



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES

CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

## TITULO

Efecto de la fertilización mineral en diferentes momentos de aplicación sobre la floración y producción de *Rubus glaucus* Benth, en la parroquia Imbana.

Tesis previa a la obtención del  
título de Ingeniero Agrónomo

Autor: Karla Jazmín Asanza Espinoza

Director: Ing. Johnny Fernando Granja Travez Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2020

## CERTIFICADO

Ing. Johnny Fernando Granja Travez Mg. Sc

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de tesis titulado: **“Efecto de la fertilización mineral en diferentes momentos de aplicación sobre la floración y producción de *Rubus glaucus* Benth, en la parroquia Imbana”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, del egresado: Karla Jazmín Asanza Espinoza, se autoriza su presentación debido a que el mismo se sujeta a las normas y reglamentos generales de graduación exigido por la carrera de Ingeniería Agronómica.

En mi calidad de Director de Tesis certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio del egresado.

Loja, 24 agosto de 2020



Firmado electrónicamente por:

JOHNNY FERNANDO  
GRANJA TRAVEZ

Ing. Johnny Fernando Granja Travez Mg. Sc

**DIRECTOR DE TESIS**



## CERTIFICACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: **“Efecto de la fertilización mineral en diferentes momentos de aplicación sobre la floración y producción de *Rubus glaucus* Benth, en la parroquia Imbana”** de la autoría de la egresada Karla Jazmín Asanza Espinoza, de la carrera de Ingeniería Agronómica, la cual se le propuso realizar unas correcciones, mismas que han sido incluidas en el documento final.

En tal virtud, nos permitimos certificar que el trabajo final consolidado de investigación está acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Renovables, por lo tanto, se autoriza continuar los trámites pertinentes.

Loja, 13 de noviembre de 2020



Firmado electrónicamente por:  
**MIRIAN IRENE  
CAPA MOROCHO**

---

Ing. Mirian Irene Capa Morocho PhD.,  
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:  
**NOHEMI DEL  
CARMEN JUMBO  
BENITEZ**

---

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez Mg.Sc.,  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MARINA  
MAZON  
MORALES

Firmado digitalmente por  
MARINA MAZON MORALES  
Fecha: 2020.11.13 16:13:50  
-05'00'

---

Blgo. Marina Mazón PhD.,  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## AUTORIA

“Yo, Karla Jazmín Asanza Espinoza, declaro ser el autor del presente TRABAJO DE TESIS y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes Jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Declaro, que durante la investigación y elaboración de la tesis el uso de referencias publicadas por otros autores cumplió con las normas y regulaciones establecidas.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.”

Loja, 16 de noviembre de 2020

**KARLA JAZMÍN ASANZA ESPINOZA**



Firmado electrónicamente por:

**KARLA  
JAZMIN  
ASANZA  
ESPINOZA**

---

Cédula:0706083292

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Karla Jazmín Asanza Espinoza, declaro ser el autor de la tesis titulada “**Efecto de la fertilización mineral en diferentes momentos de aplicación sobre la floración y producción de *Rubus glaucus* Benth, en la parroquia Imbana**”,” como requisito para optar al grado de Ingeniero Agrónomo, por lo que autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre a mundo la publicación intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden hacer uso de este trabajo investigativo en las redes de información del país (RID) y del exterior, con las que mantenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio de dicha tesis que realice una tercera persona.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los dieciséis días del mes de noviembre del dos mil veinte, firma la autora:

### DATOS AUTOR

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**KARLA  
JAZMIN  
ASANZA  
ESPINOZA**

Autor: Karla Jazmin Asanza Espinoza

Cédula: 0706083292

Dirección: Huertas, Zaruma

Correo electrónico:

karlajazminasanz@gmail.com

Celular: 0967380462

### DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Johnny Fernando  
Granja

Tribunal de grado:

Miriam Irene Capa **PRESIDENTE**

Marina Mazón **VOCAL**

Nohemi Jumbo **VOCAL**

## **AGRADECIMIENTO**

De manera especial, a mis padres Mariana Espinoza y Angel Asanza, y mis hermanos Verónica y Andrés por su apoyo incondicional, motivación y esfuerzo durante el transcurso de la carrera.

A la familia Guamán-Lozano por su acogida en su propiedad y hogar, predisposición y cuidados realizados al cultivo para desarrollar la fase de campo y por supuesto a mi compañera Thalía Figueroa, sin duda, el esfuerzo, los viajes y situaciones adversas no hubiesen sido los mismo sin ella, gracias.

Mi sincero agradecimiento a la Ing. Beatriz Guerrero técnica del laboratorio de Bromatología, por su gentileza y admirable entrega: De igual forma, a mi director de tesis el Ing. Johnny Fernando Granja Mg. Sc., por su dirección y revisión del presente trabajo.

A la mejor bióloga e investigadora, Marina Mazón por su paciencia, ayuda y motivación para la culminación de este trabajo. Muy emotivamente a Arianna, Paola, Pamela, Leonardo y Ricardo por su amistad, ayuda y preocupación, durante mi etapa estudiantil.

## **DEDICATORIA**

*Con mucho cariño y respeto a mis padres por su confianza, entrega y esfuerzo en el transcurso de la carrera hasta que esté día llegara, además por demostrarme que con perseverancia y sacrificio se forjan los sueños.*

***Karla Jazmín***

## INDICE GENERAL

CERTIFICADO.....	II
CERTIFICACIÓN TRIBUNAL DE GRADO.....	III
AUTORIA .....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA.....	VII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT .....	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.1.1. Origen y distribución.....	3
2.1.2. Clasificación taxonómica .....	3
2.1.3. Descripción botánica.....	4
2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	4
2.2. Ecofisiología .....	5
2.2.1. Fenología de la mora.....	5
2.2.2. Parámetros productivos .....	7
2.2.3. Parámetros de calidad.....	8
2.3. Nutrición de la mora .....	9
2.3.1. Momento de aplicación.....	9
2.3.2. Nitrógeno (N).....	10
2.3.3. Fósforo (P).....	11
2.3.4. Potasio (K).....	12
2.3.5. Calcio (Ca).....	12
2.3.6. Magnesio (Mg).....	13
2.3.7. Zinc (Zn).....	13
2.3.8. Boro (B).....	14



3.	METODOLOGÍA.....	15
2.4.	Ubicación.....	15
2.5.	Tratamientos y diseño experimental.....	16
2.6.	Métodos.....	18
4.	RESULTADOS.....	25
4.1.	VARIABLES FISIOLÓGICAS.....	25
4.1.1.	Eficiencia agronómica del nitrógeno.....	25
4.1.2.	Eficiencia fisiológica del nitrógeno.....	26
4.1.3.	Diámetro del raquis.....	26
4.1.4.	Largo de brote.....	28
4.1.5.	Incremento del largo de brote.....	29
4.1.6.	Tasas de crecimiento absoluto y relativo.....	30
4.1.7.	Descripción fenológica en relación a la integral térmica.....	31
4.1.8.	Clasificación de los frutos por categorías.....	33
4.1.9.	Análisis de pH del suelo.....	34
4.1.10.	Contenido de minerales del suelo.....	34
4.2.	VARIABLES PRODUCTIVAS.....	35
4.2.1.	Carga frutal.....	36
4.3.	Análisis de calidad.....	37
4.4.	Relación % semilla-pulpa.....	38
5.	DISCUSIÓN.....	40
6.	CONCLUSIONES.....	46
7.	RECOMENDACIONES.....	47
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	48
9.	ANEXOS.....	57

**Efecto de la fertilización mineral en diferentes momentos de aplicación sobre la floración y producción de *Rubus glaucus* Benth, en la parroquia Imbana.**

## RESUMEN

En los últimos años la demanda de mora (*Rubus glaucus*) se ha incrementado debido a su importancia social y potencial nutritivo. En Ecuador, el rendimiento se encuentra por debajo del promedio mundial; debido principalmente a un manejo agronómico deficiente, falta de información técnica de base, ambigüedad sobre la fertilización integral y su relación a la fenología. Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar dichos efectos y cómo influyen en la producción y calidad de la fruta. Con el objetivo de evaluar los efectos de la fertilización mineral, con macro y micro elementos aplicados en diferentes momentos fenológicos (MF) como prefloración, floración y poscujaja sobre los parámetros productivos y de calidad de mora. Se ejecutó un ensayo de campo en la parroquia Imbana, provincia de Zamora Chinchipe, por un período de 5 meses bajo un diseño completamente al azar con siete tratamientos: 1 (N, P, K aplicado en 3MF), 2 (N, P, K aplicados en 2MF), 3 (Ca, Mg, Zn, B, S, N, P, K aplicados en 3MF), 4 (Ca, Mg, Zn, B, S aplicados en 2MF), 5 (N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, S aplicados en 3MF), 6 (N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, S aplicados en 2MF) y testigo sin aplicación de tratamiento, con cuatro repeticiones. Se evaluaron variables a nivel morfológico, fisiológico, productivo y de calidad.

Los resultados indicaron que, la fertilización con Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en prefloración y poscujaja incrementó el peso de los frutos, obtuvo frutos de 5,19 g, mejoró el diámetro (25,13 mm) y longitud (18,26 mm), consiguiendo frutos de calibre grande; para los parámetros productivos y bromatológicos de la fruta no se evidenciaron diferencias significativas, por tanto, no se constata un efecto claro de la fertilización mineral fraccionada en dos o tres momentos sobre dichos parámetros para estas condiciones de cultivo.

**Palabras clave:** fertilización, mora, fenología, nutrición

## ABSTRACT

Lastly, the demand for blackberry (*Rubus glaucus*) has increased due to its social importance and nutritional potential. In Ecuador, the yield is below the world average; mainly, due to poor agronomic management, lack of basic technical information, ambiguity about integral fertilization and its relationship to phenology. Therefore, the need arises to evaluate these effects and how they influence the production and quality of the fruit. In order to determine the effects of mineral fertilization, with macro and micro elements applied at different phenological moments such as pre-flowering, flowering and post-fruit setting on the blackberry quality and production parameters. A field trial was carried out in the Imbana parish, province of Zamora Chinchipe, for a period of 5 months under a completely randomized design with seven treatments: 1 (N, P, K applied in 3MF), 2 (N, P, K applied in 2MF), 3 (Ca, Mg, Zn, B, S, N, P, K applied in 3MF), 4 (Ca, Mg, Zn, B, S applied in 2MF), 5 (N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, S applied in 3MF), 6 (N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, S applied in 2MF) and control, with four repetitions. Variables were evaluated at the morphological, physiological, productive and quality levels.

The results indicate that the fertilization with Ca, Mg, Zn, B, S supplied in pre-flowering and post-setting increased the weight of the fruits, aimed at fruits with 5.19 g as well as improved the diameter (25.13 mm) and length (18.26 mm), which translates into large caliber fruits, according to INEN 2427. While, for the productive and quality parameters of the fruit, no significant differences were evidenced, therefore, there is no clear effect of the fractionated mineral fertilization in two or three moments on these parameters for these growing conditions.

**Keywords:** fertilization, blackberry, phenology, nutrients

## 1. INTRODUCCIÓN

La mora es un cultivo andino de importancia económica, social, ecológica y nutricional en los países que son atravesados por la cordillera de los Andes (Grijalba, Calderón y Pérez, 2016). Posee una amplia gama de posibilidades culinarias, potencial nutritivo, presencia de abundantes pigmentos naturales (antocianinas y carotenoides) y vitaminas C y E de acción antioxidante (Ligia, López y García, 2010).

La producción de este fruto no tradicional en Ecuador se concentra en la sierra, donde se reportan alrededor de 5 247 ha de mora, con un rendimiento de 5 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, valor que se encuentra por debajo de la producción media mundial: Colombia, uno de los mayores productores de Latinoamérica, tiene un rendimiento de 18 a 20 t ha<sup>-1</sup> anuales (Sandoval y Bonilla, 2015). Actualmente, la mora que se encuentra establecida en Ecuador se produce con una mezcla de materiales vegetales diversos y con prácticas de manejo agronómico deficientes, requiriendo urgente un manejo tecnificado (Cardona *et al.*, 2018). Por ejemplo, el estudio de la fertilización en este cultivo se encuentra en etapas iniciales, y aún existen grandes diferencias en las aplicaciones de fertilizantes referente a fuentes y cantidades, por lo que conocer los requerimientos nutricionales de este cultivo es imprescindible. La aplicación de nutrientes en frutales produce mayor cantidad y uniformidad de flores, y mejora la calidad de frutos y el rendimiento. Los macro y microelementos ejercen efectos fisiológicos específicos durante el desarrollo de la planta, por tal razón se debe considerar el momento de la fertilización (Valverde *et al.* 2016), para así suministrar los nutrientes en función de la demanda de cada estado fenológico de la planta, es decir, dosificar en momentos claves, para aplicar cada cantidad y tipo de nutriente oportuno, lo que optimizará las funciones fisiológicas de la planta.

Con base en los estudios revisados, se evaluó los efectos de la fertilización mineral en diferentes momentos de aplicación sobre los parámetros productivos y de calidad de *Rubus glaucus* Benth en la parroquia Imbana, un sector sensible ya que junto a Sabanilla, San Lucas y Jimbilla, pertenecen al Bosque Protector Corazón de Oro, donde existen alrededor

de 5 nacimientos de cuencas hidrográficas que sirven de abasto de agua a gran parte de Loja, por ende al generar una alternativa de aprovechamiento de los recursos establecidos se controla la expansión de la superficie cultivada, lo que permite la conservación del bosque natural y del páramo. Dentro del ámbito socioeconómico se pretende aumentar la rentabilidad y la calidad del cultivo de mora, lo que mejora la calidad de vida de los productores, y además, se generan fuentes de empleo para los habitantes de la zona y de manera indirecta permite reducir la migración desde las zonas rurales hasta las ciudades.

En este contexto, el presente estudio pretende analizar si, la fertilización mineral suministrada en diferentes momentos fenológicos mejoran las características morfológicas, fisiológicas, productivas y bromatológicas en el cultivo de mora de castilla. A fin de cumplir el propósito de esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Evaluar los efectos de la fertilización mineral en diferentes momentos de aplicación sobre los parámetros productivos y de calidad de *Rubus glaucus* Beth en la parroquia Imbana

**Objetivos específicos:**

- Demostrar los efectos de la fertilización mineral en diferentes momentos de aplicación sobre las variables productivas de *Rubus glaucus* B.
- Evaluar el efecto que produce sobre calidad del fruto de *Rubus glaucus* B. la aplicación de fertilizantes minerales en diferentes momentos.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Generalidades

#### 2.1.1. Origen y distribución

La mora andina o zarzamora es una planta perenne, nativa de la cordillera de los Andes Ecuatorianos y Colombianos (Valencia *et al.*, 2016), ampliamente cultivada en Sudamérica para su consumo en fresco o en producto transformado (Monroy *et al.*, 2019). La producción de mora en Ecuador se encuentra en zonas con altitudes que oscilan entre 2 200 y 3 200 m.s.n.m., siendo Tungurahua y Bolívar las provincias con mayor escala de producción (Viteri *et al.*, 2016).

#### 2.1.2. Clasificación taxonómica

*Rubus glaucus* pertenece al género *Rubus*, del cual existen alrededor de 700 especies distribuidas a nivel mundial (Hao *et al.*, 2017). En Ecuador, de acuerdo con Viteri *et al.* (2016), se reportan 21 especies. Su clasificación taxonómica corresponde a lo siguiente:

División: Espermatófito

Tipo: Angiosperma

Clase: dicotiledónea

Sub clase: Dialipétala

Orden: Rosales

Familia: Rosáceas

Género: *Rubus*

Especie: *Rubus glaucus* Benth

Nombre común: Mora de castilla, mora, zarzamora.

### 2.1.3. Descripción botánica.

La planta de mora es perenne, arbustiva, semierecta con tallos semierguidos que forman macollas. Con **raíces** racimosas poco profundas distribuidas en los primeros 30 cm cuya disposición es horizontal y con longitud de 0,5 a 1,2 m (Figuroa, 2017). Este órgano presenta yemas que permiten la propagación vegetativa, capaces de activarse produciendo nuevos brotes (Martínez *et al.*, 2013). Los **tallos** son cilíndricos, glabros y glaucos, están cubiertos por espinas curvas; referente a las **hojas**, son compuestas, trifoliadas, con folíolo lanceolado de 5 a 12 cm, de borde aserrado, el haz es verde oscuro sin vellosidades, mientras que el envés es blanquecino, las nervaduras presentan espinas (Ayala *et al.*, 2013). Por otra parte, Franco y Giraldo (2009) sostiene que las **flores** son blancas de 2 a 2,5 cm de diámetro dispuestas en racimos terminales. Las flores son compuestas y actinomorfas, poseen 5 sépalos y 5 pétalos, con múltiples estambres, carpelos libres pero unidos al receptáculo (Figuroa, 2017). La polinización de las flores de mora es entomófila, principalmente por abejas, entre ellas se destacan *Trigona* sp y *Apis mellifera* L como agentes polinizadores (Finn y Clark, 2012).

El **fruto** es la parte comercial de este cultivo andino, es compuesto y agregado, formado por 70 a 100 drupas, de tamaño variable. Una característica relevante es que la maduración es desigual y continua debido a la heterogeneidad de la floración, posee épocas de mayor producción en intervalos de 5 a 6 meses (Casierra y Fischer, 2012; Undurraga y Vargas, 2013).

### 2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

Como lo indican Pérez y Vázquez (2003), una de las limitantes para el cultivo de la mora es el requerimiento de frío de las plantas, adaptándose a temperaturas que oscilan entre 11 y 18° C, no obstante, a mayor temperatura es mayor el crecimiento vegetativo (Martínez *et*



*al.*, 2016); se adapta desde los 1 200 m.s.n.m. hasta 3 500 m.s.n.m (Morales y Villegas, 2012). Según Franco y Giraldo (2009) si la altitud supera los 2 400 m.s.n.m. el rendimiento y los parámetros de calidad de la fruta disminuyen, a pesar de que en Ecuador se reporta que entre los 2 500 y 3 500 m.s.n.m. la planta presenta mejor desarrollo, mientras que en altitudes inferiores el cultivo tiene problemas fitosanitarios como mildiu polvoso, mosca de la fruta y ácaros (Viteri *et al.*, 2016). En cuanto a la humedad relativa se recomiendan zonas con rangos entre 70 y 80 %, ya que en ambientes muy húmedos es frecuente la presencia de enfermedades y pudrición del fruto (Bejarano, 1992; Martínez *et al.*, 2007). La precipitación adecuada oscila entre los 1 200 y 2 500 mm anuales (Aguinaga y Guanotuña, 2013), además requiere de 1 200 a 1 600 horas de brillo solar (Cardona *et al.*, 2018).

Cárdenas (2013) señala que el cultivo de la mora demanda un suelo con buen drenaje y óptima disponibilidad de agua, por lo que se recomiendan suelos de textura franca. La profundidad efectiva en el suelo no debe ser menor a un metro y con un pH entre 5,5 y 6,5 encontrándose un rendimiento óptimo en suelos con un pH de 5,7 y 5,8 (Morales, 2009).

## **2.2. Ecofisiología**

### **2.2.1. Fenología de la mora.**

La fenología es el estudio de los fenómenos naturales cíclicos y estacionales, que dependen de factores genéticos y de las condiciones ambientales y climáticas. Así, el conocimiento de la fenología de las moras describe los detalles del ciclo de crecimiento de la planta, permitiendo determinar el momento óptimo para realizar prácticas de cultivo o verificar la ocurrencia de un evento importante como heladas o sequías asociadas a etapas bien definidas (Hussain *et al.*, 2016; Lugaresi *et al.*, 2018).

El cultivo de mora logra presentar estados fenológicos simultáneos: crecimiento vegetativo, reproductivo y productivo, lo que permite la producción durante todo el año. Sin embargo, esta condición limita la aplicación homogénea de nutrientes durante todo el ciclo del cultivo (Cardona, 2019). La etapa vegetativa corresponde a la germinación de la semilla o

inicio de una nueva planta por acodo o estaca, para posteriormente ser trasplantada a campo, teniendo una duración entre seis y siete meses (Franco y Giraldo, 2002).

Durante el crecimiento reproductivo, el fruto se forma y es posterior a la etapa vegetativa. Generalmente, tienen que transcurrir seis días para que se transforme de yema a botón floral, 23 días del inicio de floración a la apertura de flor, cinco días de la apertura floral a la polinización, ocho días desde el momento que ocurre la polinización hasta la formación del fruto y, finalmente, 40 días desde que se forma el fruto hasta que ocurre la cosecha de la planta, para un total de 82 días en promedio. En cambio, la etapa productiva (cuando inicia la producción), sucede entre nueve y diez meses después del trasplante, la cual se incrementa hasta estabilizarse en el mes 15 (Franco y Giraldo, 2002).

En la Tabla 1 se presentan las fases fenológicas de la mora de castilla, según un estudio realizado por Graber (1997), donde estableció una tabla de nueve fases y subfases. En cuanto a la duración de cada etapa fenológica, estudios realizados en diferentes lugares de Ecuador demuestran que puede ser variable en función de factores climáticos, pero en general se observa que, a medida que la temperatura se incrementa, la duración en tiempo de los estados fenológicos se reduce (Viteri *et al.*, 2016).

**Tabla 1.** Descripción de cada uno de los estados fenológicos del cultivo de mora, establecido por Graber (1997).

<b>ESTADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>A1</b>	Yema inicial Mayor diámetro que longitud, café – verde
<b>A2</b>	Yema hinchada Mayor longitud que diámetro, verde – café
<b>B1</b>	Inicio de floración
<b>B2</b>	Flor completamente abierta
<b>C1</b>	Inicio de polinización Caída de los pétalos Estambres de color verde Sépalos erectos

<b>C2</b>	Polinización Pétalos completamente caídos Pistilos de color blanquecinos y estambres de color café
<b>D1</b>	Fruto fecundado Pistilos rojos, al interior se ve el fruto verde Mantiene los sépalos
<b>E</b>	Frutos rojos en desarrollo Mantiene los sépalos
<b>F</b>	Frutos maduros, de color negro – rojizo.

### 2.2.2. Parámetros productivos

Los parámetros productivos se calculan con base en los datos del comportamiento del rendimiento del cultivo, para lo cual se debe llevar a cabo un registro de producción (Itza y Ciro, 2016), tal como: la cantidad de ramas productivas, peso promedio de la fruta, número de frutos por planta, producción por superficie sembrada, peso de frutos por planta y porcentaje de amarre y cuaje (Bermudes, 2011).

Cardona (2019) sostiene que dosis desbalanceadas de macronutrientes influyen de forma negativa sobre el rendimiento de mora, pero se ha demostrado que dosis medias de macroelementos superan las 28 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. El cultivo de mora de castilla requiere K en situaciones de alta productividad, se revelan casos en los que proporciona incrementos en la producción (Antunes *et al.*, 2014; Croge *et al.*, 2016).

Los microelementos también intervienen de forma específica en la etapas reproductiva y productiva del cultivo. Es así que el zinc incide en los procesos del llenado y elongación del fruto, además de su influencia en la floración, donde afecta el crecimiento de las flores (Marín y Rodríguez, 2001; Naranjo, 2016). Así mismo, se destaca la función del B en prefloración o durante el período de iniciación de las yemas florales, ya que puede aumentar significativamente el porcentaje de flores perfectas, el cuajado de los frutos y el

rendimiento (Perica *et al.*, 2001; Gill *et al.*, 2012), mientras que su deficiencia se traduce en frutos de menor peso fresco.

### **2.2.3. Parámetros de calidad.**

La calidad de los frutos es un factor determinante para su comercialización. La calidad hace referencia no solo a frutos sin daños, de aspecto homogéneo o de larga vida comercial, sino que busca otro aspecto que el consumidor espera percibir a través de sus sentidos, es decir, la calidad organoléptica: el sabor (contenidos de azúcares, contenidos en ácidos), la firmeza, el color y el aroma. La calidad de las frutas está determinada principalmente por el genotipo, que responde al manejo agronómico del cultivo, cosecha y almacenamiento. Es un desafío para los agricultores y para la industria mantener la calidad de la fructificación de la cosecha a la mesa (Salgado y Clark, 2016; Segantini *et al.*, 2017).

El total de sólidos solubles representa el contenido de azúcar de las frutas, el cual se ve fuertemente afectado por las condiciones ambientales. Así, como lo afirma Anttonen (2007) las altas temperaturas también pueden reducir los sólidos solubles totales y la firmeza. Del mismo modo, la fertilización influye en el metabolismo de la planta, de forma que, por ejemplo, niveles más altos de fertilización reducen el contenido fenólico en las bayas (Anttonen *et al.*, 2006; Horvitz *et al.*, 2017). La acidez es otro factor fundamental que afecta al sabor; en mora, el ácido predominante es el ácido cítrico (Ayala *et al.*, 2013), y mientras los azúcares aumentan a medida que el fruto madura, el ácido disminuye, y además se degrada rápidamente después de la recolección.

La firmeza, además de que varía con el cultivar, está en función de la nutrición, etapa de madurez y la duración del almacenamiento (Clark y Finn, 2014; Perkins *et al.*, 1996). De este modo, Brummell (2006) asevera que la firmeza está relacionada con las modificaciones de los componentes polisacáridos de la pared celular primaria y la laminilla media durante la maduración de la fruta, lo que resulta en una estructura de la fruta más débil al final del proceso de maduración.

Referente al color de la fruta fresca, este se debe a la presencia de distintos compuestos, principalmente pigmentos orgánicos naturales; el color tiene una fuerte relación con cambios químicos como el índice de madurez (Iza, *et al.*, 2017). Según la NTE INEN 2427 existen 6 grados de madurez (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2010; Carvajal *et al.*, 2012). Entre otros factores, se ha demostrado que eficientes aplicaciones de N permiten desarrollar frutos con características óptimas de color, sabor, textura y calidad nutritiva de la fruta (Monroy *et al.*, 2019).

### **2.3. Nutrición de la mora**

Algunos estudios mostraron que el contenido de nutrientes en la planta y la relación entre dos o más nutrientes podrían afectar el crecimiento y el estado fisiológico de los frutales (Monroy *et al.*, 2019). Además, Romojaro *et al.* (2007) sostienen que no sólo contribuyen de forma específica sobre cada uno de los parámetros de calidad del fruto, sino también inciden sobre su comportamiento poscosecha. Sin embargo, los niveles que producen el máximo rendimiento no siempre pueden corresponder a los que dan como resultado la más alta calidad y la máxima retención de la calidad.

#### **2.3.1. Momento de aplicación.**

Las necesidades nutricionales del cultivo, según su etapa fenológica, entregan la información básica que permite determinar la dosis y épocas apropiadas para la aplicación de fertilizante, lo que hace parte de la fertilización integral. Por otra parte, es importante conocer el desarrollo del cultivo y las etapas de mayor necesidad de nutrientes durante la producción, de esa forma se puede ofrecer al cultivo los requerimientos adecuados para obtener altos rendimientos (Meléndez y Molina, 2002; Fallas *et al.*, 2014;). Cada momento fenológico requiere mayor o menor concentración de nutrientes. Por ejemplo, la absorción nitrogenada en la etapa vegetativa y reproductiva es diferente a la de la etapa productiva, por ende se radica la necesidad de establecer dosis según la fenología de la planta.

Para la etapa vegetativa del cultivo, considerada como la etapa del crecimiento, los órganos aumentan su tamaño al igual que la demanda diaria de agua y de nutrientes especialmente de K y en menor proporción P. En el caso de la mora, Viteri *et al.* (2016) mencionan que aportar Ca en la etapa de desarrollo vegetativo es imprescindible para que las estructuras de las plantas sean las idóneas para la fase productiva. Para la siguiente etapa, la reproductiva, los nutrientes, azúcares y agua se movilizan hacia los órganos productivos, el K en esta etapa es fundamental debido a su labor en el transporte de carbohidratos, los cuales forman el 90 % del peso seco del fruto; se recomienda fertilizar con mayores dosis de K y Ca en dos momentos: 50 % en yema reproductiva y 50 % en fase de cuajado de fruto (estado D2) (Grijalba *et al.*, 2010).

Se ha evidenciado que la absorción del Ca presenta un aumento creciente durante la etapa reproductiva (Cardona, 2019), lo mismo sucede con el N, especialmente en yema reproductiva, inicio de floración y fruto cuajado (Pereira *et al.*, 2015); se sugiere aplicar el fertilizante nitrogenado así: 50 % del fertilizante en formación de yemas y el restante, en la fase de cuajado de fruto (Cárdena, 2017). Ciertamente mientras se da el llenado de frutos existe mayor actividad en la translocación interna azúcares y de N y K (Fischer, 2011); además, se destaca que durante esta fase la demanda de nutrientes es la máxima en comparación con las otras fases del cultivo de mora. El fruto durante el proceso de coloración se convierte en el principal órgano de demanda de fotosintatos, momento clave para aplicar nutrientes para asegurar los parámetros de calidad del fruto.

Tal como lo menciona Cardona (2019) es necesario realizar un fraccionamiento acorde a la demanda nutricional de la planta garantizando un adecuado suministro en el primer año productivo, para que en el segundo año la planta pueda alcanzar su potencial productivo, mediante la utilización de las reservas de este nutriente.

### **2.3.2. Nitrógeno (N).**

El nitrógeno es uno de los constitutivos esenciales de moléculas necesarias para el crecimiento vegetativo, estimula el follaje y constituye el 40 o 50 % de la materia orgánica

del protoplasma de las plantas (Cárdona, 2017). En cantidades adecuadas permite desarrollar características óptimas de color, sabor, textura y calidad nutricional en la fruta. Por el contrario, cuando el N está en exceso, causa una disminución indeseable en el contenido de antioxidantes, que afecta el contenido de vitamina C y aminoácidos esenciales, lo cual puede afectar a la coloración de la piel y pulpa del fruto (Monroy *et al.*, 2019).

Se ha identificado que la fertilización con nitrógeno es un factor limitante para la calidad poscosecha en cultivos de bayas (Anttonen *et al.*, 2008; Ali, 2012). Con respecto al aroma se observa que este parámetro sensorial mejora en manzana y pera cuando la dosis de nitrógeno es alta y baja respectivamente. El nitrógeno también afecta la absorción y distribución de prácticamente todos los demás nutrientes de la planta (Nieto, 2008; Ali, 2012; Bruneto *et al.*, 2016;).

### **2.3.3. Fósforo (P).**

El fósforo es esencial para el crecimiento de las plantas y no puede ser sustituido por ningún otro nutriente, la planta debe tener P para cumplir su ciclo normal de producción, ya que este elemento participa en procesos como la transferencia de energía, respiración, almacenamiento y fotosíntesis (Bruneto *et al.*, 2016); también promueve la formación inicial y el desarrollo de la raíz, el crecimiento de la planta y la formación de la semillas, y además, es constituyente del ADN y ARN, de moléculas para transferencia energética (ADP y ATP), e interviene en la división celular (Kalaji *et al.*, 2014).

La deficiencia de fósforo produce pérdida de turgencia y marchitamiento, más acentuado cuando hay déficit hídrico, además de reducir firmeza a los tejidos y grosor a las paredes celulares y ocasiona descomposición del tejido parenquimatoso (Swietlik *et al.*, 2003; Martínez, 2008).

#### **2.3.4. Potasio (K).**

El K es el catión inorgánico más abundante en las células vegetales que participa en procesos fisiológicos y metabólicos como la homeostasis del pH citoplasmático, la actividad estomática, translocación de foto asimilados y el potencial osmótico (Dreyer, 2014). Así mismo se indica que el K tiene efectos sobre la transducción de energía, la actividad de enzimas implicadas en la asimilación de amonio, el crecimiento, el metabolismo respiratorio y la conversión de aminoácidos. Quiroga *et al.* (2018) concluyen que en la mayoría de las investigaciones realizadas la fertilización potásica incrementa la calidad, rendimiento y tamaño de fruto.

La falta del ion se presenta en las hojas de mayor edad, origina un retraso general del crecimiento de la planta y cuando el contenido es de 3 a 5 veces inferior de lo normal los signos son evidentes en los órganos de reserva: semillas, frutos y tubérculos. Las consecuencias de la limitación de este elemento es un crecimiento celular retardado, acumulación de carbohidratos simples, reducción de la actividad fotosintética y reducción del crecimiento y productividad (Zörb *et al.*, 2014). Por el contrario, la absorción excesiva de potasio origina deficiencias de otros elementos como Magnesio, Hierro y Zinc (Guerrero *et al.*, 2017).

#### **2.3.5. Calcio (Ca).**

El calcio está íntimamente relacionado con la calidad, en especial con la textura y llenado de la fruta, dado que participa en procesos del desarrollo y en el mantenimiento de la estructura de la pared celular y su capacidad para establecer enlaces iónicos con los grupos carboxilos de las pectinas (Romojaro *et al.*, 2007). El calcio es fundamental como translocador e indicador para desencadenar una respuesta por parte de la planta a la invasión de patógenos, elongación y crecimiento celular (Dios *et al.*, 2006). Cabezas y Sánchez (2008) mencionan que el calcio como nutriente a la hora de distribuirse por el



floema, especialmente en los órganos de reserva, se adapta para cumplir la función de almacenamiento temporal de sustancias de reserva.

### **2.3.6. Magnesio (Mg).**

En las células vegetales el magnesio cumple un rol específico como activador de enzimas implicadas en la respiración, fotosíntesis y síntesis de ADN y ARN. También forma parte de la molécula de clorofila, siendo el responsable del color verde de la planta (Fischer *et al.*, 2016). Al Mg se le atribuye la participación en el desarrollo de frutos, contribuyendo a la labor de la fructosa 1,6 di fosfatasa, la cual regula la síntesis de almidón (Swietlik *et al.*, 2003), factor que puede ser determinante en el nivel de azúcares y la calidad de los frutos.

Dos factores que influyen en la nutrición con magnesio son el nivel de potasio y la temperatura del suelo. Se ha demostrado que a medida que la dosis de potasio aumenta, la absorción de magnesio disminuye, generando un efecto antagónico de absorción K-Mg (Rodríguez, 2018). Por la deficiencia de magnesio se afecta el tamaño, estructura y funcionamiento del cloroplasto (Sturikova *et al.*, 2018).

### **2.3.7. Zinc (Zn).**

El zinc es un componente integral de las estructuras de las enzimas (alcohol deshidrogenasa, carbónico, anhidrasa, superóxido dismutasa entre las principales), es activador de enzimas, contribuye a la síntesis de proteínas, es componente estructural de los ribosomas (Broadley *et al.*, 2007), interviene en el metabolismo de los carbohidratos, participa en la síntesis de triptófano y ácido indolacético (AIA), y confiere integridad a la membrana celular (Castaño *et al.*, 2009). Su presencia en las plantas es necesaria para mantener la integridad de las biomembranas y óptimo el desarrollo de semillas y órganos generativos (Sturikova *et al.*, 2018).

### 2.3.8. Boro (B).

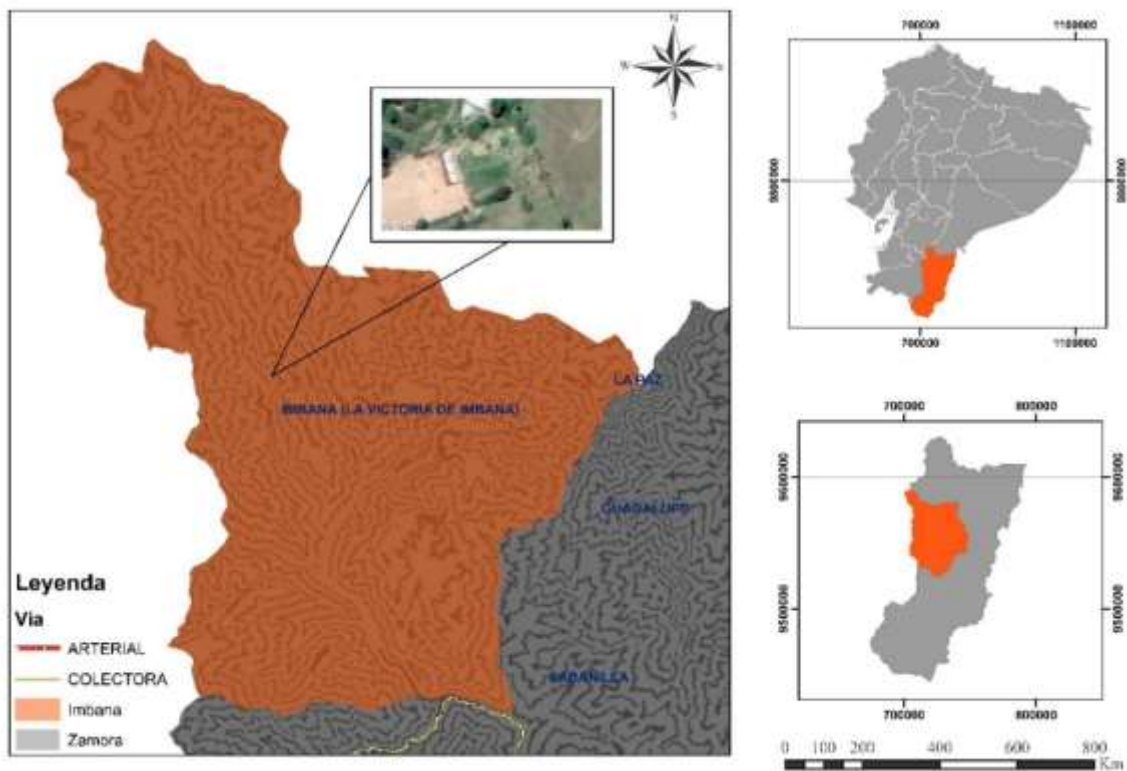
El boro (B) en altas concentraciones es tóxico, mientras que en bajas concentraciones juega un rol primario en la biosíntesis y estructura de la pared celular y en la integridad de la membrana plasmática; así mismo colabora en el transporte de azúcares, la lignificación de la pared celular, la elongación celular, síntesis de ácidos nucleicos y respuestas hormonales (Viteri *et al.*, 2016). También participa en el metabolismo de los carbohidratos, contribuye al metabolismo RNA, estimula la respiración, incrementa los metabolismos AIA, interviene en el metabolismo del fenol y afecta el funcionamiento e integridad de las membranas (Castaño *et al.*, 2009).

La deficiencia de boro y la toxicidad deterioran el crecimiento de las plantas, lo que causa especialmente pérdidas agrícolas y económicas en muchas partes del mundo (Ulusik *et al.*, 2018). Según lo reportado por Quiroga *et al.* (2018), la deficiencia causa limitada producción de flores, baja producción y viabilidad de polen, infertilidad de flores y caída prematura de flores y frutos.

### 3. METODOLOGÍA

#### 2.4. Ubicación

La investigación se realizó en el Sur del Ecuador, en la propiedad del Señor Víctor Gualán, en el barrio La Unión, ubicado al Norte de la cabecera parroquial La Victoria de Imbana, pertenece al cantón Zamora y a la provincia de Zamora Chinchipe (Figura 1). Geográficamente se encuentra en  $3^{\circ} 50' 42.16''\text{S}$  y  $79^{\circ} 6' 58.39''\text{O}$ , a una altitud de 2 312 m.s. n. m., con temperaturas entre  $14$  y  $15^{\circ}\text{C}$  y precipitación entre 1 250 y 1 500 mm, cuya humedad relativa fluctúa entre 65 % y 85 % y la duración de la insolación puede ir de 1 000 a 2 000 horas anuales (GADPRI, 2014).



**Figura 1.** Ubicación del ensayo experimental en el barrio La Unión, parroquia La Victoria de Imbana.

## 2.5. Tratamientos y diseño experimental

La investigación se desarrolló en un cultivo de mora de castilla de dos años en plena producción, sembradas a una distancia de 2 m (entre surcos) x 1,5 m (entre plantas), distribuidas en 6 000 m<sup>2</sup>. Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con 6 tratamientos y un tratamiento testigo, cada uno con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental tres plantas de mora (Tablas 2 y 3). Para el ensayo se seleccionaron 84 plantas homogéneas en cuanto a: edad, número de ramas principales, estado fenológico, altura de planta y cobertura aérea, a las cuales se les aplicó cada uno de los 6 tratamientos de manera aleatorizada, como se lo indica en la Figura 2. Para la implementación del ensayo no se incluyó una hilera de cada extremo de la parcela con plantas de mora para reducir el efecto borde.

**Tabla 2.** Detalle de los tratamientos aplicados en el ensayo en campo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Nutriente</b>	<b>Momento Fenológico</b>
<b>T1</b>	N, P, K	prefloración, floración y poscujaja
<b>T2</b>	N, P, K	prefloración y poscujaja
<b>T3</b>	Ca, B, Zn, Mg y S	prefloración, floración y poscujaja
<b>T4</b>	Ca, B, Zn, Mg y S	prefloración y poscujaja
<b>T5</b>	N, P, K, Ca, B, Zn, Mg y S	prefloración, floración y poscujaja
<b>T6</b>	N, P, K, Ca, B, Zn, Mg y S	prefloración y poscujaja
<b>T7</b>	Testigo, sin fertilización	

**Tabla 3.** Delineamiento del ensayo experimental en Imbana, Zamora Chinchipe.

<b>Número de tratamientos</b>	7
<b>Número de repeticiones</b>	4
<b>Unidad experimental</b>	3 plantas de mora
<b>Número de unidades experimentales</b>	28

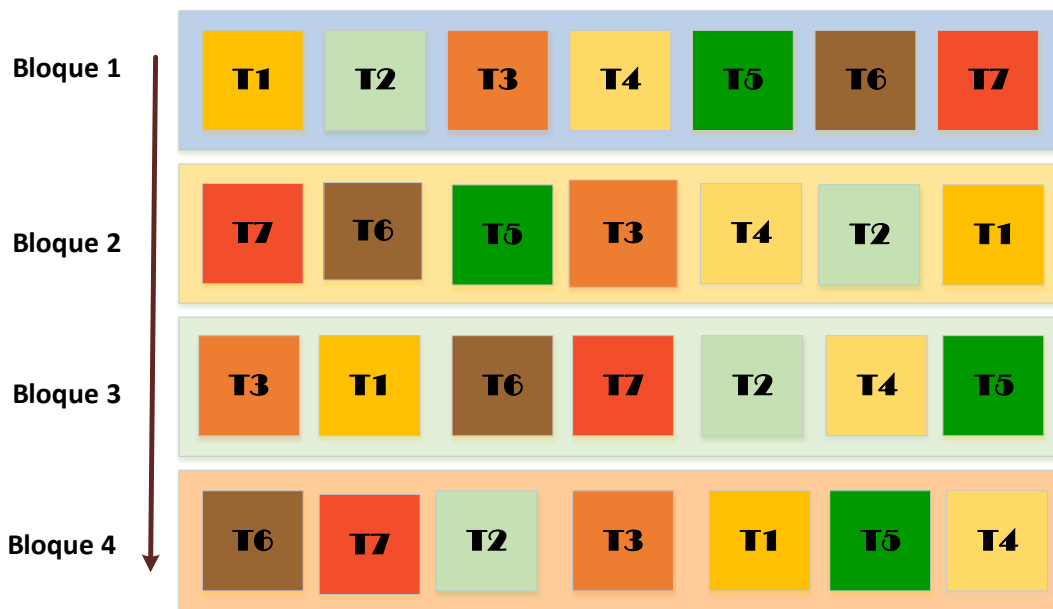


Figura 2. Representación de la distribución de los tratamientos en el campo de ensayo.

Las variables evaluadas en la presente investigación son:

### **Variables independientes**

- Fertilización mineral (N, P, K y Ca, Mg, Zn, B, S )
- Momento de aplicación: 3 momentos (prefloración, cuaja y poscuaja) y 2 momentos (prefloración y poscuaja).

### **Variables dependientes**

#### **a) Variables fisiológicas**

- Eficiencia agronómica
- Eficiencia fisiológica
- Diámetro del raquis
- Tasa de crecimiento absoluta (TCA) y relativa (TCR)
- Descripción fenológica en relación a la integral térmica

#### **b) Variables productivas y de calidad**

- Número de inflorescencias por rama
- Carga frutal (g planta<sup>-1</sup>)
- Número de frutos por planta total cosechados (unidad planta<sup>-1</sup>)

- Peso promedio del fruto (g)
- Diámetro ecuatorial del fruto (mm)
- Diámetro polar del fruto (mm)
- Sólidos solubles
- Acidez titulable % (ácido cítrico)
- pH
- Cenizas
- Materia seca
- Proteína Cruda

Se realizaron análisis de varianza, posterior a esto para obtener una medida de la magnitud de la asociación de cada variable se efectuó un análisis de correlación entre las variables de producción y calidad. Se aplicó un análisis de comparación múltiple, utilizando la prueba de Tukey al 95 % de confianza para determinar la existencia de diferencias entre los tratamientos de las variables de estudio. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software estadístico INFOSTAT.

El modelo lineal para la observación del tratamiento  $i$  en la parcela  $j$ ,  $Y_{ij}$  es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$ : observación del tratamiento  $i$  en la parcela  $j$ ;  $\tau_i$ :Efecto de los tratamientos;  $\beta_j$  efecto: de los bloques;  $\varepsilon_{ij}$ :Término de error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$

## 2.6. Métodos

Para la determinación de la cantidad de nutrientes que requiere el cultivo de mora y para optimizar la aplicación de los tratamientos se realizó un análisis físico-químico completo de suelo, en muestras no disturbadas. Los procedimientos de análisis se ejecutaron según los protocolos de calidad del laboratorio de Análisis químico y físico de suelo, agua y hojas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Se tomó 2 kg de suelo siguiendo la metodología detallada en el instructivo para la toma de muestras de suelos de

la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2016), teniendo en cuenta la cantidad de plantas establecidas, tomando así 6 submuestras de la parcela, en zigzag con profundidad de 30 cm.

Partiendo del análisis de suelo, se dosificaron los nutrientes de cada tratamiento, fraccionado para tres etapas fenológicas: prefloración, floración y poscuaja (a cada tratamiento respectivamente), se aplicaron fertilizantes a base de N, P, K, Ca, Mg, Zn, B y S; la dosis se determinó mediante la fórmula:

$$Dosis = \left( \frac{(Demanda - suministro)}{Eficiencia} \right)$$

Los fertilizantes fueron suministrados alrededor de la planta (Tabla 4), considerando  $\frac{3}{4}$  de la proyección de la copa del arbusto partiendo del tallo, a 5 cm de profundidad (Valverde *et al.*, 2016). Los valores de eficiencia hacen referencia a la cantidad de fertilizante tomado por la planta; los valores utilizados son los descritos por Tadeo-robledo *et al.* (2012).

Los fertilizantes empleados se fueron: super fosfato triple, muriato de potasio, sulfafo de magnesio, sulfato de zinzo y bórax.

**Tabla 4** Detalle de los nutrientes empleados en el cultivo de ensayo.

Tratamiento	N (g)	P (g)	K (g)	S (g)	Ca (g)	Mg (g)	Zn (g)	B (g)	Momentos fenológicos
1	22,2	166,7	46,75	0	0	0	0	0	Prefloración, floración y poscuaja
2	22,2	166,7	46,75	0	0	0	0	0	Prefloración y poscuaja
3	0	0	0	29,25	470,1	52,5	0,01	1,7	Prefloración, floración y poscuaja
4	0	0	0	29,25	470,1	52,5	0,01	1,7	Prefloración y poscuaja
5	22,2	166,7	46,75	29,25	470,1	52,5	0,01	1,7	Prefloración, floración y poscuaja
6	22,2	166,7	46,75	29,25	470,1	52,5	0,01	1,7	Prefloración y poscuaja
7	0	0	0	0	0	0	0	0	Testigo

***Para el objetivo 1: “Evaluar los efectos que tiene la fertilización mineral y el momento de aplicación sobre las variables productivas de mora”***

Para la determinación de los parámetros de producción del cultivo de mora, se registraron los datos por tratamiento con su unidad experimental. Los datos fueron tomados al finalizar el ensayo, en estado 5 de madurez según la NTC 4106, ya que este estado está considerado por Ayala *et al.* (2013) como el estado adecuado para la comercialización. Las variables evaluadas son:

- **Descripción fenológica en relación a la integral térmica:** la fenología se determinó según la escala fenológica elaborada por Graber (1997); el cambio fenológico se registró cuando el 50 % de la muestra por tratamiento modificó su condición morfológica. Los eventos fenológicos fueron observados semanalmente. Para determinar la integral térmica, se colocó un sensor de temperatura y de humedad relativa a 2 metros de altura. Se registraron diariamente la temperatura máxima y mínima, posteriormente se promediaron. Los datos de temperatura fueron registrados desde el día de aplicación durante los 4 meses de duración del ensayo, los grados días se calcularon según el método residual (Villares, 2018). La fórmula matemática utilizada es:

$$\Sigma_{térmica} = \left( \frac{T^{\circ} \text{Máx} + T^{\circ} \text{min}}{2} \right) - T^{\circ} \text{base}$$

Donde: T° max: temperatura promedio máxima semanal, T° min: temperatura promedio mínima, T° base: temperatura base 10° C (Black, *et al.*, 2008; Hussain *et al.*, 2016)

- **Tasa de crecimiento absoluta (TCA) y relativa (TCR):** para obtener la tasa de crecimiento absoluta de la longitud del brote, se tomaron medidas semanalmente (Ramírez *et al.*, 2018), se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$TCA = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1)$$

$$TCR = 1 / Pt_0 * TCA$$

Donde: TCA es la tasa de crecimiento absoluto (cm·día<sup>-1</sup>); TCR es la tasa de crecimiento relativo (cm·cm·día<sup>-1</sup>); Pt1 y Pt0 son la variación de longitud en la fecha actual (t1) y anterior (t0) al muestreo, respectivamente.



- **Número de inflorescencias por rama:** se seleccionaron tres brotes productivos por planta, donde se contabilizó el número de inflorescencias generadas por cada brote. La lectura se realizó con una frecuencia de 7 días.
- **Porcentaje de cuaja por inflorescencia (%):** en las inflorescencias de las tres ramas productivas previamente seleccionadas, se registró el número de frutos cuajados. El conteo de los frutos cuajados se realizó transcurridos 15 días del inicio de la floración de cada inflorescencia (Cárdenas, 2013).
- **Número de frutos por planta total cosechados:** durante la cosecha de los brotes seleccionados previamente, se contabilizaron los frutos cosechados por planta, luego se estimó para obtener el número total de frutos producidos.
- **Carga frutal (kg planta<sup>-1</sup>):** utilizando una balanza analítica se pesaron los frutos cosechados de cada tratamiento de tres ramas productoras de la planta, llevando estos valores a rendimiento por planta.
- **Peso promedio del fruto:** utilizando una balanza analítica, se pesaron al azar una muestra de 10 frutos por tratamiento de los frutos cosechados. Los valores se expresan en gramos.
- **Diámetro ecuatorial del fruto:** los 10 frutos previamente seleccionados se midieron con un calibrador pie de rey en la parte media, durante la cosecha de los brotes seleccionados.
- **Diámetro polar del fruto:** de los mismos 10 frutos se obtuvo el diámetro polar, para lo cual se midieron con un calibrador desde el ápice del fruto hasta el final del pedúnculo (Aguinaga y Guanotuña, 2013).
- **Clasificación de los frutos por categorías:** los frutos cosechados fueron clasificados en cuatro categorías según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (2015), en base al diámetro ecuatorial, como se observa en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Clasificación de frutos de mora según el diámetro ecuatorial.

<b>Categoría</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
A	> 22

B	22 – 20
C	19,99 – 17
D	< 17

Fuente: (Ecuatoriano Instituto de Normalización, 2015)

- **Eficiencia agronómica:** indica la cantidad de biomasa cosechable (cantidad de frutos en peso) producida por cada unidad de nitrógeno aplicado (Novoa y Loomis, 1981). Se aplica la siguiente ecuación:

$$EF = \frac{R(f) - R(T)}{NAF} * 100$$

Donde: R(f): rendimiento de fruta por tratamiento evaluado; R(T): rendimiento de fruta del testigo absoluto; NAF: cantidad de nitrógeno aplicado con el fertilizante.

- **Eficiencia fisiológica de los frutos:** indica el incremento del rendimiento de biomasa cosechable (frutos) producida por cada Kg de nitrógeno absorbido, derivado del fertilizante aplicado (Artunduaga, 2010), se determinó usando la siguiente fórmula:

$$EF = \frac{R(f) - R(T)}{CN(f) - CN(t)}$$

Donde: R(f): rendimiento de fruta por tratamiento evaluado; R(T): rendimiento de fruta del testigo absoluto; CN(f): cantidad de nutriente en el fruto del tratamiento evaluado; CN(t): cantidad de nutriente en el fruto del tratamiento testigo.

Para saber el contenido de los minerales consumidos por la planta, se tomó una muestra del fruto por tratamiento, luego siguiendo el protocolo del Laboratorio de Aguas y Suelos de la Universidad Nacional de Loja (UNL), se determinó la cantidad de nitrógeno en los frutos. Se comparó con el material testigo.

***Para el objetivo 2: “Evaluar el efecto que produce sobre las características de calidad de mora la fertilización mineral y el momento de aplicación.”***

Para determinar los parámetros de calidad de los frutos de mora, se recolectaron 0,25 kilogramos de fruta por cada unidad experimental, en estado 5 de madurez según la NTC 4106. Los frutos son rotulados para ser enviados y analizados en el laboratorio de Bromatología de UNL. Se determinaron las siguientes variables físico-químicas:

- **Sólidos solubles:** utilizando el mortero se obtuvo el jugo de 3 frutas, se determinó el contenido de sólidos solubles, se colocó una gota de la pulpa de la mora sobre el prisma de la superficie de un refractómetro y se registró la medida en ° Brix, según lo descrito por la A.O.A.C. (2007).
- **Acidez titulable % (ácido cítrico):** para la variable de acidez titulable, la medición fue de acuerdo con el ácido predominante, que para la mora de castilla corresponde al ácido cítrico; se pesó 20 g de pulpa y se diluyó en 25 mL con agua destilada, se tomó una alícuota de 20 ml y se tituló con NaOH 0.1 N, hasta alcanzar un pH de 8,1 que es el punto de viraje del indicador fenolftaleína, se registró la lectura del gasto, según lo descrito por la A.O.A.C. (2007) y con la ecuación se obtuvo el valor buscado.

$$\% \text{ Ac. cítrico} = \left( \frac{V_{\text{NaOH}} * N * \text{Meq} * V_t}{P_m * V_a} \right) * 100$$

Donde:  $V_{\text{ano}}$ : volumen de hidróxido de sodio consumidos en la titulación (mL); N: normalidad del hidróxido de sodio; Meq: mili equivalentes del ácido cítrico (0,064);  $V_t$ : volumen final (mL).

- **Porcentaje de semilla y pulpa:** para determinar el porcentaje de semilla y pulpa se pesaron 20 g de fruta por tratamiento diluidas en 50 mL de agua. La mezcla se pasó por un tamiz para separar las semillas de la pulpa, y en la estufa se secaron las semillas para ser pesadas (Cárdona, 2017). El porcentaje de semilla se determinó según la ecuación:

$$\% \text{ semillas} = \frac{\text{Peso de la semilla}}{\text{Peso de la fruta fresca}} * 100$$

El porcentaje de pulpa se midió mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ pulpa} = 100 \% - \% \text{ semilla}$$

- **pH:** se midió utilizando el potenciómetro de forma directa en el jugo de 4 frutos de cada unidad experimental.
- **Cenizas:** La muestra se incineró a 600 °C hasta obtener una muestra blanca grisácea, para quemar todo el material orgánico. Se utilizó la siguiente fórmula para determinar el % de ceniza de cada tratamiento:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{peso de crisol muestra} - \text{peso crisol cenizas}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

- **Materia seca:** Se pesó 250 g de muestra fresca por tratamiento, posteriormente en una estufa a 105 °C se secó, durante 12 horas. El valor de materia seca se estimó mediante la diferencia entre cantidad de material residual después de eliminar la humedad, como se indica en la ecuación:

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{peso muestra antes del secado}} \times 100$$

$$\% \text{ HH} = 100 - \% \text{ MS}$$

- **Proteína Cruda:** El nitrógeno ligado orgánico se expresa como nitrógeno total calculado como proteína o como “proteína total” (N x f). El cálculo de proteína se realizó en cuatro pasos: digestión, destilación, valoración y blanco. Para digestión, se colocó 5 gramos de muestra con una precisión de  $\pm 1$  mg, en el tubo Kjeldahl de 500 ml, se agregó catalizador y 10 – 20 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. La destilación se la efectuó en un Erlenmeyer con 25-50 mL de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 4 % y se agregó gotas de indicador Mortimer. Se destiló hasta llegar a aproximadamente 200 mL en el Erlenmeyer colector. El destilado se valoró en una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N hasta lograr el viraje del indicador, mientras que para el blanco se realizó un blanco de reactivos sin colocar muestra. Los cálculos se realizaron siguiendo la ecuación: Proteína total % = (VMuestra - VBlanco) x NAcido x 1.4 x F/G Muestra

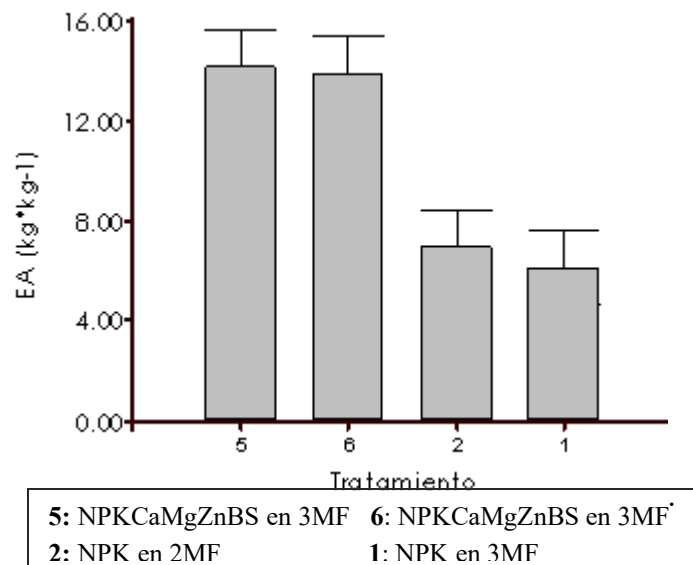
Siendo: V<sub>Muestra</sub> mL de ácido gastados en la valoración de la muestra; V<sub>Blanco</sub>: mL de ácido gastados en la valoración del blanco; N<sub>Acido</sub>: normalidad del ácido sulfúrico 0,014 peso del meq de nitrógeno, en g; F: factor de conversión de nitrógeno a proteína; G<sub>muestra</sub>: peso en g de la muestra.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Variables fisiológicas

#### 4.1.1. Eficiencia agronómica del nitrógeno

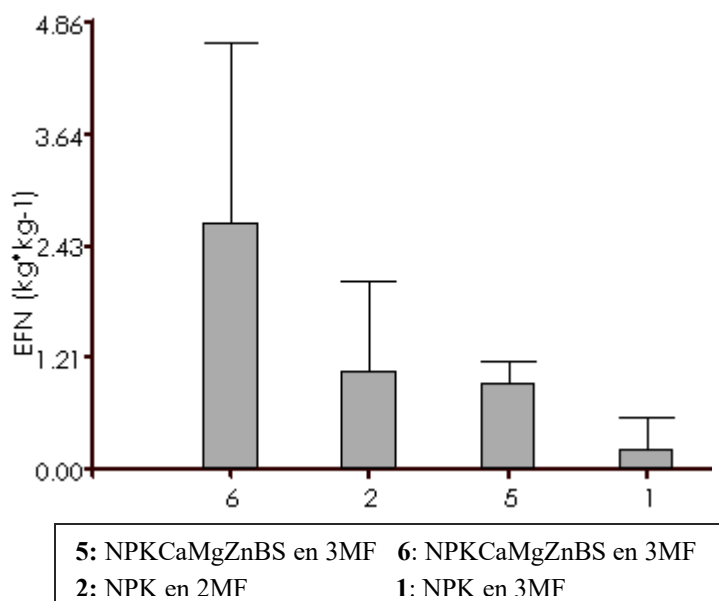
La Figura 3 muestra la eficiencia agronómica (EA) de la mora de castilla bajo la influencia de fertilización mineral de macro y micro elementos aplicados en prefloración, floración y poscujaja. No se evidenciaron diferencias significativas, sin embargo, la mayor eficiencia agronómica la presentó el tratamiento bajo fertilización completa, N, P, K más Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en los tres momentos fenológicos, prefloración, floración y poscujaja (T5), lo cual significa un incremento de 14,12 kg de fruta de mora por cada kg de N aplicado, seguido por el tratamiento 6 (N, P, K y Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en prefloración y poscujaja) presentando un valor de 13,81 kg, luego T2 (N, P, K aplicado en prefloración y poscujaja) con 6,92 kg y por último el tratamiento 1 a base de N, P, K suministrado en prefloración, floración poscujaja con 6,14 kg de mora de castilla por cada kg de N aplicado.



**Figura 3.** Eficiencia agronómica (EA) de la mora de castilla con la aplicación de nutrientes edáficos en los estados fenológicos del cultivo de mora en Imbana, Zamora Chinchipe. 3MF (prefloración, floración y poscujaja) , 2MF (prefloración y poscujaja).

#### 4.1.2. Eficiencia fisiológica del nitrógeno.

Referente a la eficiencia fisiológica no se encontraron diferencias significativas, aunque los resultados que se muestran en la Figura 4 señalan que el tratamiento con fertilización N, P, K con Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en prefloración y poscujaja (6) tiene un mejor desempeño ( $2,67 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$ ), seguido por el tratamiento 2, a quien se le suministró N, P, K en dos momentos (prefloración y poscujaja), mientras que los tratamientos a base de 3 momentos (prefloración, floración y poscujaja) presentan los valores más bajos,  $0,92$  y  $0,22 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$  respectivamente.



**Figura 4.** Eficiencia agronómica (EFN) del cultivo de mora de castilla, bajo la influencia de fertilización mineral a base de macro y microelementos en prefloración, floración y poscujaja. 3MF y 2MF significan los momentos fenológicos: prefloración, floración y poscujaja, y prefloración y poscujaja, respectivamente.

#### 4.1.3. Diámetro del raquis.

El diámetro del raquis de la mora de castilla, tal como se presenta en la Tabla 6, no reveló diferencias estadísticas, aunque a los 12 días después de la aplicación de fertilizantes

(DDA) se observó una ligera influencia del momento de aplicación, dado que el tratamiento aplicado en tres momentos (prefloración, floración y poscujaja) presentó un mejor desempeño a diferencia del tratamiento con aplicación en dos momentos (prefloración y poscujaja).

**Tabla 6.** Diámetro de los brotes vegetativos de mora desde los 12 hasta 65 días después de la aplicación de fertilizantes (DDA), en el ensayo experimental ubicado en Imbana, Zamora Chinchipe. .

Tratamientos		12 DDA	28 DDA	35 DDA	40 DDA	48 DDA	56 DDA	65 DDA
		cm						
T1	NPK+3MF*	2,13	2,33	2,44	2,54	2,64	2,75	2,94
T2	NPK+2MF*	1,94	2,22	2,36	2,46	2,56	2,72	3,04
T3	CaMgZnBS+3MF	1,78	2,26	2,39	2,49	2,58	2,73	2,95
T4	CaMgZnBS+2MF	2,17	2,54	2,78	2,90	3,07	3,16	3,40
T5	NPK+CaMgZnBS+3MF	1,80	2,61	2,68	2,82	2,96	3,16	3,33
T6	NPK+CaMgZnBS+2MF	1,85	2,12	2,3	2,44	2,64	2,84	3,05
T7	Testigo	2,06	2,44	2,63	2,72	2,85	3,06	3,38

\* corresponden a los momentos fenológicos, 3MF (prefloración, floración y poscujaja) y 2 MF (prefloración y poscujaja)

Acerca del incremento del diámetro del raquis (Tabla 7), se encontró diferencia estadística a los 28 DDA para el tratamiento con fertilización a base de N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en tres momentos (T5) con un valor significativamente mayor (0,83 cm) al resto de tratamientos: el tratamiento 1 (N, P, K+3MF) presenta el valor mínimo determinado, con 0,20 cm, mientras que a los 35, 40, 48 y 65 DDA no exponen diferencias significativas, pese a eso a los 35 DDA existe un rango de 0,10 cm (T5) hasta 0,24 cm (T4); a los 40 DDA desde 0,09 (T1,T2 y T3) hasta 0,14 cm (T6); a los 48 DDA desde 0,06 cm (T5) hasta 0,17 cm (T4); y a los 65 DDA desde 0,14 cm (T4) hasta 0,32 cm (T2 y T7).

**Tabla 7.** Dinámica del incremento del diámetro del raquis de mora de castilla bajo fertilización con macro y micro elementos suministrados en distintos estadios fenológicos, según la especificación de cada tratamiento, desde los 28 hasta 65 días después de la aplicación de fertilizantes (DDA). Promedios unidos con letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de DGC ( $p < 0,05$ ).

Tratamiento		28 DDA	35 DDA	40 DDA	48 DDA	65 DDA
		cm				
T1	NPK+3MF**	0,2	B	0,11	0,09	0,11
T2	NPK+2MF***	0,28	B	0,14	0,09	0,11

T3	CaMgZnBS+3MF	0,55	B	0,16	0,1	0,07	0,23
T4	CaMgZnBS+2MF	0,37	B	0,24	0,12	0,17	0,24
T5	NPK+CaMgZnBS+3MF	0,83	A	0,10	0,11	0,06	0,14
T6	NPK+CaMgZnBS+2MF	0,27	B	0,18	0,14	0,2	0,2
T7	Testigo	0,37	B	0,20	0,09	0,13	0,32

\* corresponden a los momentos fenológicos: 3MF (prefloración, floración y poscujaja) y 2 MF (prefloración y poscujaja)

#### 4.1.4. Largo de brote

En la Tabla 8 se señalan los datos de longitud de brote evaluados de mora de castilla desde los 35 hasta 65 DDA. No presentaron diferencias significativas, sin embargo, el T4 (Ca, Mg, Zn, B, S +3MF) a los 35 DDA tendió a ser mayor con un valor de 8,30 cm, pero 5 días después, es decir a los 40 DDA, el Testigo es quien demuestra el brote más largo manteniéndose constante hasta la finalización del ensayo.

**Tabla 8.** Longitud de brotes en las unidades experimentales de mora de castilla bajo fertilización edáfica con macro y microelementos en diferentes momentos de aplicación, desde los 35 hasta 65 días después de la aplicación de fertilizantes (DDA).

	Tratamiento	35	40	48	56	65
		DDA	DDA	DDA	DDA	DDA
(cm)						
1	NPK+3MF*	5,38	8,93	10,25	10,93	11,53
2	NPK+2MF*	5,63	7,58	9,03	11,70	14,13
3	CaMgZnBS+3MF	6,55	7,40	8,68	10,75	12,78
4	CaMgZnBS+2MF	8,30	8,88	10,75	12,45	15,08
5	NPK+CaMgZnBS+3MF	4,50	8,05	10,10	13,80	14,43
6	NPK+CaMgZnBS+2MF	6,68	8,40	11,13	12,35	13,60
7	Testigo	6,80	10,05	11,48	14,15	17,05

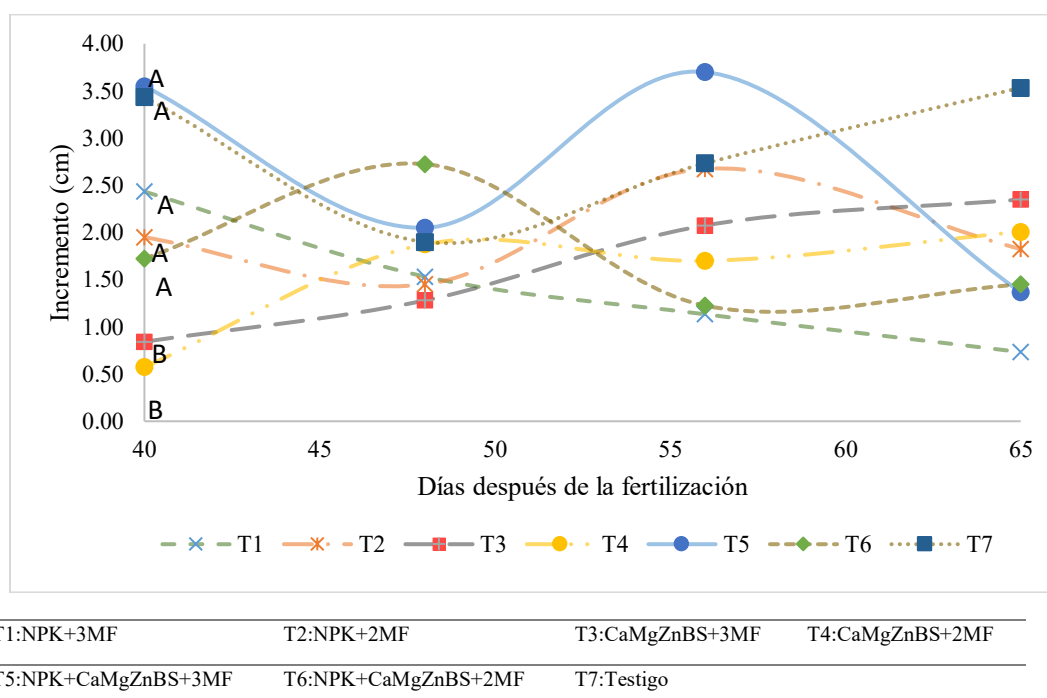
\*3MF corresponde a estados fisiológicos de prefloración, floración y poscujaja y 2MF corresponde a estados fisiológicos de prefloración y poscujaja

De forma general los tratamientos muestran un crecimiento constante a lo largo de los días de evaluación, aunque a partir de los 56 DDA se nota un menor crecimiento del brote de la rama vegetativa de mora de castilla (Figura 5).



#### 4.1.5. Incremento del largo de brote

Respecto al incremento del brote como se observa en la Figura 5, existieron diferencias estadísticamente significativas a los 40 DDA en los tratamientos 3 (Ca, Mg, Zn, B, S +3MF) y 4 (Ca, Mg, Zn, B, S +2MF) mostrando valores bajos con una media de 0,84 y 0,58 cm respectivamente, mientras que el T5 (N, P, K+ Ca, Mg, Zn, B, S +3MF) presenta los valores más altos (3,55 cm); por el contrario, los siguientes días después de la aplicación evaluados no presentaron diferencias estadísticas. A los 48 DDA los tratamientos redujeron su incremento a excepción del T3, T4 y T6; sin embargo, a los 56 DDA los tratamientos sin excepción intensifican su crecimiento. De otro modo, el T5 a los 56 DDA presenta un pico de incremento de 3,70 cm, mayor valor encontrado en el ensayo. En lo que se refiere al testigo (T7) se evidencia que a los 65 DDA tiende a aumentar su incremento, alcanzando el valor más bajo determinado (0,33 cm.).



**Figura 5.** Dinámica del incremento del largo del brote (cm) de mora de castilla días después de la aplicación de fertilizantes minerales en diferentes momentos para cada uno de los tratamientos (T1-T7), en la parroquia Imbana. Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de DGC ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.6. Tasas de crecimiento absoluto y relativo.

Los valores de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) de la longitud de brotes de mora se presentan en la Tabla 9, desde los 40 hasta los 65 días después de la aplicación de los fertilizantes. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas a los 40 DDA, mientras que a los 48, 56 y 65 DDA no presentaron diferencias estadísticas. Además, a los 40 DDA los tratamientos exteriorizaron una mayor tasa de crecimiento, comparativamente a los siguientes días de evaluación, donde se perciben valores inferiores de forma general en todos los tratamientos.

**Tabla 9.** Tasa de crecimiento absoluto para largo del brote en mora para cada tratamiento, desde los 40 hasta 65 días después de la aplicación de fertilizantes (DDA). Promedios unidos con letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de DGC ( $p < 0,05$ ).

Tratamientos		40 DDA	48 DDA	56 DDA	65 DDA
		cm·día <sup>-1</sup>			
1	NPK+3MF*	0,49 A	0,19	0,14	0,08
2	NPK+2MF**	0,39 A	0,18	0,33	0,20
3	CaMgZnBS+3MF	0,17 B	0,16	0,26	0,26
4	CaMgZnBS+2PMF	0,12 B	0,23	0,21	0,22
5	NPK+CaMgZnBS+3MF	0,71 A	0,26	0,46	0,15
6	NPK+CaMgZnBS+2MF	0,35 A	0,34	0,15	0,16
7	Testigo	0,63 A	0,23	0,36	0,04

\*3MF corresponde a estados fisiológicos de prefloración, floración y poscuaja; \*\*2MF corresponde a estados fisiológicos de prefloración y poscuaja

Acerca de la diferencia estadística encontrada a los 40 DDA, los tratamientos 3 y 4 a los cuales se le suministró fertilización a base de Ca, Mg, Zn, B, y S en 3 momentos (pre floración, cuaja y los cuaja) y 2 momentos (pre floración y poscuaja) respectivamente, se diferenciaron del resto de tratamientos evaluados, indistintamente de los momentos fenológicos evaluados. T5 muestra un mejor desempeño, con un valor de 0,71 cm día<sup>-1</sup>, por el contrario, el T4 sugiere ser el tratamiento con la tasa de crecimiento más baja durante los 40 DDA, con 0,12 cm día<sup>-1</sup>.

En la Tabla 10 se muestra la tasa de crecimiento relativa del largo de los brotes días después de la aplicación de fertilizantes minerales en momentos fenológicos diferentes. Al

igual que en la TCA se evidencia diferencia significativa solamente a los 40 DDA sin presentar diferencia en otros días evaluados.

**Tabla 10.** Tasa de crecimiento relativo de la longitud de brotes de mora, para cada tratamiento desde los 40 hasta 65 días después de la aplicación de fertilizantes (DDA). Promedios unidos con letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de DGC ( $p < 0,05$ ).

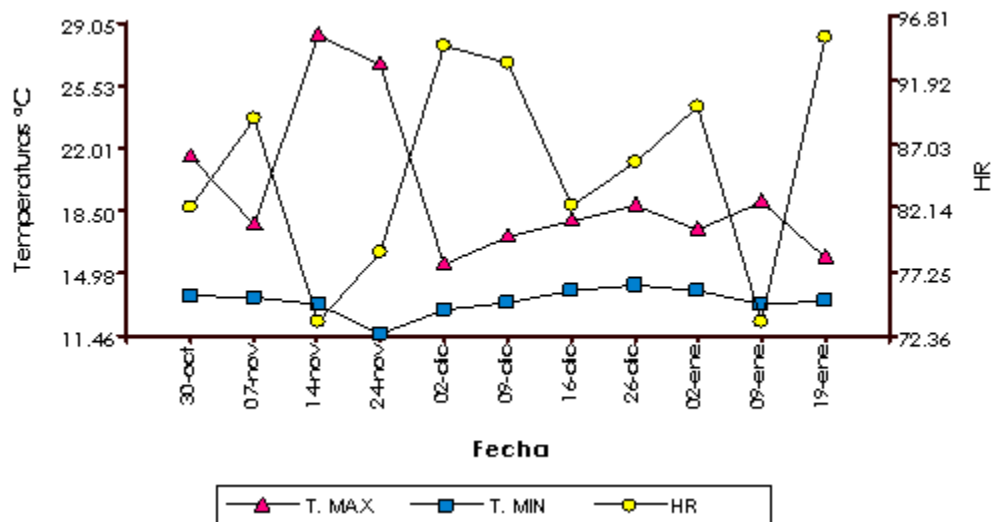
Tratamientos		40 DDA	48 DDA	56 DDA	65 DDA
		cm·cm·día <sup>-1</sup>			
1	NPK+3MF*	0,0647A	0,0193	0,0130	0,0053
2	NPK+2MF**	0,0525A	0,0208	0,0275	0,0160
3	CaMgZnBS+3MF	0,0213B	0,0185	0,0215	0,0228
4	CaMgZnBS+2MF	0,0145B	0,0205	0,0138	0,0185
5	NPK+CaMgZnBS+3MF	0,0833A	0,0225	0,0340	0,0120
6	NPK+CaMgZnBS+2MF	0,0400A	0,0253	0,0143	0,0148
7	Testigo	0,0677A	0,0153	0,0247	0,0023

\*corresponden a los estados fenológicos: 3MF (prefloración, floración y poscujaja) y 2MF (prefloración y poscujaja)

Se observó diferencia significativa en los tratamientos dosificados en tres y dos momentos fenológicos con fertilizantes a base de Ca, Mg, Zn, B, S (3 y 4), representando el menor desempeño con respecto a los demás tratamientos evaluados, cuyos valores son 0,0213 y 0,0145 cm·cm·día<sup>-1</sup>, respectivamente. Adicionalmente, se observa que el tratamiento con un mix de elementos (N, P, K+Ca, Mg, Zn, B, S) aplicados en prefloración, floración y poscujaja es quien lidera la TCR, revelando 0,0833 cm·cm·día<sup>-1</sup>.

#### 4.1.7. Descripción fenológica en relación a la integral térmica

Durante el experimento realizado en campo abierto, las temperaturas promedio mínimas y máximas oscilaron alrededor de 13, 26 y 21,25 °C, respectivamente, con humedad relativa promedio de 83,42 % (Figura 6). Los resultados obtenidos del registro continuo de temperaturas se muestran en el Anexo 5, pero en la Figura 6 se presentan los promedios semanales para cada muestreo durante el periodo de ensayo.



**Figura 6.** Temperaturas mínimas (T. MIN) y máximas (T.MAX) y humedad relativa (HR) en Imbana, Zamora Chinchipe registrados desde el 30 de octubre 2019 hasta 19 de enero del 2020 por el sensor Elitech ubicado a 2 metros de altura en campo abierto.

En la Tabla 11, se indica el tiempo cronológico y la integral térmica representada en acumulación de grados días a partir del inicio del racimo floral (IRF). Los días requeridos para la prefloración de *Rubus glaucus* fue de 8 días, para alcanzar la floración fueron 25, para el cuaje de fruto tuvieron que transcurrir 33 días y para que finalmente el fruto madure 81 días.

Referente a la acumulación de los grados días (GD) para la transición de una etapa reproductiva del cultivo, se observa en la Tabla 11, la acumulación de grados requerida para la transición de una etapa a otra, utilizando la temperatura base de 10 °C. Para pasar del inicio del racimo floral a prefloración se requirió 60,31 GD en 8 días, 148,14 GD de prefloración a floración en 17 días, 54,76 GD para que las flores cuajen durante 8 días y 348,00 GD, en 48 días para que el fruto madure a grado 5. Se encontró que la acumulación de GD requerida para llegar a la expresión de botones florales, floración, cuaje y madurez fue 611,20 °C día<sup>-1</sup> a partir del IRF.

**Tabla 11.** Integral térmica (IT) y tiempo cronológico (TC) para etapa reproductiva de mora de castilla *Rubus glaucus* B. cultivada en campo abierto en Imbana, Zamora Chinchipe

Cultivo	Prefloración		Floración		Cuaja		Maduración		Integral térmica (Acum) <sup>o</sup> Cdía
	IT (°Cd-1)	TC (d)	IT (°Cd-1)	TC (d)	IT (°Cd-1)	TC (d)	IT (°Cd-1)	TC (d)	
Mora de castilla	60,31	8	148,14	17	54,76	8	348,00	48	611,20

IT: integral térmica en grados días (°Cd<sup>-1</sup>). TC: tiempo cronológico (d)

#### 4.1.8. Clasificación de los frutos por categorías.

Los resultados de la determinación del calibre promedio de la fruta de mora de castilla en el grado 5 de madurez para las cosechas de estudio se presentan en la Tabla 12. Se categorizó bajo dos estándares: nacional (NTE INEN 2 427, 2010) y colombiano (NTC 4106, 1997).

Se registraron valores promedios de peso: 4,8 g y de dimensiones de diámetro: 24,20 mm y longitud: 17,68 mm que señalaron un calibre de mediano (18 a 25 mm) a pequeño (<18 mm) de acuerdo con NTE INEN 2 427 (2010), mientras que bajo la clasificación NTC 4106 (1997) se ubican en calibre C en general.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a diámetro y longitud a excepción del peso del fruto, donde el tratamiento con fertilización a base de Ca, Mg, Zn, B, S dosificada en prefloración y poscuaja registra un valor más alto (5,19 g) con respecto a los demás tratamientos evaluados. El mismo tratamiento presenta el mejor calibre bajo estándar nacional, grande a pequeño, < 25 y > 20 mm respectivamente.

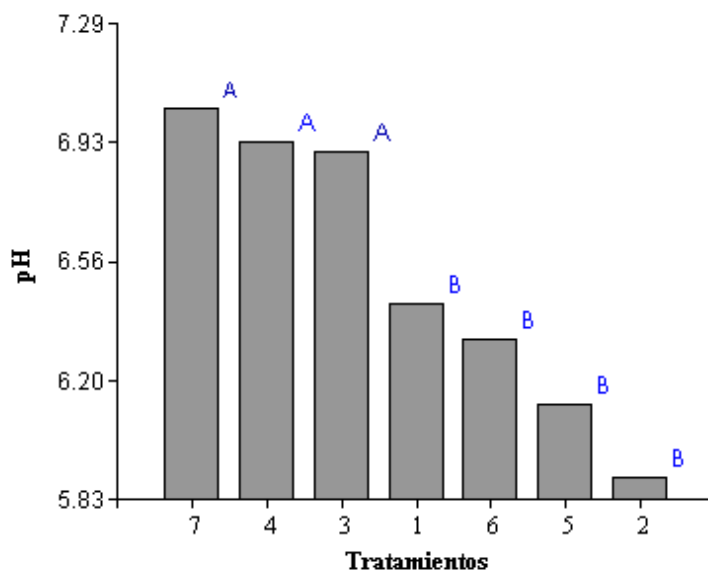
**Tabla 12.** Calibre de frutas de mora de castilla en grado 5 de maduración, según estándares nacional (NTE INEN 2 427, 2010) y colombianos (NTC 4106, 1997). Promedios unidos con letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de DGC (p < 0,05)

Tratamiento	DE (mm)	L (mm)	PESO (g)	INEN 2427	NTC 4106
1 NPK+3MF*	24,82	18,02	4,88 B	Mediano a pequeño	C
2 NPK+2MF**	23,60	17,37	4,33 B	Mediano a pequeño	D
3 CaMgZnBS+3MF	23,98	17,57	4,72 B	Mediano a pequeño	D
4 CaMgZnBS+2MF	25,13	18,26	5,19 A	Grande a pequeño	C
5 NPK+CaMgZnBS+3MF	24,46	17,84	4,54 B	Mediano a pequeño	D

6	NPK+CaMgZnBS+2MF	23,56	17,23	4,58	B	Mediano a pequeño	D
7	Testigo	23,87	17,50	4,51	B	Mediano a pequeño	D

\*corresponden a los estados fenológicos, 3MF (prefloración, floración y poscujaja) y 2MF (prefloración y poscujaja)

#### 4.1.9. Análisis de pH del suelo.



T1:NPK+3MF	T2:NPK+2MF	T3: CaMgZnBS+3MF	T4: CaMgZnBS+2MF
T5:NPK+CaMgZnBS+3MF	T6:NPK+CaMgZnBS+2MF	T7: Testigo	

**Figura 7.** pH edáfico post encalado en cultivo de mora, tomado al finalizar el ensayo. Letras diferentes expresan diferencia estadística mediante prueba de DGC ( $p < 0,05$ ). 3MF (prefloración, floración y poscujaja), 2MF (prefloración y poscujaja)

Un dato relevante a considerar en la presente investigación es el pH inicial, el cual fue 5,6 para todo el lote del ensayo. Todos los tratamientos incrementaron el nivel de pH después de realizar el encalado. De acuerdo a los valores de pH de la Figura 7, obtenidos al finalizar el ensayo, se observaron diferencias significativas: el testigo presenta el pH neutro (7,03) seguido de los tratamientos con aplicación de Mg, Zn, B, Ca, y S para los 2 y 3 MF, mientras que los tratamientos con fuentes de N, P, K presentan los valores más bajos.

#### 4.1.10. Contenido de minerales del suelo.

En la Tabla 13 se muestran los resultados de los elementos encontrados en el suelo. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto al P, K, Ca y en las

relaciones Ca/Mg y (Ca+Mg)/K. En el caso del fósforo los tratamientos que presentaron mayores concentraciones son a los que se aplicaron Urea, Súper fosfato triple y muriato de potasio en tres y dos momentos fenológicos, y en menor concentración los tratamientos con Ca, Mg; Zn, B y S; el contenido de potasio es mayor en el tratamiento completo, fertilizado con los macro y micro elementos dosificados en prefloración, floración y poscujaja.

Al analizar el calcio, el testigo posee la mayor concentración (28,79 Meq100 mL<sup>-1</sup>), al igual que en las relaciones Ca/Mg y (Ca+Mg)/K donde el Testigo también registra valores superiores (14,25 y 13,01 Meq100 mL<sup>-1</sup> respectivamente); por otra parte, los tratamientos fertilizados en las diferentes combinaciones dosificados en prefloración, floración y poscujaja reflejan concentraciones inferiores. En los casos de nitrógeno, magnesio y relación magnesio/potasio no se encontraron diferencias significativas.

**Tabla 13.** Macro y micro elementos presentes en las muestras de suelo analizadas al finalizar la investigación en plantaciones de mora de Castilla en Imbana, provincia de Zamora Chinchipe. Promedios unidos con letras diferentes en sentido vertical expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de DGC (p<0,05).

Tratamiento	N		P		K		Ca		Mg		Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K			
	Ppm		Ppm		Ppm		Meq 100 mL <sup>-1</sup>		Meq 100 mL <sup>-1</sup>							
Testigo	289,06	A	239,78	B	2,38	B	28,79	A	2,2	A	14,25	A	0,93	A	13,01	A
NPK+3MF*	250,26	A	780,03	A	2,85	B	8,64	B	1,8	A	5,05	B	0,67	A	4,46	B
NPK+2MF**	203,12	A	802,96	A	2,58	B	9,12	B	2,15	A	4,19	B	0,82	A	4,18	B
NPK+CaMgZnBS +2MF	194,59	A	719,30	A	2,55	B	12,76	B	1,8	A	7,11	B	0,71	A	5,69	B
NPK+CaMgZnBS +3MF	191,26	A	849,78	A	3,37	A	8,77	B	2,85	A	3,19	B	0,86	A	3,46	B
CaMgZnBS+3MF	170,06	A	252,56	B	2,32	B	17,75	B	2,14	A	11,17	A	0,90	A	8,84	B
CaMgZnBS+2MF	169,24	A	232,60	B	2,39	B	14,60	B	2,61	A	6,24	B	1,12	A	7,24	B

\*3MF corresponde a estados fenológicos de prefloración, floración y poscujaja; \*\*2MF corresponde a estados fisiológicos de prefloración y poscujaja

#### 4.2. Variables productivas.

El análisis de los parámetros productivos demostró que no existieron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, se distinguió una tendencia: el testigo presentó valores más bajos en todas las variables a excepción del parámetro de número de inflorescencias, se observó que el testigo expresa mayor número de inflorescencias como se

indica en la Tabla 14; del mismo modo, el T3 registró un mayor número de frutos por planta con un promedio de 363 frutos. El tratamiento con fertilización Ca, Mg, Zn, B, S fraccionada en prefloración y poscujaja demostró estadísticamente frutos de mayor peso, con un promedio de 5,19 g, mientras que la aplicación de N, P, K así mismo en dos momentos se tradujo en frutos de menor peso de 4,33 g.

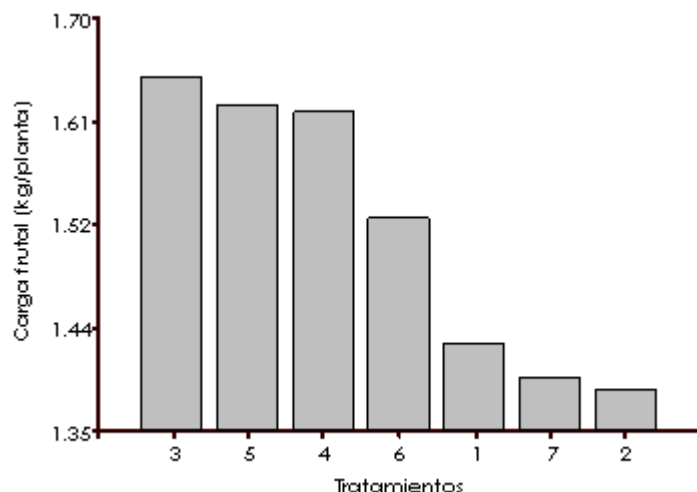
**Tabla 14.** Variables productivas en plantas de mora sometidas a tratamientos de fertilización mineral suministrados en tres y dos momentos fenológicos. 3MF corresponde a prefloración, floración y poscujaja y 2MF a prefloración y poscujaja.

	Tratamiento	% Cuaje	N° inflorescencias/racimo	N° Frutos/planta	Peso promedio de fruto (g)
1	NPK+3MF*	99,10	10,25	293,00	4,88B
2	NPK+2MF**	92,65	8,42	329,75	4,33B
3	CaMgZnBS+3MF	86,97	7,00	363,00	4,72B
4	CaMgZnBS+2MF	97,73	8,67	345,00	5,19 A
5	NPK+CaMgZnBS+3MF	97,02	9,17	354,75	4,54B
6	NPK+CaMgZnBS+2MF	88,07	7,43	334,00	4,58B
7	Testigo	89,33	9,50	313,25	4,51B

#### 4.2.1. Carga frutal.

De acuerdo al rendimiento de mora por planta, no se encontraron diferencias significativas, no obstante, se encontraron tendencias. T1, T7 y T2 reportaron valores bajos frente a los tratamientos fertilizados a base de Ca, Mg, Zn, B y S, de forma independiente o en asociación con N, P, K dosificados en tres momentos fenológicos (T3,T4 y T5). El tratamiento con CaMgZnBS suministrado tres momentos reportó un promedio de 1,63 kg por planta (Figura 8).





T1:NPK+3MF	T2:NPK+2MF	T3:CaMgZnBS+3MF	T4:CaMgZnBS+2MF
T5:NPK+CaMgZnBS+3MF	T6:NPK+CaMgZnBS+2MF	T7:Testigo	

**Figura 8.** Carga frutal con la aplicación de nutrientes edáficos en los estados fenológicos del cultivo de mora, en Imbana, Zamora Chinchipe. No se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ). 3MF (prefloración, floración y poscujaja), 2MF (prefloración y poscujaja).

### 4.3. Análisis de calidad.

Los análisis bromatológicos evaluados en la mora de castilla, como se muestra en la Tabla 15, no evidenciaron diferencias significativas. En cuanto a pH y sólidos solubles se aprecian rangos de 2,70 (T6) a 3,03 (T1) y 7,10 (T1) a 8,00 (T4) respectivamente. El testigo reveló la mayor concentración ácido cítrico 2,69% comparativamente con los tratamientos que recibieron fertilización edáfica.

**Tabla 15.** Análisis bromatológicos determinados en la fruta de mora de castilla, bajo fertilización a base de macro y micro elementos en prefloración, floración y poscujaja, en Imbana, Zamora Chinchipe.

Tratamientos	pH	°Brix	Acidez titulable	% N fruta	% Ceniza
1 NPK+3MF**	3,03	7,1	2,22	1,89	4,87
2 NPK+2MF***	2,87	7,63	2,33	1,88	5,77
3 CaMgZnBS+3MF	2,96	7,90	2,18	1,85	7,05
4 CaMgZnBS+2MF	2,73	8,00	2,57	1,67	6,18
5 NPK+CaMgZnBS+3MF	2,74	7,15	2,53	1,73	7,63
6 NPK+CaMgZnBS+2MF	2,7	7,2	2,46	1,94	6,06
7 Testigo	2,74	7,98	2,69	1,69	5,14

\* corresponden a estados fenológicos, 3MF (prefloración, floración y poscujaja) y 2MF ( prefloración y poscujaja)

#### 4.4. Relación % semilla-pulpa.

En la Tabla 16 se indica la relación existente entre los componentes de la fruta de mora, % pulpa-% semilla. No se encontraron diferencias estadísticas en los tratamientos evaluados; sin embargo, se destaca que el tratamiento con fertilización N, P, K aplicada en prefloración, floración y poscujaja presentó un porcentaje de pulpa de 95,33.

**Tabla 16.** Relación de pulpa-semilla de mora en grado 5 de madurez para cada uno de los tratamientos.

	<b>Tratamiento</b>	<b>% semilla</b>	<b>%pulpa</b>
1	NPK+3MF*	4,67	95,33
2	NPK+2MF*	5,97	94,03
3	CaMgZnBS+3MF	6,04	93,96
4	CaMgZnBS+2MF	5,82	94,27
5	NPK+CaMgZnBS+3MF	6,05	93,95
6	NPK+CaMgZnBS+2MF	6,26	93,74
7	Testigo	5,66	94,34

\*corresponden a los momentos fenológicos: 3MF ( prefloración, floración y poscujaja) y 2MF (prefloración y poscujaja)

Con referencia a los análisis anteriores, se realizaron análisis de correlación entre las variables productivas, bromatológicas, edáficas y fisiológicas (Anexo 6). En la Tabla 17 se muestran solo aquellas correlaciones más interesantes, con un R de Pearson  $\geq 0,45$  y p-valor  $< 0,05$ .

**Tabla 17.** Correlaciones entre variables productivas, bromatológicas, edáficas y fisiológicas evaluadas en plantas de mora de castilla con aplicación de fertilizantes edáficos en diferentes estados fenológicos.

<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b>N</b>	<b>Pearson</b>	<b>p – valor</b>
Carga	pH_fruto	25	-0,450	<0,03
pH_fruto	Carga	28	-0,460	<0,01
pH_fruto	Acidez	25	-0,540	<0,01
Peso promedio del fruto	% cuaje	25	0,46	0,02
% Ceniza	Promedio N° inflorescencia	28	0,530	<0,001
Diámetro Ecuatorial del fruto	% Cuaje	25	0,600	<0,001
Longitud del fruto	% Cuaje	25	0,630	<0,001

P2O5 (ppm)	pH_suelo	28	-0,610	<0,001
K2O (meq/100mL)	P2O5 (ppm)	28	0,470	<0,01
Ca (meq/100ml)	pH_suelo	28	0,530	<0,01
Ca (meq/100ml)	P2O5 (ppm)	28	-0,630	<0,001
Mg/K	pH_suelo	28	0,670	<0,001
(Ca+Mg)/K	pH_suelo	28	0,570	<0,001
(Ca+Mg)/K	P2O5 (ppm)	28	-0,690	<0,001

Existió una asociación positiva entre el diámetro ecuatorial (mm) y longitud (mm) del fruto con el % de frutos cuajados, también entre el contenido de Calcio y la relación Mg/K en el suelo y el nivel de pH en el mismo. A su vez se relacionaron de forma negativa: carga frutal con el pH del fruto, pH del fruto con la acidez titulable, los valores de Ca edáficos y la relación Ca/Mg con P2O5 (ppm).

## 5. DISCUSIÓN

En la presente investigación, después de ejecutar un seguimiento a variables morfológicas, productivas y de calidad se demostró que la carga frutal no se diferenció significativamente entre los siete tratamientos, las plantas presentaron entre 1,40 y 1,63 (kg planta<sup>-1</sup>), por lo que, aparentemente, no resultó ser un indicador claro de la influencia de la fertilización mineral fraccionada en diferentes momentos sobre dicha variable, además no se ajusta a lo reportado en evaluaciones de mora bajo fertilización foliar aplicada en diferentes etapas fenológicas. Rodríguez (2018) sostiene que, con aplicaciones de boro en inicio de yema, zinc en inicio de floración, hierro en amarre de fruto y calcio en desarrollo de fruto se obtienen 5,5 kg planta<sup>-1</sup>. Es probable que no se hayan encontrado diferencias estadísticas debido al número de cosechas realizadas en la presente investigación, ya que en otros estudios se obtienen resultados positivos con un número mayor de cosechas, remarcando la influencia de la fertilización mineral en relación al estado fenológico del cultivo (Cardona, 2019; Monroy *et al.*, 2019; Gill *et al.*, 2012; Perica *et al.*, 2001).

Con base en los resultados obtenidos, se observa el efecto de la fertilización con Ca, Mg, Zn, B, S fraccionada en prefloración y poscuaaja sobre el peso del fruto, registrando un valor promedio de 5,19 g, marcándose una diferencia significativa con los demás tratamientos. Esta respuesta se debería a que estos elementos intervienen de forma específica en estas etapas del cultivo de mora. Por ejemplo, el zinc incide en los procesos del llenado y elongación del fruto, además de su influencia en la floración, donde afecta el crecimiento de las flores (Marín y Rodríguez, 2001; Naranjo, 2016). Adicionalmente, el boro interviene en el índice del área foliar, por ello de forma indirecta en la eficiencia fotosintética, lo que se traduce en que el fruto obtendrá mayor cantidad de fotoasimilados (Avilan, 2010); algo similar sucede en uvilla, la deficiencia de boro afecta de forma directa el peso fresco de los frutos (Martínez *et al.*, 2008; Miranda *et al.*, 2016). De esta manera, la expansión y llenado del fruto se vió favorecido por el fraccionamiento en prefloración y poscuaaja de Ca, Mg, Zn, B, S frente a plantas con un suministro de estos elementos, pero fraccionados en tres momentos.

Así mismo, puede ser que el pH del suelo favoreció la disponibilidad de los macroelementos secundarios y microelementos, dado que los tratamientos fertilizados con Ca, Mg, Zn, B, S presentaron un pH neutro, mientras que las plantas fertilizadas con N, P, K demostraron un rango de 5,83 hasta 6,4. Esto concuerda con el argumento de Navarro y Navarro (2003), según el cual el Ca, Mg y B son más asimilables en pH neutros a elevados, sin embargo, el Zn es altamente disponible en pH inferior a 5, mientras que la disponibilidad de los macronutrientes es diferente: el fósforo es menos asimilable en pH inferior a 6,5 debido a la interacción del Fe y Al, provocando la precipitación del P. Algo similar sucede con el K, compuestos de S y N aunque en menor nivel. Considerando lo antes expuesto, el pH del suelo pudo influenciar en la disponibilidad de los macroelementos secundarios y microelementos lo que se tradujo en frutos de mayor peso.

En cuanto al diámetro ecuatorial y longitud del fruto, se vislumbra que la fertilización con Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en prefloración y poscujaja apunta a frutos con mayor diámetro (25,13 mm) y longitud (18,26 mm), lo que los categorizó en el calibre “Grande”, según la INEN 2427. Esto coincide con Rodríguez (2018), quien aplicó B y Zinc en prefloración y amarre del fruto obteniendo la mejor respuesta, y algo similar sucede en frutos de uvilla, maracuyá y fresa, donde el déficit de B disminuye los diámetros del fruto (Martínez *et al.*, 2008). Al igual que el peso del fruto, probablemente el pH edáfico y el tipo de fertilizante empleado pudieron influir en la asimilación del Ca, Mg, Zn, B, S; por lo tanto sus funciones en la planta se expresaron con mayor claridad, afirmando que estos elementos fraccionados en prefloración y poscujaja mejoran el calibre de los frutos de mora. Simultáneamente, el calibre del fruto mostró alta relación con el porcentaje de cuaja, es decir, el cuaje de frutos disminuyó en plantas con frutos de diámetro y longitud mayor.

No se encontraron diferencias estadísticas en las variables bromatológicas de la fruta de mora en ninguno de los tratamientos evaluados, lo cual podría deberse a que los nutrientes aplicados incrementaron su disponibilidad mas no fueron asimilados por las plantas. Esto se constata con la prueba inicial del ensayo, donde se encontró deficiencia de K, Ca y B. Sin embargo, se observó que los porcentajes de ácido cítrico bajo fertilización mineral reportados en el ensayo son inferiores a los expuestos en un trabajo realizado en Tungurahua, con promedios de 3,05 % (Díaz, 2017a), mientras que en Tumbaco, en un

estudio donde comparan dos clones de mora sin espinas con el propósito de determinar su potencial comercial el testigo (mora de castilla con espinas) es quien posee mayor concentración de ácido, 1,23 % (Cárdena, 2017), lo que coincide con el proyecto actual. En este contexto, se puede inferir que este parámetro también tiene relación con las condiciones medioambientales de cada sector, ya que estos estudios corresponden a zonas con climas diferentes, es así que, Tungurahua se encuentra a 2 982 m.s.n.m., con 15° C y 70 % HR, Tumbaco posee un clima más cálido con 17° C situado a 2 348 m s.n.m. mientras que Imbana registra temperaturas más frías con rango de 13 a 15°C, a 2 312 m s.n.m. con 85 % HR, lo que indica que en lugares más cálidos, con menor HR, los frutos son menos ácidos. Aunque Bruneto *et al.* (2016) argumenta que las aplicaciones de K disminuyen la acidez de la fruta, por lo tanto, probablemente aplicaciones de fertilizantes si influyen en el contenido de ácido cítrico en la fruta.

En cuanto a los valores de pH del fruto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, es decir los fraccionamientos nutricionales conservaron la característica ácida de los frutos. Los valores determinados son ligeramente superiores, con rango de 2,7 y 3,03 a los encontrados por Ayala *et al.* (2013) y Cárdenas (2013) quienes valorando el pH de mora encontraron valores entre 2,64 y 2,88. Se observa que actualmente existe discrepancia en la literatura acerca de los factores que intervienen en el pH del fruto de bayas, debido a que algunos autores no reportan cambios significativos aún evaluando diferentes factores tales como condiciones climáticas, podas y fertilización (Martínez *et al.*, 2008; Cárdenas, 2013), aunque Spayd (1995) y Monroy *et al.* (2019) advierten que en la vid altas dosis de N describen valores de pH altos, indicando una relación lineal entre la fertilización con N y el valor del pH de las uvas.

Algo semejante ocurre con el porcentaje de sólidos solubles, no se demostraron diferencias estadísticas, sin embargo, se identificó que los tratamientos suministrados en dos momentos (prefloración y poscujaja) tienden a presentar mayor concentración de ° Brix. El no encontrar diferencias significativas podría deberse a factores externos, como la auto sombra (Monroy *et al.*, 2019), es decir, el área de producción, el índice de área foliar, la radiación foliar y rangos de temperatura, lo que coincide con Nava *et al.* (2008) quienes enfatizan que dichos factores tienen gran influencia sobre dicho parámetro de calidad. Al mismo

tiempo, los valores no se ajustan al comparar con los requisitos establecidos en la norma de calidad ecuatoriana en NTE INEN 2427, ya que las frutas en el estudio presentaron valores inferiores en un rango de 7,1 a 8 ° Brix mientras que se requiere 9,0° brix para la mora de castilla con espinas para considerar una fruta de calidad para su comercialización.

De forma general los tratamientos manifestaron un crecimiento constante del brote vegetativo en función de los días de evaluación, aunque a partir de los 56 DDA se notó cierta disminución. Acerca del incremento de la longitud, existieron diferencias estadísticas significativas a los 40 DDA en los tratamientos 3 (Ca, Mg, Zn, B, S +3MF) y 4 (Ca, Mg, Zn, B, S +2MF) mostrando valores bajos con un promedio de 0,84 y 0,58 cm respectivamente, mientras que aplicaciones de N, P, K+ Ca, Mg, Zn y B en tres momentos exhibieron los valores más altos (3,55 cm).

El crecimiento vegetativo de la mora no solo depende de la calidad del sustrato ni de las condiciones ambientales como temperatura y humedad sino que las aplicaciones extrínsecas de nutrientes que también intervienen en su desarrollo. Dicho esto, se infiere que la mezcla de nutrientes aplicados en prefloración, floración y poscujaja contribuyó al incremento del largo del brote, lo que coincide con Cardona (2019) quien postula que, en todas las fases fenológicas, el N es el elemento más requerido por la planta, si bien al K no se lo relaciona con el crecimiento foliar, pero sí promueve la absorción nitrogenada incrementando la producción de proteínas y el crecimiento de la parte aérea de las plantas (tallos y hojas). El P es necesario para garantizar la floración y reproducción de la planta pero su mayor absorción se da en fases primarias para formar el tallo y raíces primarias.

Los promedios del diámetro del raquis de la mora de castilla no revelaron diferencias estadísticas durante todo el periodo de evaluación. No obstante, a los 12 DDA se identificó una ligera influencia del momento de aplicación, dado que el tratamiento aplicado en prefloración, floración y poscujaja exteriorizó un mejor desempeño a diferencia de los tratamientos con aplicaciones en prefloración y poscujaja. La fertilización a base de N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en tres momentos a los 28 DDA mostró un incremento de diámetro significativamente mayor (0,83 cm) al contrastar con el resto de tratamientos valorados. Es posible que este incremento se evidenció debido al sinergismo entre los nutrientes aplicados (Cardona, 2019), sin embargo, actualmente no existe información que

permita contrastar el efecto del momento de fertilización mineral sobre el diámetro del brote de mora.

Respecto a la evaluación de los tratamientos de fertilización suministrados en diferentes momentos fenológicos sobre los parámetros químicos del suelo, se sostiene que, revio a la fertilización base, se encontró un suelo ligeramente ácido con un pH de 5,6 y deficiencia de potasio, calcio y boro. Posterior a la práctica de encalado con carbonato de calcio, el pH se elevó en todos los tratamientos, subió a valores medios de 6,46 incrementándose en 0,86 unidades. Esta práctica probablemente modificó la reacción del suelo, mejorando la absorción y redistribución de N en la planta y liberando el fósforo retenido en el suelo (Rosas-Patiño *et al.*, 2019).

Así mismo, se evidenció que los tratamientos con fertilización a base de N, P, K acidifican aún más el suelo, pero podría ser consecuencia del fertilizante empleado en el ensayo como fuente de N: la urea se hidroliza en contacto con el agua y bajo la acción de la ureasa, al pasar de amida a carbonato amónico; posteriormente, liberando  $H^+$ , pasa de forma amoniacal a nítrica, lo que es generalmente asimilable para las plantas, lo que concluye que el comportamiento final de la urea es ácida (Males, 2019). Sin embargo, Díaz (2017b) asegura que el pH edáfico es poco afectado por factores extrínsecos al suelo, como la aplicación de fertilizantes.

Respecto al contenido de elementos en el suelo, el nitrógeno no presentó diferencias estadísticas, lo cual podría ser consecuencia de tipo de análisis edáfico, ya que este elemento fluctúa rápidamente en el suelo, además durante la etapa reproductiva de la mora la absorción de nitrógeno en la planta es más alta con mayores cantidades de potasio y calcio. Es importante considerar las interacciones positivas que tiene el nitrógeno con nutrientes como calcio y potasio, incluso se afirma que el potasio mejora la absorción y transporte del nitrógeno, reafirmando el sinergismo que existe entre estos elementos (Cardona, 2019), lo que parcialmente coincide con los resultados obtenidos en el proyecto, ya que se observa un nivel mayor de K únicamente en plantas fertilizadas con mezcla de elementos (N, P, K y Ca, Mg, Zn, B, S) en prefloración, floración y poscujaja. Ahora bien, en el caso del calcio, la presencia del N en ninguna de sus presentaciones suministradas en el ensayo, no contribuye a la presencia de este elemento, por el contrario, el testigo es quien



presenta mayor proporción de Ca en el suelo, esto se debe al encalado previo en toda la plantación.

Los tratamientos en los que se aplicó fósforo expresaron mayor cantidad del elemento en el suelo, al igual que en un estudio realizado en el cultivo de cacao (Herrera, 2019). El potasio se encuentra en mayor proporción en el tratamiento con N, P, K y Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en prefloración, floración y poscujaja. La fase reproductiva de mora es más exigente de fósforo, sin embargo, no existe diferencia en cuanto a la fase vegetativa (Castaño *et al.*, 2009), considerando que el fósforo es necesario para garantizar la floración y reproducción de la planta, por lo que la tasa de aplicación debe disminuir, debido a que la planta de mora no es eficiente en la absorción de fósforo (Cárdona, 2017).

Las correlaciones demostraron que un incremento en las relaciones  $(Ca+Mg)/K$  y  $Ca/Mg$  en el suelo disminuyen la concentración de  $P_2O_5$ , probablemente se deba a la íntima relación que tienen estos elementos, lo que coincide con un estudio realizado en cacao en el mismo sector, donde se encontró la misma relación (Romero, 2019). Al revisar la relación del Ca con otros nutrientes, se evidenció que un aumento en la concentración de dicho elemento reduce la cantidad de  $P_2O_5$ . Este fenómeno se contradice con lo encontrado en plantas de *Oryza sativa*, donde este nutriente estimula la absorción de P y K bajo ciertos rangos de concentración de iones en la solución nutritiva (Cárdenas, 2013).

## 6. CONCLUSIONES

- Se determinó que la planta de mora castilla requiere 611,20 °CD para que el racimo floral se transforme a fruto de grado cinco de madurez, esto en 81 días bajo las condiciones de de Imbana .
- La fertilización con Ca, Mg, Zn, B, S suministrada en prefloración y poscuaja afectó el peso de los frutos, y denotó frutos con 5,19 g, mejoró el diámetro (25,13 mm) y longitud (18,26 mm), lo que se traduce en frutos de calibre grande, según la INEN 2427, Para los parámetros productivos y de calidad de la fruta no se evidenciaron diferencias significativas, por ende, no se constata un efecto claro de la fertilización mineral fraccionada en dos o tres momentos.
- A medida que la carga frutal y el número de frutos por planta aumenta el pH del fruto disminuye, mientras que el % N del fruto será mayor en plantas que presentan mayor porcentaje de frutos cuajados.
- La aplicación de fertilizantes como fuentes de N, P, K independientemente del momento y número de aplicaciones tienden a presentar valores de pH edáficos más ácidos posterior al encalado.

## 7. RECOMENDACIONES

- Registrar las variables productivas y realizar los análisis de laboratorio al menos por cuatro cosechas, debido a las simultáneas etapas fenológicas que tiene el cultivo de mora, con la finalidad de compilar mayor cantidad de datos, que expongan de forma asertiva la existencia de diferencias entre los tratamientos.

Realizar evaluación de aplicación en intervalos más largos de etapas fenológicas para analizar si existen diferencias al respecto.

- Realizar ensayos en diferentes variedades para analizar si existen efectos de cambios en respuesta a nivel varietal.
- Analizar los contenidos bromatológicos a nivel foliar y de frutos en diferentes estadíos del cultivo de mora con la finalidad de determinar su distribución con la fertilización en función de la demanda de nutrientes en cada etapa fenológica del cultivo.
- Extender las investigaciones a nivel de poscosecha para describir en qué forma la fertilización integral afecta el tiempo en percha de la fruta.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguinaga, M., y Guanotuña, L. (2013). *Evaluación agronómica y pomológica de clones experimentales de mora de castilla (Rubus glaucus benth) en Cotacachi*. (Vol. 2). UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Ali, L. (2012). *Pre-harvest factors affecting quality and shelf-life in raspberries and blackberries (Rubus spp. L.)*.
- Anttonen, Hoppula, K., Nestby, R., Verheul, M., y Karjalainen, R. (2008). Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7), 2614-2620.
- Anttonen, M. (2007). Evaluation of means to increase the content of bioactive phenolic compounds in soft fruits. En *Acta Horticulturae* (Vol. 839).
- Antunes, L., Pereira, I., Picolotto, L., Vignolo, G., y Gonçalves, M. (2014). Produção de Amoreira-reta no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticaba, Jaboticaba*, 36(1), 100-111.
- Artunduaga, B. (2010). *Efecto de la fertilización en dos ecotipos de mora (Rubus sp) y su relación con el rendimiento en andisoles*. Universidad Nacional de Colombia.
- Avilan, L. (2010). *Fertilizacion del mango en el tropico*. 28. Recuperado de [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/2ca1610230942c3c05257afc005d50a7/\\$FILE/Fertilizacion.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/2ca1610230942c3c05257afc005d50a7/$FILE/Fertilizacion.pdf)
- Ayala, L., Valenzuela, C., y Bohórquez, Y. (2013). Caracterización fisicoquímica de mora de castilla ( *Rubus glaucus* Benth) en seis estados de madurez. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 10-18.
- Ayala Sánchez, L. C., Valenzuela Real, C. P., y Bohórquez Pérez, Y. (2013). Variables determinantes de la madurez de comercial en la mora de castilla (*Rubus glaucus*

- BENTH ). *Scientia Agroalimentaria*, 1, 39-44.
- Bermudes, G. (2011). La cadena de comercialización de la mora (*Rubus glaucus* Benth) y la incidencia en el nivel de ingresos de los productores de la provincia de Tungurahua. *Repo.Uta.Edu.Ec*, (1), 130.
- Black, B., Frisby, J., Lewers, K., Takeda, F., y Finn, C. (2008). Heat unit model for predicting bloom dates in *Rubus*. *HortScience*, 43(7), 2000-2004.
- Broadley, M., White, P., Hammond, J., Zelko, I., y Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist*, 173(4), 677-702.
- Brummell, D. A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology*, 33(2), 103.
- Bruneto, G., Bastos, G., Toselli, M., Quartieri, M., y Tagliavini, M. (2016). the Role of Mineral Nutrition on Yields and Fruit Quality in Grapevine, Pear and Apple. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(4), 1089-1104.
- Cárdenas, Y. Y. (2013). *Evaluación agronómica y fenológica de dos clones de mora (Rubus glaucus Benth) para determinar su potencial comercial, Tumbaco, Ecuador*. Universidad Central del Ecuador.
- Cárdona, W. (2017). *Requerimientos nutricionales (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio) en etapa vegetativa y reproductiva de un cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.), ubicado en el municipio de Silvania (Cundinamarca)*.
- 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. En *Manual de nutrición del cultivo de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) bajo un esquema de buenas prácticas en fertilización integrada*.
- Cardona, W., Galindo, J., Bolaños, M., y Ramírez, M. (2018). Growth response surface for optimizing fertilization in Andean blackberry (*Rubus Glaucus* Benth.). *Agronomía Colombiana*, 36(2), 135-142.
- Carvajal, L., Cucaita, G., Zuluaga, C., y Quicazan, M. (2012). Uso de una nariz electrónica

- y panel sensorial para la evaluación de la calidad de mora. *Vitae*, 19.
- Castaño, C., Morales, C., y Obando, F. (2009). *Evaluación de las deficiencias nutricionales en el cultivo de mora (Rubus glaucus) en condiciones controladas para bosque montano bajo*. 16.
- Clark, J., y Finn, C. (2014). Blackberry cultivation in the world. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 46-57.
- Croge, C., Cuquel, F., Biasi, L., y Bona, C. (2016). Desempenho de cultivares de amoreira-preta em Cerro Azul-PR. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(3).
- Díaz, J. S. G. (2017a). Evaluación del efecto de dosis de N , P , K y Ca sobre las propiedades químicas del suelo y la productividad de un cultivo de mora ( *Rubus glaucus* Benth.). *Universidad Nacional De Colombia Sede Bogota*.
- Díaz, J. S. G. (2017b). *Evaluación del efecto de dosis de N , P , K y Ca sobre las propiedades químicas del suelo y la productividad de un cultivo de mora ( Rubus glaucus Benth.)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Dreyer, I. (2014). Potassium (K<sup>+</sup>) in plants. *Journal of Plant Physiology*, 171(9), 655.
- Ecuatoriano Instituto de Normalización. (2015). NTE INEN 2427. *Frutas frescas. Mora. requisitos*. Recuperado de [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/nte\\_inen\\_2427\\_1r.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/nte_inen_2427_1r.pdf)
- Fallas, R., Bertsch, F., y Barrientos, M. (2014). Curvas de absorción de nutrientes en papaya (*Carica papaya* L.) CV. «Pococi» en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha. *Agronomía Costarricense*, 38(2), 43-54.
- Figuroa, 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*.
- Finn, C., y Clark, J. (2012). Blackberry. En *Fruit Breeding* (pp. 1-875).
- Fischer, G. (2011). La relación hoja/fruto en especies frutícolas. *4th Colombian Congress of Horticulture*, 44-53. Palmira, Colombia.

- Fischer, S., Wilckens, R., Vidal, I., Astete, P., y Maier, J. (2016). Respuesta de la achicoria (*Cichorium intybus* L.) a la aplicación de magnesio. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 32(1), 3-11.
- Franco, G., y Giraldo, M. (2009). *El cultivo de la Mora*. Colombia.
- GADPRI. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Victoria de Imbana. *Igarss 2014*, (1), 1-5.
- Gill, J., Dhillon, W. S., Gill, P. P. S., y Singh, N. (2012). Fruit set and quality improvement studies on semi-soft pear cv. Punjab Beauty. *Indian Journal of Horticulture*, 69(1), 39-44.
- Grijalba, C., Calderón, L., y Pérez, M. (2010). Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (*Rubus glaucus*), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 6(1), 24-41.
- Grijalba R., C. M., Calderón M., L. A., y Pérez T., M. M. (2016). 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.
- Guerrero, F., Alejo, G., y Lunal, G. (2017). Potassium fertilization in fruit tree. *Revista Bio Ciencias*, 4(3), 143-152.
- Hao, D. C., Gu, X., y Xiao, P. (2017). Anemone medicinal plants: ethnopharmacology, phytochemistry and biology. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 7(2), 146-158.
- Herrera, R. (2019). *Dinámica nutricional en interacciones NPK relacionada a características morfológicas y fisiológicas en cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN 51* (Universidad Nacional de Loja). Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/22139>
- Horvitz, S., Chanaguano, D., y Arozarena, I. (2017). Andean blackberries ( *Rubus glaucus* Benth ) quality as a ff ected by harvest maturity and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, 226(August), 293-301.

- Hussain, I., Roberto, S., Batista, I., Marinho de Assis, A., Koyama, R., y Antunes, L. E. (2016). Phenology of «Tupy» and «Xavante» blackberries grown in a subtropical area. *Scientia Horticulturae*, 201, 78-83.
- INEN. (2010). *NTE INEN 2 427. 2427*. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2427.2010.pdf>
- Iza, F., Rojas, X., y Argüello, Y. (2017). Línea base de la calidad de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) en su cadena alimentaria. *Enfoque UTE*, 7(3), 82.
- Lugaresi, A., Uberti, A., Giacobbo, C., Lovatto, M., Girardi, G., y J, W. (2018). Management of pruning and evaluation in blackberry cultivars in relation to productive characteristics and bioactive compounds. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 90(4), 3879-3885.
- Males, J. (2019). “Incidencia de la aplicación del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) como enmienda química en suelos de las comunidades Canchaguano, El Capulí, La Delicia y Fernández Salvador, pertenecientes al Cantón Montúfar, Provincia del Carchi” (UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD).
- Marín, C., y Rodríguez, M. (2001). Crecimiento, floración y producción del mango sometido a diferentes tratamientos en plantaciones de alta densidad. *Agronomía Tropical*.
- Martínez, A., Vásquez, W., Viteri, P., Jácome, R., y Ayala, G. (2013). Ficha técnica de la variedad de mora sin espinas (*Rubus glaucus* Benth) INIAP ANDIMORA-2013. *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP, Programa Nacional de Fruticultura*, 1-14.
- Martínez, F. E., Sarmiento, J., Gerhard, F., y Jimenez, F. (2008). Efecto de la deficiencia de N , P , K , Ca , Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L .). *Agronomía Colombiana*, 26(3), 389-398.
- Meléndez, G., y Molina, E. (2002). *Fertilización foliar: principios y aplicaciones* (Vol. 1).
- Miranda, D., Carranza, C., y Fischer, G. (2016). *Problemas de campo asociados al cultivo*



*de uchuva*. Colombia.

Monroy, D. M., Cardona, W. A., García, M. C., y Bolaños, M. 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*, (May), 108528.

Morales, C. (2009). *Cultivo de Berries: Consideraciones Generales*. Chile.

Morales, C., y Villegas, B. (2012). Manual para el cultivo de frutales en el Trópico. *Produmedios*, (January), 169-185.

Naranjo, J. (2016). *Efecto del boro, zinc y manganeso sobre la floración, rendimiento y calidad de fruto del mango Mangifera indica L. cv. tommy atkins*.

Nava, G., Dechen, A. R., y Nachtigall, G. R. (2008). Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(1-2), 96-107.

Navarro, S., y Navarro, G. (2003). *Química Agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. (Segunda ed; Mundi-Prensa, Ed.). Madrid. Barcelona. Mexico.

Nieto, M. A. (2008). Cosecha y poscosecha. *El cultivo de la papaya en los Llanos Orientales*, 85.

Pereira, I., Navas, G., Picolotto, L., Vignolo, G. K., Gonçalves, M., y Antunes, L. (2015). Exigência nutricional e adubação da amoreira- preta. *Revista de Ciências Agrárias*, 96-104.

Pérez, M., y Vázquez, V. (2003). Comportamiento de la zarzamora en el clima cálido. *Revista Chapingo. Seria Hortícola*, 9(2), 305-309.

Perica, S., Brown, P. H., Connell, J. H., Nyomora, A. M. S., Dordas, C., Hu, H., y Stangoulis, J. (2001). Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive. *HortScience*, 36(4), 714-716.

Quiroga, I., Fischer, G., y Melgarejo, L. (2018). Efecto de la aplicación foliar de boro en el

- desarrollo fenológico y cuajado de fruto de gulupa (*Passiflora edulis f. edulis* Sims). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 20-30.
- Ramírez, C. H., Magnitskiy, S., Melo, S. E., y Melgarejo, L. M. (2018). Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en etapa vegetativa. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 31-40.
- Rodríguez, I. (2018). *Aplicación de nutrientes foliares en los estados fenológicos del cultivo de mora (Rubus glaucus Benth) en la granja experimental El Píllaro*.
- Rodríguez, L., Lopez, L., y García, M. (2010). *Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, mora (rubus glaucus)*. 19, 35-42.
- Romero, M. (2019). *RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS DE CACAO (Theobroma cacao L.) CLON CCN 51 A LA FERTILIZACIÓN CON DIFERENTES FUENTES DE NITRÓGENO* (Universidad Nacional de Loja). Recuperado de [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS WILSON FERNANDO.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESIS_WILSON_FERNANDO.pdf)
- Romero, F., Martínez, M., y Pretel, M. T. (2007). Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. *Dpto. Tecnología de Alimentos, CEBAS-CSIC*, 91-96.
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., y Menjivar-Flores, J. C. (2019). Liming effect on macronutrient intake for cacao (*Theobroma cacao* L.) in the Colombian Amazon. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 17-28.
- Salgado, A. A., y Clark, J. R. (2016). Breeding Innovation of the University Program. *HortScience*, 51(5), 468-471.
- Sánchez, P. (2009). Principios y Aplicaciones de la nutrición en zarzamora. En *Manejo del cultivo del zarzamora en producción forzada* (pp. 44-59). Mexico.
- Sandoval, G., y Bonilla, E. (2015). Producción, comercio y potencialidades de la mora

- colombiana en el mercado internacional. *Revista de Investigación*, 8(1), 66-76.
- Segantini, D. M., Threlfall, R., Clark, J. R., Brownmiller, C. R., Howard, L. R., y Lawless, L. J. R. (2017). Changes in fresh-market and sensory attributes of blackberry genotypes after postharvest storage. *Journal of Berry Research*, 7(2), 129-145.
- Spayd, S. E., Nagel, C. W., y Edwards, C. G. (1995). Yeast Growth in Riesling Juice as Affected by Vineyard Nitrogen Fertilization. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46(1), 49 LP - 55. Recuperado de <http://www.ajevonline.org/content/46/1/49.abstract>
- Sturikova, H., Krystofova, O., Huska, D., y Adam, V. (2018). Zinc, zinc nanoparticles and plants. *Journal of Hazardous Materials*, 349(September 2017), 101-110.
- Swietlik, D., Singha, S., y Baugher, T. (2003). *Plant nutrition. Concise encyclopedia of temperate tree fruit*. Food Product Press. New York.
- Tadeo-robledo, M., Espinosa-calderon, A., Chimal, N., Arteaga-escamilla, I., Trejo-pastor, V., Canales-islas, E., ... Zamudio-gonzález, A. P. B. (2012). *DE MAÍZ ANDROESTÉRILES Y FÉRTILES Plant Density and Fertilization in Hybrid Maize Androesterile and Fertile Versions*. 157-164.
- Ulusik, I., Karakaya, H., y Koc, A. (2018). The importance of boron in biological systems. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 45(March 2017), 156-162.
- Undurraga, P., y Vargas, S. (2013). Manual de frambuesa. En *INIA*. Chillán.
- Valencia, S., Guevara, J., y Vilaplana, R. (2016). *Hongos causantes de podredumbres en la poscosecha de mora (Rubus glaucus): Aislamiento, Identificación, y Evaluación del género más agresivo*. 23, 769-774.
- Villares, D. (2018). *Determinación de grados días desarrollo en la fenología de siete variedades de Chrysanthemum sp. en la florícola Florisol*. 1044.
- Viteri, P., Vásquez, W., Viera, W., Sotomayor, A., y Mejía, P. (2016). Ecología ára el desarrollo y crecimiento de la Mora. En *El cultivo de la mora en el Ecuador* (Vol. 16, p. 35). Quito, Ecuador: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Zörb, C., Senbayram, M., y Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture--status and perspectives. *Journal of plant physiology*, 171(9), 656-669.

## 9. ANEXOS

### Anexos 1. Análisis del suelo previo a la implementación del ensayo.

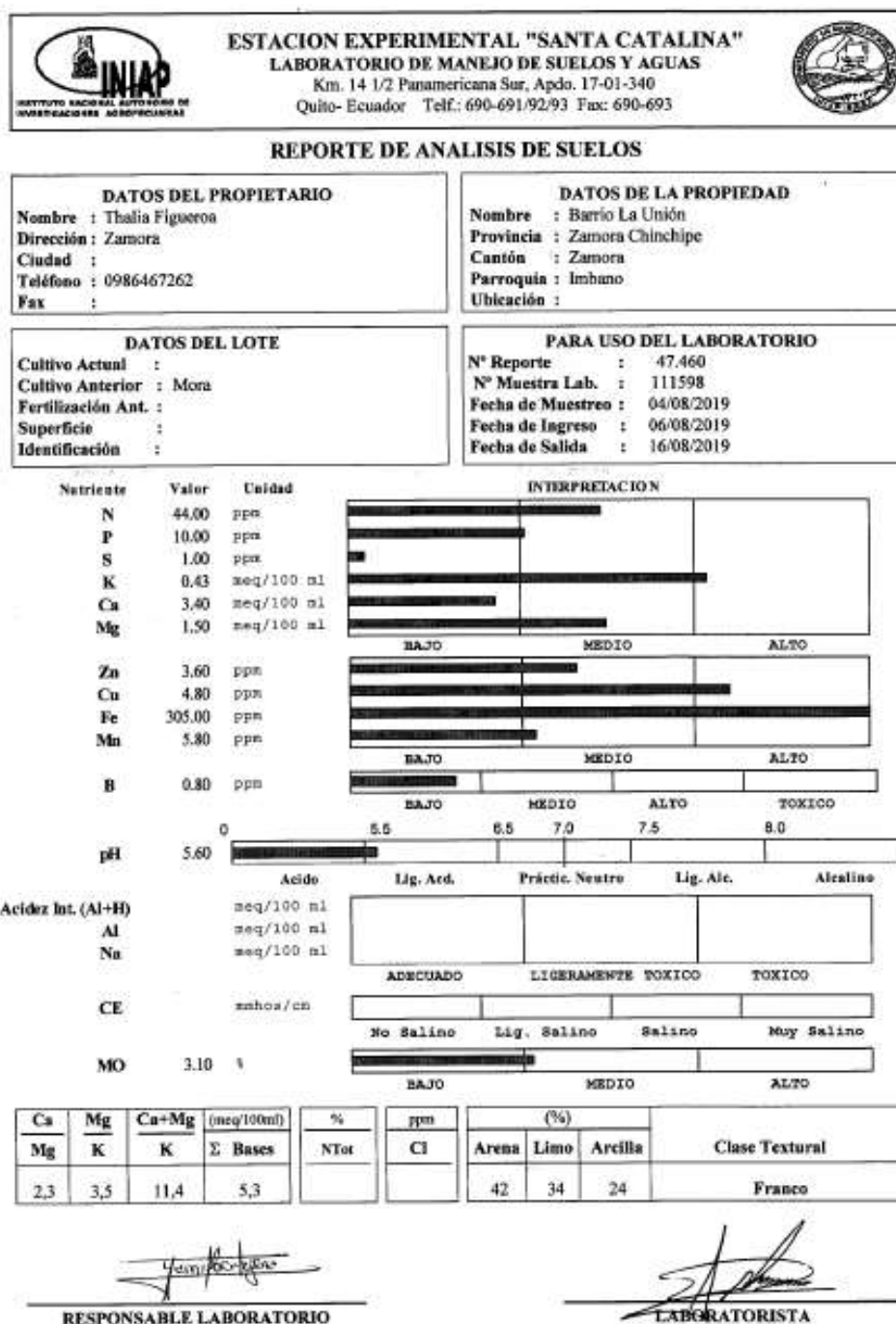


Figura 9. Análisis inicial del suelo, previo encalado y aplicación de tratamientos. Realizado en el laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental "Santa Catalina"

**Anexos 2. Demanda de nutrientes del cultivo de mora var. Tupy para un rendimiento de 15 t·ha-1.**

Elemento	Demanda total
Kg· t <sup>-1</sup>	Kg· ha <sup>-1</sup>
N	52
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	26,6
K <sub>2</sub> O	109,5
CaO	47,8
MgO	28,4
S	23,0
g· t <sup>-1</sup>	g· ha <sup>-1</sup>
Fe	760,5
Cu	137,3
Mn	1 755,70
B	305,10
Zn	158,4

Fuente: (Sánchez, 2009)

**Anexos 3. Cálculos de dosis de los tratamientos**

- **Dosis de corrección**

De acuerdo con el análisis edáfico realizado, se determinó que, el Ca, Mg, B, P y S requieren corrección. Además, se constató que es un suelo franco, por lo tanto, la densidad aparente es 1,28 kg/m<sup>3</sup>.

**Calcio**

$$\begin{aligned}
 &13,6 \quad 100 \quad x \quad \text{Óptimo} \\
 &3,4 \quad X \quad = \frac{3,4 * 100}{13,6} \quad 55\% \\
 &= 25 \%
 \end{aligned}$$

$$\text{Deficit de Ca} = \text{CIC} * \frac{\% \text{ deficit}}{100} * 200$$

$$\text{Déficit} = 55 - 25 = 30 \%$$

$$\text{Deficit de Ca} = 13,6 * \frac{30}{100} *$$

$$200 = 816 \text{ ppm}$$

$$\text{Dosis de Ca} = 816 * 0,15 * 1,28 * 10$$

$$= 1566,72 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$$

### Magnesio

$$\begin{array}{l} 13,6 \quad 100 \quad x \quad \text{Óptimo} \\ 1,5 \quad x \quad = \frac{1,5 * 100}{13,6} \quad 12- \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 15\% \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = 11,02 \% \end{array}$$

$$\text{Deficit de Mg} = \text{CIC} * \frac{\% \text{ deficit}}{100} *$$

$$120 \quad \text{déficit} = 15 - 11,02 = 3,80$$

$$\text{Deficit de Mg} = 13,6 * \frac{3,80}{100} * 200$$

$$= 62,016 \text{ ppm}$$

$$\text{Dosis de Mg} = 62,016 * 0,15$$

$$* 1,28 * 10$$

$$= 119,07 \text{ kg/ha}$$

### Boro

$$B = \frac{0,7 * 0,15 * 1,28 * 1}{0,26}$$

$$= 5,17 \text{ kg/h}$$

### Azufre

$$S = \frac{7 * 0,15 * 1,28 * 1}{0,26}$$

$$= 51,69 \text{ kg/h}$$

- **Dosis de mantenimiento**

3 plantas \* repetición= 12 plantas; 12 plantas \* 3 m<sup>2</sup> = 36 m<sup>2</sup>

Nitrógeno Eficiencia 70% Dosis por  
 10 000      74 kg  $x = \frac{36 * 74}{10\ 000} = 0,27 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$  planta  
 36 m<sup>2</sup>      x 22,2 g N

Fósforo EF: 40% Dosis por  
 Dosis corrección: 320 kg/ha ; mantenimiento 66,5 kg planta  
 10 000      386 kg  $x = \frac{36 * 386}{10\ 000} = 1,4 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$  116,79 g P  
 36 m<sup>2</sup>      x

Potasio EF: 70% Dosis por  
 10 000      156 kg  $x = \frac{36 * 156}{10\ 000} = 0,56 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$  planta  
 36 m<sup>2</sup>      X 46,8 g K

Azufre Dosis por  
 Dosis corrección: 61,6 kg/ha ; mantenimiento 46 kg planta  
 10 000      97,59kg  $x = \frac{36 * 156}{10\ 000} = 0,56 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$  46,8 g K  
 36 m<sup>2</sup>      x

Magnesio Dosis por  
 Dosis corrección: 119 kg/ha ; mantenimiento 56,8 kg planta  
 10 000      174 kg  $x = \frac{36 * 174}{10\ 000} = 0,64 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$  52,2 g Mg  
 36 m<sup>2</sup>      x

Calcio Dosis por  
 Dosis corrección: 1157 kg/ha ; mantenimiento 95,6kg planta  
 10 000      1567 kg  $x = \frac{36 * 1567}{10\ 000} = 5,64 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$  470 g Ca  
 36 m<sup>2</sup>      X



Zinc	EF:50 %		Dosis por
10 000	0,31 kg	$x = \frac{36 * 0,31}{10\ 000} = 0,001 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$	planta
36 m <sup>2</sup>	x		0,01 g Zn

Boro	EF:50 %		Dosis por
10 000	5,78 kg	$x = \frac{36 * 5,78}{10\ 000} = 0,021 \frac{\text{kg}}{\text{ha}}$	planta
36 m <sup>2</sup>	X		1,7 g B

- Fertilizantes empleados en el ensayo**

Fertilizante	Concentración de elementos	Cantidad aplicada/ tratamiento	Dosis por planta
Super fosfato triple	18% N 46 % P	3,04 kg	250 g
Muriato de potasio	56 % K	0,93 kg	77,5 g
Sulfato de Magnesio	16 % Mg 13 % Mg	3,88 kg	104 g
Sulfato de Zinc	22 % Zn 18 % S	0,05 kg	0,43 g
Boróx	17 % B	0,12 kg	10,33 g

- Aplicación de nutrientes puros según el tratamiento**

$$T_1 = 22,2 \text{ g N} + 166,7 \text{ g P} + 46,75 \text{ g K} *$$

$$T_2 = 22,2 \text{ g N} + 166,7 \text{ g P} + 46,75 \text{ g K} **$$

$$T_5 = 22,2 \text{ g N} + 166,7 \text{ g P} + 46,75 \text{ g K} + 29,25 \text{ g S} + 470,1 \text{ g Ca} + 52,5 \text{ g Mg} + 0,01 \text{ g Zn} + 1,7 \text{ g B}*$$

T<sub>6</sub>=22,2 g N + 166,7 g P + 46,75 g K + 29,25 g S + 470,1 g Ca + 52,5 g Mg + 0,01 g Zn + 1,7 g B\*\*

T<sub>3</sub>=29,25 g S + 470,1 g Ca + 52,5 g Mg + 0,01 g Zn + 1,7 g B\*

T<sub>4</sub>=29,25 g S + 470,1 g Ca + 52,5 g Mg + 0,01 g Zn + 1,7 g B\*

T<sub>7</sub>= Testigo

\* Las cantidades fueron fraccionadas en 3 momentos de aplicación: prefloración, floración y poscuaja.

\*\* Las cantidades fueron fraccionadas en 2 momentos de aplicación: prefloración y poscuaja.

- **Cálculos de fertilizantes según el tratamiento**

T<sub>1</sub>=83,3 g (18-46-00) + 25,8 g (muriato de K) en prefloración, floración y poscuaja

T<sub>2</sub>=125 g (18-46-00) + 38,8 g (muriato de K) en prefloración y poscuaja

T<sub>3</sub>=34,8 g (Sulfato de Mg) + 0,15 g (Sulfato de Zn) + 3,4 g (Bórax) en prefloración, floración y poscuaja

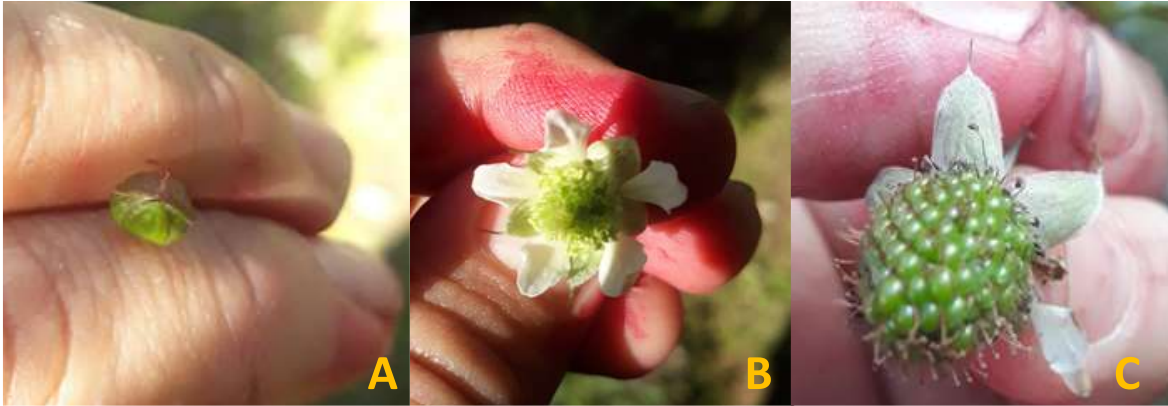
T<sub>4</sub>= 52 g(Sulfato de Mg) + 0,45 g (Sulfato de Zn) + 5,2 g (Bórax) en prefloración y poscuaja

T<sub>5</sub>= 83,3 g (18-46-00) + 25,8 g (muriato de K) + 34,8 g (Sulfato de Mg) + 0,15 g (Sulfato de Zn) + 3,4 g (Bórax) en prefloración, floración y poscuaja

T<sub>6</sub>=125 g (18-46-00) + 38,8 g (muriato de K) + 52 g(Sulfato de Mg) + 0,45 g (Sulfato de Zn) + 5,2 g (Bórax) en prefloración y poscuaja

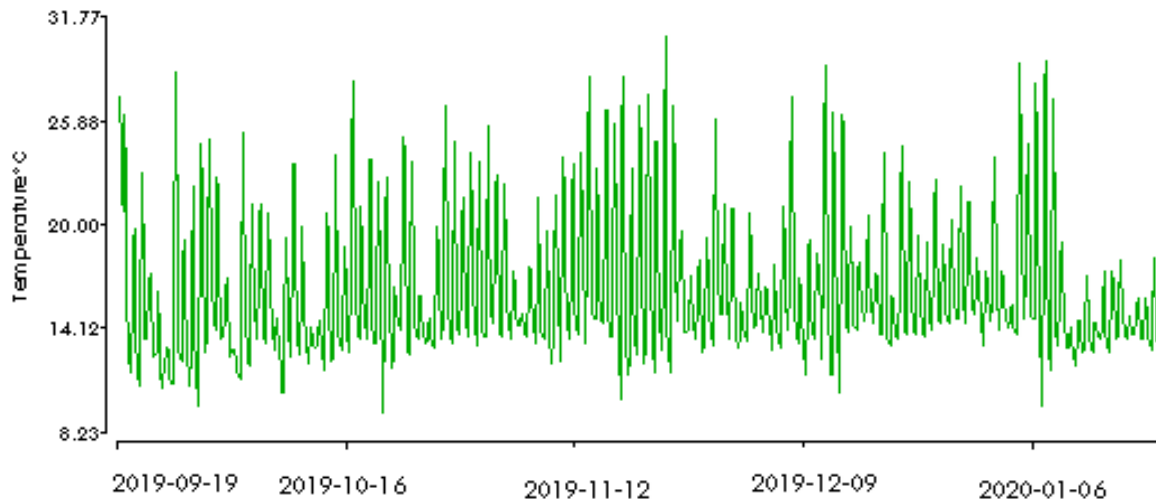
T<sub>7</sub>= Testigo

**Anexo 4. Fotografías de los estados momentos fenológicos donde se aplicaron los fertilizantes.**

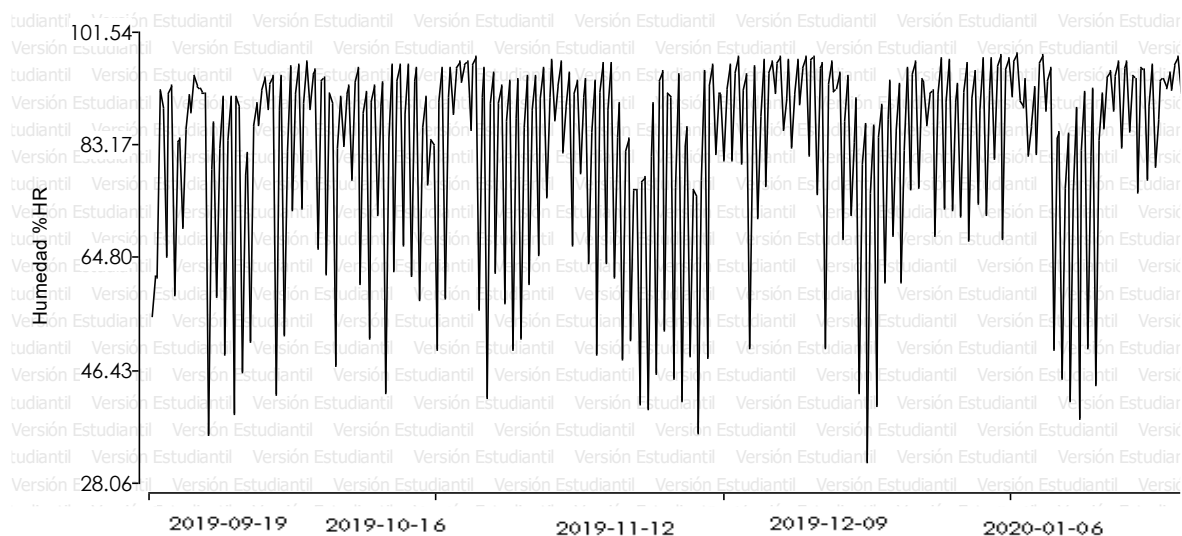


**Figura 10.** Estados fenológicos de la mora en los que se suministraron los fertilizantes. A. prefloración, B. flor abierta, C. Fruto poscuaja

### **Anexos 5. Registro de temperaturas y humedad relativa en la parroquia Imbana**



**Figura 11.** Serie temporal de temperaturas, durante la ejecución del ensayo en campo abierto en Imbana, Zamora Chinchipe.



**Figura 12.** Serie temporal de humedad relativa, durante la ejecución del ensayo en campo abierto en Imbana, Zamora Chinchipe.

## **Anexos 6. Correlación entre variables edáficas, morfológicas, productivas y de calidad**

<b>Variable(1)</b>	<b>Variable(2)</b>	<b>n</b>	<b>Pearson</b>	<b>p-valor</b>
Nº Frutos/planta	Carga	25	0,95	<0,001
Peso promedio de fruto	% Cuaje	25	0,46	0,02
pH_fruto	Carga	25	-0,44	0,03
pH_fruto	Nº Frutos/planta	25	-0,43	0,03
%N fruta	Peso promedio de fruto	25	-0,47	0,02
%N fruta	% Ceniza	25	0,51	0,01
Acidez	pH_fruto	25	-0,54	0,01
% pulpa	Carga	25	-0,41	0,04
% semilla	Carga	25	0,41	0,04
Diámetro ecuatorial del fruto	% Cuaje	25	0,6	<0,001
Diámetro ecuatorial del fruto	Peso promedio de fruto	25	0,89	<0,001
Longitud del fruto	% Cuaje	25	0,63	<0,001
Longitud del fruto	Peso promedio de fruto	25	0,83	<0,001
Longitud del fruto	Diámetro ecuatorial del fruto	25	0,99	<0,001
N edáfico (ppm)	%N fruta	25	-0,45	0,02
N edáfico (ppm)	pH_suelo	25	-0,41	0,04
P2O5 edáfico (ppm)	pH_suelo	25	-0,6	<0,001

K <sub>2</sub> O edáfico(meq/100mL)	°Brix	25	-0,46	0,02
K <sub>2</sub> O edáfico(meq/100mL)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> edáfico (ppm)	25	0,47	0,02
Ca edáfico(meq/100mL)	pH_suelo	25	0,49	0,01
Ca edáfico(meq/100mL)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> edáfico (ppm)	25	-0,62	<0,001
Mg edáfico(meq/100mL)	% Cuaje	25	0,43	0,03
Mg edáfico(meq/100mL)	pH_suelo	25	0,46	0,02
Mg edáfico(meq/100ml)	N (ppm)	25	-0,4	0,05
Ca/Mg edáfico	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> edáfico (ppm)	25	-0,54	0,01
Ca/Mg edáfico	Mg (meq/100mL)	25	-0,48	0,02
Mg/K edáfico	pH_suelo	25	0,64	<0,001
Mg/K edáfico	N edáfico (ppm)	25	-0,48	0,01
Mg/K edáfico	Mg edáfico(meq/100mL)	25	0,87	<0,001
(Ca+Mg)/K edáfico	pH_suelo	25	0,53	0,01
(Ca+Mg)/K edáfico	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> edáfico (ppm)	25	-0,69	<0,001
(Ca+Mg)/K edáfico	K <sub>2</sub> O edáfico(meq/100mL)	25	-0,49	0,01
(Ca+Mg)/K edáfico	Ca (meq/100mL)	25	0,98	<0,001
(Ca+Mg)/K edáfico	(Ca+Mg)/K edáfico	25	0,86	<0,001