evaluar la relación entre los niveles de fertilización y la severidad de la enfermedad, se realizó una inoculación artificial en tallos de mora con espinas, mediante discos de micelio de 0.5 cm a una concentración de 9.53×10^4 conidios, se registró severidad de la enfermedad (S), período de incubación (IP) y tasa de desarrollo (r). Los tratamientos se concentraron en cuatro grupos con S, IP y r entre 15,9% a 91,8%, 9 a 15,3 días y 0,0254 a 0,0468, respectivamente. Se observó correlación positiva y significativa entre S y r y negativa y significativa, entre IP con S y r. Finalmente, mediante el análisis de regresión se generó un modelo lineal que permitió verificar la disminución de la

severidad con el aumento de la dosis de nitrógeno y el aumento de esta con el crecimiento de los niveles de fósforo y calcio.

Estudios adicionales en otras especies de *Rubus* (*R. idaeus* L.) por Neocleous y Vasilakakis (2008) utilizando explantes de frambuesa cultivadas bajo dos concentraciones de boro (0,1 y 0,5 mM) y tres niveles de salinidad de NaCl (0, 5 y 10 mM) y se encontró que los tratamientos con alto contenido de boro y sal (B 0,5 mM y NaCl 10 mM) disminuyó la longitud media de los brotes y los pesos fresco y seco de los explantes; sin embargo, la proporción de peso fresco a seco fue afectada de manera positivamente. Cuando el boro aumentó en el medio, el contenido de clorofila de la hoja y la fluorescencia se redujeron en condiciones salinas. La absorción de boro, cloruro y sodio mejoró con el aumento de las concentraciones de boro y NaCl en el medio. Además, el boro mejoró la captación y acumulación de cloruro y sodio en los explantes. Finalmente, la tasa de crecimiento relativo y el rendimiento relativo de los explantes, bajo el efecto combinado de B y NaCl, mostraron una rápida disminución en el tratamiento con alto contenido de boro y sal.

1.2. Marco teórico

1.3. El cultivo de mora de Castilla

El género *Rubus*, incluido dentro de la familia Rosaceae, agrupa unas 600-800 especies a nivel mundial, sin embargo, existen dificultades en su clasificación taxonómica, particularmente del subgénero *Rubus* presentes en Europa y América del Norte, debido a la ocurrencia de hibridaciones interespecíficas, poliploidía y diversas formas de apomixis López Gutiérrez et al., (2019). Dentro de las especies importantes, la mora andina o mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) es un anfiploide o alotetraploide fértil que ha resultado de la fusión del genoma de dos especies, esta especie se destaca por ser una especie frutal especialmente producida en la zona andina, sin embargo, también está ampliamente distribuida en América Central, México y en América del sur y en Ecuador es comercializada tanto en el mercado nacional como internacional para el consumo fresco y para fines de industrialización (López Gutiérrez et al., 2019; Sánchez-Morales, Villares-Jibaja, Niño-Ruiz, et al., 2018). En Ecuador, esta especie se cultiva en todo el Callejón Interandino a altitudes entre 1200 y 3000 msnm con la

mayor producción concentrada en la provincia de Tungurahua (Racines-Oliva et al., 2019).

Aparte de la provincia de Tungurahua, la mora de Castilla también es producida en Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Pichincha, Imbabura, Carchi en un total de 14546 Unidades Productivas Agrícolas (UPAs) que ocupan una superficie aproximada de 5247 ha pertenecientes a unas 12.000 familias de medianos y pequeños productores (Sánchez-Morales, Villares-Jibaja, y Niño-Ruiz, 2018). El cultivo de mora es un componente relevante en los sistemas de producción, su importancia radica en los ingresos económicos permanentes que genera, a diferencia de otros rubros como maíz o fréjol cuya producción y réditos económicos es anual o como la papa que requiere alta inversión y las rentas se reciben al finalizar el ciclo de producción, si las condiciones de mercado son favorables (MAGAP, 2013).

Debido al bajo porcentaje de germinación, el crecimiento lento de las plantas y la presencia de variabilidad y esterilidad, la reproducción sexual es poco usada con las especies de *Rubus*, por lo que con frecuencia son reproducidos mediante multiplicación vegetativa con diferentes técnicas de propagación por injertos (microinjertos) o acodado, esquejes o cultivos *in vitro*. (Araque-Castellanos et al., 2021).

Entre las características morfológicas de las especies de *Rubus* se destacan la presencia de flores hermafroditas, pentámeras con pétalos pequeños, de color blanco a rosa, sépalos de borde entero y de forma ovada formado por cinco piezas imbricadas, estambres numerosos y un gineceo apocárpico con numerosos carpelos, un receptáculo en forma de cono (Normasiwi et al., 2021a). El inicio y la duración de las etapas en el desarrollo de la flor son afectados por las condiciones intrínsecas de la especie y por las condiciones climáticas en las que crecían las plantas (Normasiwi et al., 2021b).

1.4. Factores que afectan la eficiencia del uso de fertilizantes

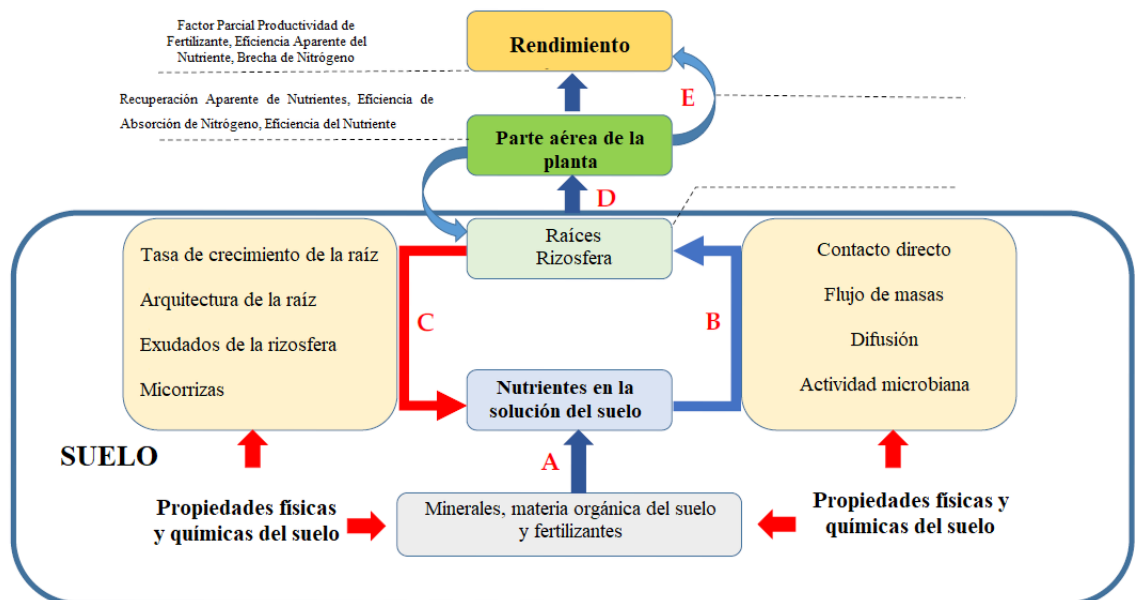
El aumento de la productividad agrícola es un gran desafío para cubrir las necesidades de alimentos de la población mundial por lo que, entre las prácticas más comúnmente usadas es la fertilización de los cultivos. Las plantas necesitan 14 nutrientes para lograr un óptimo crecimiento y alta productividad y el nitrógeno (N) es el nutriente más

frecuentemente usado en la agricultura, sin embargo, las pérdidas de nutrientes de los fertilizantes nitrogenados que se ubican alrededor del 50%, contribuyen significativamente a la baja eficiencia en el uso de fertilizantes, lo que hace que los cultivos no maximicen su rendimiento potencia, aumentando los costos de inversión en insumos agrícolas por parte de los agricultores y mayor inseguridad alimentaria y nutricional (Dimkpa et al., 2020).

La eficiencia en el uso de fertilizantes es el resultado de una serie de interacciones entre el genotipo de la planta y el ambiente dentro de este último se incluyen tanto factores abióticos como bióticos, los cuales en conjunto, deben ser considerados para diseñar programas de fertilización adecuada para los cultivos agrícolas, con el objetivo de maximizar los valores de Uso Eficiente de Fertilizantes (UEF), dentro del cual, el suelo es considerado un factor principal debido a que, además de ser el entorno de crecimiento de las plantas, es el principal reservorio de agua y nutrientes, por lo tanto, ejerciendo un impacto sobre la absorción de nutrientes (Figura 1) (Barlóg et al., 2022).

Figura 1

Índices de eficacia del uso de fertilizantes (UEF) en respuesta a las propiedades y procesos físicos y químicos del suelo responsables de la absorción de nutrientes



Explicación: (A) liberación de nutrientes de la fase sólida; (B) procesos de transporte de nutrientes desde el suelo hasta la superficie de la raíz; (C) la respuesta fisiológica de la planta a las condiciones de suministro de nutrientes; (D) procesos

de transporte de nutrientes al brote de la planta; (E) removilización de nutrientes y transferencia a granos/semillas. Flechas azules—procesos de transporte; flechas rojas: respuestas de influencia y retroalimentación. Explicaciones de los índices FUE: PFPNf —productividad parcial del factor de nitrógeno; ANuE: eficiencia aparente de los nutrientes; NG: brecha de nitrógeno; NRE: eficiencia de movilización del nitrógeno; CNR: contribución de N removilizado al grano; ANuR—recuperación aparente de nutrientes; NuE: eficiencia de absorción de nutrientes; PE: eficiencia fisiológica del N; Umin: absorción mínima de un nutriente para la tasa máxima de crecimiento de la planta

Fuente: (Barlóg et al., 2022)

Dada la importancia del nitrógeno en la productividad de los cultivos, se han realizado muchos estudios para determinar las dosis óptimas de aplicación de este nutriente en especies de *Rubus*, con resultados que muestran amplias variaciones debido parcialmente por las diferencias en la fertilidad del suelo (Strik, 2008). Estos estudios han demostrado que la nutrición mineral tiene un impacto positivo tanto en el rendimiento como en la calidad de la fruta, así como como vida útil (Valentinuzzi et al., 2015). En este sentido, los estudios recientes han mostrado una relación entre las antocianinas en especies de frutos rojos con el nitrógeno (N) (Jezek et al., 2018). Por otra parte, se ha demostrado que la fertilización a con nitrógeno en forma de nitrato afecta los valores de pH de la rizosfera de forma totalmente opuesta a una a base de amonio, en este último caso, la acidificación inducida por amonio del suelo que rodea las raíces afecta la disponibilidad de algunos otros nutrientes, tales como el hierro (Fe), influyendo por lo tanto en todo el proceso de absorción de nutrientes por las raíces (Valentinuzzi et al., 2015).

También el silicio (Si) ha mostrado tener efectos beneficiosos han sido ampliamente probados, aunque este generalmente no es incluido en las soluciones nutritivas, a pesar de que su uso provoca aumentos significativos en la producción agrícola (Montesano et al., 2016). Otros efectos adicionales han sido observados por (Stamatakis et al., 2003) quienes al adicionar K_2SiO_3 al sistema hidropónico de cultivos de tomate notaron un aumento en los solutos sólidos totales, la vitamina C y la firmeza del fruto.

Además, el Si prolonga la vida útil de las frutas de fresa (generalmente unos pocos días) cosechadas de plantas suplementadas con Si biodisponible (Babini et al., 2012).

Adicionalmente, la aplicación del boro (B) en cultivos de campo tanto en forma edáfica como foliar promueve el aumento del peso del fruto al mejorar el cuajado y también mejora la firmeza y la vida útil del fruto de tomate, así mismo aumentó de la resistencia de frutos de frambuesas cv. Polana, lo cual estuvo relacionado s con un posible aumento en el número de bayas; las cuales eran más firmes (Davis et al., 2003; Wojcik, 2005).

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el rendimiento de la fruta y su calidad no están relacionados exclusivamente con la presencia o ausencia de un nutriente/elemento específico, sino también con la forma de nutriente suministrada con los fertilizantes (Valentinuzzi et al., 2015). Así, las recomendaciones de aplicación de fertilizantes deben estar adaptadas a cada cultivo, pero también al clima y a las condiciones de fertilidad del suelo, sin dejar de lado las condiciones socioeconómicas de los agricultores, para de esa manera poder conseguir el incremento de la productividad, a la vez que se reducen los riesgos de producción relacionados con el clima y los impactos no deseados de los fertilizantes en el medio ambiente (Rurinda et al., 2020).

1.5. Fuentes de fertilización a base de calcio y boro

1.5.1. Las funciones del calcio y el boro en la planta

El calcio es un nutriente esencial para las plantas que es adquirido en forma de catión divalente (Ca^{2+}) y que cumple funciones estructurales en la pared celular y las membranas, además actúa en el movimiento de los aniones inorgánicos y orgánicos en la vacuola y como mensajero intracelular en el citosol (White y Broadley, 2003). Este elemento es absorbido por las raíces desde la solución del suelo, luego atraviesa el citoplasma de las células a través de los plasmodesmos (el simplasto) o a través de los espacios intercelulares (el apoplasto) y, finalmente transportado vía xilema hasta los puntos de crecimiento (White y Broadley, 2003).

El calcio también ha sido involucrado en procesos de división y elongación celular y está ligado a la acción de las auxinas, por lo cual se considera que es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas y el desarrollo de los frutos y, por otra parte, juega un papel importante en la resistencia de las plantas a enfermedades puesto que actúa contra la enzima desintegradora de la pared celular secretada por patógenos (El Habbasha y Ibrahim, 2015).

Con relación al boro (B), las plantas necesitan este micronutriente principalmente para el crecimiento y la elasticidad de la pared celular y la producción de pectina, donde se encuentra como ésteres de borato con ramnogalacturonano (RG-II), el cual juega un papel clave en el control de la porosidad y la elasticidad de la pared celular (Nejad y Etesami, 2019). De acuerdo con (Ahmad et al., 2009), además de las funciones relacionadas con la integridad y desarrollo de la pared celular, el boro también interviene en la división celular, el desarrollo de frutos y semillas, el transporte de azúcares y producción de hormonas, además de las interacciones con el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en la planta y, finalmente, se ha demostrado su papel en la estimulación o inhibición de vías metabólicas específicas.

1.5.2. Fuentes de calcio y boro utilizadas en esta investigación

Tarafol Beca: es una solución de calcio presentado formando un complejo con el ácido heptaglucónico más boro (B), por lo que es recomendado en casos de deficiencias de calcio en complejos con gluconato y Boro formando complejos con etanolamina. Entre los efectos benéficos mostrados por este tipo de fertilizante están el mejoramiento en el desarrollo de frutos y flores, disminución de los efectos de abscisión foliar, promueve resistencia en la planta contra estreses bióticos y abióticos y mejora la calidad del fruto (Agrota, 2021).

Multifruito® 30% Ca + 10% B viene presentado como un fertilizante foliar en polvo compuesto a base de 30% de calcio (CaO), 10% boro (B) y 0.79 % de aminoácidos, los cuales son liberados de manera inmediata, pero no son fácilmente lixiviados por la lluvia, entre las ventajas de su uso están el mejoramiento del desarrollo de la raíz que permite mayor aprovechamiento de los nutrientes y el agua por las plantas, también actúa en el desarrollo del fruto, al proporcionar calcio inmediatamente aprovechado

por la planta y dirigido específicamente al desarrollo de la flor o el fruto lo que se traduce en el aumento de la producción.

1.6. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos productos a base de Calcio Boro en un cultivo establecido de mora colombiana (*Rubus glaucus*).

Objetivos específicos

- Comparar el efecto de tres dosis de dos productos a base de Calcio Boro sobre la floración de plantas de mora colombiana con espinos
- Determinar el efecto de tres dosis de dos productos a base de Calcio Boro sobre el rendimiento del cultivo de mora colombiana con espinos.
- Analizar el efecto de la dosis y de dos productos a base de Calcio Boro en la calidad del fruto de mora colombiana con espinos

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la propiedad del Sr. Cristian Paredes, ubicada en el Cantón Mocha, caserío Yanahurco perteneciente a la provincia de Tungurahua, a la latitud de $1^{\circ}21'14''$ sur y longitud $78^{\circ}38'48''$ oeste, con altitud de 3280 m.s.n.m. (GPS, Sistema de Posicionamiento Global, 2023).

2.2. Características del lugar

Los órdenes de suelos que predominan en el cantón Mocha, caserío Yanahurco son los Mollisoles que se encuentran distribuidos en la zona del oeste y en las zonas más bajas del cantón (GAD Municipal, 2022).

Todos los suelos del cantón Mocha son de origen volcánico, con diferenciaciones de textura entre: limo-arenosos, arenoso-limoso y además en las partes altas existe una mayor presencia de suelos negros con textura limo-arcilloso (GAD Municipal, 2022).

El suelo de la propiedad del Sr. Cristian Paredes se caracteriza por ser un suelo franco-arenoso.

2.3. Características climáticas

El cantón Mocha presenta una temperatura promedio anual de 10 a 15 °C, con una precipitación media anual entre 500 y 1000 mm (GAD Municipal, 2022).

2.4. Materiales y equipos

Bomba de fumigar de mochila

Azadón

Rastrillo

Pala

Regadera

Balanza digital

Calibrador vernier

Cinta métrica

Productos químicos para el control de plagas y enfermedades

Producto comercial a base de calcio boro

2.5. Factores de estudio

a) Fertilizantes inorgánicos

F1: Producto a base de Calcio Boro (Producto Comercial “Multi fruto”)

F2: Producto a base de Calcio Boro (Producto Comercial “Tarafol beca”)

b) Dosis de los productos

D1: 1 g/l

D2: 1.5 g/l

D3: 2 g/l

Tratamientos

Tratamientos	Nº de repeticiones	Simbología	Descripción
1	3	F1D1	Multi fruto a una dosis de 1 g/l
2	3	F1D2	Multi fruto a una dosis de 1.5 g/l
3	3	F1D3	Multi fruto a una dosis de 2 g/l
4	3	F2D1	Tarafol beca a una dosis de 1 g/l
5	3	F2D2	Tarafol beca a una dosis de 1.5 g/l
6	3	F2D3	Tarafol beca a una dosis de 2 g/l
7	3	Testigo	Sin aplicación

2.6. Diseño experimental

El ensayo fue conducido bajo un diseño de experimentos factorial, siendo los factores representados por el producto (Multi frutos y Tarafol beca) y la dosis de cada producto (1.0, 1.5 y 2.0 g/l). Se usó un tratamiento testigo absoluto al cual no se hizo aplicación de ningún producto.

2.7. Manejo del experimento

2.7.1. Fertilización de fondo

La fertilización de fondo se realizó con una fórmula 15-15-15 a razón de 1 lb por planta.

2.7.2. Aplicación foliar de calcio y boro

La aplicación se realizó vía foliar de acuerdo a las dosis establecidas.

2.7.3. Riego

El método de riego que se realizó por aspersión, de acuerdo con las necesidades del cultivo y a las condiciones climáticas presentes manteniendo el criterio de capacidad de campo.

2.7.4. Control de malezas

El control de malezas se realizó principalmente de forma manual para lo cual se utilizaron azadón y rastrillos. En total esta labor manual se hizo cuatro veces durante el ensayo.

2.7.5. Controles fitosanitarios

Se realizó control fitosanitario con la finalidad de evitar el deterioro de las plantas por alguna afección de algún agente patógeno. Las aplicaciones se realizaron en base al monitoreo en el cultivo. En total se hicieron 2 aplicaciones, durante Satisfar (Azoxistrobina 100 g/200 L agua) para control de oidio, Quitalancha (Mancozeb + Cymoxanil; 500 g/200L) para prevención de mildiu, Yoga (Abamectina; 250 cc/200 L) para control de ácaro y Thiofin (Thiofanato Metyl; 200 g/200 L) para prevención

de botritis. En la segunda aplicación se usaron los siguientes productos Score (Difenoconazol 100 cc/200 L) para el control de oídio, Botryazole (Prochloraz; 250 cc/200 L) para el control de botritis, Lanchastop (Benalaxyl 8% + Mancozeb 65%; 500 g/200 L) para control de mildiu y Trofeo (Acefato; 200 g/200 L) para control de pulgón.

2.8. Hipótesis

Ha: La aplicación de Calcio y Boro influye en la producción del cultivo de mora (*Rubus glaucus*).

Variables de la hipótesis

2.9. Variable independiente

Fertilizantes orgánicos a base de Calcio y Boro

2.10. Variables dependientes

Número de flores por planta, número de frutos cuajados por planta, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro polar del fruto, peso del fruto y firmeza del fruto, grados Brix del fruto.

2.11. Variables respuesta

2.11.1. Número de flores cuajadas por planta

Se determinó el número de flores por planta, de seis plantas tomadas al azar de cada parcela neta. Se hicieron mediciones cada semana a partir del apareamiento del 80% de la floración.

2.11.2. Diámetro ecuatorial del fruto

Con la ayuda de un calibrador vernier se tomó el diámetro ecuatorial de seis frutos seleccionados al azar en la parcela neta al momento de la cosecha, cada siete días.

2.11.3. Diámetro polar del fruto

Con la ayuda de un calibrador vernier se tomó el diámetro polar de seis frutos seleccionados al azar en la parcela neta al momento de la cosecha, cada siete días.

2.11.4. Peso del fruto

Al final del ensayo se registró el peso promedio de seis frutos obtenidos de seis plantas que fueron seleccionadas al azar de cada parcela neta utilizando una balanza con precisión en décimas de gramos. A partir de los datos de peso del fruto se estimó el rendimiento de cada parcela

2.11.5. Firmeza del fruto

Al final del ensayo, con la ayuda del penetrómetro se registró la firmeza de seis frutos obtenidos de seis plantas que fueron seleccionadas al azar de cada parcela neta.

2.11.6. Grados Brix

Los grados Brix se midió con un refractómetro, lo cual define el contenido de sólidos solubles.

2.12. Procesamiento de la información

Las variables en estudio fueron sometidos a análisis de varianza y aquellas variables que mostraron diferencias significativas fueron comparadas mediante prueba de medias según Tukey ($p < 0.05$) usando el programa estadístico Statistix versión 10 para Windows.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. *Efecto de tres dosis de dos productos a base de Calcio Boro sobre la floración de plantas de mora colombiana con espinos*

Se observó efecto de la aplicación de Tarafol Beca o Multifrutos sobre el número de flores cuajadas en plantas de mora ($p= 0.032$; $F= 1.93$; $g.l.= 6$) (Fig. 2). El mayor número de flores cuajadas fue obtenido con Tarafol Beca con valores promedio de 775.83 y 764.80 flores/planta cuando se aplicó a dosis de 1.5 y 2.0 g/L, mientras que el menor valor fue obtenido en plantas a las que no se hizo ningún tipo de aplicación (control) con 532.29 flores/planta. La aplicación de dosis menores (1.0 g/L) alcanzó un valor intermedio (620.33 flores cuajadas/planta).

En consideración del uso Multifrutos, el máximo valor fue 687.00 flores/planta obtenidas con la aplicación de una dosis de 2.0 g/L. Se observó una disminución del número de flores por planta (673.83 y 569.50 flores/planta) con la disminución en la dosis aplicada del producto.

En otros cultivos se ha demostrado que la fertilización foliar con calcio (Ca) y boro (B) en la floración puede promover la retención de las flores y la fijación de las vainas, aumentando así el número de vainas por planta y, a su vez, la productividad de la soya (Galeriani et al., 2022). Estos autores evaluaron el efecto de la fertilización Ca+B sobre el intercambio de gases, la actividad de la enzima fotosintética (Rubisco), el contenido de azúcares solubles totales, la concentración de proteína total de la hoja, los parámetros agronómicos y el rendimiento de grano y encontraron que aumentó la eficiencia del uso del agua y la eficiencia de la carboxilación y la mejora en la fotosíntesis condujo a mayores concentraciones de azúcar y proteína en las hojas.

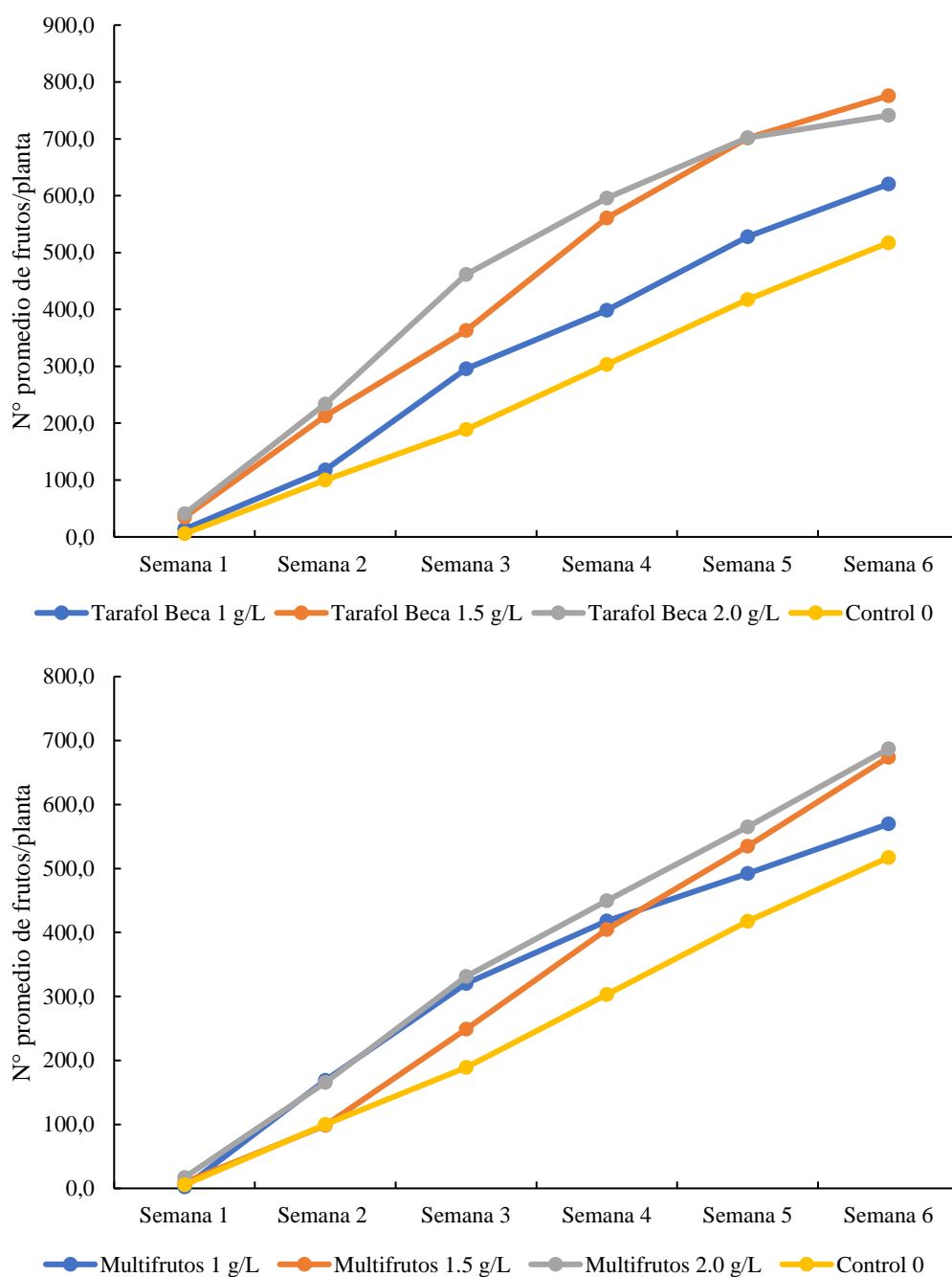


Figura 2

Variación en el número de flores cuajadas en plantas de mora tratadas con tres dosis de Tarafol Beca y Multifrutos

El calcio y el boro juegan varios papeles importantes en el metabolismo de las plantas con funciones estructurales y reproductivas, incluso cuando los niveles de Ca y B del suelo son adecuados para el desarrollo del cultivo, la aplicación foliar combinada de

estos nutrientes puede mejorar la fotosíntesis y aumentar el establecimiento de flores y frutos, aumentando así la productividad (Brasil et al., 2020; Galeriani et al., 2022; Hepler, 2005).

3.2. Efecto de tres dosis de dos productos a base de Calcio Boro sobre el rendimiento del cultivo de mora colombiana con espinos

Tanto el peso de fruto como el rendimiento de mora fueron afectados por el tipo y la dosis del producto (Tabla 1). Los máximos valores fueron alcanzados cuando las plantas fueron tratadas con Tarafol Beca a dosis de 2.0 y 1.5 g/L (6.33 y 5.31 tn/ha) y con Multifrutos a dosis de 2.0 g/L (5.35 tn/ha), mientras que los valores más bajos fueron obtenidos en aquellas plantas del tratamiento control y con Multifrutos a la menor dosis cuyos valores alcanzaron 3.36 y 3.55 tn/ha, respectivamente. El resto de los tratamientos mostró valores intermedios que variaron entre 4.12 y 4.51 tn/ha.

Tabla 1

Peso de frutos de mora obtenidos de plantas tratadas con diferentes dosis Tarafol Beca y Multifrutos

Producto	Dosis	Peso (g)
Multifrutos	1 g/L	8,00 ± 0,818 c
	1.5 g/L	8,87 ± 1,563 a
	2.0 g/L	8,30 ± 0.900 b
Tarafol Beca	1 g/L	8,00 ± 0,557 b
	1.5 g/L	9,10 ± 0,458 a
	2.0 g/L	10,37 ± 0,153 a
Control	0	7,80 ± 0,872 c

Valores promedio seguidos de la misma letra no muestran diferencias significativas según prueba de Tukey ($p < 0.05$)

De acuerdo con el INIAP (2013), la producción del cultivo muestra una tendencia al incremento en los últimos años, pasando de 4.480 t en el año 2000 a 12.603 t en el 2009; que provocó una variación del rendimiento de 1,93 a 4,73 t/ha, sin embargo, siguen siendo bajos en comparación con la producción en Colombia que oscila entre

8.8 y 20 t en Colombia y 25 t en USA, probablemente estas diferencias pueden ser debidas al ataque de plagas, el efecto del clima y el manejo.

Adicionalmente, Grijalba Rativa et al. (2010) existe en Colombia un nuevo material con mayor capacidad productiva y un rendimiento de alrededor 15 t/ha, lo cual se debe al mayor número de ramas productivas y macollamiento.

3.3. *Efecto de la dosis y de dos productos a base de Calcio Boro en la calidad del fruto de mora colombiana con espinos*

No se observaron diferencias en la calidad del fruto de mora por efecto de la aplicación de Tarafol beca y Multifruto en sus diferentes dosis en lo relacionado con la firmeza, grados Brix y diámetro polar del fruto, pero si en el diámetro ecuatorial (Tabla 2).

Tabla 2

Variación de la calidad del fruto de mora obtenidos de plantas de mora tratadas con dos tipos de productos a sus diferentes dosis

Producto	Dosis (g/L)	Firmeza (Kgf)	° Brix	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)
Multifruto	1.0	1.20±0.200a	9.6±0.219a	20.18±0.068a	22.42±1.489b
	1.5	1.05±0.03a	9.5±0.567a	18.52±1.603a	23.75±1.565ab
	2.0	1.06±0.01a	9.4±0.441a	18.53±1.393a	25.51±1.196ab
Tarafol beca	1.0	1.06±0.17a	9.5±0.584a	22.13±0.491a	26.49±0.155ab
	1.5	1.07±0.006a	9.8±0.233a	17.74±0.946a	27.83±1.349ab
	2.0	1.06±0.01a	9.3±0.549a	19.62±0.859a	28.36±1.756a
	Control	0.90±0.07a	9.0±0.551a	19.02±0.589a	26.11±0.580ab

Valores promedio seguidos de la misma letra no presentaron diferencias significativas según prueba de Tukey (p< 0.05)

La firmeza del fruto fue similar en todos los tratamientos, independientemente del producto y dosis usada y varió desde 0.90 Kgf en frutos de plantas del tratamiento control hasta 1.20 Kgf en frutos obtenidos de plantas tratadas con Multifruto a dosis

de 1 g/L. En el resto de los tratamientos se obtuvieron valores intermedios entre 1.05 y 1.07.

Con relación a al contenido de azúcares del fruto, medido en ° Brix, tampoco se observaron diferencias entre los tratamientos, aunque se observó un valor numéricamente menor en frutos del tratamiento control con 9.0 ° Brix, mientras que en frutos de plantas de mora tratadas con Tarafol Beca el contenido de azúcares alcanzó 9.8 ° Brix con la dosis de 1.5 g/L, mientras que este valor osciló entre 9.3 y 9.5 ° Brix con las dosis 2.0 y 1.0 g/L del mismo producto, respectivamente. En cuanto a la variación cuando se usó Multifruto, los grados Brix variaron entre 9.4 y 9.6 con la mayor y menor dosis.

Al considerar el diámetro del fruto, no se encontraron diferencias en el diámetro ecuatorial, pero si en el diámetro polar, donde el máximo valor fue obtenido en frutos de plantas tratadas con Tarafol Beca a dosis de 2.0 g/L, alcanzando 28.36 mm, mientras que el menor valor fue obtenido con Multifruto a la dosis de 1.0 g/L donde los frutos mostraron un diámetro de 22.42 mm. El resto de los tratamientos mostró valores intermedios que variaron entre 23.75 con Multifruto a 1.5 g/L hasta 27.83 mm con Tarafol a 1.5 g/L.

De acuerdo con Bibi et al., (2019), la aplicación y absorción equilibradas de K, Ca y B pueden mejorar la calidad y el rendimiento de plantas de mango, por ello, realizaron un estudio para evaluar el efecto de la aplicación combinada de dos fuentes de Ca(CaCl₂ y Ca(NO₃)₂) y tres fuentes de K(KNO₃, K₂SO₄ y Citrato de potasio) combinadas con ácido bórico (BA) sobre el rendimiento y calidad de Mango cv. Verano Bahisht (SB) Chaunsa. Se observó un incremento significativo en el cuajado de frutos/panícula (35,7 % y 50,0 %), retención de frutos (125 % y 40 %), vida útil (73,3 % y 36,6 %), sólidos solubles totales (35,1 % y 40,6 %) y rendimiento de frutos (52,5 % y 49,2 %) en dos años consecutivos.

Algunos productos químicos como el nitrato de calcio, el bórico y el sorbitol pueden mejorar el cuajado de frutos por lo que (Kumar et al., 2020) estudiaron el efecto de T1-(Nitrato de calcio al 0,06 %), T2-(Ácido bórico al 0,02 %), T3-(Sorbitol al 2,0 %) T4-(Nitrato de calcio al 0,06 % + Ácido bórico al 0,02 %), T5-(Nitrato de calcio al 0.06% + Sorbitol 2.0%), T6-(Ácido bórico @ 0.02% + Sorbitol 2.0%) y T7-(Control)

sobre el cuajado, rendimiento y calidad de frutos de mango. El efecto combinado de nitrato de calcio al 0,06 % + ácido bórico al 0,02 % disminuyó significativamente el porcentaje de caída de frutos (91,19 %) y aumentó el cuajado y rendimiento (138,43 kg/árbol) de mango cv. Langra.

Estos resultados podrían deberse a que el calcio es un componente fundamental de la pared celular lo que confiere fuerte rigidez estructural al combinarse con la matriz de polisacáridos de pectina, por lo cual la integridad estructural de los tallos que sostienen las flores y los frutos, así como la calidad de los frutos producidos, están fuertemente relacionados con la disponibilidad de calcio (Kumar et al., 2020).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

La aplicación de Tarafol Beca o Multifrutos como fuentes de calcio-boro tuvo un efecto positivo en el número de flores cuajadas en plantas de mora, siendo más efectivo cuando se usó Tarafol Beca a las dosis mayores. A medida que se disminuyó la dosis también disminuyó el número de flores cuajadas tanto con el uso de Tarafol Beca como con Multifrutos.

Tanto el peso de fruto como el rendimiento de mora mostraron ser mayores en plantas tratadas con Tarafol Beca a dosis de 2.0 y 1.5 g/L, aunque un comportamiento similar también fue observado con el uso del producto Multifrutos a dosis de 2.0 g/L, lo que demuestra el efecto benéfico de fuentes de calcio boro en el incremento de la productividad de este cultivo.

No se observó efecto del uso de las fuentes de Calcio-Boro (Tarafol beca y Multifrutos) sobre la calidad del fruto de mora medida en términos de firmeza del fruto, sólidos solubles y diámetro polar del fruto, pero si en el diámetro ecuatorial, donde el máximo valor fue obtenido en frutos de plantas tratadas con Tarafol Beca en la mayor dosis, mientras que con Multifruto se obtuvieron los menores valores.

4.2. RECOMENDACIONES

Debido a los mejores resultados obtenidos en cuando a características y peso del fruto de mora por efecto de la aplicación de Tarafol Beca, se recomienda su uso en las dosis de 1.5 y 2.0 g/L para incrementar el rendimiento del cultivo de mora en la zona de Tungurahua.

Se recomienda hacer estudios de costos para verificar la rentabilidad de esta alternativa y además de sugiere realizar estudios similares en otros cultivos frutales y hortalizas de manera de proponer soluciones sustentables y económicas al agricultor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Maza, A. G. (2013). *Aplicación Foliar de tres dosis de calcio y tres dosis de boro en el cultivo de fresa (Fragaria X ananassa. Duch) cultivar oso grande, bajo cubierta*. Universidad Técnica de Ambato.
- Agrota. (2021). *Tarafol Beca* (pp. 1–2).
- Ahmad, W., Niaz, A., Kanwal, S., y Khalid Rasheed, M. (2009). Role of boron in plant growth: a review. *J Ournal of Agricultural Reseacrh*, 47(3), 329–338.
- Araque-Castellanos, D., Cancino-Escalante, G., Hernandez-Contreras, D., y Chinchilla-Cardenas, D. (2021). Diversidad genética de *Rubus glaucus* Benth en el municipio de Pamplona (nororiente de Colombia). *Bistua Revista De La Facultad De Ciencias Basicas*, 19(2), 1–8.
<https://doi.org/10.24054/01204211.v2.n2.2021.1125>
- Babini, E., Marconi, S., Cozzolino, S., Ritota, M., Taglienti, A., Sequi, P., y Valentini, M. (2012). Bio-available silicon fertilization effects on strawberry shelf-life. *Acta Horticulturae*, 934, 815–818.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.934.107>
- Barlóg, P., Grzebisz, W., y Łukowiak, R. (2022). Fertilizers and Fertilization Strategies Mitigating Soil Factors Constraining Efficiency of Nitrogen in Plant Production. *Plants*, 11(14), 1–35. <https://doi.org/10.3390/plants11141855>
- Bautista-Montealegre, L. G., Bolaños-Benavides, M. M., Argüelles-Cárdenas, J. H., y Fischer, G. (2019). Fertilización con nitrógeno , fósforo , potasio y calcio en mora (*Rubus glaucus* Benth .): Efecto sobre Antracnosis bajo condiciones controladas. *Acta Agronómica*, 68(3), 228–236.
- Bibi, F., Ahmad, I., Bakhsh, A., Kiran, S., Danish, S., y Ullah, H. (2019). Effect of Foliar Application of Boron with Calcium and Potassium on Quality and Yield of Mango cv . Summer Bahisht (SB) Chaunsa. *Open Agriculture*, 4, 98–106.
- Brasil, E. C., Cravo, M. da S., y Viégas, I. de J. M. (2020). *Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará*.
- Cardona, W. A. (2019). Manual de nutrición del cultivo de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) bajo un esquema de buenas prácticas en fertilización integrada. In *Manual de nutrición del cultivo de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) bajo un esquema de buenas prácticas en fertilización integrada*. Agrosavia Editorial. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual-18>

- Cardona, W. A., García-muñoz, M. C., Botina-azain, B. L., Jiménez-ortega, P. E., y Franco-flórez, C. V. (2023). Calcium foliar fertilization and its effect on quality and shelf life in andean blackberry fruits (*Rubus glaucus* Benth.). *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 26(1), 1:e2083.
- Davis, J. M., Sanders, D. C., Nelson, P. V., Lengnick, L., y Sperry, W. J. (2003). Boron improves growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(3), 441–446. <https://doi.org/10.21273/jashs.128.3.0441>
- Dimkpa, C. O., Fugice, J., Singh, U., y Lewis, T. D. (2020). Development of fertilizers for enhanced nitrogen use efficiency – Trends and perspectives. *Science of the Total Environment*, 731, 139113. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139113>
- El Habbasha, S. F., y Ibrahim, F. M. (2015). Calcium: Physiological function, deficiency and absorption. *International Journal of ChemTech Research*, 8(12), 196–202.
- Figueroa, M. (2017). *Aplicación foliar de calcio en el cultivo de mora (Rubus glaucus Benth) y su influencia en la calidad y productividad del fruto, en el cantón Tulcán, Carchi-Ecuador*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- GAD Municipal. (2022). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado* (p. 372). Registro Oficial.
- Galeriani, T. M., Neves, G. O., Ferreira, S., Oliveira, R. N., Oliveira, L., Calonego, J. C., Alexandre, C., y Crusciol, C. (2022). Calcium and Boron Fertilization Improves Soybean Photosynthetic Efficiency and Grain Yield. *Plants*, 11, 1–13.
- Hepler, P. K. (2005). Calcium: A Central Regulator of Plant Growth and Development. *The Plant Cell*, 17, 2142–2155.
- Jezek, M., Zörb, C., Merkt, N., y Geilfus, C. M. (2018). Anthocyanin Management in Fruits by Fertilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(4), 753–764. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03813>
- Kumar, R., Patel, V. B., Raj, A., Sahay, S., Kumari, J., Singh, K., Prasad, M., y Sengupta, S. (2020). Effect of calcium, boron and sorbitol on fruit set, yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. langra. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1), 3011–3017. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1at.8729>
- López Gutiérrez, A. M., Marulanda Ángel, M. L., Gómez López, L. M., y Barrera Sánchez, C. F. (2019). *Rubus glaucus* Benth.: Morphology and floral biology aimed at plant breeding processes. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(3), 8909–8915. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.75910>

- Grijalba Rativa, C., Calderón Medellín, L. A., y Pérez Trujillo, M. (2010). Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 6(1), 24–41.
- Monroy Cárdenas, D., Cardona, W. A., García Muñoz, M., y Bolaños Benavides, M. (2019). Relationship between variable doses of N , P , K and Ca and the physicochemical and proximal characteristics of andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.). *Scientia Horticulturae*, 256, 108528.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.055>
- Montesano, F. F., D’Imperio, M., Parente, A., Cardinali, A., Renna, M., y Serio, F. (2016). Green bean biofortification for Si through soilless cultivation: Plant response and Si bioaccessibility in pods. *Scientific Reports*, 6, 1–9.
<https://doi.org/10.1038/srep31662>
- Nejad, S. A. G., y Etesami, H. (2019). The Importance of Boron in Plant Nutrition. In R. Deshmukh, D. K. Tripathi, y G. Guerreiro (Eds.), *Metalloids in Plants* (pp. 433–449). John Wiley y Sons, Inc.
<https://doi.org/10.1002/9781119487210.ch20>
- Normasiwi, S., Salamah, A., y Surya, M. I. (2021a). Morphological characteristics of Indonesian rubus flowers. *Biodiversitas*, 22(3), 1441–1447.
<https://doi.org/10.13057/BIODIV/D220347>
- Normasiwi, S., Salamah, A., y Surya, M. I. (2021b). Morphological characteristics of Indonesian rubus flowers. *Biodiversitas*, 22(3), 1441–1447.
<https://doi.org/10.13057/BIODIV/D220347>
- Racines-Oliva, M., Tamayo-Gutiérrez, E. A., Jarrín, M., Báez, F., y Tello, C. (2019). Alternativas de control orgánico in vitro para *Dactylonectria torresensis* en la mora de castilla (*Rubus glaucus*) en Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4), 67–77.
<https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.525>
- Rurinda, J., Zingore, S., Jibrin, J. M., Balemi, T., Masuki, K., Andersson, J. A., Pampolino, M. F., Mohammed, I., Mutegi, J., Kamara, A. Y., Vanlauwe, B., y Craufurd, P. Q. (2020). Science-based decision support for formulating crop fertilizer recommendations in sub-Saharan Africa. *Agricultural Systems*, 180, 102790. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102790>
- Sánchez Luna, D. (2020). *Evaluación de relaciones K/Ca en el crecimiento de zarzamora (Rubus sp.) cv Tupuy*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Sánchez-Morales, J. A., Villares-Jibaja, M., Niño-Ruiz, Z., y Ruilova, M. B. (2018). *Rubus glaucus* Benth en la región interandina del Ecuador. *Idesia*, 36(2), 209–215.

- Sánchez-Morales, J. A., Villares-Jibaja, X., y Niño-Ruiz, Z. (2018). Caracterización de la variabilidad fenotípica de mora (*Rubus glaucus*) en tres zonas productoras de la provincia Bolívar, Ecuador. *Revista de Investigación Talentos*, 514–524.
- Stamatakis, A., Papadantonakis, N., Lydakis-Simantiris, N., Kefalas, P., y Savvas, D. (2003). Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. *Acta Horticulturae*, 609, 141–147.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.18>
- Strik, B. C. (2008). A review of nitrogen nutrition of rubus. In P. Bañados y A. Dale (Eds.), *Acta Horticulturae* (Vol. 777, pp. 403–410).
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.777.61>
- Valentinuzzi, F., Mason, M., Scampicchio, M., Andreotti, C., Cesco, S., y Mimmo, T. (2015). Enhancement of the bioactive compound content in strawberry fruits grown under iron and phosphorus deficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(10), 2088–2094. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6924>
- White, P. J., y Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487–511. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>
- Wojcik, P. (2005). Response of primocane-fruiting “Polana” red raspberry to boron fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 28(10), 1821–1832.
<https://doi.org/10.1080/01904160500251191>

ANEXOS

Anexo 1. Fotos del ensayo



Figura 3

Labores culturales aplicados durante el ensayo



Figura 4

Conteo de flores em el cultivo despues de la aplicaci3n

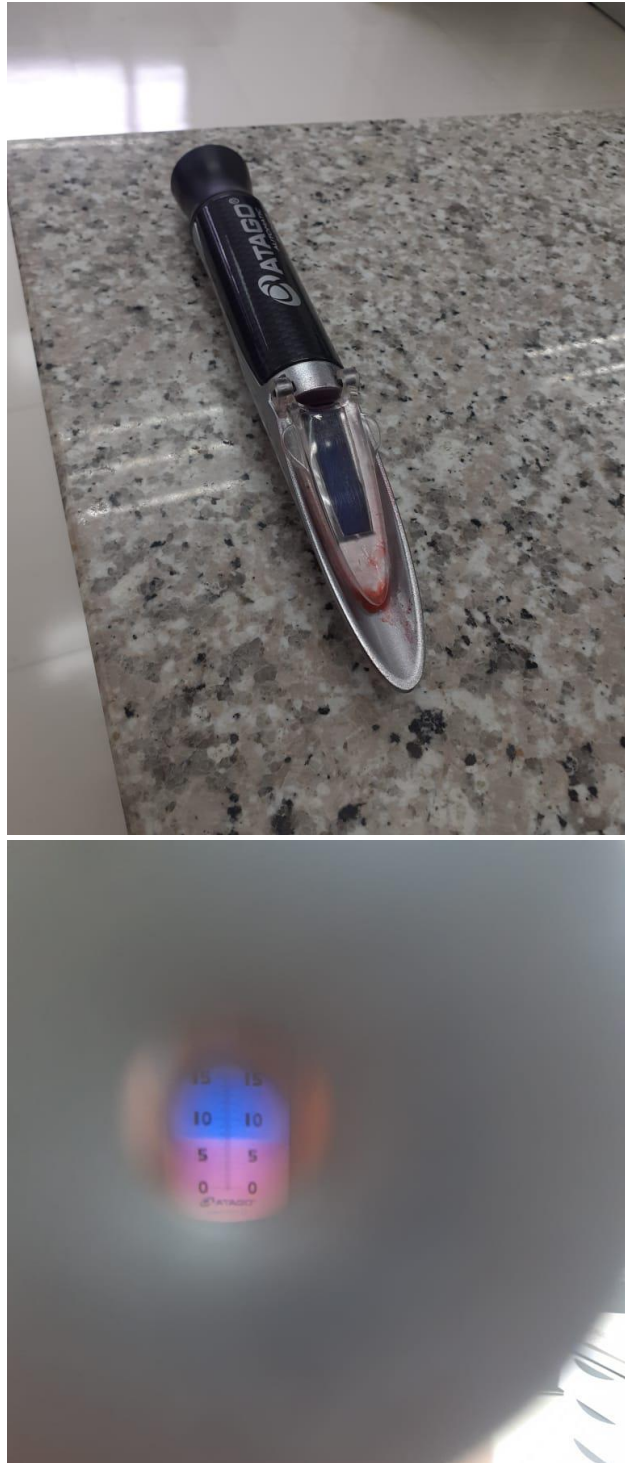


Figura 5

Evaluación de los grados Brix en frutos de mora



Figura 6

Medición del diámetro polar y diámetro ecuatorial en frutos de mora



Figura 7

Medición de la firmeza del fruto de mora



Figura 8

Pesado del fruto de mora



Figura 9

Productos usados en el ensayo

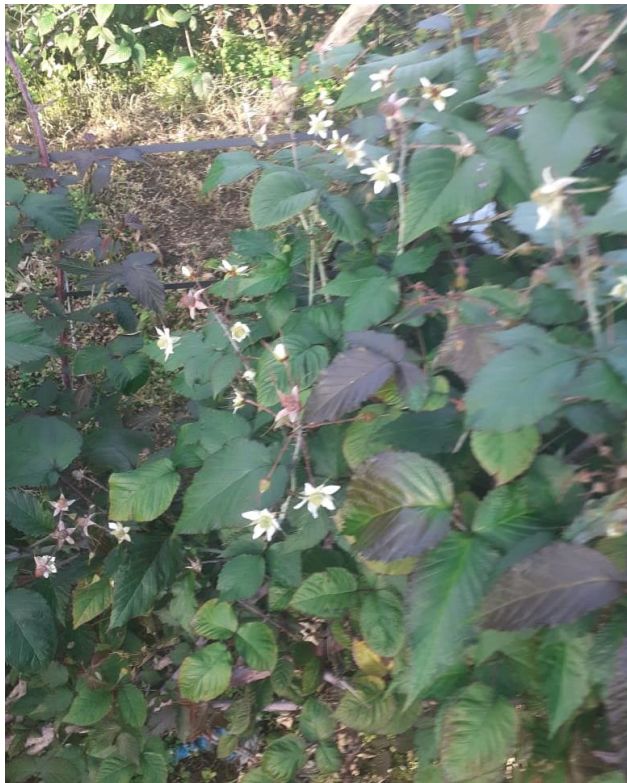


Figura 10

Aspecto general de las plantas de moras en flor



Figura 11

Plantas de mora con frutos cuajados

Anexo 2. Análisis estadísticos

ADEVA

Statistix 10,0

27/7/2023; 18:59:44

Completely Randomized AOV for Flores

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	6	312640	52106,7	1,93	0,032
Error	35	944713	26991,8		
Total	41	1257353			

Grand Mean 654,98 CV 25,08

Homogeneity of Variances

	F	P
Levene's Test	0,87	0,5297
O'Brien's Test	0,70	0,6552
Brown and Forsythe Test	0,40	0,8747

Tratamien	N	Mean	SE
1	6	569,50	67,072
2	6	673,83	67,072
3	6	687,00	67,072
4	6	620,33	67,072
5	6	775,83	67,072
6	5	764,80	73,474
7	7	532,29	62,096

Prueba de medias

Statistix 10,0

27/7/2023; 18:58:29

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Flores by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
5	775,83	A
6	764,80	AB
3	687,00	ABC
2	673,83	ABC
4	620,33	ABC
1	569,50	BC
7	532,29	C

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 91,404 TO
99,484

Critical T Value 2,030 Critical Value for Comparison 185,56 TO
201,96

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Resumen de estadísticos

Statistix 10,0

27/7/2023; 19:01:24

Breakdown for Flores

Variable	Level	Mean	SD
Tratamien	1	569,50	87,646
Tratamien	2	673,83	143,51
Tratamien	3	687,00	173,76

Tratamien	4	620,33	143,55
Tratamien	5	775,83	192,27
Tratamien	6	764,80	222,58
Tratamien	7	532,29	166,49
Overall		654,98	175,12

Cases Included 42 Missing Cases 0

ADEVA para peso de frutos, firmeza, °Brix, Diámetro polar y diámetro ecuatorial

Statistix 10,0

27/7/2023; 16:09:15

Factorial AOV Table for Peso

Source	DF	SS	MS	F	P
Producto	1	1,9837	1,98375	2,65	0,1230
Dosis	3	9,9879	3,32931	4,45	0,0187
Producto*Dosis	3	4,5046	1,50153	2,01	0,1537
Error	16	11,9733	0,74833		
Total	23	28,4496			

Grand Mean 8,5292
CV 10,14

Factorial AOV Table for Brix

Source	DF	SS	MS	F	P
Producto	1	0,0004	0,00042	0,00	0,9808
Dosis	3	1,4213	0,47375	0,68	0,5788
Producto*Dosis	3	0,1379	0,04597	0,07	0,9773
Error	16	11,2000	0,70000		
Total	23	12,7596			

Grand Mean 9,3792
CV 8,92

Factorial AOV Table for Firmeza

Source	DF	SS	MS	F	P
Producto	1	0,00482	0,00482	0,15	0,7009
Dosis	3	0,09925	0,03308	1,05	0,3972
Producto*Dosis	3	0,02245	0,00748	0,24	0,8688
Error	16	0,50373	0,03148		
Total	23	0,63025			

Grand Mean 1,0525
CV 16,86

Factorial AOV Table for DiamP

Source	DF	SS	MS	F	P
Producto	1	45,348	45,3475	10,34	0,0054
Dosis	3	19,136	6,3788	1,45	0,2645
Producto*Dosis	3	16,637	5,5457	1,26	0,3201
Error	16	70,193	4,3871		
Total	23	151,314			

Grand Mean 25,822
CV 8,11

Factorial AOV Table for DiamE

Source	DF	SS	MS	F	P
Producto	1	1,9154	1,91535	0,66	0,4270
Dosis	3	29,6446	9,88152	3,43	0,0426
Producto*Dosis	3	6,4459	2,14863	0,75	0,5407
Error	16	46,1295	2,88310		
Total	23	84,1353			
Grand Mean	19,347				
CV	8,78				

Prueba de medias

Statistix 10,0

27/7/2023; 16:10:29

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Producto

Producto	Mean	Homogeneous Groups
2	8,8167	A
1	8,2417	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,3532
Critical Q Value 2,999 Critical Value for Comparison 0,7490
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Dosis

Dosis	Mean	Homogeneous Groups
3	9,3333	A
2	8,9833	AB
1	8,0000	AB
4	7,8000	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,4994
Critical Q Value 4,047 Critical Value for Comparison 1,4292
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso for Producto*Dosis

Producto Dosis	Mean	Homogeneous Groups
2 3	10,367	A
2 2	9,100	AB
1 2	8,867	AB
1 3	8,300	AB
2 1	8,000	AB
1 1	8,000	AB
1 4	7,800	B
2 4	7,800	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,7063
Critical Q Value 4,903 Critical Value for Comparison 2,4487
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Brix for Producto

Producto Mean Homogeneous Groups

1	9,3833	A
2	9,3750	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,3416

Critical Q Value 2,999 Critical Value for Comparison 0,7244

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Brix for Dosis**Dosis Mean Homogeneous Groups**

2	9,6500	A
1	9,5167	A
3	9,3500	A
4	9,0000	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,4830

Critical Q Value 4,047 Critical Value for Comparison 1,3822

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Brix for Producto*Dosis**Producto Dosis Mean Homogeneous Groups**

2	2	9,7667	A
1	1	9,5667	A
1	2	9,5333	A
2	1	9,4667	A
1	3	9,4333	A
2	3	9,2667	A
1	4	9,0000	A
2	4	9,0000	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,6831

Critical Q Value 4,903 Critical Value for Comparison 2,3683

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Firmeza for Producto**Producto Mean Homogeneous Groups**

1	1,0667	A
2	1,0383	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,0724

Critical Q Value 2,999 Critical Value for Comparison 0,1536

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Firmeza for Dosis**Dosis Mean Homogeneous Groups**

1	1,1333	A
2	1,0633	A
3	1,0600	A
4	0,9533	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,1024

Critical Q Value 4,047 Critical Value for Comparison 0,2931

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Firmeza for Producto*Dosis

Producto	Dosis	Mean	Homogeneous Groups
1	1	1,2000	A
2	2	1,0733	A
2	1	1,0667	A
1	3	1,0600	A
2	3	1,0600	A
1	2	1,0533	A
1	4	0,9533	A
2	4	0,9533	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,1449
 Critical Q Value 4,903 Critical Value for Comparison 0,5023
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamP for Producto

Producto	Mean	Homogeneous Groups
2	27,197	A
1	24,447	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,8551
 Critical Q Value 2,999 Critical Value for Comparison 1,8136
 All 2 means are significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamP for Dosis

Dosis	Mean	Homogeneous Groups
3	26,935	A
4	26,107	A
2	25,792	A
1	24,455	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,2093
 Critical Q Value 4,047 Critical Value for Comparison 3,4603
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamP for Producto*Dosis

Producto	Dosis	Mean	Homogeneous Groups
2	3	28,357	A
2	2	27,833	AB
2	1	26,490	AB
1	4	26,107	AB
2	4	26,107	AB
1	3	25,513	AB
1	2	23,750	AB
1	1	22,420	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,7102
 Critical Q Value 4,903 Critical Value for Comparison 5,9290
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamE for Producto

Producto	Mean	Homogeneous Groups
2	19,629	A

1 19,064 A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,6932
 Critical Q Value 2,999 Critical Value for Comparison 1,4702
 There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamE for Dosis

Dosis	Mean	Homogeneous Groups
1	21,158	A
3	19,075	AB
4	19,023	AB
2	18,130	B

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 0,9803
 Critical Q Value 4,047 Critical Value for Comparison 2,8052
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of DiamE for Producto*Dosis

Producto Dosis	Mean	Homogeneous Groups
2 1	22,133	A
1 1	20,183	A
2 3	19,617	A
1 4	19,023	A
2 4	19,023	A
1 3	18,533	A
1 2	18,517	A
2 2	17,743	A

Alpha 0,05 Standard Error for Comparison 1,3864
 Critical Q Value 4,903 Critical Value for Comparison 4,8064
 There are no significant pairwise differences among the means.

Statistix 10,0 27/7/2023; 16:11:39

Breakdown for Peso

Variable	Level	Mean	SD	SE
Dosis	1	8,0000	0,8185	0,4726
Dosis	2	8,8667	1,5631	0,9025
Dosis	3	8,3000	0,9000	0,5196
Dosis	4	7,8000	0,8718	0,5033
Producto	1	8,2417	1,0140	0,2927
Dosis	1	8,0000	0,5568	0,3215
Dosis	2	9,1000	0,4583	0,2646
Dosis	3	10,367	0,1528	0,0882
Dosis	4	7,8000	0,8718	0,5033
Producto	2	8,8167	1,1738	0,3389
Overall		8,5292	1,1122	0,2270

Cases Included 24 Missing Cases 0

Breakdown for Brix

Variable	Level	Mean	SD	SE
Dosis	1	9,5667	0,3786	0,2186

Dosis	2	9,5333	0,9815	0,5667
Dosis	3	9,4333	0,7638	0,4410
Dosis	4	9,0000	0,9539	0,5508
Producto	1	9,3833	0,7272	0,2099
Dosis	1	9,4667	1,0116	0,5840
Dosis	2	9,7667	0,4041	0,2333
Dosis	3	9,2667	0,9504	0,5487
Dosis	4	9,0000	0,9539	0,5508
Producto	2	9,3750	0,7944	0,2293
Overall		9,3792	0,7448	0,1520

Cases Included 24 Missing Cases 0

Breakdown for Firmeza

Variable	Level	Mean	SD	SE
Dosis	1	1,2000	0,3464	0,2000
Dosis	2	1,0533	0,0462	0,0267
Dosis	3	1,0600	0,0200	0,0115
Dosis	4	0,9533	0,1332	0,0769
Producto	1	1,0667	0,1842	0,0532
Dosis	1	1,0667	0,3055	0,1764
Dosis	2	1,0733	0,0115	6,667E-03
Dosis	3	1,0600	0,0200	0,0115
Dosis	4	0,9533	0,1332	0,0769
Producto	2	1,0383	0,1515	0,0437
Overall		1,0525	0,1655	0,0338

Cases Included 24 Missing Cases 0

Breakdown for DiamP

Variable	Level	Mean	SD	SE
Dosis	1	22,420	2,5805	1,4899
Dosis	2	23,750	2,7107	1,5650
Dosis	3	25,513	2,0719	1,1962
Dosis	4	26,107	1,0051	0,5803
Producto	1	24,447	2,4136	0,6967
Dosis	1	26,490	0,2685	0,1550
Dosis	2	27,833	2,3356	1,3485
Dosis	3	28,357	3,0413	1,7559
Dosis	4	26,107	1,0051	0,5803
Producto	2	27,197	1,9514	0,5633
Overall		25,822	2,5649	0,5236

Cases Included 24 Missing Cases 0

Breakdown for DiamE

Variable	Level	Mean	SD	SE
Dosis	1	20,183	0,1185	0,0684
Dosis	2	18,517	2,7771	1,6034
Dosis	3	18,533	2,4133	1,3933
Dosis	4	19,023	1,3952	0,8055
Producto	1	19,064	1,8216	0,5259
Dosis	1	22,133	0,8505	0,4910

Dosis	2	17,743	1,6385	0,9460
Dosis	3	19,617	1,4876	0,8589
Dosis	4	19,023	1,3952	0,8055
Producto	2	19,629	2,0387	0,5885
Overall		19,347	1,9126	0,3904

Cases Included 24 Missing Cases 0