



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“Desarrollo vegetativo del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) sometido a diferentes intensidades de poda y fuentes de nutrición nitrogenada, en el sector “La Argelia” de la ciudad de Loja”

*Tesis previa la obtención del
título de Ingeniera Agrónoma*

Autora:

Karen Alexandra Macas Guamán

Director:

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

**LOJA - ECUADOR
2022**

CERTIFICACIÓN DE TESIS

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Certifico:

Que luego de haber dirigido y revisado el trabajo de tesis titulada “**Desarrollo vegetativo del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) sometido a diferentes intensidades de poda y fuentes de nutrición nitrogenada, en el sector La Argelia de la ciudad de Loja**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, de la egresada **Karen Alexandra Macas Guamán**, 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 de la Universidad Nacional de Loja.

En mi calidad de director de Tesis certifico que la investigación realizada ha sido trabajo propio de la egresada.

Loja, 03 de septiembre de 2021



Firmado electrónicamente por:
**JOHNNY FERNANDO
GRANJA TRAVEZ**

.....

Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

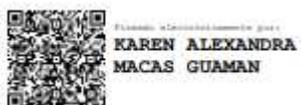
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Karen Alexandra Macas Guamán, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales por el contenido de la misma.

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

Firma:



Autor: Karen Alexandra Macas Guamán

Cédula: 1150607917

Fecha: 07/03/2022

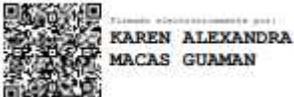
**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA
CONSULTA DE PRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DE TEXTO COMPLETO**

Yo, Karen Alexandra Macas Guamán, declaro ser el autor de la tesis titulada “**Desarrollo vegetativo del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) sometido a diferentes intensidades de poda y fuentes de nutrición nitrogenada, en el sector La Argelia de la ciudad de Loja**”, como requisito para optar el título de Ingeniera Agrónoma, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, 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 de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los siete días del mes de marzo del dos mil veinte y dos.

Firma: 

Autor: Karen Alexandra Macas Guamán

Cédula: 1150607917

Dirección: Joaquín Gallegos y Jorge Icaza, Loja **Correo electrónico:** karen.macas@unl.edu.ec

Celular: 0990177340

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Johnny Fernando Granja Trávez Mg. Sc.

Tribunal de grado: Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.

Ing. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

Ing. Alex Eduardo Salazar González PhD.

Presidente

Vocal

Vocal

DEDICATORIA

Para la obra perfecta de Dios, mi familia, por ser mi paz y mi rebato, la razón de mi vida e inspiración. Con todo mi amor para papá, mamá y mi ángel del cielo (mamita Chavela), este logro es enteramente de ellos.

Karen Alexandra MG

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme la sabiduría y la fortaleza necesaria para cumplir cada una de mis metas. Agradezco a mis padres Martha y Marco, y a mis hermanos, por su invaluable apoyo, esfuerzo y paciencia a lo largo de este arduo camino de aprendizaje, son los seres más valiosos de mi vida, gracias por su confianza.

A la Universidad Nacional de Loja por la formación académica brindada. A cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica, por su íntegro trabajo en la formación profesional, especialmente al Ing. Johnny Granja, director de tesis, por su asesoría durante la realización de este proyecto de investigación.

Al Ing. Franco Guillén, por permitirme implementar el ensayo en la Quinta Experimental Docente “La Argelia”. Así también a la Ing. Diana Iñiguez y a la Ing. Beatriz Guerrero, técnicas del Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología, por su simpatía y gentil apoyo.

Y finalmente de manera muy especial a mis queridas amigas Karla, Andrea y Julissa, por su excepcional apoyo, compañerismo, y cariño, fueron partícipes de las mejores experiencias que viví durante la carrera, todo fue más llevadero a su lado.

ÍNDICE

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN DE TESIS	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN	2
2.1. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
3.1. OBJETIVOS.....	6
3.1.1. Objetivo general	6
3.1.2. Objetivos específicos.....	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1. Generalidades del cultivo de arándano.....	7
4.1.1. Clasificación taxonómica	7
4.1.2. Descripción morfológica.....	8
4.2. Fenología del arándano.....	9
4.2.1. Crecimiento vegetativo.....	9
4.2.2. Crecimiento reproductivo.....	10

4.3.	Variedades de arándano.....	10
4.3.1.	<i>Rabbiteyes</i> (Ojo de Conejo)	11
4.4.	Características del cultivar Biloxi.....	12
4.5.	Requerimientos edafoclimáticos.....	12
4.5.1.	Clima	12
4.5.2.	Suelo.....	13
4.6.	Manejo de cultivo	13
4.6.1.	Riego del cultivo	13
4.6.2.	Poda.....	14
4.6.3.	Nutrición mineral	15
4.6.4.	Fuentes minerales.....	17
5.	METODOLOGÍA	20
5.1.	Ubicación y descripción del área de estudio.....	20
5.2.	Manejo experimental	20
5.2.1.	Inicio y final del experimento	20
5.2.2.	Fase de campo	21
5.2.3.	Material vegetal.....	21
5.2.4.	Fase de laboratorio	21
5.3.	Diseño experimental	21
5.4.	Especificaciones del diseño experimental	22
5.4.1.	Modelo matemático.....	23
5.5.	Aplicación de los tratamientos.....	23
5.5.1.	Poda de formación.....	24
5.5.2.	Fuentes de fertilización nitrogenada.....	24
5.6.	Metodología para el primer objetivo	25

5.7.	Metodología para el segundo objetivo.....	26
3.5.	Análisis estadístico	27
6.	RESULTADOS.....	28
6.1.	Variables morfológicas.....	28
6.1.1.	Altura de la planta	28
6.1.2.	Longitud del brote	29
6.1.3.	Diámetro del brote.....	32
6.1.4.	Diámetro de la Copa.....	32
6.1.5.	Cobertura de la planta.....	33
6.1.6.	Longitud y número de metámeros.....	34
6.1.7.	Área foliar	34
6.2.	Variables fisiológicas	36
6.2.1.	Contenido de nitrógeno foliar	36
6.2.2.	Análisis de pH y conductividad eléctrica del suelo.....	37
6.2.3.	Conductividad eléctrica.....	38
6.3.	Correlaciones entre variables.....	39
7.	DISCUSIÓN	40
8.	CONCLUSIONES	45
9.	RECOMENDACIONES.....	46
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
11.	ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Concentraciones normales foliares de nutrientes para arándanos <i>highbush</i> (en base al peso seco).....	17
Tabla 2. Producto y dosis de fuentes nitrogenadas aplicados en el cultivo de arándano cv. Biloxi.....	25
Tabla 3. Número y longitud de metámeros a los 72 días después de iniciado el ensayo.....	34
Tabla 4. Área foliar de los brotes, área foliar de la planta e índice del área foliar (IAF), a los 72 días después de iniciado el ensayo, sometidos a cuatro tratamientos.	35
Tabla 5. Conductividad eléctrica del suelo en relación al factor fertilización aplicado en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$).	38
Tabla 6. Correlaciones entre variables morfológicas de las plantas de arándano cv. Biloxi.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento vegetativo del arándano.....	9
Figura 2. Crecimiento reproductivo del arándano.....	10
Figura 3. Mapa de ubicación geográfica del sitio de estudio	20
Figura 4. Esquema del diseño experimental y tratamientos aplicados en campo.	22
Figura 5. Levantamiento de camas de siembra para arándano.....	24
Figura 6. Siembra de arándano en la quinta experimental “La Argelia”.....	24
Figura 7. Altura de las plantas en el cultivo de arándano cv. Biloxi, sometidas a cuatro tratamientos.	28
Figura 8. Incremento de la altura en las plantas de arándanos cv. Biloxi	29
Figura 9. Longitud del brote en plantas de arándano cv. Biloxi., en relación al factor de fertilización.....	30
Figura 10. Incremento de la longitud del brote en relación al factor de fertilización del cultivo de arándano cv. Biloxi.....	30
Figura 11. Tasas de crecimiento absoluta del brote en plantas de arándano cv. Biloxi.	31
Figura 12. Tasas de crecimiento relativa del brote en plantas de arándano cv. Biloxi.....	31
Figura 13. Diámetro del brote en cultivo de arándano cv. Biloxi.....	32
Figura 14. Diámetro de la copa en plantas de arándano cv. Biloxi.	33
Figura 15. Cobertura de la planta en arándano cv. Biloxi., en relación al factor de fertilización	33
Figura 16. Gráfico de puntos de modelo polinómico para el análisis del área foliar en plantas de arándano cv. Biloxi.	34
Figura 17. Área foliar de los brotes al finalizar el ensayo en cultivo de arándano cv. Biloxi. ...	36
Figura 18. Valores del contenido de N (%) en relación al factor fertilización en el cultivo de arándano cv. Biloxi.	36

Figura 19. Valores de pH de suelo sometido a cuatro tratamientos en el cultivo de arándano cv. Biloxi.....37

Figura 20. pH del suelo en relación al factor fertilización en el cultivo de arándano cv. Biloxi., al finalizar el ensayo.....38

“Desarrollo vegetativo del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi) sometido a diferentes intensidades de poda y fuentes de nutrición nitrogenada, en el sector La Argelia de la ciudad de Loja”

2. RESUMEN

El arándano es un frutal de gran importancia económica debido a su alta demanda a nivel mundial, por los múltiples beneficios que confiere su consumo a la salud humana. En Ecuador, son poco conocidas las técnicas de manejo agronómico referentes a esta especie, asociadas a la poda y a la fertilización. En base a ello, el objetivo del trabajo de investigación fue evaluar el desarrollo vegetativo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv Biloxi) sometido a dos intensidades de poda y diferentes fuentes de nutrición nitrogenada, una de ellas con inhibidor de nitrificación, sobre variables morfológicas y fisiológicas. El ensayo se estableció en la Quinta Experimental Docente La Argelia, con una distancia de cultivo de 1 x 2 m, bajo un diseño experimental de parcelas divididas completamente aleatorizadas, con 4 tratamientos y 6 repeticiones, siendo la parcela el factor poda (con 4 brazos y sin poda) y la subparcela la fertilización (Sulfato de Amonio con y sin inhibidor de nitrificación). Las variables morfológicas evaluadas fueron: altura de planta, longitud del brote, diámetro de brote, cobertura de la planta, tasa de crecimiento absoluta (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR), área foliar de la planta y área foliar del brote. Además, se evaluó el pH y la CE del suelo, así como, el contenido de N en las hojas. Como resultados, no existió interacción entre el factor poda y la fertilización, sin embargo, la fertilización mostró significancia ($p < 0,05$) en la longitud del brote, cobertura de la planta, y área foliar del brote. Las plantas sometidas al fertilizante con inhibidor de nitrificación alcanzaron los mayores valores en el crecimiento. El mayor contenido de nitrógeno en las hojas se registró en plantas fertilizadas con sulfato de amonio. El pH y la CE, fueron alterados por la aplicación de fertilizantes.

Los resultados obtenidos indican que la poda no influyó en los parámetros morfológicos, sin embargo, la fertilización nitrogenada favoreció el crecimiento vegetativo del arándano, ya que, en términos fisiológicos incrementa el contenido de clorofila elemento clave de la fotosíntesis, favoreciendo la formación de fotoasimilados, una mayor acumulación de biomasa, y por ende el crecimiento de las plantas.

Palabras clave: *Vaccinium corymbosum* L. cv Biloxi, inhibidor de nitrificación.

2.1.ABSTRACT

The cranberry is a fruit of great economic importance due to a high demand worldwide, because of the multiple benefits that its consumption confers on human health. In Ecuador, the agronomic management techniques related to this species, associated with pruning and fertilization, are little known. Based on this, the objective of the research work was to evaluate the vegetative development of cranberry (*Vaccinium corymbosum* L. cv Biloxi) subjected to two pruning intensities and different sources of nitrogen nutrition, one of them with nitrification inhibitor, on morphological and physiological variables. The trial was established at the Quinta Experimental Docente “La Argelia”, with a crop distance of 1 x 2 m, under an experimental design of completely randomized divided plots, with 4 treatments and 6 replications, the plot being the pruning factor (with 4 arms and without pruning) and the subplot the fertilization (ammonium sulfate with and without nitrification inhibitor). The morphological variables evaluated were: plant height, shoot length, shoot diameter, plant cover, absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR), plant leaf area and shoot leaf area. In addition, soil pH and EC were evaluated, as well as leaf N content. As results, there was no interaction between the pruning factor and fertilization; however, fertilization showed significance ($p < 0.05$) in shoot length, plant cover, and shoot leaf area. Plants subjected to fertilizer with nitrification inhibitor reached the highest values in growth. The highest nitrogen content in leaves was recorded in plants fertilized with ammonium sulfate. The pH and EC were changed by fertilizer application.

The results obtained indicate that pruning did not influence the morphological parameters, however, nitrogen fertilization favored the vegetative growth of the blueberry, since, in physiological terms, it increases the content of chlorophyll, a key element of photosynthesis, favoring the formation of photoassimilates, a greater accumulation of biomass, and therefore the growth of plants.

Key words: *Vaccinium corymbosum* L. cv Biloxi, nitrification inhibitor.

3. INTRODUCCIÓN

El arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) es un frutal perteneciente a la familia de las Ericáceas originario del hemisferio Norte de gran importancia económica y amplia distribución geográfica, reconocido como súper fruta por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que aporta su consumo a la salud humana (Kalt *et al.*, 2020).

Los arándanos se han potenciado enormemente; hasta el 2019 el área cultivada a nivel mundial superaba las 119 000 hectáreas. El principal país importador es Estados Unidos, su sector productivo está conformado por ocho estados, entre ellos: Nueva Jersey, Georgia, California, Oregón, etc. El consumo per cápita en EE.UU. es de 2 libras persona/año en promedio, siendo el 80 % importado de países latinoamericanos como Perú, Chile y México (Kramer, 2020). Los productores líderes de arándano en América del Sur son Chile con 15 601 ha cultivadas, país que exportó 118. 225 tn en la temporada 2020/2021, de las cuales el 18% fueron arándanos orgánicos; mientras que Perú que en la misma temporada cerró con 165.053 tn despachadas por un valor de \$1.02 millones con 13 213 hectáreas cultivadas (ASOEX, 2021; Redagrícola, 2021).

En Ecuador, mediante pruebas piloto en el 2015, se confirmó que el país cuenta con los factores geoclimáticos favorables para el cultivo, lo cual, permitió que el sector frutícola incorporara este frutal, siendo la empresa Biovegetal la pionera en este paso, implementando tres hectáreas de arándanos semihidropónico en la parroquia Guayllabamba de Pichincha (González, 2018). Las principales provincias productoras son Carchi, Imbabura y Pichincha, con un total a nivel nacional de 50 hectáreas (Garzón, 2021).

La potenciación de este cultivo puede ser compleja debido a los requerimientos exclusivos del arándano en cuanto a prácticas de manejo agrotécnico se refiere. La poda, por ejemplo, es una práctica esencial en el arándano (Bañados, 2005), que permite conservar la vigorosidad y equilibrar el crecimiento vegetativo y reproductivo del arándano, optimizar el rendimiento y la calidad del fruto (Retamales & Hancock, 2012). De la misma manera, el aporte nutrimental de nitrógeno como elemento base en el desarrollo del arándano, debe ser específico, ya que por ser originario de suelos ácidos se caracteriza por absorber el nitrógeno (N) en forma de amonio NH_4^+ (Crisóstomo *et al.*, 2014).

Las fuentes de N más usadas sobre el arándano son la urea y el sulfato de amonio, debido al aporte de N en forma amoniacal hacia las plantas, sin embargo, otra alternativa nutricional son productos nitrogenados con inhibidores de nitrificación, como la molécula DMPP (3,4 –dimetilpirazol fosfato) asociada al amonio. Es un tipo de fertilizante que mantiene por un tiempo más prolongado al nitrógeno en forma amoniacal, debido a su acción retardadora en la oxidación del amonio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-) mediante la inhibición temporal de las bacterias *Nitrosomas* en el suelo, dependiendo de las características edafoclimáticas y la fisiología del cultivo (Fruniss, 2005).

En Ecuador, se ha despertado el interés de implementar el cultivo de arándano en los últimos años, por su alta demanda y rentabilidad económica del frutal. Puga (2019) evaluó la factibilidad comercial, agrícola, y financiera del cultivo de arándano, comprobando que efectivamente existen costos de producción elevados, y ganancias graduales conforme la producción se estabiliza en el tiempo. El valor por kilogramo de arándano en el país bordea los US\$12.00 y la capacidad productiva de una planta es alrededor de 1 500 gr a partir del segundo año de vida, lo cual sustenta que la inversión inicial se recupera en el primer año de producción (El Telégrafo, 2018).

En la provincia de Loja, es poco lo que se conoce del cultivo de arándano, es por ello que aportar información sobre el manejo agronómico y la productividad de este frutal puede motivar y orientar a pequeños agricultores a tomar al cultivo como una nueva alternativa de producción. Para ello se realizó la presente investigación sobre la influencia de las podas y fuentes nutrición nitrogenada al ser aplicadas durante la etapa vegetativa del arándano, estableciendo los siguientes objetivos.

3.1.OBJETIVOS

3.1.1. Objetivo general

Evaluar la influencia entre las diferentes intensidades de poda y fuentes de nutrición nitrogenada en el desarrollo vegetativo del arándano, en el sector “La Argelia” de la ciudad de Loja.

3.1.2. Objetivos específicos

- Determinar cómo la nutrición nitrogenada, interviene en el desarrollo vegetativo del cultivo de arándano en el sector “La Argelia” de la ciudad de Loja.
- Identificar cómo la intensidad de poda influye en el desarrollo vegetativo del arándano, en las condiciones del sector “La Argelia” de la ciudad de Loja.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades del cultivo de arándano

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es un frutal de aspecto arbustivo, del género *Vaccinium*, forma parte del grupo de las frutas denominadas comercialmente como berries. Es originaria del hemisferio Norte específicamente de Canadá y Estados Unidos, siendo este último el principal productor, consumidor y exportador de arándano en el mundo, el cual aporta con el 45 % de la superficie cultivada y el 55 % de la producción mundial (Pinochet *et al.*, 2014). Existen más de 30 especies del género *Vaccinium*, como arándanos bajos silvestres y arándanos altos cultivados de gran importancia comercial (Gordó, 2008; Vander & McRae, 2009).

En las últimas dos décadas Latinoamérica ha potenciado el cultivo de arándano, por ser de interés económico mundial debido al crecimiento potencial de su demanda, ya que cuenta con un alto valor nutritivo otorgado por su gran contenido de antioxidantes (Salgado *et al.*, 2018). En el año 2010 la superficie mundial de esta especie constaba de 76 455 hectáreas (ha) plantadas, para el 2019 incremento a 109 270 ha. Por tanto, la producción se elevó de 328 mil a 823 mil toneladas (tn) en nueve años (FAOSTAT, 2019).

4.1.1. Clasificación taxonómica

El arándano es un arbusto perteneciente a la familia de las Ericáceas, a continuación, se describe su clasificación taxonómica (Sinavimo, 2019).

Reino: Vegetal

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Género: *Vaccinium*

Especie: *Vaccinium corymbosum* L.

Nombre común: Arándano

4.1.2. Descripción morfológica

- **Raíz:** El sistema radicular es superficial, está compuesto de finas raicillas poco profundas, fibrosas de poca extensión, desprovistas de pelos radicales, situándose el 80 % de las raíces en los primeros 40 cm del suelo (Rubio & Gonzáles, 2012; Rodríguez, 2014).

Las raíces de más de 1 mm de diámetro tienen la función de anclar las plantas, transportan agua y nutrientes a los brotes. Raíces de color marrón oscuro y de larga duración (150 micrones) transportan agua y nutrientes. Las raíces más finas (40 a 75 micrones), de color blanco a marrón claro, son de corta duración con vida útil de 115 a 120 días, se denominan raíces alimentadoras por absorber agua y nutrientes del suelo. Entre la mayoría de los casos las raíces más finas se colonizan en forma natural por hongos micorrízicos formando una simbiosis, traduciéndose en un mayor desarrollo vegetativo (Rodríguez, 2014; Strik, 2015).

El patrón de enraizamiento es sensible a los factores de manejo, es decir, las plantas irrigadas por goteo tienen raíces concentradas cerca de los emisores, mientras que si son irrigadas por aspersión tienden a producir una capa uniforme de raíces. Además, debido a la porosidad del suelo las plantas cultivadas en camas elevadas producen más raíces que en terrenos planos (Strik, 2015).

- **Hojas:** sus hojas son simples, cortamente pediceladas, de disposición alterna a lo largo de la rama, forma elíptica a lanceolada. La longitud de la lámina foliar va de 5 a 7 cm aproximadamente, caducas, de coloración verde pálido a muy intenso según el cultivar (Rubio & Gonzáles, 2012).
- **Flores:** sus flores son axilares o terminales, se producen en racimos de 6-10 en cada yema, sépalos persistentes, corola acampanada de color blanco y tonalidades rosas en ciertos cultivares, formada por 4 a 5 pétalos fusionados, cuenta con 8 a 10 estambres, su pistilo es simple, ovario ínfero. El número de yemas florales por rama pueden ser de 2 a 20, ameritando esto al grosor de la rama, el cultivar, así como la influencia de reguladores de crecimiento y las propias técnicas de cultivo (Rubio *et al.*, 2018).
- **Fruto:** Es una falsa baya esférica de 1,5 a 3 cm de diámetro, con un peso próximo de 0,5 a 4 gr, contienen de 20 a 100 semillas dependiendo el tamaño del fruto, se encuentran incrustadas en un mesocarpio carnoso e incoloro, los frutos nacen en racimos. A medida que la baya se desarrolla su coloración varía: verde inmaduro, blanco verdoso traslúcido, rosa verdoso, azul-rojizo y el tono azulado, el cual, es característico al finalizar su maduración; su vez, la epidermis

del fruto está cubierta por una cutícula cerosa. Los frutos maduran entre 40 a 60 días (Padananbhan & Paliyath, 2018; Rubio *et al.*, 2018).

Los arbustos producirán bayas de mayor tamaño se polinizan de forma cruzada con otra variedad; los productores eliminan las flores y los frutos durante los dos o tres primeros años para promover el crecimiento vigoroso del arbusto (WIFSS, 2016). Dos de las características comerciales relevantes en el fruto son: la cicatriz del fruto debe ser pequeña y seca, a fin de dificultar la acción de los patógenos, y la firmeza, a esta se la relaciona con el grosor epidérmico y la estructura celular de la pulpa.

Entre las raíces y la parte aérea se encuentra la corona, la cual tiene la capacidad de emitir brotes, promoviendo una continua renovación de la parte aérea de la planta (Rubio *et al.*, 2018).

4.2.Fenología del arándano

La fenología del cultivo de arándano, al igual que en otras especies, se refiere al crecimiento y los cambios morfológicos o desarrollo de la planta, el ciclo comprende dos fases: vegetativa y reproductiva, las cuales son alteradas principalmente por las condiciones ambientales y las prácticas de manejo a las que esté sometido el cultivo.

4.2.1. Crecimiento vegetativo

El crecimiento vegetativo esta descrito en cuatro etapas donde la primera es yema vegetativa abierta, la segunda al brote de entrenudos cortos, la tercera etapa al alargamiento de entrenudos y expansión de hojas, y finalmente la cuarta a una rama nueva conformada por hojas totalmente expandidas y entrenudos largos (Figura 1) (Mesa, 2015).



Figura 1. Crecimiento vegetativo del arándano (Rivadeneira, 2011)

4.2.2. Crecimiento reproductivo

El crecimiento reproductivo del arándano se describe en seis etapas donde primero se tiene una yema hinchada que dará origen a las flores, segundo tenemos la yema abierta que da inicio a la floración, tercero y cuarto los botones florales con corola cerrada, quinto plena floración con corola abierta, sexto cuaje y caída de corola y séptimo fruto verde (Figura 2) (Mesa, 2015).



Figura 2. Crecimiento reproductivo del arándano (Rivadeneira, 2011)

El crecimiento y desarrollo del arándano es constante, de tal modo que la etapa de establecimiento del cultivo está entre el primero y el segundo año después de la siembra; comercialmente las cosechas se realizan entre el tercer y cuarto año, y finalmente la estabilización de la cosecha se da aproximadamente a los 7 años (Mesa, 2015).

4.3. Variedades de arándano

Los arándanos constituyen un grupo de especies nativas del hemisferio norte. Representan una de las especies de larga domesticación y mejoras genéticas, que han permitido que el cultivo se establezca en climas fríos, cálidos y mediterráneos, extendiendo su oferta durante todo el año (Hirzel & Morales, 2017). Los cultivares de arándanos son elegidos en función de la zona de producción, la temperatura y las necesidades de horas de frío de las distintas especies.

Hay distintos tipos de arándanos como son: Arándano bajo o *lowbush* (*V. angustifolium*), arándano alto o *highbush* (*V. corymbosum* L.), y arándano gigante u “ojo de conejo” - *rabbiteye* (*V. ashei* R.) (Padananbhan & Paliyath, 2018).

Lowbush

Los arándanos *lowbush* o de arbusto bajo son de crecimiento silvestre autóctonas, la producción de estos se limita en gran medida a Maine (EE.UU.) y Quebec (Canadá) (Padananbhan & Paliyath, 2018). Arbustos que alcanzan entre 30 a 50 cm de altura, pertenecen a *V. angustifolium*, propios de

zonas frías tolerando hasta -35°C, requieren de por lo menos 1 000 horas frío para su desarrollo floral.

Highbush

El arándano *highbush* (arándanos de arbusto alto) es un cultivo importante en los Estados Unidos Canadá, Europa, Australia, Chile y Argentina (Padananbhan & Paliyath, 2018). Son arbustos de entre 1,5 y 3 m de altura. Se distinguen dos grandes grupos comerciales (Retamales & Hancock, 2012).

- *Northern Highbush* o arándano alto del Norte, es nativo de la zona noroeste de Norte América, las plantas llegan a tener alturas de entre 1,5 a 7 m, son variedades adaptadas a bajas temperaturas y con mayores requerimientos de horas frío para florecer de entre 650 hasta 1 200 horas frío (Gordó, 2008; Rubio & González, 2012). Representan el 75 % del total de arándano cultivado a nivel mundial, han sido desarrolladas a partir de las especies *V. corymbosum* y *V. australe*. El fruto de estas variedades es grande, con semilla escasa, piel fina y de pulpa blanca. Algunos cultivares son: Bluecrop, Duke, Elliott, Blueray.
- *Southern Highbush* o arándanos altos del Sur: son híbridos obtenidos por cruzamiento principalmente de *V. corymbosum* L., *V. daworri*, *V. elliottii* y *V ashei*. Son desarrollados para producción de fruta temprana en zonas de inviernos suaves con baja acumulación de frío y primaveras cálidas (climas templados). Tienen requerimientos bajos de horas frío de entre 400 y 600 horas frío (Rubio & González, 2012). Debido a ser variedades tempranas, en su mayoría el periodo de cosecha es extendido, tienen una floración y brotación precoz. Algunas variedades son Misty, Legacy, Sharpblue, Emerald, O`neal y Biloxi (Martínez L. , 2019).

4.3.1. Rabbiteyes (Ojo de Conejo)

La variedad Ojo de conejo o *Rabbiteyes*, es nativo de Georgia del Sur, Estados Unidos. Es la especie más productiva y más fácil de cultivar, se desarrolla en una gran diversidad de suelos, pH alcalinos y con bajo contenido de materia orgánica (1-2 %), tienen mayor resistencia a sequía. Son arbustos vigorosos que pueden alcanzar de 5 a 6 metros de altura, más vigorosos que los *Highbush*. Sin embargo, sus frutos son más pequeños, blandos y no de buen sabor, siendo reemplazados por los *Southern highbush* con ventajas claras (Gordó, 2008; Morales, 2017).

Las especies *highbush* y *lowbush* son las más comunes en producción comercial, puesto que la mayoría de los arándanos frescos provienen de las plantas *highbush* y los procesados como mermeladas, jarabes, vinos y jugos provienen de las plantas *lowbush* (WIFSS, 2016).

4.4. Características del cultivar Biloxi

El arándano Biloxi es un cultivar tetraploide *Southern Highbush*, desarrollado y lanzado por el Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Spires *et al.*, 2002). La variedad Biloxi se obtuvo de dos especies *Vaccinium* por la cruce entre variedades Sharpeblue y US329; tiene un bajo requerimiento de horas frío y es adaptable a la mayoría de los microclimas tropicales y subtropicales de países como México, Colombia y Perú (Salgado *et al.*, 2018).

Biloxi, se caracterizan por el hábito de crecimiento erecto, vigoroso y productivo; el fruto es de alta calidad, de maduración temprana, con buena coloración, firmeza, buena cicatriz y con excelente sabor y calibre (Morales & González, 2017). Esta variedad, ha sido presentada con un requerimiento mínimo de 400 horas frío, sin embargo, con el tiempo se ha comprobado que sus necesidades son más bajas, de hasta 150 horas frío. Debido a que su producción es temprana, esta puede verse afectada por heladas (Rubio *et al.*, 2018).

Biloxi es la variedad más cultivada en México por su vigorosidad, productividad y precocidad; en Perú también cubre el 80% de la oferta debido a las buenas características productivas (3 kg/planta) y condición viajera de la fruta (Gargurevich, 2017).

En Ecuador, a principios del 2015 la empresa Biovegetal implementó la variedad de arándano Biloxi en Guayllabamba, al norte de Quito, donde en el primer año de producción se cosechó un kilo por planta, sin embargo, González (2018) mencionó que para el cuarto año la producción puede alcanzar los 3,5 kg/planta. Por lo general, se requieren de ocho a doce años para que las plantas de arándanos alcancen su tamaño completo y su mayor rendimiento (WIFSS, 2016).

4.5. Requerimientos edafoclimáticos

4.5.1. Clima

Generalmente los arándanos *Southern Highbush* a los cuales pertenece el cultivar Biloxi, requieren entre 400 y 1200 h/frío, con un umbral de 7 °C para cumplir su reposo invernal, este requerimiento es diferente para cada variedad. La ubicación del cultivo debe cumplir con el frío necesario para la

planta, este dato se usa como indicador para selección de las variedades que sean más aptas a una concreta zona o no (Carrera, 2012; Rebolledo, 2013).

En cuanto a los requerimientos de temperatura, soportan bien las heladas durante el receso invernal, siendo $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ una temperatura crítica para las plantas. Mientras que la temperatura óptima para el crecimiento de raíces va de un rango de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, por otro lado, los brotes, hojas y frutos tienen un mejor crecimiento en temperaturas que se encuentran entre los $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $26\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Respecto a la radiación, es pertinente destacar que un exceso provocará un acortamiento del periodo de maduración de la fruta, promoviendo fruta de inferior calidad. Por otro lado, días con alta nubosidad estimulan el desarrollo de enfermedades fúngicas, afectando a la condición de la fruta y al rendimiento (Morales & González, 2017).

4.5.2. Suelo

Uno de los aspectos más importantes para el establecimiento del cultivo es la elección y preparación del suelo, puesto que el sistema radicular del arándano está compuesto principalmente por raíces finas y fibrosas, estas son muy superficiales, no son capaces de atravesar suelos con superficies compactas, es por ello que requieren de suelos sueltos, bien drenados y con un buen contenido de materia orgánica (3 % a 5 %) (Rebolledo, 2013), la materia orgánica permite mantener la humedad y reducir la lixiviación de los nutrientes; los arándanos por lo general requieren un bajo nivel de nutrientes y no soportan suelos pesados (Carrera, 2012).

Las exigencias del suelo radican en el pH y la fertilidad física, este cultivo requiere suelos ácidos con un pH que puede variar entre 4,5 y 5,5 para un apropiado desarrollo de la planta (Sinavimo, 2019).

4.6. Manejo de cultivo

4.6.1. Riego del cultivo

Debido a sus características morfológicas, el arándano desde el punto de vista hídrico es sensitivo tanto al déficit como al exceso de agua, es así que la demanda de agua depende de la etapa fenológica del cultivo. En una plantación nueva que se encuentre en etapa vegetativa la frecuencia de riego es baja, y más si esta coincide con aportes pluviométricos, puesto que el exceso de humedad puede provocar asfixia radicular o promover la presencia de enfermedades.

En plantaciones adultas las mayores exigencias hídricas se concentran en meses de verano, así como también en periodos críticos como floración y llenado del fruto. En resumen, la demanda de agua dependerá de la edad de las plantas, la época del año y ubicación del cultivo, siendo distinto para cada plantación (Carrera, 2012). Preferentemente se usa riego tecnificado por goteo, el mismo que requerirá de una buena disponibilidad de agua y debe ser implementado de forma inmediata a la plantación, en estudios realizados se aproximó para plantas adultas una demanda promedio de 15-20 Litros/planta/semana en periodos calurosos (Gordo, 2008; Uribe, 2017).

Pannunzio *et al.*, (2010), menciona que la distribución del agua dentro del suelo tiene un efecto importante en la producción de arándanos, de modo que el riego es un factor a considerar dentro del manejo del cultivo, principalmente a causa del sistema radicular característico de la especie por ser superficial, es importante destacar que según estudios previos se ha demostrado que una buena distribución del riego puede incrementar el rendimiento en un 43 %.

4.6.2. Poda

La poda es una práctica de manejo típica en cultivos comerciales de arándano, ya que como ocurre en la mayoría de frutales permite mantener el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y la producción. Esta actividad evita el envejecimiento de las plantas, mejora el calibre de los frutos, mediante el control, ajuste y balance del crecimiento y número de brotes, lo cual, incide en la producción (Bañados, 2005). La práctica de poda consiste en eliminación parcial de ramas con el objeto de dar forma y altura a la planta; renovar madera, mantener la productividad y facilitar la cosecha (Paita, 2017). Después de plantar y durante el tiempo previo a la primera cosecha, la poda debe centrarse en eliminar las ramas finas laterales con el propósito de evitar que la planta invierta energía en el desarrollo de flores cuyo fruto no tendrá valor comercial (Carrera, 2012).

La falta de severidad en la poda o poda suave, produce crecimiento vegetativo escaso, brotes cortos y delgados, excesiva fruta pequeña y de mala calidad, provocando un prematuro envejecimiento de la planta. Por lo contrario, la poda excesiva produce crecimiento vegetativo excesivo pero poco rendimiento creando un desbalance en la planta (Bañados, 2005).

Retamales y Hancock (2012), mencionan que una poda severa puede reducir el rendimiento de la temporada siguiente, pero si se realiza de forma adecuada permite obtener frutos de mayor tamaño, maduración temprana y rendimientos más estables. Pescie *et. al.*, (2011) señala que la poda no solo

beneficia la calidad y cantidad de frutos, sino que favorece la preservación productividad de la planta.

La poda es una herramienta clave para el manejo de la expresión vegetativa de los arándanos, y esta adicionada a la fertilización nitrogenada y el riego (Bañados, 2005), son considerados como factores potenciales en la producción de especies frutales.

4.6.2.1. Tipos de podas

El manejo de la poda se realiza en dos fases:

- **Podas de Formación:** consiste en la eliminación de brotes delgados y despunte para estimular la brotación de laterales, controlar altura y distribuir óptimamente 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 (Martínez L. , 2019).
- **Podas de Producción:** consiste en eliminar 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 (Rebolledo, 2013).

4.6.3. Nutrición mineral

El manejo nutricional es uno de los factores de mayor impacto en el cultivo de arándano (Hirzel, 2013). Los elementos más importantes para la fertilización del arándano es el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio, magnesio (Mg), y azufre (S) (Román, 2013).

El punto de partida para establecer un programa nutricional para obtener fruta de calidad es la selección de suelo que cuente con propiedades físicas adecuadas para el cultivo (bien drenado, alto contenido de MO, adecuada porosidad, entre otras) y el análisis de suelo, siendo esta la herramienta básica para establecer un plan de fertilización (Hirzel, 2018)

Para Hirzel (2013), la dosis a aplicar de cada nutriente debe 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.

4.6.3.1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno (N), en la mayoría de las situaciones de cultivo de arándanos, es el nutriente que se aplica más comúnmente y cuya deficiencia es más prevalente. Las funciones del nitrógeno (N) en la planta son la formación de enzimas, aminoácidos y proteínas. Dado que el arándano es una especie originaria de suelos ácidos hay baja concentración de nitrato; por tanto, la enzima nitrato reductasa encargada de transformar el nitrato en amina dentro de la planta, tiene escasa actividad interna, por lo que predomina la absorción de nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+). Según Rodríguez (2014), el flujo de nitrógeno se debe mantener hasta la pinta de la fruta o envero, ya que favorece al crecimiento vegetativo, aumenta el contenido de clorofila y fotoasimilados en la planta; posterior a ello, se debe disminuir el nitrógeno y aumentar gradualmente aportes de potasio, desde el envero hasta la cosecha del fruto.

El N inadecuado limita el crecimiento de los arbustos, induce muy pocos brotes y las hojas se torna de color verde pálido mostrando una clorosis uniforme en la lámina foliar. El rendimiento usualmente se reduce. Por lo contrario, el exceso de N produce brotes vigorosos, hojas grandes y abundantes, provocan oleadas de crecimiento vegetativo (Hanson & Hancock, 2011). Román (2013), señala que el exceso de N puede provocar varios flujos de crecimiento, y el último de estos puede ser muy tardío para lignificarse adecuadamente antes del invierno; afecta al tamaño y firmeza de los frutos por el llenado tardío, disminuyendo así el rendimiento. Si el N está presente en el suelo, la planta lo va absorber o de lo contrario se intoxica, de tal manera que lo cataliza hacia el crecimiento vegetativo. De alterarse la relación carbono/nitrógeno, la cual participa en la inducción de las yemas, esta se traducirá en un menor número de yemas florales y una mayor cantidad de yemas vegetativas (Hirzel, 2018).

Los fertilizantes nitrogenados preferidos por el cultivo son en forma amoniacal frente al nitrato, entre ellos la urea, esta es generalmente usada en suelo con pH menores de 5.0 debido a su alta concentración de N (46 %); de lo contrario, si el pH está por encima de 5.0, es preferible usar sulfato de amonio (Hanson & Hancock, 2011). Crisóstomo *et al.*, (2014) menciona que, el arándano por ser originario de suelos ácidos, se caracteriza por absorber el nitrógeno (N) en forma amoniacal (NH_4^+) y en forma de nitrato (NO_3^-), así mismo, Hanson (2006), comenta que los arándanos responden consistentemente a las fuentes de NH_4^+ , pero también pueden beneficiarse de combinaciones de NH_4^+ y NO_3^- . Las inconsistencias en la respuesta a las dos formas de N pueden

estar relacionadas con la forma en que se regulan los niveles de pH ya que los arándanos a los que se les suministra NO_3^- tienden a aumentar el pH de la rizosfera mientras que a los que se les suministra NH_4^+ acidifican el entorno de la raíz. Cuando se fertiliza el arándano con NH_4^+ aumentan la concentración foliar de nitrógeno y, en consecuencia, también el crecimiento del arándano (*V. corymbosum* L.). Hanson & Hancock (2011), mencionan que es trascendental conservar los niveles foliares de N entre 1,7 y el 2,1 % con respecto al peso seco (Tabla 1), ya que esto permite asegurar un buen rendimiento y calidad de fruta del cultivo.

Tabla 1. Concentraciones normales foliares de nutrientes para arándanos *highbush* (en base al peso seco).

Nutriente	Arándano <i>Highbush</i>	Exceso
Micronutrientes (%)		
N	1.70-2.10	2.3
P	0.08-0.40	0.6
K	0.40-0.65	0.9
Ca	0.30-0.80	1.0
Mg	0.15-0.30	-
S	0.12-0.20	-
Micronutrientes (ppm)		
B	25-70	200
Cu	5-20	-
Fe	60-200	400
Mn	50-350	450
Zn	8-30	80

(Hanson & Hancock, 2011)

4.6.4. Fuentes minerales

4.6.4.1. Urea

La urea es la principal fuente de fertilización nitrogenada a nivel mundial, con mayor frecuencia en países en desarrollo; las ventajas de este fertilizante son concedidas al alto contenido de N (46%) y por ser un fertilizante con reacción ácida en el suelo, además es de bajo costo y de manejo seguro. El N contenido en la urea es altamente susceptible a pérdidas por volatilización de N como

amoníaco altamente contaminante. Sin embargo, industrias agroquímicas han desarrollado urea NBPT, de liberación lenta que reduce las pérdidas y minimiza la polución ambiental (Morales *et al.*, 2019).

4.6.4.2.Sulfato de amonio

El sulfato de amonio es un fertilizante mineral que se utiliza para mantener o reducir ligeramente el pH de suelos. Aporta nitrógeno y azufre suplementarios a las plantas, siendo la fuente de nitrógeno más utilizada en la fertilización del arándano. Al descomponerse en el suelo, genera una reacción ácida en el suelo reduciendo de esta forma el pH (Lee, s.f.).

Es principalmente utilizados cuando se requiere adicionar nitrógeno (N) y azufre (S), para cubrir las necesidades nutricionales de plantas en crecimiento.

- **Propiedades químicas**

Contenido N	21%
Contenido S	24 %
pH en solución	5 - 6
Solubilidad en agua	750 g/L

(IPNI, s.f.)

4.6.4.3.Novatec

Es un fertilizante estabilizado, que mejora la eficiencia del nitrógeno por estabilización del amonio. Es complejo NPK, el inhibidor de nitrificación es la molécula DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato), el mismo que reduce la lixiviación y aumenta la eficiencia del N. La fase activa del DMPP dura de 4-10 semana, depende de la temperatura del suelo, la textura y humedad, durante esta etapa se retrasa la transformación del amonio en nitrato, permite que el N se adapte a los requerimientos de las plantas (Martínez C. , s.f.).

Beneficios:

- Fuente de N de acción efectiva con amonio, con bajas perdidas de N por lixiviación
- Mejora el rendimiento y calidad de fruto debido al suministro del N en forma de amonio
- Efecto positivo del pH: acidificación de la rizosfera, dando mayor disponibilidad de P y micronutrientes

4.6.4.4. Inhibidores de nitrificación

El amonio es transformado a nitrato principalmente por dos grupos de bacterias, el primero pertenece al género *Nitrosomas* spp. responsables de convertir el amonio a nitrito; mientras que luego *Nitrobacter* spp. convierte el nitrito en nitrato. Este proceso es denominado como nitrificación. La nitrificación es dependiente de la temperatura, agua y el pH del suelo. Los nitrificadores requieren de oxígeno y agua para la oxidación de amonio a nitrato, los suelos a capacidad de campo son óptimos para este proceso. La nitrificación se detiene una vez que bajan los valores del pH, esta inhibición es causada por niveles elevados de amonio en la solución del suelo (Fruniss, 2005; Morales *et al.*, 2019).

Los inhibidores de nitrificación son moléculas adicionadas a fertilizantes, las cuales retrasan la oxidación de NH_4^+ a NO_3^- inhibiendo la actividad de bacterias nitrificantes, incrementando los contenidos de NH_4^+ en el suelo, prolongando la disponibilidad de N NH_4^+ para la absorción de las plantas. El NH_4^+ requiere menor costo energético para ser metabolizado a nivel celular, para reducir el NO_3^- a NH_4^+ consumiendo de 12 – 26 % de los reductores generados fotosintéticamente (Fruniss, 2005; Osorio & Covarrubias, 2019).

Algunos fertilizantes que presentan capacidad inhibidora de nitrificación son aquellos compuestos por: la nitrapirina (NI), diciandiamida (DCD), 2-amina-4- cloro-6- metilpirimidina y el 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP) (Fruniss, 2005; Osorio & Covarrubias, 2019).

5. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El ensayo se realizó en la quinta Experimental Docente “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja. La zona se encuentra ubicada en la parroquia de Punzara sector urbano de la ciudad de Loja, con una latitud de 04°01'58.4" Sur y longitud 79°12'00.5" Oeste (Fig. 3). La zona de estudio está a una altitud entre los 2150 m.s.n.m., posee una temperatura media de 16,4 °C, precipitación anual de 1058 mm, Humedad Relativa Media de 78 % (INHAMI, 2017),.

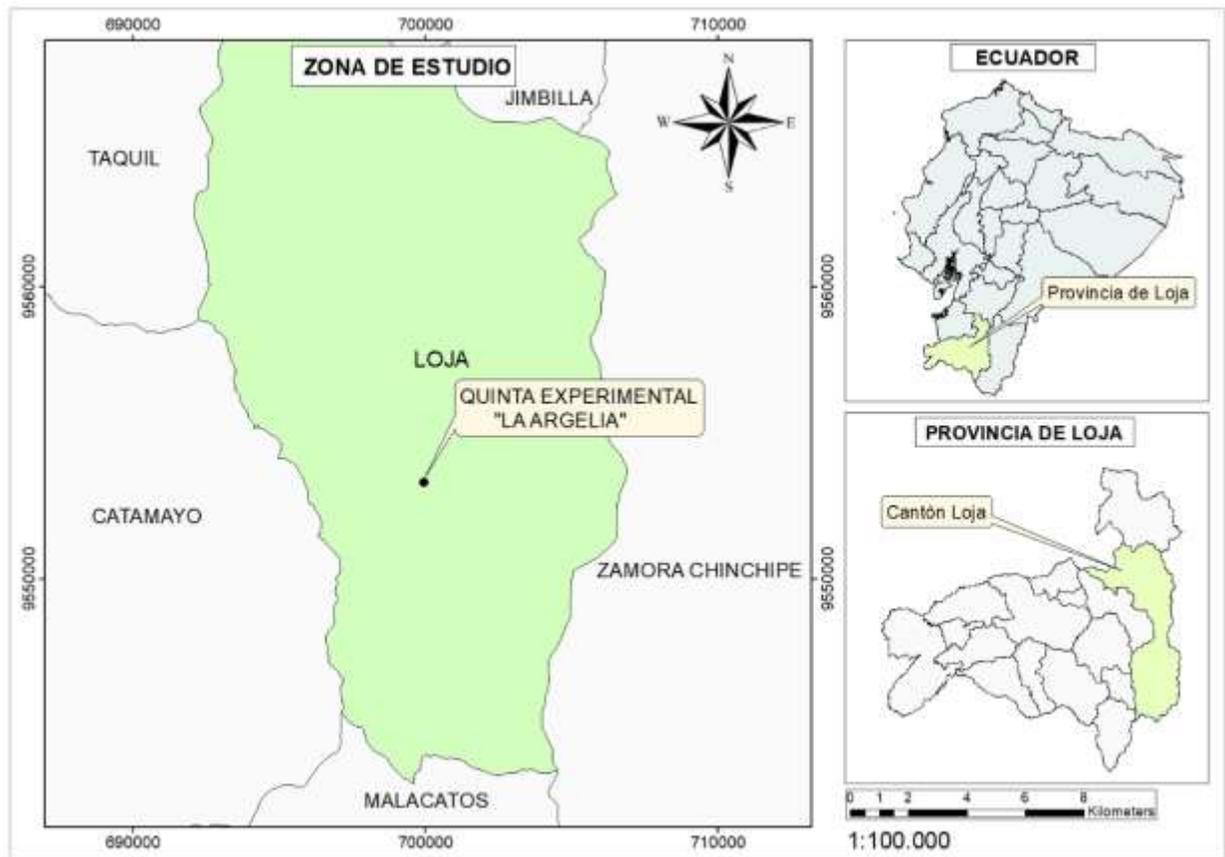


Figura 3. Mapa de ubicación del experimento

5.2. Manejo experimental

5.2.1. Inicio y final del experimento

El ensayo del experimento se llevó a cabo en un periodo de siete meses, iniciando el mes de noviembre del año 2020 con la fase de campo y culminando en junio del año del 2021 con la fase de laboratorio.

5.2.2. Fase de campo

La etapa de campo se realizó a partir de un previo análisis de suelo. En principio se labró el terreno para posteriormente trazar el área a utilizar (153 m²), donde se levantó 6 camas de 0,70 m de ancho por 8 m de largo, a las cuales se añadió dos sacos de cascarilla de arroz y dos sacos de humus de lombriz, para mejorar las propiedades físico-químicas del suelo (Fig. 5). Seguido se instaló un sistema de riego por goteo localizado en doble cinta y se usó cobertor sintético sobre cada cama, para conservar la humedad y evitar el crecimiento de arvenses.

Las plántulas de arándano se sembraron a 1 m x 2 m de distancia (Fig. 6), se dejó un periodo de 3 meses para su adaptación. El tratamiento de poda de formación y la fertilización nitrogenada se aplicaron la primera de manera mensual y la segunda dos veces por semana, durante el periodo de marzo a junio del 2021, donde se realizó la evaluación y el registro de datos del crecimiento vegetativo. Además, se hizo un control constante de arvenses durante los días de evaluación.

5.2.3. Material vegetal

Se utilizaron plantas de arándano en estado de desarrollo inicial, provenientes de la empresa Biovegetal de la marca Ecuarándano, de la especie *Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi, propagadas en condiciones *in vitro*, y posteriormente climatizadas.

5.2.4. Fase de laboratorio

La fase de laboratorio para el análisis de pH del suelo, conductividad eléctrica (CE) y el contenido de nitrógeno en las hojas, se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja.

5.3. Diseño experimental

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental en parcelas divididas, los tratamientos se establecieron en función de 2 factores, con un total de 4 tratamiento y 6 repeticiones (Fig. 4). El marco de plantación fue de 1 m sobre la hilera x 2 m entre la hilera.

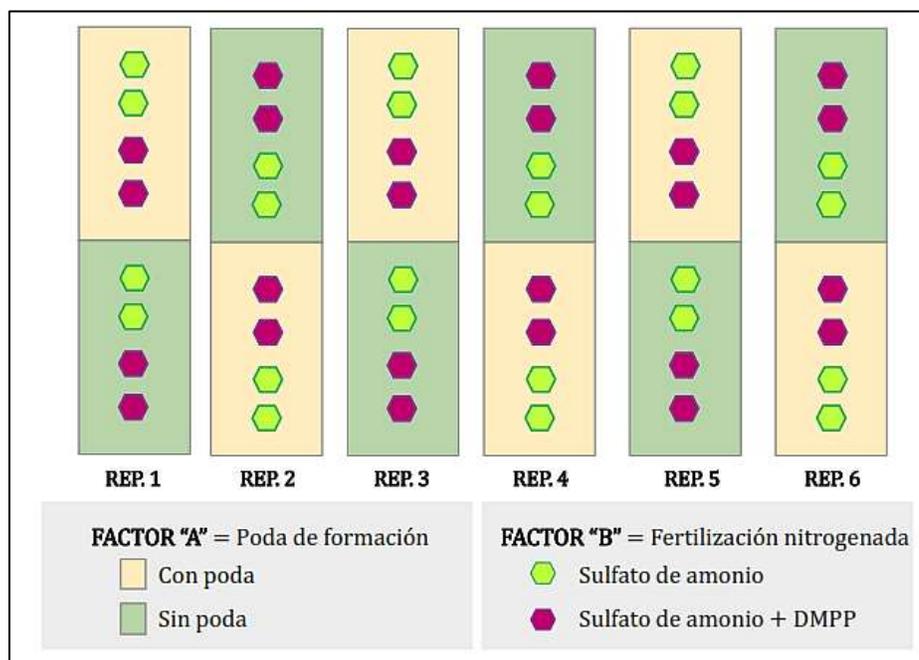


Figura 4. Esquema del diseño experimental y tratamientos aplicados en campo.

5.4. Especificaciones del diseño experimental

- Unidad experimental = 2 plantas de arándano
- Número de tratamientos = 4
- Número de repeticiones = 6
- Número total de plantas = 48

Los tratamientos aplicados consistieron de dos factores agrotécnicos: poda y fertilización nitrogenada, los cuales, se aplicaron en dos niveles.

Descripción de los tratamientos empleados durante el desarrollo del ensayo en arándano cv. Biloxi.

Tratamiento	Factores	
	Poda	Fertilización
T1: CP+SA	4 brazos	Sulfato de amonio
T2: SP+SA	Sin poda	Sulfato de amonio
T3: CP+SA+IN	4 brazos	Sulfato de amonio + inhibidor de nitrificación (DMPP)

T4: SP+SA+IN	Sin poda	Sulfato de amonio + inhibidor de nitrificación (DMPP)
---------------------	----------	---

- ***T**: Tratamiento
- ***CP**: Con poda
- ***SP**: Sin poda
- ***SA**: Sulfato de Amonio
- ***IN**: inhibidor de nitrificación

5.4.1. Modelo matemático

El modelo matemático empleado para este ensayo fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y = Variable Respuesta

μ = Media global de la variable respuesta.

α = Efecto del factor parcela

δ = Error de la parcela

β = Efecto de la subparcela

$(\alpha\beta)$ = Efecto de la interacción entre parcela y subparcela

ϵ = Error de la subparcela

5.5. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se determinaron en base a dos factores: poda de formación y fertilización nitrogenada en plantas de arándano cv. Biloxi.



Figura 5. Levantamiento de camas de siembra para arándano.

Fecha: 03 noviembre de 2020



Figura 6. Siembra de arándano en la quinta experimental “La Argelia”. **Fecha:** 15 diciembre

5.5.1. Poda de formación

En cuanto al factor poda se consideraron dos niveles:

- **CP:** Poda de formación dejando cuatro ramas de mayor vigor y eliminando los brotes laterales.
- **SP:** Plantas sin aplicación de poda, en la cuales no se eliminó ramas ni brotes laterales.

5.5.2. Fuentes de fertilización nitrogenada

En este factor de fertilización se aplicaron dos fuentes diferentes de nitrógeno:

- **SA:** Sulfato de amonio
- **SA+IN:** Sulfato de amonio con inhibidor de nitrificación o DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato)

Las dosis (Tabla 2) para cada tratamiento, se determinaron a partir del requerimiento del cultivo de arándano con respecto al estado fenológico de la planta, y en función al aporte (%) de nitrógeno (N) de las fuentes minerales seleccionadas.

Tabla 2. Producto y dosis de fuentes nitrogenadas aplicados en el cultivo de arándano cv. Biloxi.

Fuente Nitrogenada	Plantas	Nº aplicaciones semana⁻¹	Dosis (g aplicación⁻¹)
Sulfato de amonio + DMPP	24	2	2.33
Sulfato de amonio + Muriato de potasio	24	2	1.7 0.83

* La fertilización se fraccionó en 24 aplicaciones durante 12 semanas.

*El muriato de potasio se aplicó para equilibrar las fuentes de fertilización utilizadas.

5.6. Metodología para el primer objetivo

Determinar como la nutrición nitrogenada, interviene en el desarrollo vegetativo del cultivo de arándano en el sector “La Argelia” de la ciudad de Loja.

Para el presente objetivo se evaluó las siguientes variables:

Contenido de nitrógeno de las hojas: El contenido de nitrógeno de las muestras de las hojas de arándano, se usó el método Kjeldahl (Jiang *et al.*, 2014), en el Laboratorio de Bromatología de la UNL, al finalizar el ensayo de campo. Para ello, se recolectó de forma manual 10 gr de hojas al azar por tratamiento de fertilizante con tres repeticiones cada una, de los brotes seleccionados por unidad experimental, las cuales se secaron por 24 h en estufa, para posteriormente destilar y titular las muestras.

pH del suelo: se tomaron 500 g de suelo, a una profundidad de 5-10 cm de cada tratamiento quincenalmente. En lo posterior, se realizará el análisis de suelo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Loja, con la ayuda del potenciómetro se procedió a medir el pH en la mezcla de suelo con agua destilada, para registrar los datos que se vayan dando en la investigación.

Conductividad eléctrica (CE) del suelo: se tomará 500 g de suelo, a una profundidad de 5-10 cm de cada tratamiento quincenalmente. El análisis del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UNL, con un potenciómetro y se expresó en deciSiemens por metro suelo (dS/m).

5.7. Metodología para el segundo objetivo

Identificar como la intensidad de poda influye en el desarrollo vegetativo del arándano, en las condiciones del sector “La Argelia” de la ciudad de Loja.

Para el cumplimiento del presente objetivo se evaluaron las siguientes variables, en un intervalo de 15 días:

Altura de planta: se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta con la ayuda de un flexómetro.

Longitud del brote: Se seleccionaron dos brotes por unidad experimental, se los midió desde la base del brote hasta el ápice del mismo con un flexómetro.

Diámetro del brote (Db): se procedió a medir la base del brote a 3 cm desde la superficie del suelo, para ello se midió con un calibrador digital en cm.

Diámetro de la copa (D): se midió con un flexómetro, el diámetro 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 (Maticorena, 2017):

$$D = (d1 + d2)/2$$

Donde: $d1$ = Distancia norte a sur; $d2$ = Distancia este a oeste; 2 = Constante. Esta variable se midió en cm, en un intervalo de 15 días.

Cobertura de la planta: se midió la copa de la planta con la fórmula del área de un círculo, donde a partir del cálculo anterior del diámetro de la copa (Mesa, 2015), se promedió este dato en la fórmula: $A = \pi r^2$.

Número y longitud de metámeros: se midió la longitud del brote y contabilizó el número de hojas que contiene el brote, para calcular la longitud del metámero en el brote. Esta medición se realizó al finalizar el ensayo.

Área foliar (AF): se seleccionará 20 hojas al azar, a las cuales se midió el largo de la hoja y el ancho de la lámina foliar con la ayuda de un flexómetro, las mismas fueron fotografiadas una a una para ser insertadas en el software *Photoshop* donde se midió el área de cada hoja; estos datos fueron

transportados a *Excel* donde se obtuvo una regresión polinómica para estimar el área foliar la cual se ajustó al ancho de las hojas. Esta variable se midió al finalizar el ensayo.

Índice de área foliar (IAF): se aplicó la fórmula para estimar el IAF.

$$IAF = \frac{AF}{AS}$$

Donde; AF: área foliar por planta y AS: área sembrada. Expresión numérica adimensional, en m². Se efectuó al finalizar el ensayo.

Tasa de crecimiento absoluta del brote (TCA): se evaluó el incremento de la longitud del órgano por unidad de tiempo (García *et al.*, 2006), con la fórmula:

$$TCA = \Delta L \Delta T^{-1} = (L2-L1) / (T2-T1)$$

Donde: ΔL = longitud final – longitud inicial; y ΔT = tiempo final – tiempo inicial. El resultado se expresó en cm día⁻¹.

Tasa de crecimiento relativa del brote (TCR): es el incremento de la longitud del órgano por unidad del tamaño y por unidad de tiempo (García *et al.*, 2006), con la siguiente fórmula:

$$TCR = (1/Li) * \Delta L \Delta T^{-1}$$

Donde; L_i = longitud inicial; ΔL = longitud final – longitud inicial; y ΔT = tiempo final – tiempo inicial. El resultado se expresó en mm.cm⁻¹ día⁻¹.

3.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada evaluación fueron registrados en el programa Microsoft Excel, mientras que, el análisis de datos se realizó en el Software estadístico InfoStat en versión libre 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

El efecto de los tratamientos se evaluó mediante un análisis de varianza simple (ANOVA), modelos generales y mixtos, para determinar si existe o no diferencia entre los tratamientos. En caso de encontrarse diferencias se aplicó pruebas de comparación múltiple LSD Fisher al 95% de confianza. Además, se usó un análisis de regresión simple para determinar la ecuación ajustada para el área foliar. Finalmente se realizaron pruebas de Pearson al 95% para determinar la correlación entre las variables cuantitativas.

6. RESULTADOS

6.1. Variables morfológicas

6.1.1. Altura de la planta

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) entre tratamientos, con respecto a la variable altura de la planta.

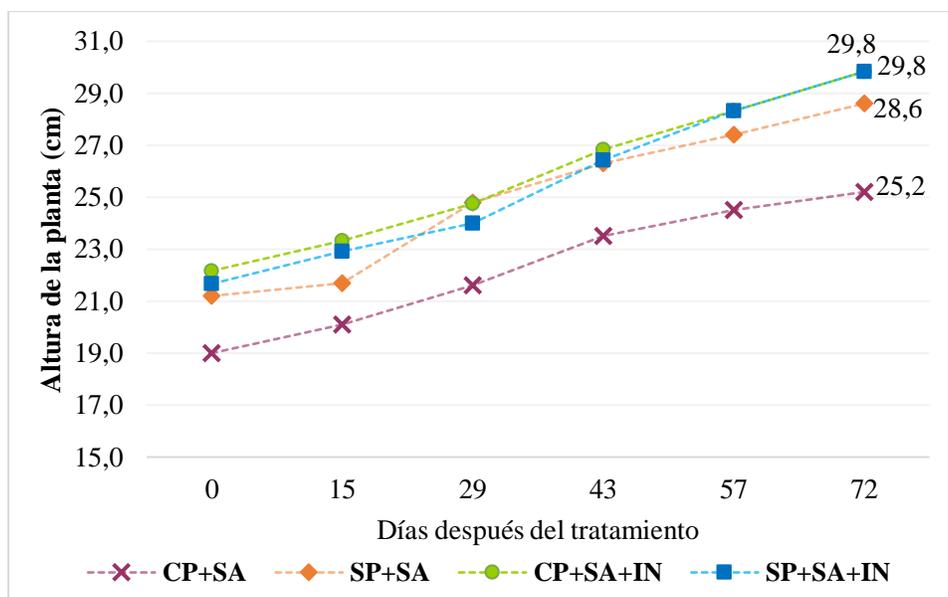


Figura 7. Altura de las plantas en el cultivo de arándano cv. Biloxi, sometidas a cuatro tratamientos. **T1:** CP+SA= sulfato de amonio con poda; **T2:** SP+SA= sulfato de amonio sin poda; **T3:** CP+SA+IN= sulfato de amonio + DMPP con poda; **T4:** SP+SA+IN=sulfato de amonio + DMPP sin poda.

En cuanto respecta al incremento de altura de la planta, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p>0,05$) tal como lo muestra la Figura 8, sin embargo a los 72 días después de la aplicación de los tratamientos el mejor desempeño en incremento se evidenció en el tratamiento sin poda con sulfato de amonio + DMPP (SP+SA+IN).

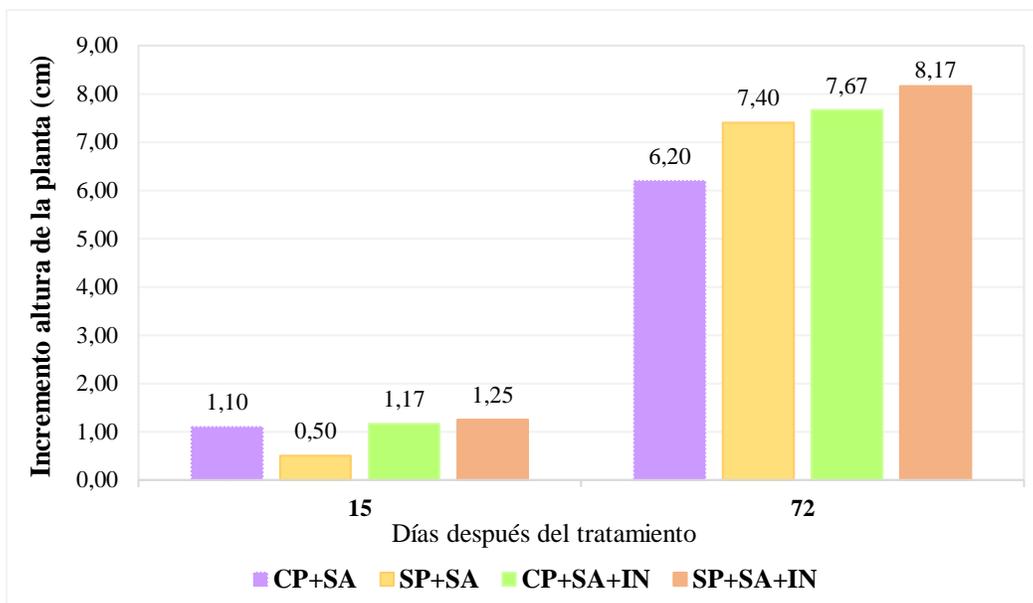


Figura 8. Incremento de la altura en las plantas de arándanos cv. Biloxi, sometidas a cuatro tratamientos.

6.1.2. Longitud del brote

No se evidenció diferencias significativas en la interacción poda y fertilización ($p > 0,05$), así mismo no hubo un efecto por parte del factor poda, sin embargo, se evidenció un efecto independiente de la fertilización.

La Figura 9, muestra que a partir del día 15 hasta el día 57 después de aplicar la fertilización, no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos; no obstante, la longitud del brote a los 72 días de evaluación mostró diferencias significativas ($p < 0,05$; p -valor: 0,0451), donde las plantas sometidas al fertilizante sulfato de amonio + DMPP (SA+IN) obtuvieron un mayor crecimiento del brote con un valor promedio de 33,50 cm, mientras que, las plantas fertilizadas con sulfato de amonio (SA) obtuvieron el promedio más bajo con una media de 28,06 cm.

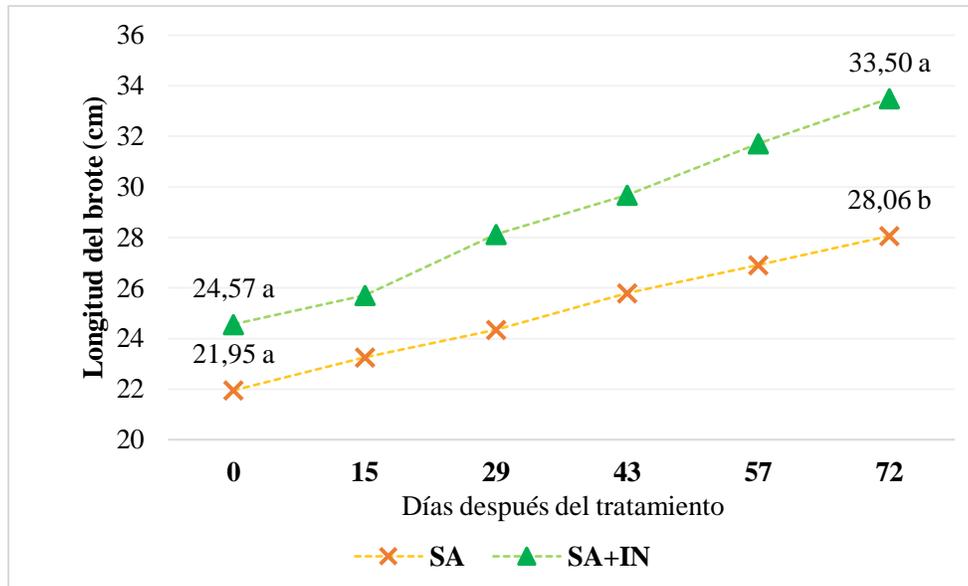


Figura 9. Longitud del brote en plantas de arándano cv. Biloxi., en relación al factor de fertilización. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$). *SA= sulfato de amonio; *IN= inhibidor de nitrificación (DMPP).

En la Figura 10, se muestra que el incremento de la longitud del brote presentó diferencias significativas ($p < 0,05$). Aunque a partir del día 15 al 57 no se mostraron diferencias significativas, a partir del día 72 las plantas con sulfato de amonio + DMPP obtuvieron un incremento promedio de 8,93 cm a diferencia de las plantas con sulfato de amonio, que obtuvieron un menor incremento con promedio de 6,11 cm.

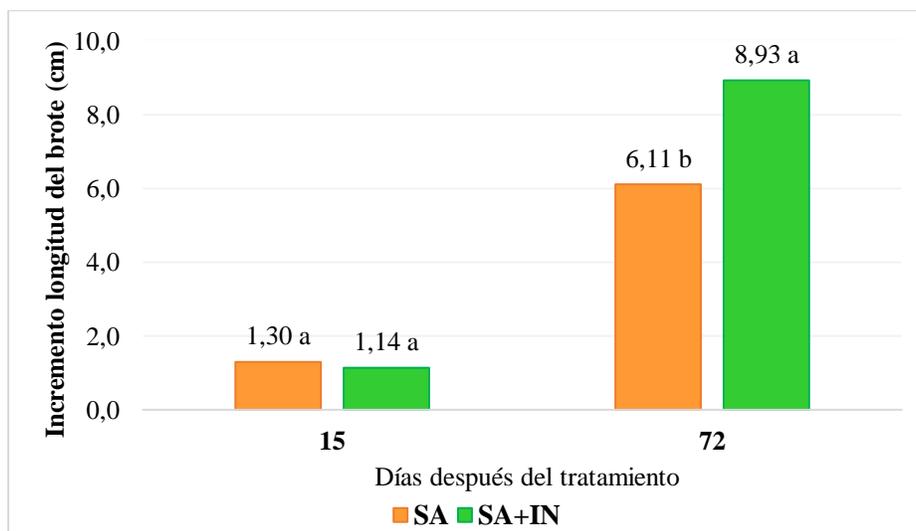


Figura 10. Incremento de la longitud del brote a los 15 y 72 días después de iniciado el ensayo, en relación al factor de fertilización del cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$). *SA= sulfato de amonio; *IN= inhibidor de nitrificación (DMPP).

En la Figura 11, se muestra la Tasa de crecimiento absoluta (TCA) de la longitud del brote donde no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). Los tratamientos tuvieron un efecto similar en cuanto a esta variable, mostrando valores entre 0,027 y 0,147 a los primeros 15 días de evaluación, mientras que a los 72 días se obtuvieron valores entre 0,060 y 0,130.

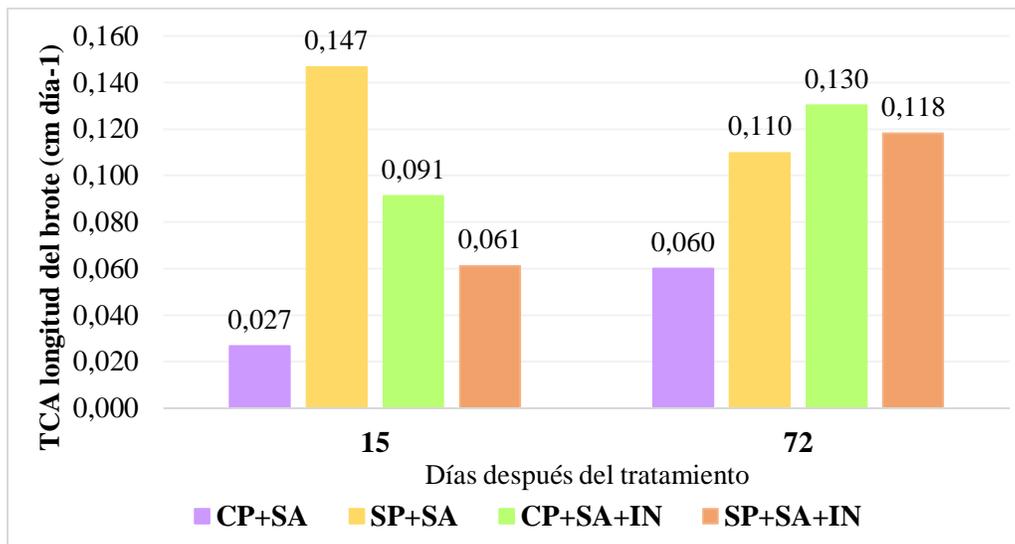


Figura 11. Tasas de crecimiento absoluta del brote en plantas de arándano cv. Biloxi.

En la Figura 12, se observan los valores medios de la TCR evaluadas a los 15 y 72 días de iniciado el ensayo, en donde no se evidenció diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

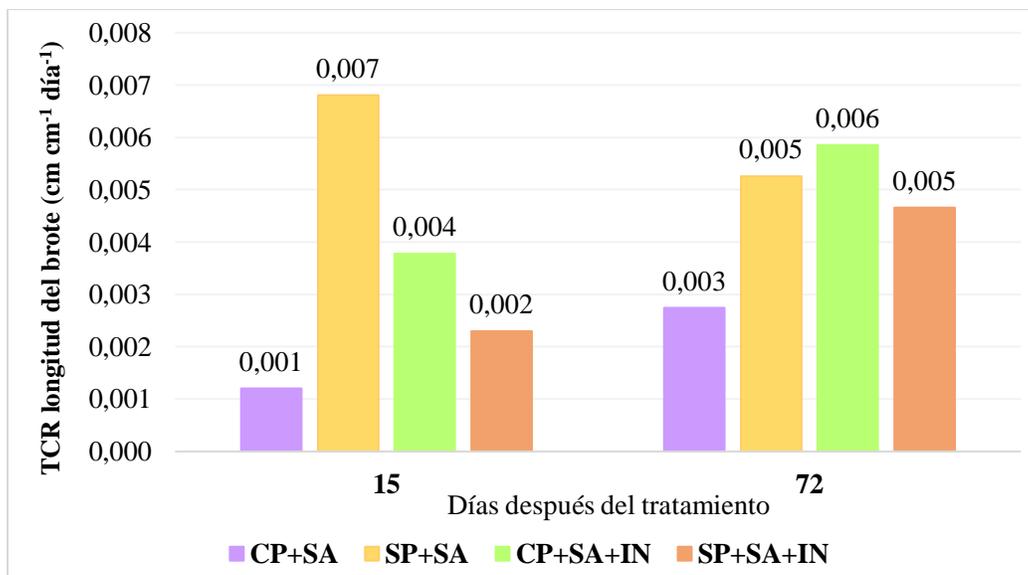


Figura 12. Tasas de crecimiento relativa del brote en plantas de arándano cv. Biloxi.

6.1.3. Diámetro del brote

La Figura 13, muestra el diámetro del brote a los 15 y 72 días después de la selección del brote, donde no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos. A los 15 días se muestran valores promedios entre 0,27 a 0,29 cm y a los 72 días entre 0,38 y 0,43 cm de diámetro del brote.

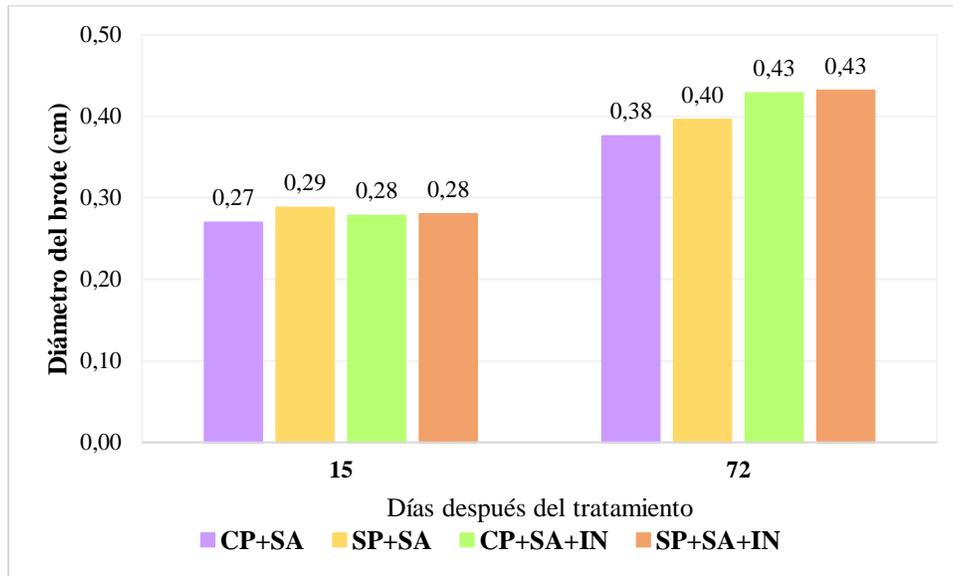


Figura 13. Diámetro del brote a los 15 y 72 días después de iniciado el ensayo en cultivo de arándano cv. Biloxi.

6.1.4. Diámetro de la Copa

La Figura 14, muestra que el diámetro de copa, no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre tratamientos. Su diámetro tuvo un crecimiento lineal a lo largo de la evaluación obteniendo promedios entre 19,65 y 31,08 cm, evidenciando que no hubo incidencia de los tratamientos aplicados sobre esta variable.

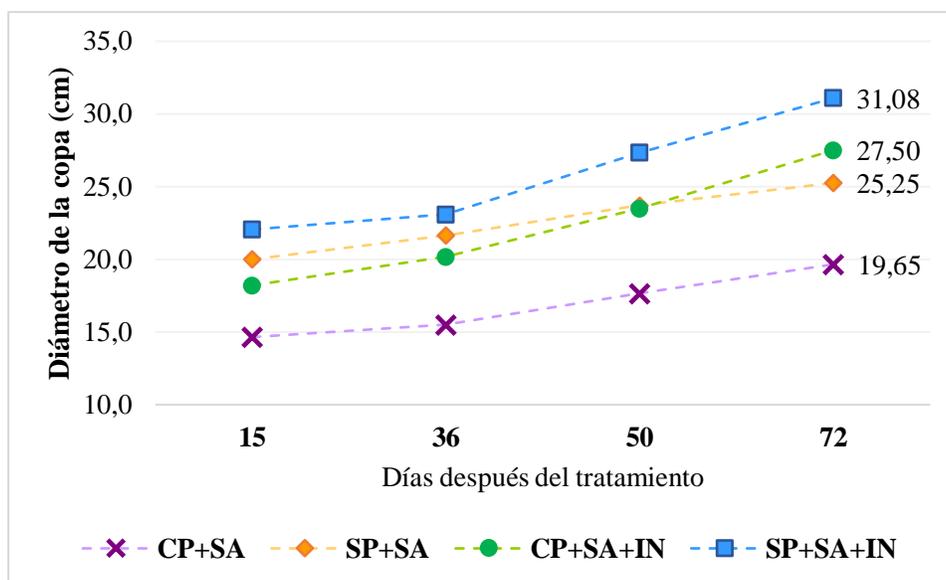


Figura 14. Diámetro de la copa en plantas de arándano cv. Biloxi., sometidas a cuatro tratamientos.

6.1.5. Cobertura de la planta

La Figura 15, muestra que la cobertura de las plantas a los 50 y 72 días después de la aplicación de los tratamientos, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05 = 0,0172$) con respecto al factor fertilización. Los tratamientos fertilizados con sulfato de amonio + DMPP (SA+IN) a los 72 días alcanzaron una cobertura promedio de $710,9 \text{ cm}^2$ siendo un valor mayor al promedio de los tratamientos fertilizados con sulfato de amonio con $408,1 \text{ cm}^2$ de cobertura de la planta.

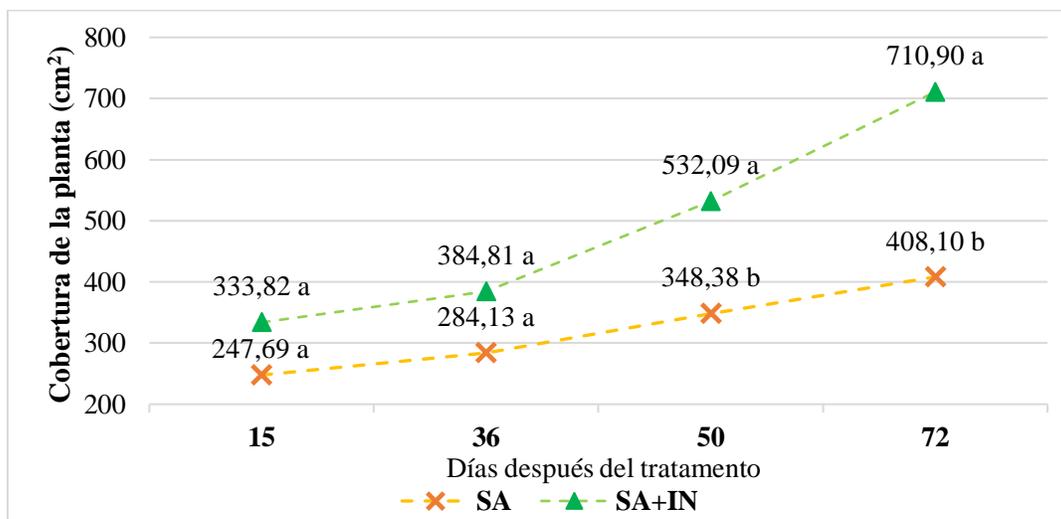


Figura 15. Cobertura de la planta en arándano cv. Biloxi., en relación al factor de fertilización. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$). *SA= sulfato de amonio; *IN= inhibidor de nitrificación (DMPP).

6.1.6. Longitud y número de metámeros

La Tabla 3, muestra que a los 72 días después de la selección de los brotes de arándano, el número y longitud de metámeros no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$), lo cual supone una incidencia nula del factor poda y el factor fertilización sobre estas variables de crecimiento.

Tabla 3. Número y longitud de metámeros a los 72 días después de iniciado el ensayo.

Tratamiento	Poda	Fertilización	Nro. de metámeros	Longitud de metámeros
T1: CP+SA	Con poda	Sulfato de amonio	11,40	2,42
T2:SP+SA	Sin poda	Sulfato de amonio	13,80	2,13
T3:CP+SA+IN	Con poda	Sulfato de amonio + DMPP	15,00	2,45
T4:SP+SA+IN	Sin poda	Sulfato de amonio + DMPP	14,83	2,33

***CP:** Con poda

***SP:** Sin poda

***SA:** Sulfato de amonio

***IN:** inhibidor de nitrificación (DMPP)

6.1.7. Área foliar

Para determinar el área foliar de la planta y de los brotes se aplicó una medida alométrica, basada en un análisis de regresión con los datos de largo, ancho y área foliar de la hoja, se probaron diferentes modelos de regresión, siendo el mejor ajuste el modelo polinómico con respecto al ancho de la hoja, obteniendo un valor de R^2 de 0,9891 con un n de 20. La Figura 16, muestra la ecuación y la curva de regresión que presenta el área foliar en arándano.

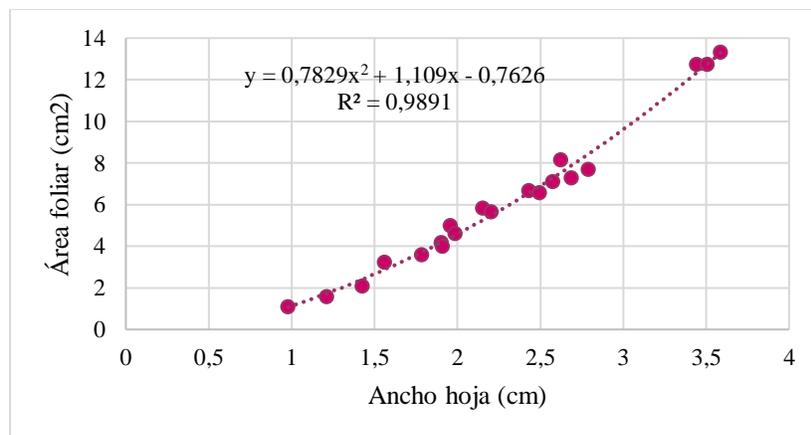


Figura 16. Gráfico de puntos de modelo polinómico para el análisis del área foliar en plantas de arándano cv. Biloxi.

En la Tabla 4, se muestran los promedios de área foliar del brote, área foliar de la planta y el índice del área foliar, estas variables fueron evaluadas a los 72 días después de haber iniciado el ensayo. Donde, el área foliar evidenció diferencias estadísticas significativas (p -valor = 0,0103) a los 72 días después de la aplicación con respecto al factor fertilización, no así con respecto al factor poda. Las plantas manejadas con sulfato de amonio + DMPP mostraron un promedio de área foliar total de 554,48 cm², siendo este mayor comparado a las plantas sometidas a sulfato de amonio (NH₄⁺), donde el valor medio que se obtuvo este caso fue de 254, 46 cm² de área foliar total.

Tabla 4. Área foliar de los brotes, área foliar de la planta e índice del área foliar (IAF), a los 72 días después de iniciado el ensayo, sometidos a cuatro tratamientos.

Tratamiento	Factor		Área foliar brote (cm ²)	Área foliar total (cm ²)	IAF
	Poda	Fertilización			
T1:SA+CP	Con poda	Sulfato de amonio	30,82	137,37	0,46
T2:SA+SP	Sin poda	Sulfato de amonio	37,27	371,55	0,93
T3:SA+CP+IN	Con poda	Sulfato de amonio + DMPP	60,38	552,23	1,49
T4:SA+SP+IN	Sin poda	Sulfato de amonio + DMPP	64,15	556,72	1,11

El área foliar de los brotes (Tabla 4), no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, en lo que respecta a factores, en la Figura 17, se hallaron diferencias significativas (p -valor = 0,0008) con respecto al factor fertilización, donde las plantas sometidas a sulfato de amonio más inhibidor de nitrificación (DMPP) obtuvieron un promedio de 62,26 cm² de área foliar mientras que las fertilizadas con sulfato de amonio obtuvieron un promedio menor de 34,05 cm².

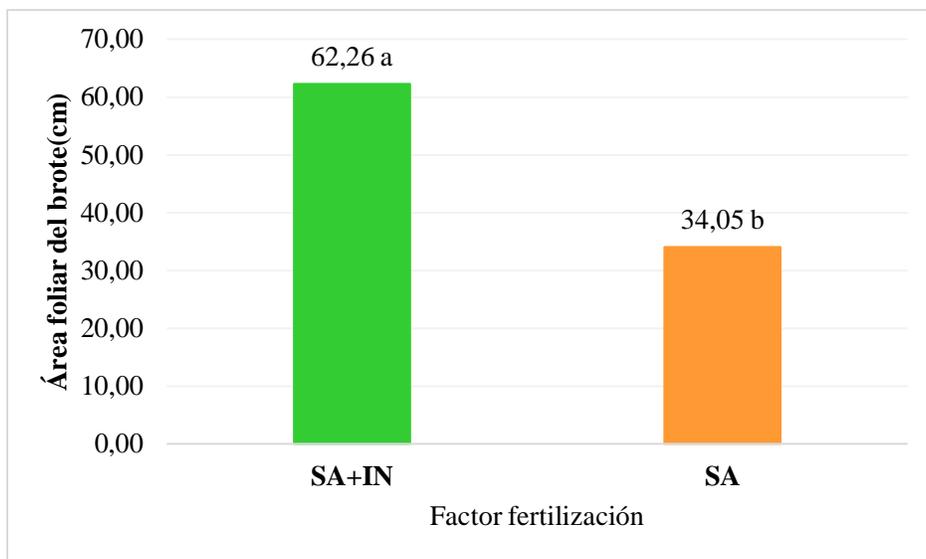


Figura 17. Área foliar de los brotes a los 72 días después de iniciado el ensayo en cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$). (SA= sulfato de amonio; SA+IN= sulfato de amonio + DMPP).

6.2. Variables fisiológicas

6.2.1. Contenido de nitrógeno foliar

De acuerdo al análisis de contenido de nitrógeno en las hojas de arándano, no se obtuvo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, por tanto, la incidencia del factor de fertilización sobre el contenido de N foliar se mostró similar en todos los tratamientos, registrando entre 2,62 y 3,09 % de N en las hojas en base al peso seco.

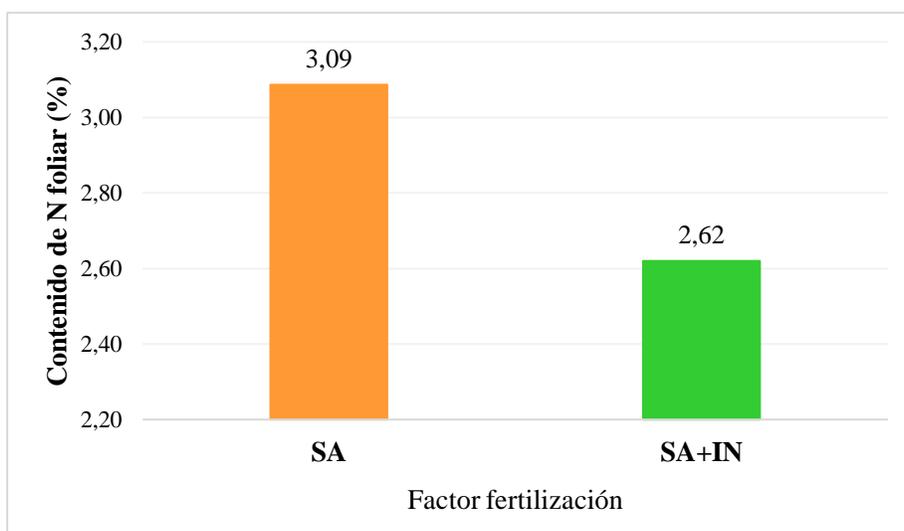


Figura 18. Valores del contenido de N (%) en relación al factor fertilización en el cultivo de arándano cv. Biloxi. SA= sulfato de amonio; IN= inhibidor de nitrificación DMPP.

6.2.2. Análisis de pH y conductividad eléctrica del suelo

La Figura 19 muestra las curvas de pH evaluadas a lo largo del experimento. Donde a los 15 el pH radicaba en un rango de 6,26 y 6,46. Mientras que a los 50 días el pH se redujo considerablemente.

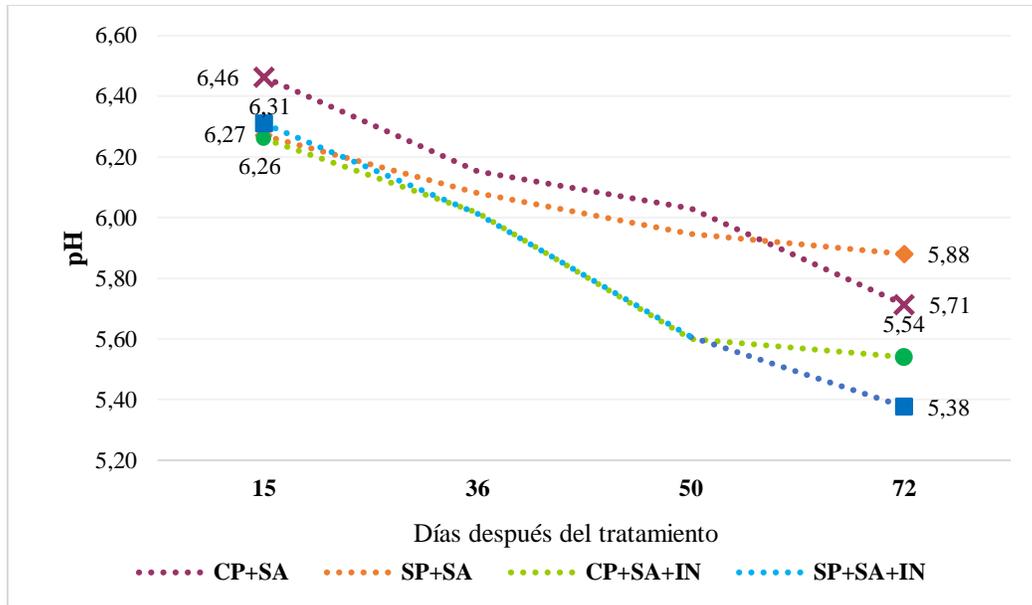


Figura 19. Valores de pH de suelo sometido a cuatro tratamientos en el cultivo de arándano cv. Biloxi.

Sin embargo, a los 72 días después de haber iniciado el ensayo fue evidente la disminución del pH en el suelo, donde se encontró diferencias significativas ($p < 0,05 = 0,0001$) en relación a la fertilización nitrogenada (Fig. 20), siendo más ácido el suelo de las plantas sometidas al sulfato de amonio + DMPP con una media igual a 5,46; las plantas fertilizadas con sulfato de amonio registraron un pH de 5,80.

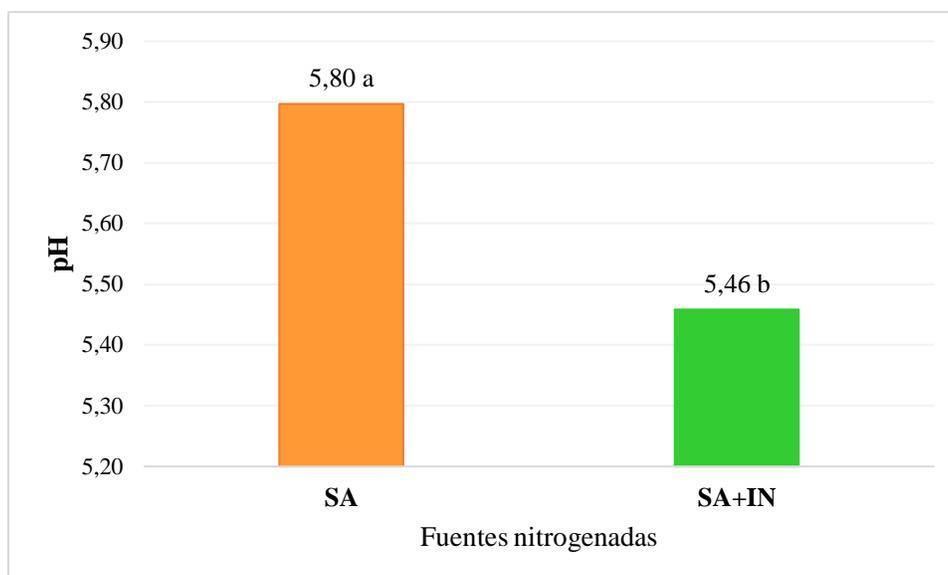


Figura 20. pH del suelo en relación al factor fertilización en el cultivo de arándano cv. Biloxi., al finalizar el ensayo. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$). SA= sulfato de amonio; IN= inhibidor de nitrificación DMPP

6.2.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo no presentó diferencias estadísticas significativas para la interacción entre el factor poda y el factor fertilización; sin embargo, el factor fertilización actuó de manera independiente. La tabla 6 muestra que a los 36 y 50 días de evaluación se evidenció diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) no obstante, a los 72 días de evaluación no se obtuvo diferencia estadística significativa ($p > 0,05$) entre las diferentes fuentes de fertilización nitrogenada (Tabla 5).

Tabla 5. Conductividad eléctrica del suelo en relación al factor fertilización aplicado en el cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ($p < 0,05$).

Factor	15 (dS m ⁻¹)	36 (dS m ⁻¹)	50 (dS m ⁻¹)	72 (dS/m ⁻¹)
Sulfato de amonio + DMPP	0,22 a	0,72 a	3,24 a	6,25 a
Sulfato de amonio	0,19 a	0,56 b	2,31 b	6,47 a

6.3. Correlaciones entre variables

En la Tabla 6, se muestran las correlaciones existentes entre las variables: altura, longitud del brote, cobertura de la planta, diámetro de la copa, número de metámeros, tasa de crecimiento absoluta y tasa de crecimiento relativa e índice del área foliar.

Tabla 6. Correlaciones entre variables morfológicas de las plantas de arándano cv. Biloxi.

Variable (1)	Variable (2)	Pearson	P valor	Significancia
Altura	Cobertura de la planta	0,65	0,0009	**
Altura	TCA	0,68	0,0005	**
Cobertura de la planta	Nº metámeros	0,64	0,0013	**
Cobertura de la planta	IAF	0,73	0,0001	**
Diámetro de la copa	IAF	0,75	0,0001	**
Longitud del brote	Cobertura de la planta	0,66	0,009	**
Nº de metámeros	Long. Metámeros	-0,64	0,0015	**
TCA	Cobertura de la planta	0,64	0,0014	**
TCA	Nº metámeros	0,69	0,0004	**
TCR	Nº de metámeros	0,64	0,0014	**

*efecto significativo $p < 0,05$;

** efecto muy significativo $p < 0,01$;

*** efecto altamente significativo $p < 0,001$.

El análisis de correlación se realizó con el coeficiente de Pearson $> 0,6$ y un nivel de significancia ($p < 0,05$). Las variables que presentaron una correlación muy significativa son: altura con la cobertura de la planta ($r = 0,65$; $p < 0,01$), altura con tasa de crecimiento absoluta ($r = 0,68$; $p < 0,01$), cobertura de la planta con número de metámeros ($r = 0,64$; $p < 0,01$), diámetro de la copa con índice del área foliar ($r = 0,75$; $p < 0,01$), longitud del brote con la cobertura de la planta ($r = 0,66$; $p < 0,009$) y número de metámeros con longitud de los metámeros ($r = -0,64$; $p < 0,01$).

7. DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó el efecto de diferentes intensidades de poda y fuentes de nutrición nitrogenada en el desarrollo vegetativo del arándano cv. Biloxi. Para la variable morfológica altura de planta no mostró diferencias estadísticas significativas, en ninguno de los tratamientos. El incremento varió entre 6.20 a 8.17 cm, donde el valor medio de la TCA fue 0,10 cm día⁻¹, este es considerado como un efecto normal puesto que, al aplicar la poda más el aporte de N, inicia la generación en la estructura vegetativa del frutal, el crecimiento de brotes, hojas y acumulación de biomasa. Fang *et al.*, (2017) obtuvieron un fenómeno parecido al aportar el N en arándano cv. Emerald, la tasa de crecimiento en este caso fue de 0,32 cm día⁻¹, en este caso no se aplicó podas al cultivo; por lo cual se deduce que el nitrógeno (N), es el factor que estimula el crecimiento vegetativo en las plantas, ya que a nivel fisiológico es uno de los constituyentes en la molécula de clorofila y a su vez, del proceso de formación activa de fotosintatos en la planta (Hernández, 2014).

Algo similar pasó con el diámetro del brote, donde no presentó diferencias estadísticas significativa, sin embargo, se obtuvo un promedio de 0.41 cm, el mismo que se ajusta al que reportó Lima (2019) de 0.4 cm en condiciones de Loja; no obstante, estos difieren al valor reportado por Mesa (2015) en plantas Biloxi de un año con 0.33 cm de diámetro del brote. Este resultado es positivo en términos productivos ya que un mayor diámetro podría conceder al brote una mayor capacidad productiva y una mejor calidad de fruta (Retamales & Hancock, 2012). A pesar que la poda no expresa significancias en esta variable, Bañados (2005) afirma que las podas, conjuntamente aplicadas con la fertilización nitrogenada en arándanos, favorecen la vigorosidad a las plantas.

De acuerdo al análisis aplicado, la fertilización nitrogenada actuó como factor independiente ($p < 0,045$); los tratamientos sometidos a una fuente nitrogenada con inhibidor de nitrificación (SA+IN) en comparación al sulfato de amonio (SA) obtuvieron la mayor longitud del brote con promedio de 33.5 cm versus 28.6 cm, e incrementos de 8.93 cm y 6.11 cm, respectivamente; así mismo el AFB, reveló que los tratamientos con SA+IN obtuvieron la mayor media con 62.26 cm² mientras que el menor valor se registró en tratamientos manejados con SA de 34.05 cm²; estos resultados son menores a los alcanzados por Mesa (2015), puesto que obtuvo un área foliar de brote igual a 120 cm².

De lo antes expuesto, las fuentes nitrogenadas participan como elemento determinante en el crecimiento (Hanson, 2006), esto podría deberse a la preferencia de las raíces del arándano por N NH_4^+ frente al NO_3^- , dado que la asimilación del NO_3^- tiene un mayor coste energético en comparación al NH_4^+ en razón de su forma reducida (Osorio & Covarrubias, 2019), siendo esta última la principal forma de N disponible en suelos ácidos en donde se desarrollan adecuadamente el arándano. Los resultados muestran al factor fertilizante como actor independiente con respecto a la longitud del brote y AF del mismo, indicando que los valores más altos corresponden al fertilizante con inhibidor de nitrificación, esto quizá se deba a la amplia biodisponibilidad de N en forma de NH_4^+ que ofrece el fertilizante, debido a la molécula DMPP (3,4-dimetilpirozolfato) que, además, inhibe la nitrificación del amonio (Fruniss, 2005; Osorio y Covarrubias, 2019; Martínez s.f.).

Las variables derivadas del crecimiento como la TCA y la TCR, permiten medir y comparar el potencial de crecimiento intrínseco de las plantas (Turnbull *et al.*, 2008), relacionadas a los procesos fisiológicos responsables de convertir los recursos externos en biomasa y al mismo tiempo repartir la biomasa en sumideros utilizables (Price & Munns, 2011).

No obstante, de acuerdo a los resultados la TCA, no expresó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Sin embargo, el mayor valor de TCA se registró en el tratamiento (T3) de poda con cuatro brazos y de fuente nitrogenada más inhibidor de nitrificación con $0,13 \text{ cm. día}^{-1}$. Esto probablemente se deba al retraso de la oxidación del NH_4^+ a NO_3^- y a la retención de nitrógeno amoniacal (NH_4^+) en el suelo (Fruniss, 2005), que es de fácil aprovechamiento para la planta; misma, que al tener un menor número de cañas, y al centrar el poder vertedero en los brotes, acumula mayor biomasa, debido al nitrógeno que forma parte estructural de los aminoácidos, proteínas, enzimas y de los sistemas de energía de la planta, siendo esto favorable para la producción y calibre de la fruta (Bañados, 2005; Almanza *et al.*, 2015; Osorio y Covarrubias, 2019).

La TCR, al igual que la TCA, no se registró diferencias estadísticas significativas, los valores radicaron entre $0,003$ y $0,006 \text{ mm cm}^{-1}\text{día}^{-1}$, sin embargo, es importante indicar que la TCR puede disminuir con respecto al tamaño de la planta (Turnbull *et al.*, 2008). Además, Prommerening y Muszta (2015) mencionan que la TCR está estrechamente relacionada con la mortalidad de las

plantas, ya que, si se registran TCR bajas durante periodos de tiempo prologados, se lo puede considerar como un indicador de muerte inminente de las plantas.

Con respecto al dosel de la planta, una característica favorable para el productor, es que esté sea reducido y controlado a través de la poda, para así manipular más fácilmente la planta durante la cosecha, ya que de no ser podadas desarrollan un mayor diámetro de copa, poco adecuado de hasta 1.46 m, mientras que si son podadas o despuntadas al menos en un 40 % se puede mantener un dosel alrededor de 1.24 m (Gómez, 2010). Contrastando esto con los resultados, el diámetro de copa expresó un promedio menor de 25.87 cm, no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos, registrando una tendencia lineal de crecimiento durante el tiempo de evaluación; esto puede ser explicado por a la etapa temprana en que se encontraba el cultivo durante la fase de evaluación; sin embargo, es importante recalcar que como en otros casos el crecimiento lateral, fue mayor que el crecimiento vertical en la planta (Fang *et al.*, 2017).

La cobertura de la planta, al finalizar el ensayo expresó diferencias estadísticamente significativas en relación al factor de fertilización nitrogenada, donde tratamientos con el inhibidor de nitrificación (SA+IN) mostraron una cobertura de 719.90 cm², mientras los tratamientos manejados con sólo con sulfato de amonio (SA) lograron una de 408.10 cm², sin embargo, ambos valores son menores a los obtenidos por Mesa (2015) con 7 700 y 9 400 cm² en plantas Biloxi de uno y tres años. En este caso, la fertilización actúa reiteradamente como factor clave, Rodríguez (2014) afirma que el flujo de N al mantenerse disponible, favorece el crecimiento vegetativo, aumenta el contenido de clorofila y por tanto los fotoasimilados en la planta, expresados en el aumento irreversible de la masa (Lallana & Lallana, 2004), aportándole una mayor cobertura a la planta. Todo esto debido a que la absorción de N NH₄⁺ facilita la captación de minerales por las raíces favoreciendo la reducción de Fe⁺³, Zn⁺³ y Mn⁺⁴ a formas más solubles (Osorio & Covarrubias, 2019).

En cuanto al número de hojas, no se registró diferencias estadísticamente significativas, la dinámica de crecimiento fue similar durante la evaluación. Los resultados variaron entre 11.4 y 15 hojas por brote, aproximándose a los obtenidos por Lima (2019) que estuvieron entre 15.85 y 17.25, no obstante, difieren con los datos de Mesa (2015) quien registró valores mayores de 26.8 y 34.5 hojas por brote en plantas de un año. De la misma manera, la longitud de metámeros, al igual que el número de hojas no expuso diferencias estadísticas significativas la media es de 2.33 cm, la cual

no se ajusta al que logró Lima (2019) de 1.25 cm. Es importante recalcar que una mayor longitud de metámeros contribuye al almacenaje de carbohidratos móviles, los cuales que facilitan la translocación de fotoasimilados en la planta (Da Silva *et al.*, 2014).

Las hojas son responsables de la intercepción luminosa y del proceso fotosintético de las plantas, es por esto que el IAF está relacionado de manera muy estrecha con la radiación solar interceptada por la planta, y el proceso de fotosíntesis, estos mismos factores son los implicados en la acumulación de biomasa y la productividad de la planta (Lallana & Lallana, 2004; Mendoza *et al.*, 2017). En el presente estudio, el IAF mostró diferencias estadísticas con respecto al factor fertilización, no obstante, la poda también es partícipe en el IAF, así lo expuso Mendoza *et al.*, (2017), al aplicar tres intensidades de poda en chile (*Capsicum annuum* L.), donde el IAF fue afectado significativamente reflejando valores de 0.93, 1.2 y 2.75 con respecto a podas con dos, tres tallos y sin poda. Ello sugiere que a mayor número de tallos el IAF aumenta, el rendimiento y el número de frutos, sin embargo, en este caso la calidad del fruto en plantas sin manejo de poda se redujo en comparación a los frutos provenientes de tratamientos sometidos a podas.

Lima (2019), reportó para Loja un IAF igual a 1.33, valor que similar al obtenido en los tratamientos sometidos a sulfato de amonio más DMPP de 1.30, pero superior al valor de los tratamientos manejados con sulfato de amonio el cual fue de 0.69. Esto podría ser explicado, en base a un estudio realizado por Lima *et al.*, (2020) de la ecofisiología del arándano, donde la aplicación de N aumentó la tasa neta de fotosíntesis, produciendo una mayor estimulación en la síntesis de difosfatos de ribulosa (Rubisco), enzima principal en la asimilación de dióxido de carbono y conversión de ácidos orgánicos.

En lo que respecta al análisis del contenido de N foliar, los tratamientos no reflejaron diferencias estadísticas significativas, el contenido de nitrógeno que se obtuvo osciló entre 2,62 y 3,09 %, en lo que respecta a los tratamientos fertilizados con la fuente nitrogenada con inhibidor de nitrificación (NT) así como con el sulfato de amonio (SA) (Almanza *et al.*, 2015). De acuerdo a Rivadeneira (2012), la concentración de N en plantas menores a seis meses, presentan promedios entre 1,88 y 2,13 % de nitrógeno, mientras que Doyle *et al.*, (2021) sostienen que durante el periodo de crecimiento, las hojas deben tener una concentración de N entre 1.7 y 2.7 %, y Pinochet *et al.*, (2014), señalan que valores superiores a 2,2 % de N reflejan un exceso; es así que de acuerdo a los resultados obtenidos en los tratamientos fertilizados con SA, hubo un exceso de N en las hojas de

3.09 %, lo que afirma una toxicidad en las plantas debido a la cantidad de amonio disponible para su absorción, mismo efecto que repercutirá en el rendimiento del cultivo o peor aún provocará la senescencia de plantas (Pinochet *et al.*, 2014).

De acuerdo al análisis de suelo, el pH de todos los tratamientos tuvo un declive lineal a largo del periodo de evaluación, a partir de ello se deduce que el sulfato de amonio tiende como tal a acidificar el suelo, particularmente si es aplicado con o sin inhibidor de nitrificación (Hanson & Hancock, 2011). Los rangos registrados al finalizar el ensayo radicaron entre 5,38 - 5,88, estos son próximos a los requeridos por el cultivo arándano (Sinavimo, 2019) los cuales varían entre 4,5 a 5,5 como óptimos. La preferencia del cultivo por suelos con pH ácido radica en que el nitrógeno se encuentra en forma NH_4^+ , lo cual facilita su absorción debido al menor coste energético que esta demanda en razón de su forma reducida (Osorio & Covarrubias, 2019).

Finalmente, con lo que respecta a la conductividad eléctrica (CE), se conoce que está influenciada por la concentración y composición de sales disueltas en una solución, y a mayor CE, mayor es la salinidad presente en el suelo, siendo este fenómeno desfavorable para el desarrollo normal del arándano. Barbaro *et al.* (2012), recomiendan en forma general que la CE del sustrato sea baja en lo posible $<1 \text{ dS m}^{-1}$, lo cual evita restricciones para el cultivo en cuanto se refiere a la biodisponibilidad de macro y microelementos, así también lo indica Frías *et al.*, (2020), el cual a partir de un estudio en arándano azul cv. Biloxi, determinó que el cultivo es sensible a la salinidad y al existir una CE mayor a 1 dS m^{-1} altera en contenido normal de nutrientes a nivel foliar y lo cual repercute sobre la producción del cultivo.

Acorde a los resultados obtenidos entre los 15 y 36 días de iniciado el ensayo, la CE del suelo registraron valores menores a 1 dS m^{-1} ; mientras que, a partir de los 50 hasta los 72 días la CE incrementó con valores mayores a 6 dS m^{-1} . Esto pudo deberse al efecto combinado de sulfato de amonio con muriato de potasio (KCl), la combinación de estos produce un incremento del 92 % de la CE en el suelo (Redagrícola, 2017), producto de una acumulación de sales en la superficie del suelo, donde el agua de riego aplicada no fue suficiente para lavar este exceso. Barbaro *et al.* (2012), sostienen que la CE del sustrato incrementa debido a fertilizantes de liberación lenta (SA+IN) o a su vez, cuando la cantidad de fertilizante aplicado es superior a las absorbidas o lixiviadas.

8. CONCLUSIONES

La fertilización nitrogenada en arándano a base de sulfato de amonio más inhibidor de nitrificación (DMPP), favoreció el crecimiento vertical y lateral de las plantas como en longitud del brote, cobertura de planta y área foliar, se refiere; así también fisiológicamente aportó el óptimo contenido de N (2,62 %) en hojas, dando una mayor vigorosidad a las plantas.

La aplicación de fuentes nitrogenadas alteró notoriamente las propiedades químicas del suelo, el pH se redujo hasta un nivel de 5,38, consiguiendo de esta manera estar dentro de los rangos de acidez de suelo requerida por el cultivo, para un óptimo desarrollo; sin embargo, la CE, sobrepasa los rangos tolerables ($>6 \text{ dS m}^{-1}$), indicando problemas graves de salinidad en el suelo, siendo una amenaza para el desarrollo normal del arándano.

El manejo de podas en etapa temprana, permitió mejorar la estructura de la planta, facilitando el manejo agronómico, así como la evaluación de las variables morfológicas, todo esto debido a que el número de brotes por planta eran reducidos (4 brotes).

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda durante la etapa temprana del cultivo incorporar fuentes nitrogenadas más inhibidores de nitrificación, debido a que de esta manera se mantiene biodisponible al N para aprovechamiento del cultivo, por un tiempo más prolongado.

Se sugiere manejar la poda a partir de la etapa vegetativa del cultivo, eliminando brotes finos de poca productividad previniendo pérdidas de energía para la planta.

Con estos precedentes sería importante evaluar el efecto de las condiciones edafoclimáticas del sector en relación a la aplicación de fertilización nitrogenada y podas, para ello que se sugiere registrar factores climáticos como temperatura, humedad relativa, pH y CE del suelo.

En investigaciones posteriores se debería realizar análisis más profundos del contenido nutrimental de las hojas y frutos, para sustentar los múltiples beneficios para la salud humana, que le son conferidos al arándano.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almanza, P., Tovar, Y., & Velandia, J. (2015). Comportamiento de la biomasa y de las tasas de crecimiento de dos variedades de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en Pachavita, Boyacá. *Revista Ciencia y Agricultura*, 13 (1), 67-70. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es>
- ASOEX. (2021). *Exportaciones chilenas de arándanos orgánicos aumentan un 25%*. Obtenido de Fresh Plaza: <https://www.freshplaza.com/article/9296751/chilean-organic-blueberry-exports-increase-by-25/>
- Bañados, P. (2005). Claves Para la Poda de Arándanos: Temporada de Invierno. *Agronomía y Forestal UC*, 28-31. Obtenido de <file:///C:/Users/pc/Downloads/pag28-31.pdf>
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2012). *Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para platas*. Obtenido de Ministerios de Agricultura, Ganadería y Pesca: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf
- Carrera, J. (2012). *Manual práctico pra la creación y desarrollo de plantaciones de arándanos en Asturias*. Obtenido de <https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/pf-17-manual-practico-para-la-implantacion-de-arandanos-serida1.pdf>
- Crisóstomo, M., Hernández, O., López, J., Manjarrez, C., & Pinedo, A. (2014). *Relaciones Amonio/Nitrato en Soluciones Nutritivas Ácidas y Alcalinas para Arándano*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000300016
- DaSilva, D., Debuse, C., & Dejong, T. (2014). *Medición y modelado de patrones estacionales de almacenamiento y movilización de carbohidratos en los troncos y las copas de las raíces de los melocotoneros*. Obtenido de Annals of Botany Company: https://www.researchgate.net/publication/261184775_Measuring_and_modelling_seasonal_patterns_of_carbohydrate_storage_and_mobilization_in_the_trunks_and_root_crowns_of_peach_trees
- Doyle, J., Nambeesan, S., & Malladi, A. (2021). Fisiología de la nutrición de nitrógeno y calcio en arándanos. *Agronomy*, 2.
- El Telégrafo. (2018). Ecuador Emprende Producción de Arándanos para Consumo Interno. *El Telégrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/ecuador-arandanos-consumo-interno>
- Fang, Y., Williamson, J., & Darnell, R. (2017). Absorción y asignación de nitrógeno en diferentes etapas de crecimiento de plantas jóvenes de arándano alto del sur. *HortScience*, 52(6), 905-906. doi:10.21273/HORTSCI11723-17

- FAOSTAT. (2019). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de FAOSTAT: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- Fepexa. (2021). *Ecuadorian blueberry producers formed the Ecuadorian Federation of Blueberry Producers and Exporters*. Obtenido de Fresh Plaza: <https://www.freshplaza.com/article/9337554/ecuadorian-blueberry-producers-formed-the-ecuadorian-federation-of-blueberry-producers-and-exporters/>
- Frías, C., Santiago, G., Montoya, R., & Juárez, C. (2020). Concentración de la solución nutritiva y su relación con la producción y calidad de arándano azul. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21 (3), 3-6. doi:10.21930
- Fruniss, G. (2005). *Comparación de dos fertilizantes como fuente de N amoniacal, y sus efectos sobre l crecimiento de limoneros*. Santiago, Chile. Obtenido de Universidad Mayor: Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Escuela de Agronomía.
- García, A., Franco, J., Nicolás, N., & Vicente, R. (2006). *Influence of Amino Acids in the Hydroponic Medium on the Growth of Tomato Plants*. Obtenido de Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/271942710_Influence_of_Amino_Acids_in_the_Hydroponic_Medium_on_the_Growth_of_Tomato_Plants
- Gargurevich, G. (2017). *Biloxi ¿La Red Globe de los Arándanos?* Obtenido de Redagráfica: <https://www.redagricola.com/pe/biloxi-la-red-globe-los-arandanos/>
- Garzón, D. (2021). Diego Garzón, Presidente Fepexa. (M. Delgado, Entrevistador) Prensa Ec. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=SpbzhdPQRZs>
- Geodatos. (2020). *Coordenadas Geográficas de Loja*. Obtenido de Geodatos: <https://www.geodatos.net/coordenadas/ecuador/loja>
- Gómez, M. (2010). *La poda en la productividad de Arándano (Vaccinium spp.) en Michoacán*. Obtenido de Universidad Autónoma Chapingo: https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/09/pdf_318.pdf
- Gonzáles, P. (2018). *Revista Líderes*. Obtenido de Un Pionero en Cultivar Arándano: <https://www.revistalideres.ec/lideres/cultivos-arandano-fruta-empresa-guayllabamba.html>
- Gordó, M. (2008). *Guía Práctica para el Cultivo de Arándanos en la Zona Norte de la Provincia de Buenos Aires*. Obtenido de Manejo de Cultivo: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mg_0801.pdf
- Hanson, E., & Hancock, J. (2011). *Manejo de la nutrición de los arándanos Highbush*. Obtenido de Michigan State University: https://www.canr.msu.edu/resources/managing_the_nutrition_of_highbush_cranberries_e2011#:~:text=Fertilizer%20sources%20for%20major%20nutrients.&text=If%20soil%20t ests%20or%20leaf,the%20chloride%20in%20this%20material.

- Hanson, J. (2006). Nitrogen Fertilization of Highbush Blueberry. *Michigan State University*, 348-347. Obtenido de Michigan State University: <https://scihub.se/10.17660/ActaHortic.2006.715.51>
- Hernández, D. H. (2014). *Estudio Nutricional de Arándano Azul (Vaccinium corymbosum L.) cv. Biloxi en los Reyes, Michoacán*. Obtenido de Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas: https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/09/pdf_320.pdf
- Hirzel, J. (2013). *Fertilización en Arándano*. Obtenido de Manual de Arándano: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39097.pdf>
- Hirzel, J. (2018). *Principios para Ajustar el Programa de Nutrición en Arándano a la Realidad del Campo*. Obtenido de Redagícola: <https://www.redagricola.com/cl/principios-para-ajustar-el-programa-de-nutricion-en-arandano-a-la-realidad-del-campo/>
- Hirzel, J., & Morales, C. (2017). *Manual de Producción: Fertilización de Arándanos*. (C. G. Morales, Ed.) Obtenido de INIA: <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/06%20Manual%20Arandanos.pdf>
- Hurtado, E., González, F., Roper, C., Bastías, E., & Mazuela, P. (2017). *Propuesta Para la Determinación del Contenido de Clorofila en Hojas de Tomate*. Obtenido de SciELO: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292017000400129
- INHAMI. (2017). *Anuario Meteorológico*. (J. Morán, Editor) Obtenido de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- IPNI. (s.f.). *Sulfato de amonio*. Obtenido de Fuentes de nutrientes específicos: [https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/794F6BDB7E84EA4785257BBA0059C154/\\$FILE/NSS-ES-12.pdf](https://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/794F6BDB7E84EA4785257BBA0059C154/$FILE/NSS-ES-12.pdf)
- Jiang, B., Tsao, R., Li, Y., & Miao, M. (2014). Food Safety: Food Analysis Technologies/Techniques. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 273-288. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/kjeldahl-method>
- Kalt, W., Cassidy, A., Robert Krikorian, F. T., & Zamora-Ros, R. (2020). *Investigaciones recientes sobre los beneficios para la salud de los arándanos y sus antocianinas*. Obtenido de Advances in Nutrition: <https://doi.org/10.1093/advances/nmz065>
- Kramer, J. (2020). *Los suministros de arándanos frescos se expanden a medida que los consumidores estadounidenses desarrollan el gusto por los arándanos durante todo el año*. Obtenido de Economic Research Service U.S. Department of Agriculture: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2020/december/fresh-blueberry-supplies-expand-as-us-consumers-develop-a-taste-for-year-round-blueberries/>

- Lallana, V., & Lallana, M. (2004). *Fisiología Vegetal: Crecimiento*. UNER: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Obtenido de Universidad Nacional de Entre Ríos: Facultad de Ciencias Agropecuarias:
http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/UT7.pdf
- Lee, M. (s.f.). *Las plantas de arándanos: azufre o sulfato de amonio*. Obtenido de SFGATE:
<https://homeguides.sfgate.com/one-better-blueberry-plants-sulfur-ammonium-sulfate-81116.html>
- Lima, A. (2019). *Crecimiento y desarrollo vegetativo de arándano (Vaccinium corymbosum L. Var. Biloxi), en tres pisos altitudinales de la provincia de Loja*. Obtenido de Universidad Nacional de Loja.
- Lima, F., Carvalho, M., Soares, G., Kiyoshi, O., Divino, E., & Rodrigues, A. (2020). *Ecofisiología del arándano Southern Highbush cv. Biloxi en respuesta a la fertirrigación con nitrógeno*. Obtenido de Horticultural Journal: Comunicata Scientiae:
https://www.researchgate.net/publication/341174461_Ecophysiology_of_the_Southern_Highbush_blueberry_cv_Biloxi_in_response_to_nitrogen_fertigation
- Magaña, D. (2019). *Arándanos: Tendencias que movilizan la industria*. Obtenido de PortalFrutícola.com:
<https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/11/11/arandanos-tendencias-que-movilizan-la-industria/>
- Martínez, C. (s.f.). *NovaTec*. Obtenido de Produccion de cultivos:
<https://www.compo-expert.com/es-MX/productos/novatec-premium-15-3-202te>
- Martínez, L. (2019). *Factibilidad Para Implementación de un Cultivo de Arándano (Vaccinium Corymbosum L.) en la Vereda Llano Verde del Municipio de Úmbita, Boyacá*. Obtenido de Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia:
https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3003/1/TGT_1536.pdf
- Maticorena, M. (2017). *Cinco tipos de poda en arándano (Vaccinium corymbosum L. cv. Biloxi) y su influencia en determinados parámetros productivos*. Universidad Nacional Agraria La Molina: Facultad de Agonomía. Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3062/F01-M385-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendoza, C., Ojeda, W., Ramírez, C., & Flores, H. (2017). *Estimación del índice de área foliar y rendimiento de chile poblano cultivado en invernadero*. Obtenido de Ingeniería Agrícola y Biosistemas:
https://www.researchgate.net/publication/318018386_Estimation_of_leaf_area_index_and_yield_of_greenhouse-grown_poblano_pepper
- Mesa, P. (2015). *Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (V. corymbosum x V. darrowii) plantados en Guasca (Cundinamarca, Colombia)*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: Facultad de Ciencias Básicas

- y Aplicadas: <https://docplayer.es/39067032-Algunos-aspectos-de-la-fenologia-el-crecimiento-y-la-produccion-de-dos-cultivares-de-arandano.html>
- Morales, C., & González, A. (2017). *Manual de Manejo Agronómico del Arándano*. Obtenido de INIA: Instituto de Investigaciones Agropecuarias: <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-arandanos.pdf?sfvrsn=0>
- Morales, E., Rubí, M., López, J., & Martínez, Á. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1877-1882.
- Osorio, R., & Covarrubias, J. (2019). Vegetative and Physiological Responses of "Emerald" Blueberry to Ammoniacal Sources with a Nitrification Inhibitor. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2-8.
- Padananbhan, P., & Paliyath, G. (2018). *Berries and Related Fruits*. Obtenido de Science Direct: Encyclopedia of Food and Health: <https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/vaccinium-corymbosum>
- Paita, M. (2017). *Situación Actual del Cultivo del Arándano (Vaccinium corymbosum L.) en Huarmey*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2980>
- Pannunzio, A., Vilella, F., Texeira, P., & Premuzik, Z. (2010). Impacto de los Sistemas de Riego por Goteo en Arándanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4. Obtenido de Agriambi: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental : <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n1/a01v15n01.pdf>
- Pescie, M., Borda, M., Fedyszak, P., & López, C. (2011). Efecto del Momento y Tipo de Poda sobre el Rendimiento y Calidad del Fruto en Arándano Altos del Sur (Vacciniumcorymbosum) var. O'Neal en la Provincia de Buenos Aires. *ResearchGate*, 268. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277263375_Efecto_del_momento_y_tipo_de_poda_sobre_el_rendimiento_y_calidad_del_fruto_en_arandano_altos_del_sur_Vaccinium_corymbosum_var_ONeal_en_la_provincia_de_Buenos_Aires
- Pinochet, D., Artacho, P., & Maraboli, A. (2014). *Manual de Fertilización de Arándanos Cultivados en el Sur de Chile*. Valdivia, Chile : Universidad Austral de Chile.
- Pommerening, A., & Muszta, A. (2015). Métodos de modelización de la tasa de crecimiento relativo. *Forest Ecosystems*, 3-5. doi:10.1186/s40663-015-0029-4
- Price, C., & Munns, R. (2011). *Capítulo 6. Análisis del crecimiento: un enfoque cuantitativo*. School of Plant Biology, University of Western Australia, CSIRO Agriculture, Canberra. Chapter editors. Obtenido de School of Plant Biology, University of Western Australia: <https://www.asps.org.au/wp-content/uploads/Chapter-6-growth-analysis-for-PDF.pdf>

- Puga, J. (2019). *Estudio de Factibilidad Para la Creación de la Empresa “ARANDEANBLUE”, Productora y Comercializadora de Arándano, Ubicada en el Sector de Chaquibamba, Provincia de Pichincha.* Obtenido de Repositorio ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/20337/5/T-ESPE-038743.pdf>
- Rebolledo, C. (2013). *Manual de Arándano: Establecimiento del cultivo de Arándano.* Obtenido de INIA: Instituto de Investigaciones Agropecuarias: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39094.pdf>
- Redagráfica. (2017). *Conductividad eléctrica y salinidad.* Obtenido de Redagráfica: <https://www.redagricola.com/cl/conductividad-electrica-salinidad/>
- Redagráfica. (2019). *Perú Camino a Ser el Mayor Proveedor de Arándanos del Mundo.* Obtenido de <https://www.redagricola.com/cl/peru-camino-a-ser-el-mayor-proveedor-de-arandanos-del-mundo/>
- Redagráfica. (2021). *El arándano peruano sigue quebrando sus récords.* Obtenido de Redagráfica: <https://www.redagricola.com/pe/el-arandano-peruano-sigue-quebrando-sus-records/>
- Retamales, J., & Hancock, J. (2012). *Blueberries.* Cabi, Wallingford, Reino Unido: Crop Production Science in Horticulture N° 21.
- Retamales, J., & Hancock, J. (2012). *BLUEBERRIES.* (CABI, Ed.) Wallingford, UK: Crop Production Science in Horticulture N° 21. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=YtjJC26OFDkC&pg=PA28&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false
- Rienzo, J. D., Gonzalez, L., Casanoves, F., & Tablada, M. (2020). *InfoStat.* Obtenido de <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=34>
- Rivadeneira, M. (2011). *Comportamiento fenológico de variedades tradicionales y nuevas de arándano.* Obtenido de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: <https://inta.gob.ar/documentos/comportamiento-fenologico-de-variedades-tradicionales-y-nuevas-de-arandano>
- Rivadeneira, M. (2012). Concentración de nutrientes en hojas de diferente estado de desarrollo en arándano. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 247-250. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86425838011>
- Rivadeneira, M., & Kirschbaum, D. (2011). *Programa Nacional de Frutales: Cadena Arándano.* Obtenido de INTA: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cadena_arandano.pdf
- Rodríguez, A. (Enero de 2014). *Manejo de la Fertilización en el Cultivo del Arándano, Experiencias del Seguimiento Nutricional en Perú.* Obtenido de AGQ LABs: Seguimiento y Control Nutricional: http://www.agq.com.es/documentos/congresos/Presentacion_Nutricion%20Arandanos_Fruticia.pdf

- Román, S. (2013). *Nutrición y Fertilización de Arándano para Fruta de Alta Calidad en el Centro Sur y Sur de Chile*. Obtenido de Dinámica nutricional: https://comitedearandanos.cl/wp-content/uploads/2015/08/Nutriciyn_y_fertilizacion_de_arandano_2013_Samuel_Roman.pdf
- Rubio, J., & González, G. (2012). *Orientaciones para el Cultivo de Arándano*. Obtenido de Guía de Cultivo: http://www.naviaporcia.com/images/documentos/documento_173.pdf
- Rubio, J., González, G., & Ciordia, M. (2018). *El Cultivo del Arándano en el Norte de España*. Obtenido de SERIDA: Sistema Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario: <http://www.serida.org/pdfs/7452.pdf>
- Salgado, C., Sánchez, P., Volke, V., & Colinas, M. (2018). Respuesta Agronómica de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) al Estrés Osmótico. *SciELO*. Obtenido de SciELO: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000200231&lang=es
- Sinavimo. (2019). *Vaccinium corymbosum*. Obtenido de Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas: file:///C:/Users/pc/Downloads/sistema_nacional_argentino_de_vigilancia_y_monitoreo_de_plagas_-_vaccinium_corymbosum_-_2019-11-21.pdf
- Spires, J., Stringer, S., Draper, A., & Gugon, C. (2002). *Biloxi Arándano Altos del Sur*. Obtenido de Sociedad Internacional de Ciencia Hortícolas: https://www.ishs.org/ishs-article/574_21
- Strik, B. (2015). *How blueberry plants develop and grow*. Obtenido de Oregon State University: OSU Extension Service: <https://extension.oregonstate.edu/crop-production/berries/how-blueberry-plants-develop-grow>
- Turnbull, L., Victor, C., & Purves, B. (2008). *Tasas de crecimiento, tamaño de las semillas y fisiología: Las especies de semillas pequeñas crecen realmente más rápido*. Obtenido de Ecological Society of America: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/07-1531.1>
- Uribe, H. (2017). *Capítulo: Riego*. Obtenido de INIA: Instituto de Investigaciones Agropecuarias: <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/06%20Manual%20Arandanos.pdf>
- Vega, P., Serri, H., López, M., & Palma, P. (2017). *Efecto de Diferentes Intensidades de Poda sobre el Rendimiento Y Calidad de Fruta en Arándano (Vaccinium corymbosum L.) cv. Brigitta*. Obtenido de Chilean journal of agricultural & animal sciences: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-38902017005000706&script=sci_arttext
- WIFSS. (2016). *Blueberries*. Obtenido de Western Insitute for Food Safety and Security: https://www.wifss.ucdavis.edu/wp-content/uploads/2016/10/Blueberries_PDF.pdf

Zárate, N., Alavez, A., & Domínguez, V. (2017). *Manejo Agronómico del Cultivo de Arándano (Vaccinium corymbosum L.) en la Sierra Norte de Oaxaca*. Obtenido de Manejo Agronómico: <https://core.ac.uk/download/pdf/287219541.pdf>

11. ANEXOS

Anexo 1. Aplicación de podas de formación, fertilización y mediciones vegetativas.



Figura 21: Planta sin aplicación de poda
Fecha: 17 de febrero de 2021



Figura 22: Planta con poda de formación a 4 brazos
Fecha: 17 de febrero de 2021



Figura 23: Aplicación de fertilizantes en forma de corona
Fecha: 19 de abril de 2021

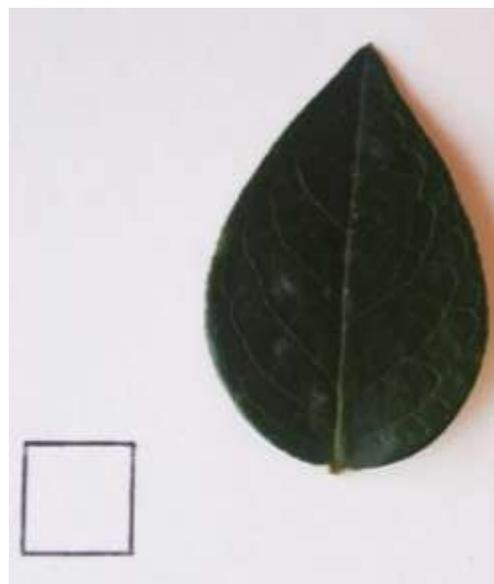


Figura 24: Fotografía de hoja de arándano para determinar el área foliar por Photoshop
Fecha: 25 de junio de 2021



Figura 25: Hojas de arándano en diferentes estados fenológicos para la determinación del área foliar.
Fecha: 25 de junio de 2021

Anexo 2. Análisis de variables fisiológicas



Figura 26: Destilación de muestras de nitrógeno con ácido bórico e hidróxido de sodio
Fecha: 09 de julio de 2021



Figura 27: Titulación de muestras con solución de ácido sulfúrico
Fecha: 09 de julio de 2021

Anexo 3. Análisis de suelo previo al establecimiento del cultivo de arándano cv. Biloxi en la quinta experimental docente “La Argelia”

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef.: 023828860 Ext. 2080.	PGT/SFA/09-FO03 Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: 16-SFA-030-0308
 Fecha emisión Informe: 14/08/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Edwin Villavicencio
 Dirección¹: Zalapa Alto
 Provincia¹: Loja
 Cantón¹: Loja
 Teléfono¹: 0989792189
 Correo Electrónico¹: edwincito626@hotmail.es
 N° Orden de Trabajo: 11-2020-205
 N° Factura/Documento: 012-001-0654

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo ¹ : Quinua	
Provincia ¹ : Loja	X: ---
Cantón ¹ : Loja	Y: ---
Parroquia ¹ : Punzara	Altitud: ---
Muestreado por ¹ : Edwin Villavicencio	
Fecha de muestreo ¹ : 07-08-2020	Fecha de inicio de análisis: 11-08-2020
Fecha de recepción de la muestra: 11-08-2020	Fecha de finalización de análisis: 14-08-2020

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0937	Quinta Argelia	pH a 25 °C	Electrométrica PTE/SFA/06 EPA 8450	---	5,42
		Materia Orgánica*	Volumétrico PTE/SFA/09	%	1,38
		Nitrógeno*	Volumétrico PTE/SFA/09	%	0,07
		Fósforo*	Colorimétrico PTE/SFA/11	mg/kg	25,8
		Potasio*	Absorción Atómica PTE/SFA/12	cmol/kg	0,18
		Calcio*	Absorción Atómica PTE/SFA/12	cmol/kg	1,71
		Magnesio*	Absorción Atómica PTE/SFA/12	cmol/kg	0,12
		Hierro*	Absorción Atómica PTE/SFA/13	mg/kg	281,1
		Manganeso*	Absorción Atómica PTE/SFA/13	mg/kg	13,39
		Cobre*	Absorción Atómica PTE/SFA/13	mg/kg	1,06
		Zinc*	Absorción Atómica PTE/SFA/13	mg/kg	< 1,60

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente; el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LOS PRODUCTOS AGROPECUARIOS	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interceánica Km. 146 y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef.: 022828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	Rev. 5	
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	

Observaciones:

- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA											
PARAMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	
BAJO	< 1,0	< 0,15	< 10,0	< 0,20	< 2,0	< 0,5	< 20,0	< 1,0	< 1,0	< 3,0	
MEDIO	1,0 - 5,0	0,15 - 0,30	10,0 - 30,0	0,20 - 0,38	2,0 - 5,0	0,5 - 1,5	20,0 - 40,0	1,0 - 10,0	1,0 - 4,0	3,0 - 7,0	
ALTO	> 5,0	> 0,30	> 30,0	> 0,38	> 5,0	> 1,5	> 40,0	> 10,0	> 4,0	> 7,0	

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA, COSTA Y AMAZONÍA					
	ÁCIDO	LEGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LEGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	< 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAF-EESC 2003


Q. A. Luis Cacuango
 Responsable de Laboratorio
 Suelos, Foliar y Aguas


AGROCALIDAD
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LOS PRODUCTOS AGROPECUARIOS
 LABORATORIO DE SUELOS,
 FOLIARES Y AGUAS
 TUMBACO - QUITO


 15 JUL 2008

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Esta prohibida la reproducción parcial de este informe.

† Datos suministrados por el cliente; el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo 3. Análisis de varianza realizados

Tabla 8. Análisis de varianza para la longitud del brote. Según la prueba de LSD de Fisher, son estadísticamente significativas para el factor fertilización.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	179,80	3	59,93	1,72	0,1985
PODA	16,51	1	16,51	0,47	0,4998
FERTIL.	161,42	1	161,42	4,64	0,0451
PODA*FERTIL.	2,99	1	2,99	0,09	0,7730
Error	626,85	18	34,82		
Total	806,64	21			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,30854

Error: 34,8249 gl: 18

FERTIL. Medias n E.E.

SA	28,06	10	1,87	A
NT	33,50	12	1,70	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 9. Análisis de varianza de la cobertura de la planta. Según la prueba de LSD de Fisher, son estadísticamente significativas para el factor fertilización.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	712881,93	3	237627,31	3,27	0,0451
PODA	212420,15	1	212420,15	2,93	0,1043
FERTIL.	500108,49	1	500108,49	6,89	0,0172
PODA*FERTIL.	537,36	1	537,36	0,01	0,9324
Error	1306292,04	18	72571,78		
Total	2019173,97	21			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=242,33409

Error: 72571,7802 gl: 18

FERTIL. Medias n E.E.

SA	408,10	10	85,19	A
NT	710,90	12	77,77	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 10. Análisis de varianza del área foliar de la planta. Según la prueba de LSD de Fisher, son estadísticamente significativas para el factor fertilización.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	352322,99	3	117441,00	4,84	0,0331
PODA	42723,72	1	42723,72	1,76	0,2210
FERTIL.	270030,00	1	270030,00	11,14	0,0103
PODA*FERTIL.	39569,27	1	39569,27	1,63	0,2373
Error	193989,33	8	24248,67		
Total	546312,33	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=207,32099

Error: 24248,6667 gl: 8

FERTIL. Medias n E.E.

SA 254,46 6 63,57 A

NT 554,48 6 63,57 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 11. Análisis de varianza del área foliar del brote. Según la prueba de LSD de Fisher, son estadísticamente significativas para el factor fertilización.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2471,82	3	823,94	9,37	0,0054
PODA	78,18	1	78,18	0,89	0,3733
FERTIL.	2388,26	1	2388,26	27,16	0,0008
PODA*FERTIL.	5,37	1	5,37	0,06	0,8110
Error	703,49	8	87,94		
Total	3175,30	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=12,48482

Error: 87,9359 gl: 8

FERTIL. Medias n E.E.

SA 34,05 6 3,83 A

NT 62,26 6 3,83 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 12. Análisis de varianza del pH. Según la prueba de LSD de Fisher, son estadísticamente significativas para el factor fertilización.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,43	3	0,14	58,63	<0,0001
PODA	8,3E-06	1	8,3E-06	3,4E-03	0,9546
FERTIL.	0,34	1	0,34	142,10	<0,0001
PODA*FERTIL.	0,08	1	0,08	33,80	0,0004
Error	0,02	8	2,4E-03		
Total	0,44	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,06545

Error: 0,0024 gl: 8

FERTIL. Medias n E.E.

NT	5,46	6	0,02	A
SA	5,80	6	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)