



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Efecto de un inhibidor de nitrificación y poda en la producción temprana de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Dennis Oliver Morocho Merino

DIRECTOR:

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 4 de agosto 2023

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración de Trabajo de Titulación denominado: **“Efecto de un inhibidor de nitrificación y poda en la producción temprana de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, de autoría del estudiante **Dennis Oliver Morocho Merino**, con cédula de identidad Nro. **1105002677**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Dennis Oliver Morocho Merino**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1105984247

Fecha: 16 de octubre de 2023

Correo electrónico: dennis.morocho@unl.edu.ec

Teléfono: 0986672369

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Titulación.

Yo, **Dennis Oliver Morocho Merino**, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación denominado: “**Efecto de un inhibidor de nitrificación y poda en la producción temprana de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja**” como requisito para optar el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes octubre del dos mil veintitrés.



Firma:

Autor: Dennis Oliver Morocho Merino

Cédula: 1105984247

Dirección: Shiris y Quijos, Loja

Correo electrónico: dennis.morocho@unl.edu.ec

Teléfono: 0986672369

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Johnny Fernando Granja Trávez, Mg. Sc.

Dedicatoria

El presente Trabajo está dedicado primeramente a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio. A mis padres Ángel y Dolores, por el sacrificio y apoyo incondicional para lograr esta meta, porque ellos me han enseñado a luchar y a nunca rendirme, quienes con su sabiduría y sus consejos nunca dejaron de alentarme.

A mis hermanos por acompañarme en este duro camino, por apoyarme desde el principio hasta el final, por ser tan buenos, admirables y por su constante apoyo en mi formación académica, a cada uno de ellos por la paciencia y sobre todo enseñarme a triunfar en la vida.

A mis amigo/as quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas siempre los llevo en mi corazón.

Dennis Oliver Morocho Merino

Agradecimiento

En primer lugar, le agradezco a Dios y a mis padres Ángel y Dolores que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su amor me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

A mi Director del Trabajo de Titulación Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc., por su dedicación, sus virtudes, su paciencia y constancia en el transcurso del desarrollo este Trabajo de Titulación.

A la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, en especial a carrera de Ingeniería Agronómica y personal docente, quienes con dedicación y por el conocimiento adquirido en estos años, por la oportunidad de formarme académicamente y profesionalmente.

Dennis Oliver Morocho Merino

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xii
1. Título.....	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivo general	5
3.2. Específicos	5
4. Marco teórico	6
4.1. Generalidades y origen del cultivo	6
4.2. Variedades comerciales de arándano	6
4.2.1. Características de la variedad Biloxi	7
4.3. Fertilización en arándano	7
4.3.1. Nitrógeno (N)	7
4.4. Fertilizantes nitrogenados.....	8
4.4.1. Urea	8
4.4.2. Sulfato de amonio.....	8

4.4.3.	Inhibidores de nitrificación	9
4.5.	Podas.....	9
4.5.1.	Tipos de poda	9
5.	Metodología.....	10
5.1.	Área de estudio.....	10
5.2.	Material vegetal.....	10
5.3.	Diseño experimental.....	10
5.4.	Metodología para el primer objetivo	11
5.4.1.	Variables morfológicas.....	12
5.4.2.	Variables fisiológicas	12
5.4.3.	Parámetros del suelo.....	12
5.5.	Metodología para el segundo objetivo	12
5.5.1.	Porcentaje de cuaje y maduración del fruto.....	13
5.5.2.	Rendimiento estimado	13
5.5.3.	Peso del fruto	13
5.5.4.	Diámetro ecuatorial y polar (calibre).....	13
5.5.5.	Firmeza del fruto	13
5.5.6.	Solidos Solubles	13
5.5.7.	pH del fruto.....	13
5.5.8.	Acidez titulable.....	14
5.6.	Análisis estadístico	14
6.	Resultados.....	15
6.1.	Variables morfológicas.....	15
6.2.	Variables fisiológicas	17
6.3.	Parámetros del suelo.....	18
6.4.	Variables productivas y calidad del fruto.....	19

7. Discusión.....	24
8. Conclusiones.....	29
9. Recomendaciones.....	30
10. Bibliografía.....	31
11. Anexos.....	38

Índice de tablas

Tabla 1. Variedades comerciales de Arándanos	6
Tabla 2. Propiedades químicas del Sulfato de amonio	8
Tabla 3. Descripción de los tratamientos.....	11
Tabla 4. Efecto de la poda y fertilización sobre el promedio área foliare y promedio índice de área foliar (IAF) en el cultivo de arándano cv. Biloxi.....	15
Tabla 5. Efecto de la poda y fertilización sobre la conductancia estomática en el cultivo de arándano cv. Biloxi.....	18
Tabla 6. Efecto de la fertilización sobre el pH y conductividad eléctrica del suelo en el cultivo de arándano cv. Biloxi.....	18
Tabla 7. Efecto de la poda y fertilización sobre la floración y fructificación del cultivo de arándano cv. Biloxi.....	19
Tabla 8. Efecto de la poda sobre el diámetro ecuatorial y polar del fruto en el cultivo de arándano cv. Biloxi.....	21

Índice de figuras

Figura 1. Esquema del diseño experimental.....	10
Figura 2. Diámetro de la copa en plantas de arándano cv. Biloxi. CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).....	16
Figura 3. Cobertura de las plantas de arándano cv. Biloxi. CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor). ...	16
Figura 4. Efecto de la poda y fertilización sobre los valores numéricos de SPAD. CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).....	17
Figura 5. Efecto del factor poda (A) y el factor fertilización (B) sobre el rendimiento en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).....	20
Figura 6. Efecto de la poda sobre el peso de los frutos en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda.....	20
Figura 7. Efecto de la poda y fertilización sobre la firmeza del fruto en el cultivo de arándano cv. Biloxi. CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).....	22
Figura 8. Efecto de la poda sobre los sólidos solubles (° Brix) en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda.....	22
Figura 9. Efecto de la poda sobre el pH de los frutos en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda.	23
Figura 10. Efecto de la poda sobre la acidez titulable en el cultivo de arándano cv. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda.....	23

Índice de anexos

Anexo 1. Aplicación de tratamientos y mediciones morfológicas.....	38
Anexo 2. Mediciones fisiológicas.	39
Anexo 3. Medición de parámetros del suelo.	40
Anexo 4. Pruebas de calidad del fruto.....	40
Anexo 5. Certificación de traducción del Abstract	42

1. Título

Efecto de un inhibidor de nitrificación y poda en la producción temprana de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja

2. Resumen

El cultivo del arándano ha aumentado considerablemente debido a la gran demanda de esta fruta por parte de los consumidores de todo el mundo. Además, se caracteriza por sus excelentes características organolépticas y nutritivas. Es poco lo que se conoce del cultivo de arándano, en la provincia de Loja, por tal razón es necesario aportar información que ayuden en las prácticas agronómicas para su producción. Para ello se realizó un estudio sobre poda y la fertilización nitrogenada, que son factores de mucha incidencia en el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de arándano. En base a ello, el objetivo del trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de un inhibidor de nitrificación y el uso de poda, sobre características de calidad del fruto y la producción temprana de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja. Por lo cual, el ensayo se estableció bajo un diseño experimental de parcelas divididas con 4 tratamientos y 6 repeticiones, siendo la parcela el factor poda (con poda y sin poda) y la subparcela la fertilización nitrogenada (Sulfato de Amonio con y sin inhibidor de nitrificación). En el cual, se evaluaron parámetros morfológicos, fisiológicos y características de calidad de fruta, además, se evaluó el pH y la CE del suelo. Como resultados se encontró que la poda más la fertilización nitrogenada no presentaron diferencias significativas para las variables morfológicas y fisiológicas a excepción del porcentaje de cuaje y porcentaje de fruto logrado, donde existió una interacción entre el factor poda y la fertilización nitrogenada. Para el pH y CE del suelo presentaron diferencias en los tratamientos con sulfato de amonio más inhibidor de nitrificación encontrándose dentro del rango requerido por el cultivo. En cuanto el rendimiento presento diferencias significativas independientes entre los dos factores con respecto a los tratamientos con poda obtuvo 802,25 kg/ha y el tratamiento con sulfato de amonio obtuvo 770,79 kg/ha. La fertilización nitrogenada, con NH_4^+ , tiende a aumentar la concentración de N foliar e incrementa el rendimiento. Por otro lado, el peso del fruto, calibre, sólidos solubles, pH de la fruta y acidez titulable, la poda actuó de manera independiente. Por lo cual, con estos resultados se puede explicar que poda tiene un impacto en la producción de frutos aumentando la calidad del fruto y mejorando el rendimiento.

Palabras clave: sulfato de amonio, DMPP, rendimiento, nitrógeno, calidad de fruto

2.1. Abstract

Blueberry cultivation has expanded considerably due to the great demand for this fruit by consumers around the world. In addition, it is characterized by its excellent organoleptic and nutritional characteristics. There is little known about blueberry cultivation in the province of Loja, for this reason it is necessary to provide information that will help in agronomic practices for its production. To carry out a study on pruning and nitrogen fertilization, which are factors of great incidence in the vegetative and productive development of the blueberry crop. Based on this, the objective of the research work was to evaluate the effect of the application of a nitrification inhibitor and the use of pruning on fruit quality characteristics and early production of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi) in the sector of La Argelia, Loja. Therefore, the trial was established under a divided plot experimental design with 4 treatments and 6 replications, the plot being the pruning factor (with and without pruning) and the subplot the nitrogen fertilization (ammonium sulfate with and without nitrification inhibitor). Morphological and physiological parameters and fruit quality characteristics were evaluated, as well as soil pH and EC. As results, it was found that pruning plus nitrogen fertilization did not show significant differences for morphological and physiological variables, except for fruit set percentage and fruit set percentage, where there was an interaction between pruning and nitrogen fertilization. Soil pH and EC showed differences in the treatments with ammonium sulfate plus nitrification inhibitor, being within the range required by the crop. In terms of yield, there were significant independent differences between the two factors with respect to the pruning treatments, which obtained 802.25 kg/ha, and the ammonium sulfate treatment, which obtained 770.79 kg/ha. Nitrogen fertilization, with NH_4^+ , tends to increase foliar N concentration and increases yield. On the other hand, fruit weight, size, soluble solids, fruit pH and titratable acidity, pruning acted independently. Therefore, with these results it can be explained that pruning has an impact on fruit production by increasing fruit quality and improving yield.

Key words: ammonium sulfate, DMPP, yield, nitrogen, fruit quality.

3. Introducción

En los últimos años, el cultivo del arándano (*Vaccinium* spp.) ha aumentado considerablemente debido a la gran demanda de esta fruta por parte de los consumidores de todo el mundo. Además, se caracteriza por sus excelentes características organolépticas y nutritivas (Michel et al., 2019). El área cultivada de arándanos a nivel mundial superó las 119 mil ha. Donde, el 80% de las importaciones provienen de países latinoamericanos como Perú, Chile y México (Kramer, 2020).

La producción de arándanos en Ecuador es reciente, se cultiva en climas de la Sierra y Costa, tanto en zonas de altas y bajas temperaturas. Las principales provincias productoras son Carchi, Imbabura y Pichincha, con un total a nivel nacional de 50 hectáreas que son aptas para este cultivo poco tradicional en nuestro país (Arevalo, 2021).

A pesar que la producción de arándanos en el país es reciente, existe una limitada información sobre el beneficio de la poda para el arándano. Ya que, la falta de poda produce un escaso crecimiento de brotes nuevos en arándanos, lo que se puede traducir en un exceso de fruta pequeña y de mala calidad (Retamales & Hancock, 2012). Por ello, la práctica de la poda tiene distintos objetivos dependiendo de su intensidad y del momento realización, no solo beneficia la calidad y cantidad de los frutos, también favorece la preservación de la planta (Muñoz Vega et al., 2017).

Al igual que muchos cultivos, las prácticas de fertilización en arándanos requiere una buena nutrición de las plantas, tanto en términos de la cantidad y cuando cada nutriente es más necesario (Santos, 2011). Siendo el nitrógeno (N) el nutriente predominante que se aplica a los arándanos para lograr un crecimiento y una producción eficiente (Bryla et al., 2012). De esta manera influye significativamente en el desarrollo de las plantas, ya que desempeña un papel crucial como componente estructural de varias moléculas fundamentales como aminoácidos, proteínas, enzimas, amidas, péptidos, hormonas, así como metabolitos secundarios (Leghari et al., 2016).

Una de las fuentes inorgánicas de N más usadas sobre el arándano es el sulfato de amonio, debido al aporte de N en forma amoniacal, de la misma manera, existen otras alternativas nutricionales que son la aplicación de inhibidores de nitrificación, como la molécula 3,4 – dimetilpirazol fosfato (DMPP) asociada al amonio (Martínez et al., 2015). Es un tipo de fertilizante que mantiene por un tiempo más prolongado al nitrógeno en forma amoniacal,

debido a su acción retarda la oxidación del amonio (NH_4) a nitrato (NO_3) mediante la inhibición temporal de las bacterias Nitrosomas en el suelo (Coskun et al., 2017).

Por lo tanto, es poco lo que se conoce del cultivo de arándano, en la provincia de Loja, por tal razón es necesario aportar información que ayuden en las prácticas agronómicas para la producción, buscando el beneficio de pequeños y medianos productores, especialmente aquellos que están interesados en la producción de arándanos. Para ello el presente estudio pretende dar a conocer la importancia de la poda y la fertilización nitrogenada, que son factores de mayor incidencia en el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de arándano. Estableciendo los siguientes objetivos.

3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de un inhibidor de nitrificación y el uso de poda, sobre características de calidad del fruto y la producción temprana de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja.

3.2. Específicos

- Determinar el efecto del inhibidor de nitrificación sobre parámetros fisiológicos y de suelo del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja.
- Identificar el efecto de la poda y el inhibidor de nitrificación sobre características de calidad del fruto y producción temprana de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades y origen del cultivo

El arándano (*Vaccinium* sp) es un frutal arbustivo perteneciente al género *Vaccinium*, de la familia de las Ericáceas, originario del sureste de Canadá y el noroeste de EE. UU. Su producción y comercialización comenzó a finales del siglo XIX, el cultivo alcanzó importancia mundial en la década de 1990 (Pescie et al., 2018).

A nivel mundial esta actividad productiva se encuentra en pleno crecimiento y desarrollo. En el año 2014, la producción mundial de esta fruta fue de 1 177 881 toneladas. En ese mismo año los 10 principales productores de arándanos fueron: Estados Unidos (643 557 t), Canadá (358 311 t), Chile (82 000 t), México (18 031 t), Polonia (12 469 t), Alemania (12 077 t), Francia (9 200t), Bielorusia (8 000 t), Países Bajos (6 400 t) y España (5 100 t) (Pérez Cruz, 2018).

4.2. Variedades comerciales de arándano

Los arándanos cultivados se diferencian básicamente en su comportamiento con respecto al frío, la necesidad de horas frío para levantar su latencia invernal y su resistencia a las bajas temperaturas como cálidas (Castillo, 2008). Las variedades comerciales son el resultado de programas de mejoras, algunas de las cuales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Variedades comerciales de Arándanos

Especies	Nombre común	Requerimiento frío
<i>V. corymbosum</i> L.	Arándanos Altos del Norte (Highbush)	800-1000
<i>V. corymbosum</i> L. y <i>V.darrowi</i>	Arándanos Altos del Sur	200-400 (a veces 600 H.F)
<i>V. angustifolium</i> y <i>V. myrtilloides</i>	Arándanos Bajos	Requerimientos menores de 200
<i>V. vigratum</i> y <i>Vashei Reade</i>	Arándanos Ojo de Conejo	400-800
<i>V. corimbosum</i> y <i>V. angustifolium</i>	Arándanos Medios-Altos	Requerimientos menores de 200

Fuente: (Castillo, 2008)

4.2.1. Características de la variedad Biloxi

La variedad Biloxi pertenece a la categoría “highbush”, requiere un mínimo de 400 horas, la producción es temprana, y debido a que de igual forma su floración es temprana se torna vulnerable a ser afectada por las heladas. Su baya de color azul claro posee un tamaño mediano, firme y de buen sabor. Sobresalta su alta capacidad de producción junto con su hábitat de crecimiento vigoroso y erecto (González et al., 2017).

4.3. Fertilización en arándano

En plantaciones de arándano Pritts et al., (1992) señalan que el inicio de la fertilización está en parte determinada por la actividad de crecimiento de las raíces precisamente cuando la planta de arándano comienza su crecimiento.

Las dosis a aplicar de cada nutriente deben estar relacionada al nivel de rendimiento del huerto y las propiedades físicas del suelo, dado que la falta o exceso de algún nutriente afectará la productividad del cultivo y la calidad de la fruta; siendo importante para una fertilización balanceada, conocer las funciones de cada nutriente en el cultivo de arándano (Hirzel, 2013).

El manejo nutricional es uno de los factores de mayor impacto en el cultivo de arándano. En el cual, los elementos más importantes para la fertilización del arándano es el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio, magnesio (Mg), y azufre (S) (Hart et al., 2006).

4.3.1. Nitrógeno (N)

El N es un macronutriente que representa entre el 1,5 y el 2,1% del peso seco de las hojas del arándano (Korcak, 1988). Es el constituyente de vitaminas, proteínas, cumple un rol fundamental en la síntesis de clorofila y por ende en la fotosíntesis. Además, es el responsable directo de la brotación y cuaja de las plantas. (Hart et al., 2006).

En ausencia de enmiendas del suelo, muchas especies de *Vaccinium* cultivadas en suelos menos favorables muestran un crecimiento atrofiado de los brotes y una disminución de los rendimientos, a menudo asociados a una menor capacidad de absorción y/o asimilación de N (Poonnachit & Darnell, 2004).

En arándano el N es preferido principalmente en la forma de amonio (NH_4) por sobre el nitrato (NO_3). La planta al absorber el N en forma de NO_3 requiere de la enzima nitrato reductasa, que en arándano es muy poco eficiente, para reducirlo a NH_4 y luego ser metabolizado hasta aminoácidos para ser utilizado en la biosíntesis de proteínas (Alt et al., 2017).

4.4. Fertilizantes nitrogenados

Los fertilizantes nitrogenados pueden clasificarse en amoniacales o nítricos, en base a la forma de nitrógeno que liberan. Los fertilizantes amoniacales acidifican el suelo y el NH_4 puede quedar retenido por las arcillas o la materia orgánica, lo que permite una mayor permanencia en el perfil de suelo explorado por las raíces. El NO_3 proveniente de los fertilizantes nítricos se encuentra inmediatamente disponible para las plantas, pero es más susceptible a ser perdido por lavado con los riegos, por lo cual no se recomienda para suelos arenosos (Curetti, 2015).

4.4.1. Urea

La urea es una de la principal fuente de fertilización nitrogenada en el mundo, especialmente en países en desarrollo; las ventajas de este fertilizante es que presenta un mayor contenido de nitrógeno (46%) se puede incorporar al suelo antes de la siembra y al ser un fertilizante de reacción ácida, se puede utilizar en suelos neutros o ligeramente alcalinos (Morales Morales et al., 2019).

El nitrógeno contenido en la urea es altamente susceptible a pérdidas por volatilización de N como amoníaco altamente contaminante. Sin embargo, industrias agroquímicas han desarrollado fertilizantes de liberación lenta que reduce las pérdidas y minimiza la polución ambiental (González et al., 2017).

4.4.2. Sulfato de amonio

El sulfato de amonio ha sido durante mucho tiempo una fuente recomendada de nitrógeno y azufre para satisfacer los requerimientos nutricionales de plantas en crecimiento, además, es la mejor fuente de nitrógeno para los arándanos. (Martin & Pelofske, 1983).

Tabla 2. Propiedades químicas del Sulfato de amonio

Propiedades químicas	
Fórmula química:	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Contenido de N:	21 %
Contenido de S:	24 %
Solubilidad en agua:	750 g/L
pH en solución:	5 a 6

Fuente: (Fermagri)

4.4.3. Inhibidores de nitrificación

Los inhibidores de la nitrificación retrasan la transformación del nitrógeno amónico en nitrógeno nítrico inhibiendo la actividad de bacterias nitrificantes, incrementando los contenidos de amonio en el suelo, prolongando la disponibilidad de amonio para la absorción de las plantas (Coskun et al., 2017). El amonio requiere menos energía para ser metabolizado a nivel celular, ya que el costo energético para reducir el nitrato a amonio consume de 12 – 26 % de los reductores generados fotosintéticamente (Loulakakis et al., 2009). Se ha demostrado que son muchas las sustancias químicas que tienen propiedades de inhibir la nitrificación en el suelo, algunos fertilizantes que presentan capacidad inhibidora de nitrificación son aquellos compuestos por: Nitrapirina (NI), Diciandiamida (DCD), 2-amina-4-cloro-6-metilpirimidina y el 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP) (Osorio et al., 2020).

4.5. Podas

La poda es una práctica cultural utilizada para mantener una producción sustentable, mejorando el tamaño de la planta, forma y uniformidad del cultivo, ayuda a obtener una mayor producción. Además, una poda correcta que elimine las ramas débiles permitirá obtener una mejora en la calidad de fruta (Rivadeneira, 2022). Gran parte de la poda en los arándanos northern highbush se realiza frecuentemente en invierno cuando las cañas se encuentran dormidas, mientras que en los arándanos southern highbush se realiza poda tanto en verano luego de la cosecha, así como también en la época de dormición invernal (Retamales & Hancock, 2012).

4.5.1. Tipos de poda

Poda de formación

Consiste en la eliminación de brotes delgados y despunte para estimular la brotación de laterales, controlar altura y distribuir adecuadamente el crecimiento. Es recomendable que durante los dos primeros años de plantación del arándano se eliminen las yemas florales para favorecer de esta manera el desarrollo y crecimiento de brotes vegetativos vigorosos (Retamales & Hancock, 2012).

Poda de Producción

Se eliminan todos los brotes que produjeron fruta la temporada anterior, cortando sobre el brote más productivo del año. Así también, se debe eliminar brotes cruzados, ramas viejas y enfermas, para permitir dar paso a la penetración de luz y aireación a la planta (Undurraga & Vargas, 2013).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La investigación se realizó en la Quinta Experimental Docente “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador. El área se ubica en las coordenadas 4°02'18" latitud sur y 79°12'00" longitud oeste, a una altitud de 2 133 m.s.n.m, con una temperatura media de 17 °C, humedad relativa promedio de 72 % y una precipitación anual de 1 058 mm.

5.2. Material vegetal

El proyecto se llevó a cabo, en 48 plantas de arándano variedad Biloxi ya establecido, con dos años de edad y en un marco de plantación de 2 m entre filas y 1 m entre plantas. Se encuentran plantadas en seis camas levantadas con un sustrato de tierra con cascarilla de arroz y están cubiertas con mulch plástico de color negro.

5.3. Diseño experimental

Se utilizó un arreglo bifactorial con un diseño de parcelas divididas en donde las parcelas principales son las plantas con poda y las subparcelas la fertilización nitrogenada, con cuatro tratamientos y seis repeticiones, la unidad experimental serán dos plantas.

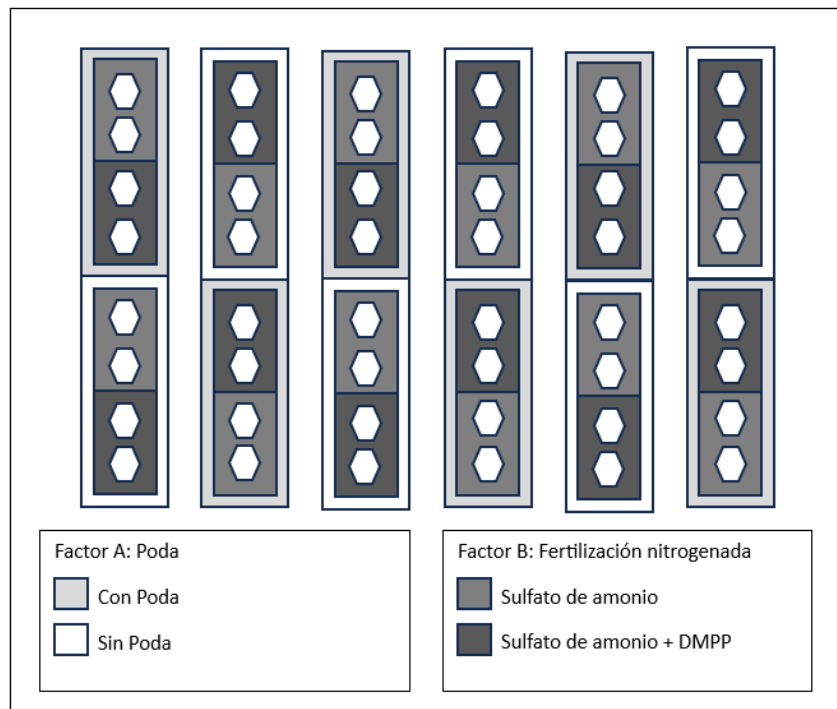


Figura 1. Esquema del diseño experimental

5.3.1. Tratamientos

El factor poda tuvo dos niveles: el primer nivel fue con poda y el segundo nivel será sin poda. De la misma manera el factor fertilización nitrogenada tuvo dos niveles: el primer nivel fue la aplicación de sulfato de amonio y el segundo nivel será la aplicación de sulfato de amonio con un inhibidor de nitrificación DMPP (Tabla 3).

5.3.2. Aplicación de tratamiento

El tratamiento de poda de producción se la realizó una sola vez en todo el experimento, después de la cosecha para el desarrollo de las flores; se realizó una poda de producción dejando las ramas de mayor vigor y eliminando los brotes laterales, por otro lado, las plantas sin la aplicación de poda, no se eliminó ramas ni brotes laterales.

En cuanto a la fertilización nitrogenada se aplicó tres veces por semana, desde antesis hasta el crecimiento del fruto, donde se aplicaron dos fuentes diferentes de nitrógeno; el sulfato de amonio en una dosis de 33,3 g en 6 litros de agua para 24 plantas. De la misma manera el sulfato de amonio en una dosis de 33,3 g con inhibidor de nitrificación o DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato) con una dosis de 46,7 g en 6 litros de agua para 24 plantas.

Tabla 3. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Tipo de poda	Fertilización nitrogenada
T1: CP+SA	Poda	Sulfato de amonio
T2: SP+SA	Sin poda	Sulfato de amonio
T3: CP+SA+DMPP	Poda	Sulfato de amonio + Inhibidor de nitrificación
T4: SP+SA+ DMPP	Sin poda	Sulfato de amonio+ Inhibidor de nitrificación

CP: Con poda SP: Sin poda; SA: Sulfato de Amonio; DMPP: Inhibidor de nitrificación

5.4. Metodología para el primer objetivo

Determinar el efecto del inhibidor de nitrificación sobre parámetros fisiológicos y de suelo del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja.

Para el cumplimiento del presente objetivo se evaluó las siguientes variables:

5.4.1. Variables morfológicas

Para determinar el área foliar se tomaron 30 hojas al azar por cada tratamiento, a las cuales se midió el ancho de la lámina foliar con la ayuda de un flexómetro, esto se acogió a la fórmula $y = 0,7829x^2 + 1,109x - 0,7626$ desarrollada por Macas (2022), donde se ajusta el modelo polinómico con respecto al ancho de la hoja. Además, se utilizará la fórmula $IAF=AF/AS$ para estimar el índice de área foliar, donde; AF: área foliar por planta y AS: área sembrada. Esto se efectuó al finalizar el ensayo.

En un intervalo de 15 días se midió el diámetro de copa de los arbustos a manera de una cruz de norte a sur (d1) y de este a oeste (d2), los valores obtenidos se remplazaron en la fórmula $Diámetro = ((d1+d2)) / 2$; esta variable se midió en centímetros (cm). En cuanto a la cobertura de la planta se evaluó con los datos obtenidos del diámetro de copa, donde se promediaron los valores utilizando la fórmula $A = \pi r^2$ (Cabezas Gutiérrez & Peña Baracaldo, 2012).

5.4.2. Variables fisiológicas

La cantidad relativa de clorofila se determinaron a través de la medición de la absorción de las hojas. Se realizará la extracción y cuantificación de 5 hojas por cada unidad experimental, para esto se utilizará el método SPAD (Medellín et al., 2011).

En cuanto a la conductancia estomática se evaluó cada tres meses en 3 hojas por cada unidad experimental con un porómetro, usando la técnica del estado estacionario (esta técnica mide la presión de vapor y el flujo de vapor sobre la superficie de la hoja) (Pino et al., 2019).

5.4.3. Parámetros del suelo

La evaluación de pH y la conductividad eléctrica (CE) se tomaron 200 g de suelo, a una profundidad de 5 – 10 cm de cada tratamiento, este análisis de suelo se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja. Para la determinación del pH se usó un potenciómetro, la misma que contenía una mezcla de suelo con agua destilada de 50 ml. En cambio, con un conductímetro (HJ-98312), se midió la CE y se la expreso en deciSiemens por metro suelo (dS/m).

5.5. Metodología para el segundo objetivo

Identificar el efecto de la poda y el inhibidor de nitrificación sobre la producción temprana de arándano y características de calidad del fruto de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja.

Para el cumplimiento del segundo objetivo se evaluó las siguientes variables:

5.5.1. Porcentaje de cuaje y maduración del fruto

Se realizó un seguimiento semanal el estado que presenta el primer botón rosado hasta la cosecha del fruto, el cual consistió en contabilizar el número de botones florales obtenidos, de la misma manera se continuó el seguimiento hasta identificar el porcentaje de frutos cuajados en base a la floración y finalmente se contabilizó el número de frutos colectados que se obtuvieron.

5.5.2. Rendimiento estimado

El rendimiento estimado del cultivo se determinó mediante la totalidad de frutos cosechados por el peso de 15 frutos por planta. Esto se estimó la producción en kilogramos por hectárea.

5.5.3. Peso del fruto

Se determinó pesando en una balanza digital, 15 frutos al azar por cada tratamiento. Esta labor se realizó en la cosecha.

5.5.4. Diámetro ecuatorial y polar (calibre)

Se procedió a tomar una muestra de 15 frutos seleccionados al azar por tratamiento, en los cuales se medirá el diámetro ecuatorial y polar de cada uno de los frutos, este proceso se realizó con un calibre después de la cosecha.

5.5.5. Firmeza del fruto

Los frutos después de la cosecha en estado de madurez se lavaron y se procedió la medición través de un penetrómetro digital equipado con una punta roma de 6 mm, seguidamente se penetraron al fruto en la zona ecuatorial. Los resultados se expresarán en Newtons (N) (Zapata et al., 2010).

5.5.6. Sólidos Solubles

Para la determinación de esta variable se realizó después de la cosecha, en la cual se utilizó un refractómetro a partir del jugo o zumo de 10 frutos, esto se los expresó en grados Brix.

5.5.7. pH del fruto

Se determinó con un potenciómetro después la cosecha a partir del jugo o zumo de 10 frutos por cada tratamiento.

5.5.8. Acidez titulable

Se seleccionaron 10 frutos por cada unidad experimental, donde la acidez titulable se determinó por valoración con 0,1 N NaOH hasta pH 8,1- 8,4 de jugo de la fruta diluido en 50 ml de agua desionizada. Los gastos de NaOH se transformaron y se expresaron en gramos de ácido cítrico en 100 ml según la siguiente fórmula: % de acidez= $(V \times N \times meq \times 100) / M$; Donde: V= volumen del álcali gastado en la titulación de una alícuota. N= normalidad de álcali, generalmente 0,1 meq= valor del miliequivalente en gramos del ácido en el que se quiere expresar la acidez (Zapata et al., 2013).

5.6. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Infostat, los datos ingresados en el programa estadístico fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA con un $p\text{-valor} < 0,05$; para determinar si los tratamientos tienen efectos significativos sobre la variable respuesta; se analizarán supuestos, asimismo se realizará una prueba de comparaciones múltiples mediante el test Tukey al 95% para variables que presenten diferencia estadística significativa.

6. Resultados

6.1. Variables morfológicas

6.1.1. Área foliar

Para el analizar el área foliar de la planta de los 4 tratamientos se estableció en base a análisis de regresión usando datos de ancho de hoja relacionadas con su área foliar la cual presentó un ajuste polinómico con un $R^2 = 0,9891$. En los resultados obtenidos a los 203 días de iniciado el experimento, al analizar efecto de los tratamientos no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en los valores promedios del área foliar y el índice del área foliar. El área foliar presento valores entre 171,49 y 245,46 cm^2 . Del mismo modo, el índice de área foliar obtuvo valores que variaron entre 0,025 y 0,045; lo cual supone una incidencia nula del factor poda y el factor fertilización sobre estas variables (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la poda y fertilización sobre el promedio área foliare y promedio índice de área foliar (IAF) en el cultivo de arándano cv. Biloxi.

Factor		Área foliar total (cm^2)	IAF
Poda	Fertilización		
Con poda	Sulfato de amonio	245,46	0,045
Sin poda	Sulfato de amonio	171,49	0,025
Con poda	Sulfato de amonio + DMPP	182,86	0,036
Sin poda	Sulfato de amonio + DMPP	195,17	0,033

6.1.2. Diámetro de copa

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el diámetro de copa al considerar el efecto de los tratamientos. A lo largo del período de evaluación, se observó un crecimiento lineal en el diámetro de copa, con promedios finales de 97,16 cm para el tratamiento sin poda + sulfato de amonio; 89,91 cm para el tratamiento con poda + sulfato de amonio; 89,79 cm para el tratamiento con poda + sulfato de amonio + DMPP y 89,70 cm para el tratamiento sin poda + sulfato de amonio + DMPP. Estos resultados demuestran que los tratamientos aplicados no tuvieron un efecto en esta variable (Figura 2).

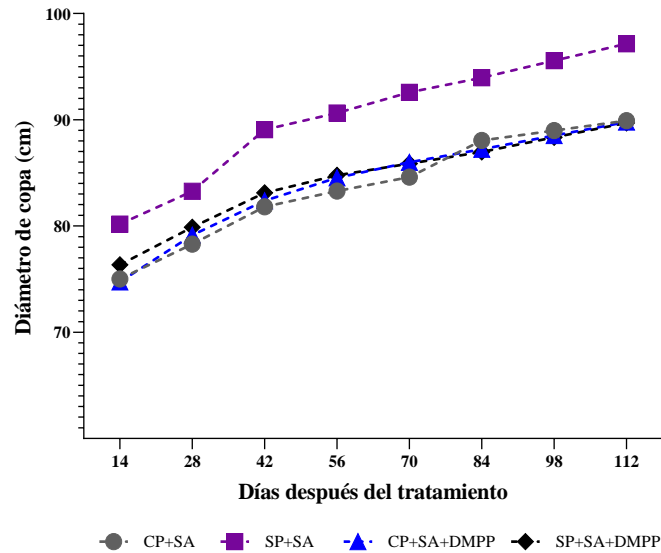


Figura 2. Diámetro de la copa en plantas de arándano cv. Biloxi. CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).

6.1.3. Cobertura de la planta

La cobertura de las plantas después de la aplicación de los tratamientos, no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el factor poda y la fertilización. Obteniendo una cobertura final de 7 635,49 cm² para el tratamiento sin poda + sulfato de amonio; 6 575,26 cm² para el tratamiento con poda + sulfato de amonio + DMPP; 6 491,64 cm² para el tratamiento sin poda + sulfato de amonio + DMPP y 6 489,28 cm² para el tratamiento con poda + sulfato de amonio, presentando valores similares para esta variable (Figura 3).

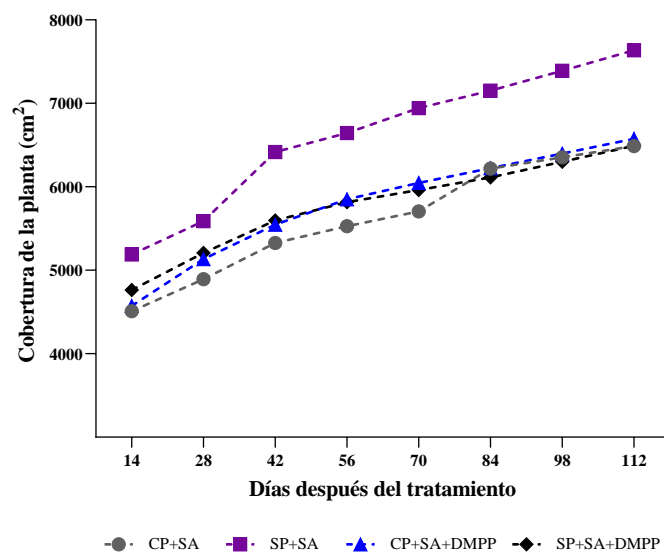


Figura 3. Cobertura de las plantas de arándano cv. Biloxi. CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).

6.2. Variables fisiológicas

6.2.1. Concentración de clorofila

El análisis realizado por el método SPAD en las hojas de arándano, no presento diferencias significativas ($p>0,05$) al analizar el efecto de los tratamientos, obteniendo valores similares en todos los tratamientos, registrando entre 60,53 para el tratamiento con poda + sulfato de amonio + DMPP; 59,17 para el tratamiento con poda + sulfato de amonio; 58,19 para el tratamiento sin poda + sulfato de amonio + DMPP y 57,48 sin poda + sulfato de amonio, como se muestra en la Figura 4.

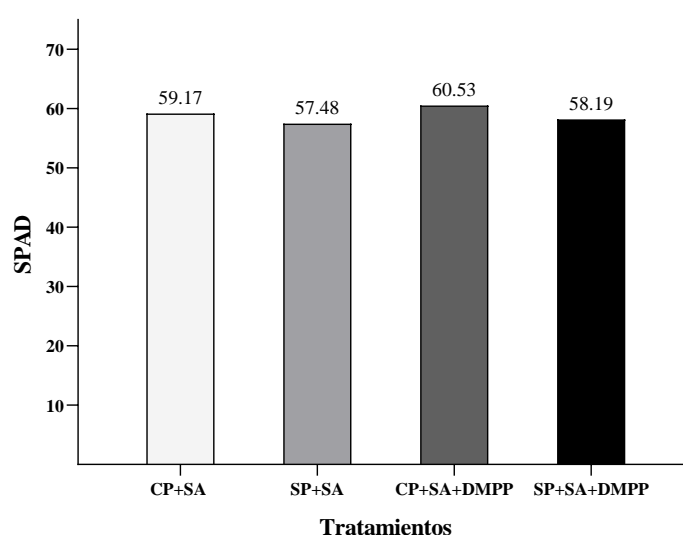


Figura 4. Efecto de la poda y fertilización sobre los valores numéricos de SPAD. CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).

6.2.2. Conductancia estomática

Al analizar la conductancia estomática de 3 hojas de arándano, no presento diferencias significativas ($p>0,05$) entre el efecto de los tratamientos, obteniendo valores similares en todos los tratamientos, registrando entre 346,48 mmol/m²s para el tratamiento con poda + sulfato de amonio; 337,51 mmol/m²s para el tratamiento sin poda + sulfato de amonio; 321,47 mmol/m²s para el tratamiento con poda + sulfato de amonio + DMPP y 320,21 mmol/m²s para el tratamiento sin poda + sulfato de amonio + DMPP.

Tabla 5. Efecto de la poda y fertilización sobre la conductancia estomática en el cultivo de arándano cv. Biloxi.

Factor		Conductancia estomática (mmol/m ² s)
Poda	Fertilización	
Con poda	Sulfato de amonio	346,38
Sin poda	Sulfato de amonio	337,52
Con poda	Sulfato de amonio + DMPP	321,47
Sin poda	Sulfato de amonio + DMPP	320,21

6.3. Parámetros del suelo

6.3.1. Análisis del pH y Conductividad eléctrica (CE) del suelo

De acuerdo con el análisis del pH del suelo, no se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) al analizar efecto de los tratamientos, sin embargo, el factor fertilización actuó de manera independiente, donde se encontró diferencias significativas ($p < 0,05 = 0,0010$), presentando una mayor acidez el tratamiento con fertilización de sulfato de amonio con 4,18 de pH, mientras que las plantas fertilizadas con sulfato de amonio + DMPP registraron 4,42 de pH (Tabla 6).

Tabla 6. Efecto de la fertilización sobre el pH y conductividad eléctrica del suelo en el cultivo de arándano cv. Biloxi.

Factor fertilización	pH	CE (dS/cm)
Sulfato de amonio	4,18 B	0,53 B
Sulfato de amonio + DMPP	4,42 A	0,78 A

Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Asimismo, en cuanto al efecto de los tratamientos en relación con la conductividad eléctrica del suelo, no se observaron diferencias significativas. Sin embargo, al considerar de forma independiente el factor de fertilización, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05 = 0,0042$) entre las diferentes fuentes de fertilización. Los valores registrados oscilaron entre 0,78 y 0,53 dS/m (Tabla 6).

6.4. Variables productivas y calidad del fruto

6.4.1. Porcentaje de cuaja y maduración del fruto

En la Tabla 7 se presentan los resultados promedio de la floración, porcentaje de cuaja de frutos y porcentaje de frutos cosechados, evaluados desde el día 7 hasta el día 210 del ensayo. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en estos parámetros debido a la interacción entre la poda y la fertilización.

Tabla 7. Efecto de la poda y fertilización sobre la floración y fructificación del cultivo de arándano cv. Biloxi.

Factor		N° de flores/planta	% Cuaja	% de fruto cosechado
Poda	Fertilización			
Con poda	Sulfato de amonio	394	79,42 AB	50,67 A
Sin poda	Sulfato de amonio	592	86,50 A	27,69 B
Con poda	Sulfato de amonio + DMPP	413	82,76 AB	36,89 AB
Sin poda	Sulfato de amonio + DMPP	490	77,44 B	38,03 AB

Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

La floración varió entre 394 y 592, mientras que el porcentaje de cuaja de frutos osciló entre 77,44% y 86,50% evaluados el día 14 al día 28. Los tratamientos sin poda y con sulfato de amonio mostraron un mayor número de flores y frutos cuajados. En cuanto al porcentaje de frutos cosechados, se encontraron valores entre 27,69% y 50,67% en el día 182 al día 210. Los tratamientos con poda y sulfato de amonio mostraron un mayor número de frutos cosechados en comparación con los tratamientos sin poda y sulfato de amonio (Tabla 7).

6.4.2. Rendimiento

No se encontró diferencias significativas en el rendimiento estimado al analizar efecto de los tratamientos ($p > 0,05$). Sin embargo, ambos factores actuaron de manera independiente y mostraron diferencias significativas. La poda tuvo un efecto significativo ($p < 0,05 = 0,0314$) en el rendimiento, donde el tratamiento con poda registró un rendimiento de 801,25 kg/ha, mientras que el tratamiento sin poda alcanzó un rendimiento de 588,00 kg/ha (Figura 5A). En cuanto a la fertilización, el tratamiento con sulfato de amonio mostró un rendimiento de 770,79

kg/ha, mientras que el tratamiento con sulfato de amonio + DMPP obtuvo un rendimiento de 618,84 kg/ha ($p < 0,05 = 0,0169$) a los 210 días de iniciado el ensayo (Figura 5B).

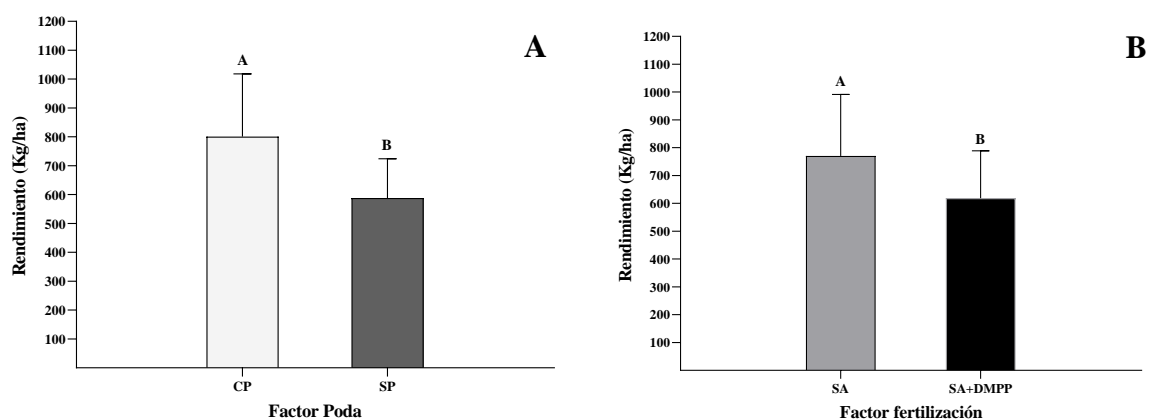


Figura 5. Efecto del factor poda (A) y el factor fertilización (B) sobre el rendimiento en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).

6.4.3. Peso del Fruto

El peso de los 15 frutos en cada tratamiento no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en la interacción entre la poda y la fertilización. En cambio, el factor poda tuvo un efecto independiente en el peso de los frutos, como se muestra en la figura 6, donde se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05 = 0,0313$). A los 210 días de iniciado el ensayo, el tratamiento con poda obtuvo frutos con un peso promedio de 1,88 g; mientras que el tratamiento sin poda presentó un peso promedio de 1,47 g.

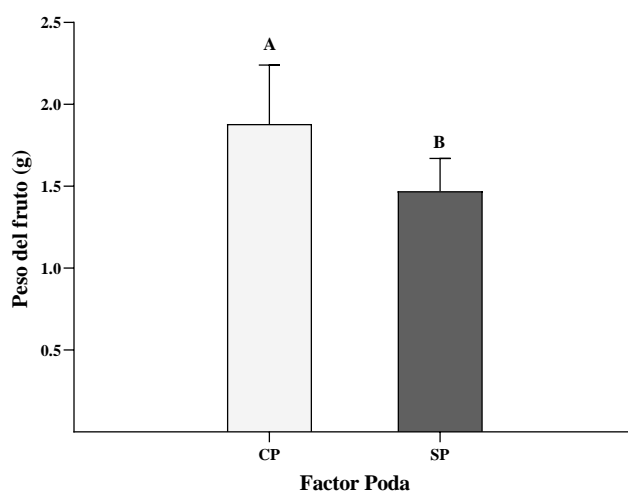


Figura 6. Efecto de la poda sobre el peso de los frutos en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda.

6.4.4. Diámetro ecuatorial y polar

No presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) al analizar el efecto de los tratamientos en cuanto al diámetro ecuatorial y polar de los frutos, al evaluar los 15 frutos de cada tratamiento. Por otra parte, el factor de poda tuvo un efecto independiente en estos parámetros. La tabla 8 muestra los resultados del diámetro ecuatorial y polar de los frutos con relación al factor de poda, revelando diferencias significativas ($p < 0,05 = 0,0359$ y $0,0369$) entre los tratamientos. El tratamiento con poda presentó un diámetro ecuatorial promedio de 16,10 mm y un diámetro polar de 11,67 mm, mientras que el tratamiento sin poda mostró un diámetro ecuatorial de 14,91 mm y un diámetro polar de 10,81 mm.

Tabla 8. Efecto de la poda sobre el diámetro ecuatorial y polar del fruto en el cultivo de arándano cv. Biloxi.

Factor	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro polar (mm)
Con Poda	16,10 A	11,67 A
Sin Poda	14,91 B	10,81 B

Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

6.4.5. Firmeza del fruto

No se observó diferencias significativas entre la interacción del factor de poda y la fertilización en cuanto a la firmeza del fruto, al evaluar los 5 frutos de cada tratamiento. El tratamiento sin poda + sulfato de amonio + DMPP tuvo una firmeza promedio de 8,80 N; el tratamiento sin poda + sulfato de amonio obtuvo 8,62 N; el tratamiento con poda + sulfato de amonio + DMPP registró 8,52 N; mientras que el tratamiento con poda + sulfato de amonio presentó 8,42 N. Registrando valores similares en cada tratamiento.

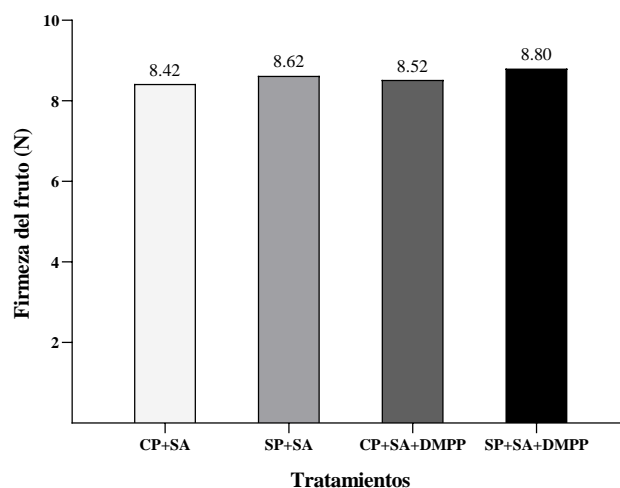


Figura 7. Efecto de la poda y fertilización sobre la firmeza del fruto en el cultivo de arándano cv. Biloxi. CP = Con poda; SP = Sin Poda; SA = Sulfato de amonio; DMPP = 3,4-dimetilpirazol fosfato (Inhibidor).

6.4.6. Sólidos solubles

No se encontró diferencias significativas ($p > 0,05$) en los sólidos solubles al analizar el efecto de los tratamientos, Sin embargo, se observó un efecto independiente significativo de la poda ($p < 0,05 = 0,0114$). El tratamiento con poda mostró un promedio de 13,05%, mientras que el tratamiento sin poda obtuvo un promedio de 11,55% (Figura 8).

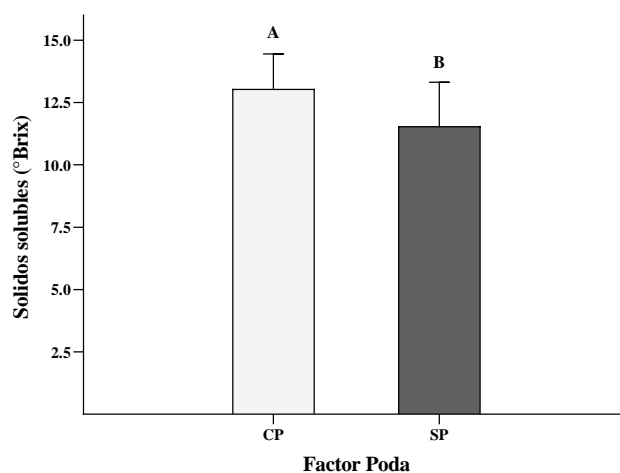


Figura 8. Efecto de la poda sobre los sólidos solubles (° Brix) en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda.

6.4.7. pH del fruto

El pH del fruto no se observó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre el efecto de los tratamientos. No obstante, se observó un efecto independiente significativo

($p < 0,05 = 0,0117$) del factor poda. El tratamiento con poda presentó un pH de 3,15; mientras que el tratamiento sin poda registró un pH de 3,05; según se muestra en la Figura 9.

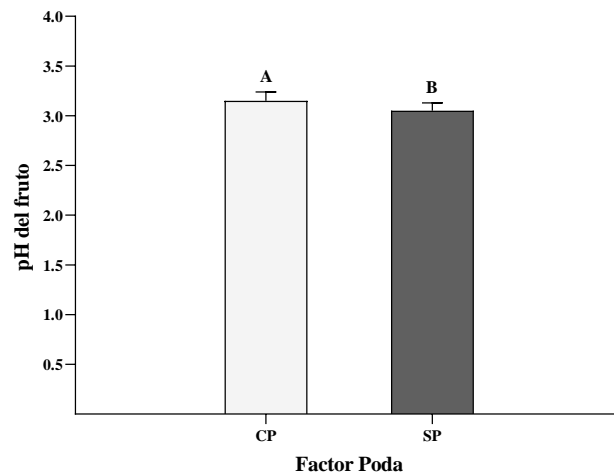


Figura 9. Efecto de la poda sobre el pH de los frutos en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda.

6.4.8. Acidez titulable

La de acidez titulable de la fruta no reveló diferencias significativas ($p > 0,05$) al analizar efecto de los tratamientos. Sin embargo, se observó un efecto independiente significativo ($p < 0,05 = 0,0291$) del factor de poda. El tratamiento sin poda obtuvo un valor de acidez de 1,39; mientras que el tratamiento con poda registro una acidez de 1,15.

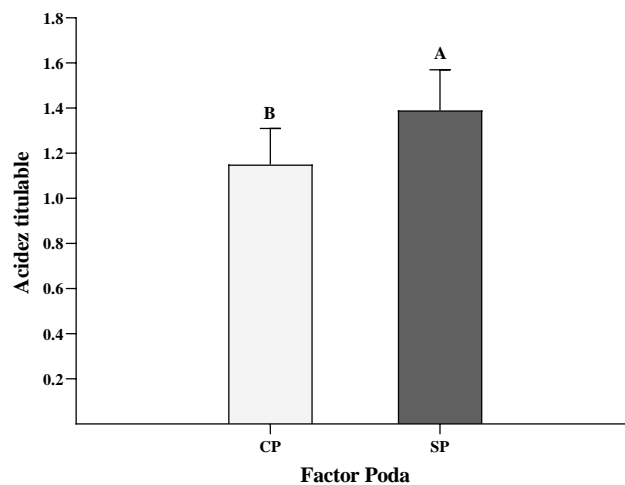


Figura 10. Efecto de la poda sobre la acidez titulable en el cultivo de arándano cv. Promedio con distintas letras indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CP = Con poda; SP = Sin Poda.

7. Discusión

Las plantas al ser podadas y fertilizadas con sulfato de amonio, así como también la aplicación de nitrógeno con inhibidor de nitrificación presentaron un área foliar de 171,49 y 245,46 cm². Valores que concuerdan con los estudios realizados por Choi et al. (2011) que al aplicar el nitrógeno en forma de NH₄⁺ en un 25% en fresa dio lugar a mayores áreas foliares. Ya que es posible un mayor crecimiento foliar, por la regulación osmótica y energética proporcionada por la forma de N-NH₄⁺ lo que pudo beneficiar el alargamiento celular y el crecimiento de las plantas (Li et al., 2013). En cuanto a las disminuciones del IAF pueden ser debido a defoliaciones, lo cual hace menor la intensidad del proceso fotosintético y, por tanto, el crecimiento vegetativo se reduce y la formación de nuevas hojas no es lo suficientemente abundante que alcance a sustituir las hojas perdidas (Fischer, 2011; Valencia, 1973). Por otro lado, Leiva Rojas et al. (2019) presento diferencias significativas con respecto a las diferentes intensidades de poda (0%, 25 %, 50 % y 75 %) con valores de 2,5 a 3,8 en plantas de cacao, donde mencionan que la poda disminuye el IAF.

Es notorio que la poda en los árboles tienen menor diámetro de copa en comparación con los sin podar; aunque estadísticamente no se detectaron diferencias, registrando un valor de 97,17 cm para el tratamiento sin poda y 89,91 cm el tratamiento con poda. Concordando con Gómez (2010) que al no podar las plantas de arándano tuvieron un diámetro mayor con 1,46 m y sin podar presentaron un valor de 1,24 m, en el cual un diámetro inferior presenta facilidad al momento de la cosecha. De esta manera, la poda controla el diámetro de la copa, el tamaño de la planta, obteniendo una mejor iluminación de la copa e incrementando la inducción floral (Lemus et al., 2005).

En cuanto, a la cobertura final de las plantas de arándano de dos años al aplicar los tratamientos fue de 6 489,28 cm² a 7 635,49 cm². Resultados inferiores a los obtenidos por Mesa (2015) donde obtuvo una cobertura de 7 700 y 9 400 cm² en plantas Biloxi de uno y tres años. En este caso, el crecimiento vegetativo puede ser inducido por N-NH₄⁺ que puede estar relacionado con la menor energía utilizada por esta fuente de N para ser metabolizada dentro de la célula vegetal, ya que el NH₄⁺ se incorpora directamente a los aminoácidos (Hanson, 2004; Martínez et al., 2017). Aunque, también puede ser una de las características que identifican esta variedad Biloxi el cual es crecimiento erecto, vigoroso y su buena ramificación con hojas grandes, lo que hace que la cobertura aumente (González et al., 2017).

Al determinar la concentración de clorofila por medio de SPAD, los tratamientos al ser fertilizados con la fuente nitrogenada con inhibidor de nitrificación, así como con el sulfato de amonio, presentaron valores de SPAD que oscilaron entre 57,48 y 60,53. Estos resultados concuerdan con los de Moura (2013), en un estudio con fertilización nitrogenada en plantas del arándano cv. Powderblue encontró mayores índices relativos de clorofila entre 53,75 y 68,60 unidades de SPAD con una dosis de 40 g de N planta⁻¹. En el cual, las hojas con tonos verdes claros se asocian con valores SPAD bajos, y los tonos verdes oscuro con valores SPAD altos (Pinzón-Sandoval et al., 2022). Han et al. (2022) indicaron que el valor SPAD de las hojas está relacionado con la madurez, ya que las hojas en la posición apical son relativamente inmaduras y las hojas en la posición basal son comparativamente viejas, lo que hace que varíe el contenido total de clorofila. Por lo tanto, el N es responsables del color verde en las hojas y también utiliza para la formación de clorofilas, además para la síntesis de proteínas, hormonas y ácidos nucleicos (Baek et al., 2019). Biomoléculas esenciales para el desarrollo normal de las plantas de arándanos. Bassi et al. (2018) informan que el N es un componente principal del aparato fotosintético. De la misma manera, el hierro, en los suelos con pH menores a 5 está presente en estado ferroso (Fe⁺²), ya que interviene en la fotosíntesis, debido a que cataliza la síntesis de clorofila. Mientras, la carencia de hierro en las plantas de arándano produce una disminución fotosintética que provoca una reducción en la producción de azúcares, almidón y algunos aminoácidos, llegando finalmente a la alteración en la síntesis de las proteínas (Montero, 2015)

Por otro lado, la conductancia estomática de las hojas de arándano presento valores de 320,21 a 346,38 mmol/m²s; al ser fertilizados con la fuente nitrogenada con inhibidor de nitrificación, así como con el sulfato de amonio. Según Gurrola (2020) menciona que la conductancia estomática de las hojas en arándano al ser fertilizadas con una relación 50:50 (N₂) y 100:0 (N₃) fueron las que tuvieron mayor conductancia estomática (115,67 y 132,67 mmol/m²s) y las plantas con NO₃ al 100% fueron las que tuvieron una menor conductancia estomática (72,89 mmol/m²s). Por ende, una disminución de la conductancia estomática puede tener un efecto negativo en la asimilación de CO₂ y a su vez una conductancia estomática mayor con frecuencia genera una tasa de fotosíntesis mayor (Daymond et al., 2011). Estos resultados son similares a los reportados con Geiger et al. (1999) quienes señalaron que las plantas que obtienen N en forma de NH₄⁺ tienen una mayor conductancia estomática en comparación con aquellas que dependen exclusivamente de NO₃⁻ como fuente de nutrición.

El sulfato de amonio se puede utilizar principalmente para fertilizar el arándano. Este fertilizante suele utilizarse porque las plantas prefieren NH₄⁺, y su aplicación ayuda a mantener

el pH ácido del suelo (Vargas & Bryla, 2015). Al analizar el pH del suelo, los tratamientos con sulfato de amonio y sulfato de amonio más DMPP tuvieron valores de 4,18 a 4,42. (Alt et al., 2017) mencionan que los arándanos se adaptan bien a suelos ácidos y suele crecer mejor en un rango de pH bajo ($< 5,5$). En este contexto, se ha atribuido a la mayor disponibilidad de NH_4^+ en suelos con pH ácido, ya que comúnmente los arándanos highbush utilizadas con fines comerciales tienden a preferir NH_4^+ en lugar de NO_3^- (Osorio et al., 2020). Por lo tanto, al agregar el DMPP a los fertilizantes nitrogenados es posible disminuir la tasa de nitrificación en la que el NH_4^+ es transformado NO_3^- , lo cual resulta en una mayor eficiencia de los fertilizantes aplicados en el suelo, reduciendo las pérdidas de N por lixiviación y desnitrificación (Hu et al., 2014).

La conductividad eléctrica (CE) corresponde a la concentración de sales que contiene el suelo o una solución. Los arándanos son sensibles a una alta CE, soluciones demasiado concentradas en sales provoca problemas en la absorción radical (Sánchez, 2010). Acorde con los resultados obtenidos en el presente estudio la CE del suelo registraron valores de 0,53 dS/m para el tratamiento con sulfato de amonio y 0,78 dS/m; para el tratamiento sulfato de amonio más DMPP. Valores similares a Frías Ortega et al. (2020) en el cultivo de arándano presento una CE entre 0,5 y 1,0 dS/m, que no afecto el rendimiento y calidad de fruto, ni los niveles de concentración nutrimental foliar. En este caso, los valores de CE no se vieron afectados, cuando debería esperarse lo contrario por la aplicación del sulfato de amonio, fertilizante que tiene un alto índice de salinidad (3,25). Por otro lado, Machado et al. (2012) mencionan que las plantas al fertilizar con sulfato de amonio con dosis de 0,75 y 1,5 g/l que es correspondiente a 1,5 - 3,0 dS/m, causando daño a las raíces, hojas y la producción de frutos de arándano.

Las variables reproductivas y la producción del fruto son características propias de cada variedad, las condiciones ambientales y el manejo agronómico del cultivo (de Jesús Guerrero et al., 2012) Con respecto a la floración, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, encontrando valores promedios de 394 a 592 flores. Aunque, la poda reduce el número de flores, cuando las plantas no se podan suficientemente, el número de brotes florales es demasiado alto (Retamales & Hancock, 2012). Por otro lado, Gutiérrez (2021) menciona que la poda ayuda a la disminución del número de flores y también al fertilizar con NH_4^+ influye directamente en la producción y la calidad. En cuanto a los valores obtenidos de porcentaje de frutos cuajados (77,44 a 86,59 %) y fruto logrado (27,69 a 50,57 %) durante el estudio. Concuerdan con Muñoz Vega et al. (2017) que al evaluar diferentes intensidades de poda en arándano obtuvieron valores entre 77 y 82 % de frutos cuajados, y de 66 a 70 % el porcentaje

de fruto cosechados. Mencionando que las condiciones climáticas y polinización disminuye el número de frutos por planta. Además, al no podar las plantas el número de frutos aumenta, lo que da como resultado frutos más pequeños y de menor calidad (Jansen, 1996)

El rendimiento del arándano está determinado por el número de frutos por planta y su peso fresco (Salvo et al., 2011). Ambos factores actuaron de manera independiente y mostraron diferencias significativas. Donde el tratamiento con poda registró un rendimiento de 801,25 kg/ha, mientras que el tratamiento con sulfato de amonio mostró un rendimiento de 770,79 kg/ha. Mesa (2015) obtuvo valores similares en plantas de arándano cv. Biloxi de un año de edad con un rendimiento de 737,81 kg/ha. Con los resultados obtenidos en cuanto a la poda, se podría optar por no podar, ya que se obtiene mayor número de frutos, y así obtener mayores beneficios económicos. Sin embargo, Strik et al. (2003) mencionan que producir demasiada fruta podría ser perjudicial reduciendo el rendimiento y su crecimiento. Además, la fruta podría ser de menor calidad, como lo mencionan Lechaudel et al. (2005). Por lo cual se puede explicar que poda tiene un impacto importante en el rendimiento. Por otro lado, para la fertilización nitrogenada, Hart et al. (2006) mencionan que el arándano fertilizado con NH_4^+ , tiende a aumentar la concentración de N foliar e incrementa el rendimiento. De la misma manera, Martínez-Alcántara et al. (2013) reportaron que la adición de N-NH_4^+ con 1% de DMPP, aumentan el rendimiento de los frutos, asociado a una menor pérdida de N por lixiviación como resultado de la reducción de la tasa de nitrificación del NH_4^+ .

El mayor peso por fruto se obtuvo en el tratamiento con poda, con un promedio de 1,88 g. Estos resultados son similares a los reportados por Muñoz Vega et al. (2017), al aplicar diferentes intensidades de poda en arándano obtuvieron un peso promedio de 1,92 g. Esto puede estar relacionado a la fuente sumidero que existe en la planta, ya que el menor número de frutos reduce la competencia entre ellos, aumentando su crecimiento. Esto concuerda con los resultados presentados por Flores et al. (2015) con el cultivo de melón, donde la disminución del número de frutos permitió aumentar su peso debido a la mayor disponibilidad de agua y carbohidratos. Por otro lado, el menor peso promedio de fruto de 1,47 g obtenido en el tratamiento sin poda. Donde, Hafle et al. (2009) mencionan que el excesivo número de frutos por planta resulta en una reducción del peso, lo que se pudo evidenciar en este estudio.

El diámetro ecuatorial y polar del fruto presento variaciones en la respuesta a la aplicación de poda, donde se observó un mayor diámetro ecuatorial y polar. Específicamente, se registraron valores más altos de 16,10 y 11,67 mm, Por otro lado, el tratamiento sin poda presentó los diámetros ecuatorial y polar más bajos, con valores de 14,91 y 10,81 mm respectivamente.

Según Muñoz Vega et al. (2017), el diámetro ecuatorial puede variar entre 0,7 y 1,5 cm dependiendo de la especie y cultivar. Además, el diámetro polar está influenciado por la poda, y si se realiza una poda ligera, los resultados son similares a no realizar ninguna poda. Con lo que respecta a la firmeza del fruto no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos por lo tanto los valores obtenidos fluctuaron de 8,42 a 8,80 N. Por lo tanto, la reducción en la firmeza de la pulpa puede estar relacionada con menor concentración de Ca en los frutos, ya que es probable que las concentraciones de Ca en el fruto hayan sido afectadas por el NH_4^+ por competencia (Jesus et al., 2021). Además, dado que el arándano es un fruto climatérico Martínez González et al. (2017) menciona que los cambios en su firmeza están relacionados, por un lado, se deben a la pérdida de turgencia del fruto debido a la respiración y transpiración que ocurren después de la cosecha y también al estado de madurez fisiológica.

La poda actuó significativamente en los sólidos solubles, evidenciando una mayor concentración en el tratamiento con poda, con un valor de 13,05 %. Por otro lado, el tratamiento sin poda obtuvo el menor porcentaje, alcanzando un valor de 11,55 %. Estos resultados se asemejan a los informados por Gündüz et al. (2015), quienes encontraron que los arándanos al cosecharse con niveles de sólidos solubles de 12 a 14° Brix obtienen una fruta con mejores características organolépticas. Además, Jorquera-Fontena et al. (2014) indican que la disminución de la carga de frutas conduce a un aumento de sólidos solubles ya que están relacionados con el peso del fruto, de esta manera aumentan su tamaño.

En cuanto al pH los valores obtenidos fluctuaron de 3,05 a 3,15; valores similares a los reportados por Gündüz et al. (2015) en su estudio de variación entre cultivares de arándano highbush en calidad del fruto, donde obtuvieron 3,0 a 3,2 pH. De la misma manera, la acidez titulable de la fruta presentó diferencias significativas, observándose la mayor acidez en el tratamiento sin poda 1,39 y la menor acidez se obtuvo con la poda 1,15. Valores que se encuentran en el rango mencionado por Muñoz Vega et al. (2017) donde reportan valores de 0,76 a 1,05 de acidez. Además, se pudo evidenciar que existe una relación inversa entre la acidez titulable y los sólidos solubles, donde a menor porcentaje de acidez titulable los de sólidos solubles aumentan. Wang et al. (2008) señalaron que a medida que el fruto madura en la planta disminuye la acidez titulable, mientras que los sólidos solubles aumentan, lo que explicaría lo que se observó en esta investigación. Mientras que Beaudry (1992) sugirió que el arándano de mayor calidad tiene de acidez de 0,3 a 1,3 y de pH que oscilan entre de 2,25 a 4,25. Varios estudios han detectado variaciones considerables en estas variables entre cultivares highbush (Hancock et al., 2008).

8. Conclusiones

- La aplicación conjunta de la poda y fertilización nitrogenada no afectó a las variables morfológicas y fisiológicas. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que la fertilización nitrogenada con o sin inhibidor de la nitrificación, favorecen al promedio de porcentaje de cuaja y fruto cosechado, posiblemente debido a una mayor absorción radicular de N.
- Al aplicar el nitrógeno en forma amoniacal las propiedades químicas del suelo variaron, presentando un pH de 4,42 a 4,18 consiguiendo de esta manera estar dentro de los rangos de acidez de suelo requerida por el cultivo que se adaptan bien a suelos ácidos. Por otro lado, la CE se mantuvo dentro de los rangos tolerables entre 0,5 y 1,0 dS/m.
- El factor poda presentó mejores resultados con relación a los tratamientos sin poda, esto quiere decir que la aplicación de poda influye positivamente en las variables evaluadas, logrando un mayor rendimiento. De igual manera, la fruta presentó mejores características de calidad con lo que respecta al peso de fruto, calibre, porcentaje de sólidos solubles, pH del fruto y acidez titulable, pero no presentó un efecto sobre la firmeza de fruto.

9. Recomendaciones

- Se recomienda incorporar una fertilización completa con macro y micronutrientes además continuar con la aplicación inhibidores de nitrificación, debido a que mantiene por un tiempo más prolongado al nitrógeno en forma amoniacal para aprovechamiento del cultivo.
- Se sugiere realizar la poda en todas las plantas a partir de la etapa vegetativa del cultivo, eliminando brotes finos de poca productividad para mejor distribución del área foliar e iluminación para permitir una mayor ventilación y así mejor el desarrollo del cultivo.
- En investigaciones posteriores se debería realizar un nuevo análisis de suelo para determinar los macro y micronutrientes que se encuentra disponibles y realizar las debidas correcciones.

10. Bibliografía

- Alt, D. S., Doyle, J. W., & Malladi, A. (2017). Nitrogen-source preference in blueberry (*Vaccinium* sp.): Enhanced shoot nitrogen assimilation in response to direct supply of nitrate. *Journal of Plant Physiology*, 216, 79-87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.05.014>
- Arevalo, D. (2021). El cultivo del arándano se abre campo en el país. *EL COMERCIO*.
- Baek, S.-A., Im, K.-H., Park, S. U., Oh, S.-D., Choi, J., & Kim, J. K. (2019). Dynamics of Short-Term Metabolic Profiling in Radish Sprouts (*Raphanus sativus* L.) in Response to Nitrogen Deficiency. *Plants*, 8(10), 361. <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/10/361>
- Bassi, D., Menossi, M., & Mattiello, L. (2018). Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. *Scientific Reports*, 8(1), 2327. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20653-1>
- Beaudry, R. (1992). Blueberry quality characteristics and how they can be optimized. *Annual Report of the Michigan State Horticultural Society (122nd)*, 122, 140-145.
- Bryla, D. R., Strik, B. C., Banados, M. P., & Righetti, T. L. (2012). Response of highbush blueberry to nitrogen fertilizer during field establishment—II. Plant nutrient requirements in relation to nitrogen fertilizer supply. *HortScience*, 47(7), 917-926. <https://doi.org/https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.7.917>
- Cabezas Gutiérrez, M., & Peña Baracaldo, F. (2012). Estimación del área foliar del arándano (*Vaccinium corymbosum*) por medio de un método no destructivo.
- Castillo, C. (2008). Manual de buenas prácticas agrarias sostenibles de los frutos rojos. *Fundación Doñana*, 21.
- Choi, J. M., Latigui2, A., & Lee, C. W. (2011). Growth and nutrient uptake responses of ‘Seolhyang’ strawberry to various ratios of ammonium to nitrate nitrogen in nutrient solution culture using inert media. *African Journal of Biotechnology*, 10(59), 12567-12574.
- Coskun, D., Britto, D. T., Shi, W., & Kronzucker, H. J. (2017). Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition. *Nature Plants*, 3(6), 1-10.

- Curetti, M. (2015). Fertilización en frutales de hoja caduca.
- Daymond, A., Tricker, P., & Hadley, P. (2011). Genotypic variation in photosynthesis in cacao is correlated with stomatal conductance and leaf nitrogen. *Biologia plantarum*, 55, 99-104.
- de Jesús Guerrero, E., Rubio, W., Torres, W., Saavedra, S. H., Muñoz, L. M. M., Reyes, C., . . . Careño, J. A. F. (2012). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Produmedios.
- Fermagri. *Características del Sulfato de amonio* Fermagri.
- Fischer, G. (2011). La relación hoja/fruto en especies frutícolas. Proc. 4th Colombian Congress of Horticulture, Palmira, Colombia,
- Flores, P. J., Godoy, S., Rostrán, J., & Bárcenas, M. (2015). Efecto de la poda de guías y dos tipos de fertilización en la producción de Melón (*Cucumis melo*). *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León*, 6(2), 117-129.
- Frías Ortega, C. E., Santiago, G. A., Bugarín Montoya, R., Aburto González, C. A., Juárez Rosete, C. R., Urbina Sánchez, E., & Sánchez Hernández, E. (2020). Concentración de la solución nutritiva y su relación con la producción y calidad de arándano azul. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-14.
- Geiger, M., Haake, V., Ludewig, F., Sonnewald, U., & Stitt, M. (1999). The nitrate and ammonium nitrate supply have a major influence on the response of photosynthesis, carbon metabolism, nitrogen metabolism and growth to elevated carbon dioxide in tobacco. *Plant, Cell & Environment*, 22(10), 1177-1199.
- Gómez, M. G. (2010). La poda en la producción del arándano (*Vaccinium spp.*) en Michoacán [Universidad Autónoma Chapingo].
- González, A., Riquelme, J., & Morales, C. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano*. INIA.
- Gündüz, K., Serçe, S., & Hancock, J. F. (2015). Variation among highbush and rabbiteye cultivars of blueberry for fruit quality and phytochemical characteristics. *Journal of Food Composition and Analysis*, 38, 69-79. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.09.007>
- Gurrola, E. J. (2020). Respuesta del arándano (*Vaccinium corymbosum L.*) a la fertilización de amonio y nitrato en hidroponía con raíces separadas

- Gutiérrez, S. (2021). Evaluación de productos bioestimulantes por etapa fenológica y determinación de áreas agroecológicas aptas para el cultivo de arándano azul en el Estado de Aguascalientes.
- Hafle, O. M., Ramos, J. D., Lima, L. C. d. O., Ferreira, E. A., & Melo, P. C. d. (2009). Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo submetido à poda de ramos produtivos. *Revista brasileira de Fruticultura*, 31, 763-770.
- Han, G. D., Jung, D. H., Heo, S., & Chung, Y. S. (2022). SPAD value difference between blueberry cultivar 'STAR' by planted ground and pot. *Phyton*, 91(11), 2583.
- Hancock, J., Callow, P., Serçe, S., Hanson, E., & Beaudry, R. (2008). Effect of Cultivar, Controlled Atmosphere Storage, and Fruit Ripeness on the Long-term Storage of Highbush Blueberries. *HortTechnology hortte*, 18(2), 199-205. <https://doi.org/10.21273/horttech.18.2.199>
- Hanson, E. J. (2004). Nitrogen fertilization of highbush blueberry. VIII International Symposium on Vaccinium Culture 715,
- Hart, J., Strik, B., White, L., & Yang, W. (2006). Nutrient management for blueberries in Oregon. *Oregon State Univ. Ext. Ser. Pub., EM*, 8918.
- Hirzel, J. (2013). Fertilización en el Arándano. *Manual de Arándano. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-INIA, Ministerio de Agricultura Del Gobierno de Chile.*
- Hu, Y., Schraml, M., Von Tucher, S., Li, F., & Schmidhalter, U. (2014). Influence of nitrification inhibitors on yields of arable crops: A meta-analysis of recent studies in Germany. *International Journal of Plant Production*, 8(1), 33-50.
- Jansen, W. (1996). Pruning of highbush blueberries. VI International Symposium on Vaccinium Culture 446,
- Jesus, G. L. d., Pauletti, V., Zawadneak, M. A. C., & Cuquel, F. L. (2021). Calidad de la fresa afectada por la relación nitrato: amonio en la solución nutritiva. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(5), 753-763.
- Jorquera-Fontena, E., Alberdi, M., & Franck, N. (2014). Pruning severity affects yield, fruit load and fruit and leaf traits of 'Brigitta' blueberry. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(4), 855-868.

- Korcak, R. F. (1988). Nutrition of blueberry and other calcifuges.
- Kramer, J. (2020). *Fresh Blueberry Supplies Expand as U.S. Consumers Develop a Taste for Year-Round Blueberries*. Economic Research Service U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE.
- Lechaudel, M., Joas, J., Caro, Y., Génard, M., & Jannoyer, M. (2005). Leaf: fruit ratio and irrigation supply affect seasonal changes in minerals, organic acids and sugars of mango fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(2), 251-260.
- Laghari, S. J., Wahcho, N. A., Laghari, G. M., HafeezLaghari, A., MustafaBhabhan, G., HussainTalpur, K., . . . Lashari, A. A. (2016). Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209-219.
- Leiva Rojas, E. I., Gutiérrez Brito, E. E., Pardo Macea, C. J., & Ramírez Pisco, R. (2019). Comportamiento vegetativo y reproductivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) por efecto de la poda. *Revista fitotecnica mexicana*, 42(2), 137-146.
- Lemus, G., Ferreyra, R., Gil, P., Maldonado, P., Toledo, C., Barrera, C., & DE, J. C. (2005). El cultivo del palto. *Boletín INIA*, 129, 81.
- Li, S.-X., Wang, Z.-H., & Stewart, B. A. (2013). Chapter Five - Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 118, pp. 205-397). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405942-9.00005-0>
- Loulakakis, K., Morot-Gaudry, J., Velanis, C., Skopelitis, D., Moschou, P., Hirel, B., & Roubelakis-Angelakis, K. (2009). Advancements in nitrogen metabolism in grapevine. In *Grapevine molecular physiology & biotechnology* (pp. 161-205). Springer.
- Machado, R. M., Bryla, D. R., & Vargas, O. (2012). Effects of salinity induced by ammonium sulfate fertilizer on root and shoot growth of highbush blueberry. X International Symposium on *Vaccinium* and Other Superfruits 1017,
- Martin, L. W., & Pelofske, P. J. (1983). Ammonium sulfate fertilization of blueberries on a mineral soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14(2), 131-142. <https://doi.org/10.1080/00103628309367349>
- Martínez-Alcántara, B., Quiñones, A., Polo, C., Primo-Millo, E., & Legaz, F. (2013). Use of nitrification inhibitor DMPP to improve nitrogen uptake efficiency in citrus trees. *Journal of Agricultural Science*(2), 1-18.

- Martínez, F., Palencia, P., Alonso, D., & Oliveira, J. A. (2017). Advances in the study of nitrification inhibitor DMPP in strawberry. *Scientia Horticulturae*, 226, 191-200. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.046>
- Martínez, F., Palencia, P., Weiland, C. M., Alonso, D., & Oliveira, J. A. (2015). Influence of nitrification inhibitor DMPP on yield, fruit quality and SPAD values of strawberry plants. *Scientia Horticulturae*, 185, 233-239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.004>
- Martínez González, M. E., Balois Morales, R., Alia Tejacal, I., Cortes Cruz, M. A., Palomino Hermosillo, Y. A., & López Gúzman, G. G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración, ablandamiento y control transcripcional. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(SPE19), 4089-4101.
- Medellín, L. A. C., Rozo, A. M. B., & Trujillo, M. M. P. (2011). Ensayo preliminar sobre la utilización de un medidor portátil de clorofila para estimar el nitrógeno foliar en orégano (*Origanum vulgare* L.). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(2), 150-165.
- Mesa, P. A. (2015). Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* l. x v. darowii) plantados en Guasca (Cundinamarca, Colombia).
- Michel, L., Peña, Á., Pastenes, C., Berríos, P., Rombolà, A. D., & Covarrubias, J. I. (2019). Sustainable Strategies to Prevent Iron Deficiency, Improve Yield and Berry Composition in Blueberry (*Vaccinium* spp.) [Original Research]. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00255>
- Montero, A. F. (2015). Evaluación de estrategias de manejo sostenible para el control de la clorosis férrica en arándanos variedad star.
- Morales Morales, E. J., Rubí Arriaga, M., López Sandoval, J. A., Martínez Campos, Á. R., & Morales Rosales, E. J. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1875-1886. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>
- Moura, G. C. d. (2013). Aspectos de manejo e cultivares de mirtilo: qualidade e produtividade.
- Muñoz Vega, P., Serri, H., Lopéz, M. D., Faundez, M., & Palma, P. (2017). Efecto de diferentes intensidades de poda sobre el rendimiento y calidad de fruta en arándano (*Vaccinium*

- corymbosum* L.) cv. Brigitta. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 33(3), 285-303. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000706>
- Osorio, R., Cáceres, C., & Covarrubias, J. I. (2020). Vegetative and Physiological Responses of “Emerald” Blueberry to Ammoniacal Sources with a Nitrification Inhibitor. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(2), 507-515. <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00135-7>
- Pérez Cruz, O. A. (2018). Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile. *Portes: Revista Mexicana de Estudios Sobre la Cuenca del Pacífico*, 12(23).
- Pescie, M. A., Borda, M. P., Ortiz, D. P., Landriscini, M. R., & Lavado, R. S. (2018). Absorption, distribution and accumulation of nitrogen applied at different phenological stages in southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* interspecific hybrid). *Scientia Horticulturae*, 230, 11-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.005>
- Pino, E., Montalván, I., Vera, A., & Ramos, L. (2019). La conductancia estomática y su relación con la temperatura foliar y humedad del suelo en el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.), en periodo de maduración de frutos, en zonas áridas. La Yarada, Tacna, Perú. *Idesia (Arica)*, 37(4), 55-64.
- Pinzón-Sandoval, E. H., Almanza-Merchán, P. J., Cely-Reyes, G. E., Serrano-Cely, P. A., & Ayala-Martínez, G. A. (2022). Correlation between SPAD and chlorophylls a, b and total in leaves from *Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi, Legacy and Victoria in the high tropics. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 16(2).
- Poonnachit, U., & Darnell, R. (2004). Effect of Ammonium and Nitrate on Ferric Chelate Reductase and Nitrate Reductase in *Vaccinium* Species. *Annals of Botany*, 93(4), 399-405. <https://doi.org/10.1093/aob/mch053>
- Pritts, M. P., Hancock, J. F., Strik, B., Eames-Sheavly, M., & Celentano, D. (1992). Highbush blueberry production Guide (NRAES-55). In: Northeast Regional Agricultural Engineering Service (NRAES).
- Retamales, J., & Hancock, J. (2012). Blueberries. Crop Production Science in Horticulture Series. In: CABI Publ. Co. Oxfordshire, UK.
- Rivadeneira, M. F. (2022). Cultivo del arándano. In S. (España) (Ed.), *Cultivo, poscosecha, procesado y comercio de berries* (pp. 203-221).

- Salvo, S., Muñoz, C., Ávila, J., Bustos, J., Cariaga, E., Silva, C., & Vivallo, G. (2011). Sensitivity in the estimation of parameters fitted by simple linear regression models in the ratio of blueberry buds to fruits in Chile using percentage counting. *Scientia Horticulturae*, 130(2), 404-409. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.06.042>
- Sánchez, P. G. (2010). *MANEJO INTEGRAL DE LA NUTRICIÓN DE BERRIES*. <https://docplayer.es/23888892-Manejo-integral-de-la-nutricion-de-berries.html>
- Santos, B. M. (2011). Selecting the right nutrient rate: Basis for managing fertilization programs. *HortTechnology*, 21(6), 683-685. <https://doi.org/https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.6.683>
- Strik, B., Buller, G., & Hellman, E. (2003). Pruning Severity Affects Yield, Berry Weight, and Hand Harvest Efficiency of Highbush Blueberry. *HortScience HortSci*, 38(2), 196-199. <https://doi.org/10.21273/hortsci.38.2.196>
- Undurraga, P., & Vargas, S. (2013). Manual de Arándano. Instituto de Investigaciones agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. *Boletín INIA*(263), 250.
- Valencia, G. (1973). Relación entre el índice de área foliar y la productividad del cafeto.
- Vargas, O. L., & Bryla, D. R. (2015). Growth and Fruit Production of Highbush Blueberry Fertilized with Ammonium Sulfate and Urea Applied by Fertigation or as Granular Fertilizer. *HortScience horts*, 50(3), 479-485. <https://doi.org/10.21273/hortsci.50.3.479>
- Wang, S. Y., Bowman, L., & Ding, M. (2008). Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus* sp.) and promotes antiproliferation of human cancer cells. *Food Chemistry*, 107(3), 1261-1269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.065>
- Zapata, L., Heredia, A., Malleret, A., Quinteros, F., Cives, H., & Carlazara, G. (2013). Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de arándanos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(2), 186-194.
- Zapata, L., Malleret, A., Quinteros, C., Lesa, C., Vuarant, C., Rivadeneira, M. F., & Gerard, J. (2010). Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencia, docencia y tecnología*(41), 159-171.

11. Anexos

Anexo 1. Aplicación de tratamientos y mediciones morfológicas.



Figura 11. Poda de plantas de arandano



Figura 12. Aplicación de fertilizantes



Figura 13. Planta sin aplicación de poda.



Figura 14. Planta con aplicación de poda



Figura 15. Determinación del porcentaje de cuaja del fruto

Anexo 2. Mediciones fisiológicas.



Figura 16. Evaluación de la conductancia estomática



Figura 17. Evaluación del índice de SPAD

Anexo 3. Medición de parámetros del suelo.



Figura 19. Toma de muestras para análisis de suelo



Figura 20. Peso de 20 g de suelo para evaluar pH y CE.

Anexo 4. Pruebas de calidad del fruto.



Figura 21. Peso de frutos.



Figura 22. Medición del calibre de los frutos.



Figura 23. Toma de datos de firmeza del fruto con un penetrómetro.



Figura 24. Toma de datos sólidos solubles (° Brix)



Figura 25. Toma de datos de pH del fruto.

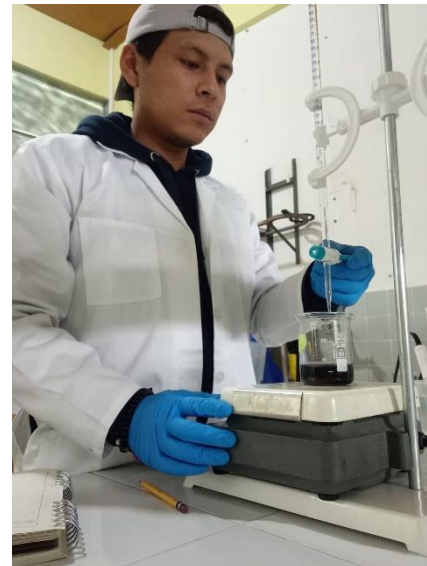


Figura 26. Toma de datos de acides titulable.

Anexo 5. Certificación de traducción del Abstract

CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo, **Maholy Katherine Morocho Merino**, portadora de la cedula de Identidad N°:1104677131. Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen de la tesis denominada: **“Efecto de un inhibidor de nitrificación y poda en la producción temprana de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) en el sector La Argelia, Loja”**, perteneciente al señor **Dennis Oliver Morocho Merino**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente,



Maholy Katherine Morocho Merino

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés
Registro N° 1008-2016-1695982 SENEYCYT.