

# Influencia de podas y nutrición nitrogenada en el desarrollo vegetativo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi)

## *Influence of pruning and nitrogen nutrition on the vegetative development of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L. cv. Biloxi)*

Karen Macas<sup>1,\*</sup> y Fernando Granja<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

\* Autor para correspondencia: karen.macas@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 13/04/2022    Fecha de aceptación del manuscrito: 01/12/2022    Fecha de publicación: 29/12/2022

**Resumen**—El arándano es un frutal de gran importancia económica a nivel mundial, debido a su alta demanda concedida a los múltiples beneficios que confiere a la salud humana. En Ecuador, son poco conocidas las técnicas de manejo como podas y fertilización en etapa vegetativa. En base a ello, el objetivo de la presente 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, fisiológicas de las plantas, el pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo. El ensayo se estableció en la Quinta Experimental Docente “La Argelia” de la ciudad de Loja, 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). Los resultados mostraron que, la interacción entre el factor poda y la fertilización nitrogenada fue nula; el factor fertilización actuó de forma independiente, sobre variables morfológicas como longitud del brote, cobertura de la planta, y área foliar del brote. Los datos indicaron que, el suministro de sulfato de amonio con inhibidor promueve el crecimiento vegetativo en mayor proporción, mientras que, el sulfato de amonio sin inhibidor aumenta el contenido de nitrógeno en las hojas. Estos resultados sugieren que el aporte de nitrógeno amoniacal con inhibidor de nitrificación promueve el desarrollo de plantas de arándano cv. Biloxi. Por otro lado, el pH y conductividad eléctrica (CE) del suelo fueron alterados por la aplicación de fuentes de nutrición nitrogenada.

**Palabras clave**—*Vaccinium corymbosum* L. cv Biloxi, Técnicas de manejo, Sulfato de amonio, Inhibidor de nitrificación.

**Abstract**—The cranberry is a fruit tree of great economic importance worldwide, due to its high demand and the multiple benefits it confers to human health. In Ecuador, management techniques such as pruning and fertilization during the vegetative stage are little known. Based on this, the objective of the present research was to evaluate the vegetative development of blueberry (*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 of the plants, the pH and electrical conductivity (EC) of the soil. The trial was established at the Quinta Experimental Docente "La Argelia" in the city of Loja, 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 results showed that the interaction between the pruning factor and nitrogen fertilization was null; the fertilization factor acted independently on morphological variables such as shoot length, plant cover, and shoot leaf area. The data indicated that the supply of ammonium sulfate with inhibitor promoted vegetative growth to a greater extent, while ammonium sulfate without inhibitor increased nitrogen content in the leaves. These results suggest that ammonium nitrogen supply with nitrification inhibitor promotes the development of blueberry cv. Biloxi plants. On the other hand, soil pH and electrical conductivity (EC) were altered by the application of nitrogen nutrition sources.

**Keywords**—*Vaccinium corymbosum* L. cv Biloxi, Management techniques, Ammonium sulfate, Nitrification inhibitor.

## INTRODUCCIÓN

El arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.), es un frutal de la familia de las Ericáceas originario del hemisferio Norte, de gran importancia económica y amplia distribución geográfica, conocido como súper fruta por sus propiedades

antioxidantes y antiinflamatorias que aporta su consumo a la salud humana (Kalt et al., 2020).

El cultivo de arándano se ha potenciado enormemente; para el año 2019, el área cultivada a nivel mundial superó las 119 mil ha. El principal país importador es Estados Unidos, su consumo per cápita es de 2 libras persona/año en prome-

dio, donde el 80% de las importaciones provienen de países latinoamericanos como Perú, Chile y México (Kramer, 2020). Los productores líderes de América del Sur son Chile, con 15 mil ha cultivadas exportó 118.225 t en la temporada 2020/2021; mientras que, Perú en la misma temporada de 13 mil hectáreas cultivadas exportó 165.053 t (ASOEX, 2021; Redagráfica, 2021).

En Ecuador, mediante pruebas piloto se confirmó que el país cuenta con los factores geoclimáticos favorables para el cultivo, esto permitió que el sector frutícola incorpore este frutal en la oferta, siendo la empresa Biovegetal pionera en implementar el cultivo de arándano (González, 2018; Garzón, 2021).

La potenciación de este cultivo es 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), permite conservar la vigorosidad y equilibrar el crecimiento vegetativo y reproductivo del arándano, optimiza el rendimiento y la calidad del fruto (Retamales & Hancock, 2012). De la misma forma, 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, 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 g a partir del segundo año de vida, lo cual sustenta que la inversión inicial se recupera en el primer año de producción (González, 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 en el desarrollo vegetativo del arándano, así como su efecto en la incidencia sobre el pH y la conductividad eléctrica del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación 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. 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 %.

### Fase de campo

Se labró el terreno para posteriormente trazar el área a utilizar (153 m<sup>2</sup>); 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. Se instaló un sistema de riego por goteo localizado en doble cinta y se colocó cobertor sintético sobre cada cama, para conservar la humedad y evitar el crecimiento de arvenses.

### Material vegetal

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

### 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. 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) (Tabla 1).

El marco de plantación fue de 1 m sobre la hilera x 2 m entre la hilera.

### Aplicación de tratamientos

Los tratamientos se determinaron a base de dos factores: poda de formación y fertilización nitrogenada, se aplicaron mensual y dos veces por semana, respectivamente. El periodo de evaluación se realizó entre los meses de marzo a junio del 2021.

**Poda:** se ejecutó en dos niveles, poda de formación dejando cuatro ramas (CP) y sin poda (SP).

**Fuentes de fertilización nitrogenada:** se aplicaron dos fuentes distintas de nitrógeno, sulfato de amonio con inhibidor de nitrificación (DMPP) y sulfato de amonio sin inhibidor de nitrificación (Tabla 2).

La aplicación de fertilizante, se determinó a partir de requerimiento de la planta con respecto al estado fenológico de la planta.

### Variables evaluadas

Las siguientes variables fueron evaluadas en su mayoría con una frecuencia de 15 días:

**Tabla 1:** Descripción de los tratamientos empleados durante el desarrollo del ensayo en arándano cv. Biloxi.

Tratamientos	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

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

Fuente Nitrogenada	Plantas	Nº aplicaciones semana <sup>-1</sup>	Dosis (g aplicación <sup>-1</sup> )
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, ya que el sulfato de amonio + DMPP, adicionalmente a estos tenía un porcentaje de potasio.

### Variables morfológicas

**Altura de planta:** se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

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

**Diámetro de la copa:** se midió con un flexómetro a manera de una cruz de norte a sur (d1) y de este a oeste (d2) en cm, los valores obtenidos se remplazaron en la fórmula tal como lo hizo Mesa (2015):

$$D = \frac{d1 + d2}{2} \quad (1)$$

**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, se promedió este dato en la fórmula:  $A = \pi r^2$

**Área foliar (AF):** se seleccionó 20 hojas al azar, las cuales fueron fotografiadas e 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, obteniendo la ecuación  $y = 0,7829x^2 + 1,109x - 0,7626$  ( $R^4 = 0,9891$ ). Esta variable se midió al finalizar el ensayo.

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

$$IAF = \frac{AF}{AS} \quad (2)$$

Donde; AF: área foliar por planta y AS: área sembrada. Expresión numérica adimensional, en  $m^2$ . 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:

$$TCA = \Delta L \Delta T^{-1} = \frac{L2 - L1}{T2 - T1} \quad (3)$$

Donde:  $\Delta L$  = longitud final – longitud inicial; y  $\Delta T$  = tiempo final – tiempo inicial. El resultado se expresó en  $cm \text{ día}^{-1}$ .

**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:

$$TCR = \frac{1}{Li} * \Delta L \Delta T^{-1} - 1 \quad (4)$$

Donde;  $Li$  = longitud inicial;  $\Delta L$  = longitud final – longitud inicial; y  $\Delta T$  = tiempo final – tiempo inicial. El resultado se expresó en  $mm.cm^{-1} \text{ día}^{-1}$ .

### Variables fisiológicas

**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.

### Variables de suelo

**pH del suelo:** se tomaron 500 g de suelo, a una profundidad de 5-10 cm de cada tratamiento quincenalmente. En lo posterior, se realizó el análisis de suelo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Loja.

**Conductividad eléctrica (CE) del suelo:** se tomó 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).

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada evaluación fueron analizados en el Software estadístico InfoStat en versión libre 2020.

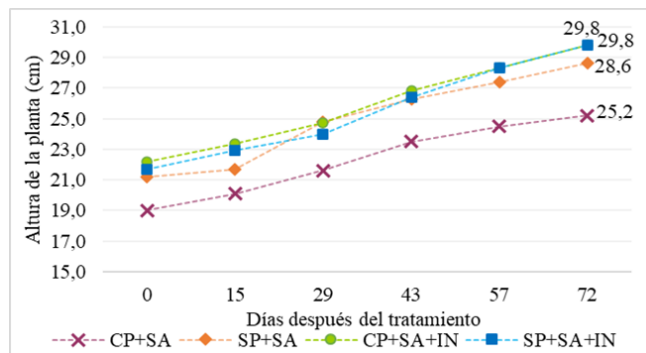
El efecto de los tratamientos se evaluó mediante un análisis de varianza simple (ANOVA), modelos generales y mixtos, para determinar diferencia entre los tratamientos. En variables que presentaron diferencias significativas entre tratamientos se aplicó pruebas de comparación múltiple LSD Fisher al 95 % 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.

## RESULTADOS

### VARIABLES MORFOLÓGICAS

#### Altura de la planta

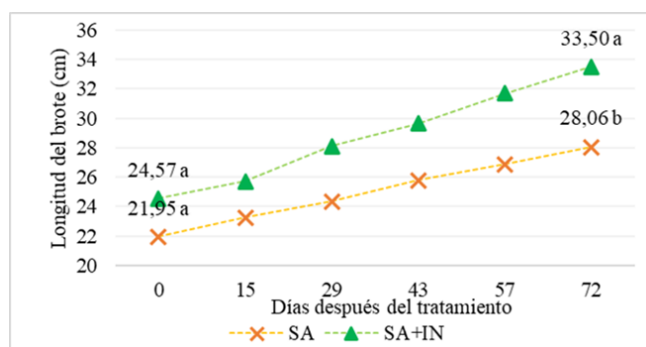
Para la variable altura de la planta, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ) (Figura 1). El incremento varió de 6,2 a 8,17 cm, resultando un valor medio de la TCA de  $0,10 \text{ cm día}^{-1}$ .



**Fig. 1:** 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.

#### Longitud del brote

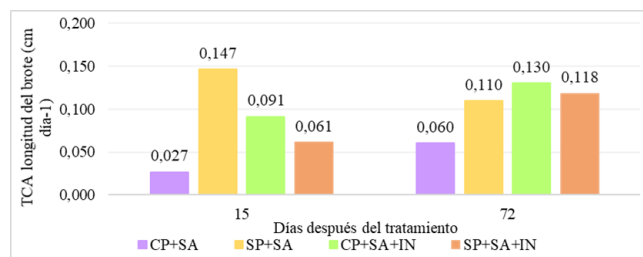
No se evidenció diferencias estadísticas significativas en la interacción del factor poda y fertilización; se evidenció un efecto independiente del factor fertilización, no así de la poda (Figura 2).



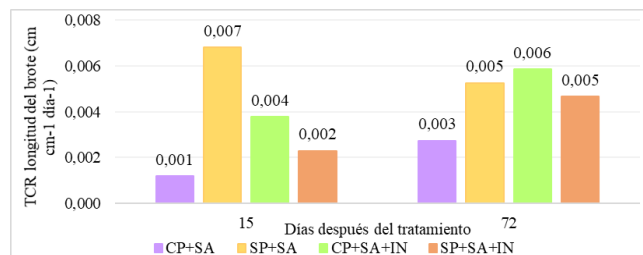
**Fig. 2:** Longitud del brote en plantas de arándano cv. Biloxi., en relación al factor de fertilización. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ). \*SA= sulfato de amonio; \*IN= inhibidor de nitrificación (DMPP).

#### TCA Y TCR del brote

En cuanto a las variables derivadas del crecimiento, tanto la TCA (tasa de crecimiento absoluto) y TCR (tasa de crecimiento relativo) del brote, no evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, su potencial de crecimiento fue similar durante el periodo de evaluación (Figura 3 y Figura 4).



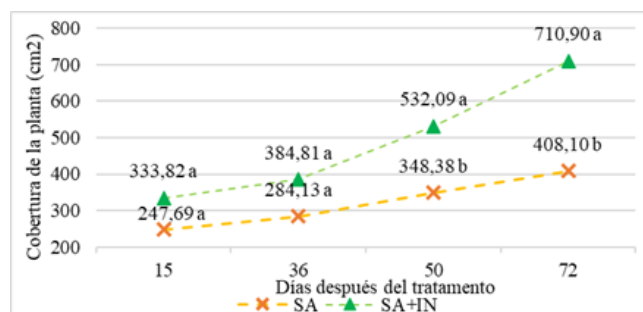
**Fig. 3:** Tasas de crecimiento absoluta del brote en plantas de arándano cv. Biloxi.



**Fig. 4:** Tasas de crecimiento relativa del brote en plantas de arándano cv. Biloxi.

#### Cobertura de la planta

La Figura 5, representa la cobertura de las plantas en relación al factor fertilización, se encontraron diferencias estadísticas significativas con respecto al factor fertilización. Las plantas sometidas al fertilizante sulfato de amonio + DMPP (SA+IN), alcanzaron un mejor desarrollo a lo largo de la evaluación, no así plantas fertilizadas con sulfato de amonio (SA), su desarrollo fue menor (Figura 5).



**Fig. 5:** 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).

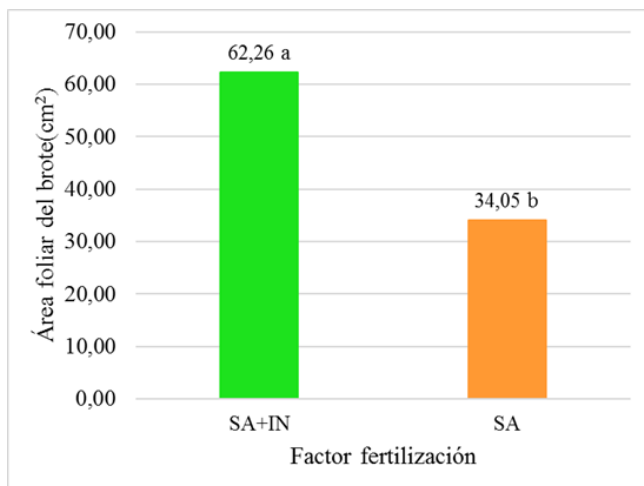
#### Área foliar de la planta

En lo que respecta al área foliar de la planta, no se evidenció diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3), no obstante, el desarrollo foliar de las plantas se vio influenciado por el factor fertilización, las plantas con mayor área foliar fueron las manejadas con sulfato de amonio + DMPP con valores medios de  $554,48 \text{ cm}^2$ , en el caso de las plantas sometidas a sulfato de amonio el valor promedio fue de  $254,46 \text{ cm}^2$  de área foliar total.

El área foliar del brote tuvo diferencias significativas en relación al factor fertilización, las plantas con sulfato de amonio más DMPP lograron la mayor área foliar del brote, con respecto a plantas sometidas a sulfato de amonio sin inhibidor, como se muestra en la Figura 6.

**Tabla 3:** 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 <sup>2</sup> )	Área foliar total (cm <sup>2</sup> )	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

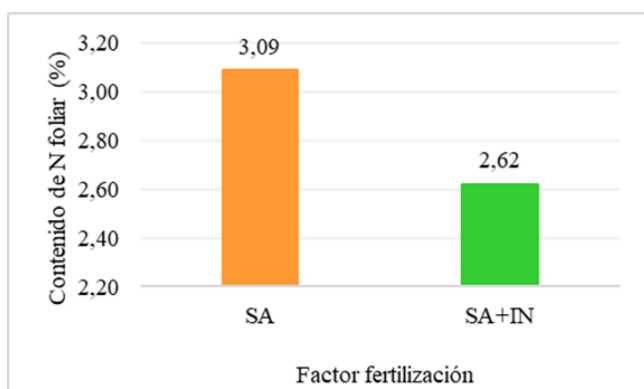


**Fig. 6:** Área foliar de los brotes a los 72 días después de iniciado el ensayo en cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ).

### Variables fisiológicas

#### Contenido de nitrógeno foliar

Al analizar el contenido de nitrógeno en hojas de arándano, no se vio diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre el porcentaje de N foliar, la incidencia del factor de fertilización sobre el contenido de N foliar se mostró similar en todos los tratamientos (Fig. 7).

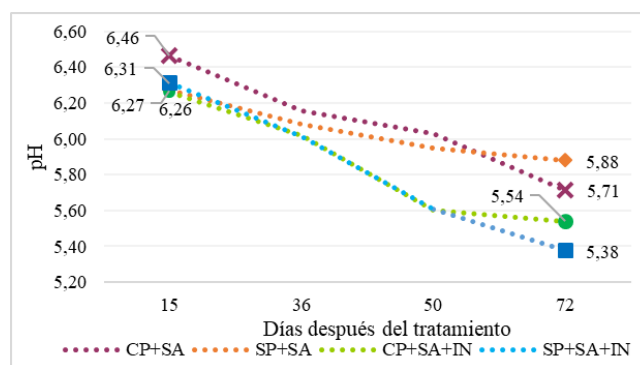


**Fig. 7:** Área foliar de los brotes a los 72 días después de iniciado el ensayo en cultivo de arándano cv. Biloxi. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según el test LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ).

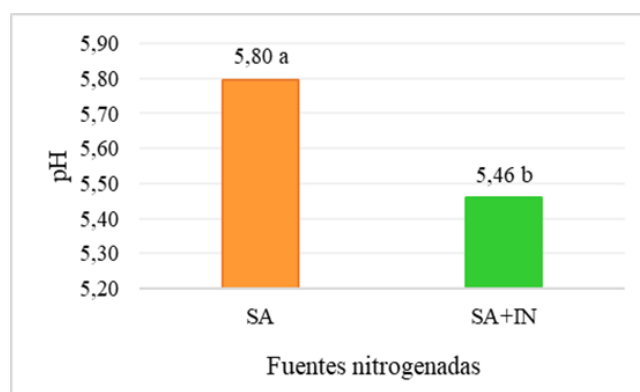
### Variables de suelo

#### Análisis de pH y Conductividad eléctrica del suelo

La Figura 8, muestra las curvas de pH evaluadas a lo largo del experimento, donde se observó que la reducción de pH se dio en forma lineal ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, en consecuencia, del fertilizante, el suelo con pH más bajo en este caso es, el de las plantas sometidas a sulfato de amonio +DMPP, lo cual revela que existe mayor acidez en el suelo (Fig. 9).



**Fig. 8:** Valores de pH de suelo sometido a cuatro tratamientos en el cultivo de arándano cv. Biloxi.



**Fig. 9:** 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

La conductividad eléctrica del suelo no se vio afectada por la interacción entre el factor poda y el factor fertilización; sin embargo, reiteradamente el factor fertilización actuó de manera independiente (Tabla 4).

### DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la altura de la planta reflejaron un incremento no significativo

**Tabla 4:** 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 ( $p < 0,05$ ).

DDT	15	36	50	72
Conductividad eléctrica (CE)	( $dS\ m^{-1}$ )	( $dS\ m^{-1}$ )	( $dS\ m^{-1}$ )	( $dS\ m^{-1}$ )
Factor Fertilización				
Sulfato de amonio + DMPP	0,72 a	0,22 a	3,24 a	6,25 a
Sulfato de amonio	0,56 b	0,19 b	2,31 b	6,47 a

\*DDT: días después del tratamiento

entre tratamientos, este varió entre 6,20 y 8,17 cm, con una TCA de  $0,10\ cm\ día^{-1}$ , esto según Fang et al., (2017) es un efecto normal del aporte de N, ya que, promueven la generación de la estructura vegetativa del frutal como brotes, hojas y acumulación de biomasa. En arándano cv. Emerald al aportar N, obtuvieron una tasa de crecimiento 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 estimuló el crecimiento vegetativo en las plantas, ya que a nivel fisiológico es uno de los constituyentes de la molécula de clorofila y a su vez, del proceso de formación activa de fotosintatos en la planta (Hernández, 2014; Fang et al., 2017).

En lo que respecta a la longitud del brote, la fertilización nitrogenada actuó como factor independiente ( $p < 0,045$ ); las plantas sometidas a sulfato de amonio con inhibidor de nitrificación (SA+IN) obtuvieron la mayor longitud del brote; por ende, el AFB fue mayor ( $62,26\ cm^2$ ) en comparación a los tratamientos manejados con SA ( $34,05\ cm^2$ ); los resultados expuestos son menores a los alcanzados por Mesa (2015), puesto que obtuvo un área foliar de brote de  $120\ cm^2$  en plantas Biloxi de un año.

La TCA y TCR del brote, no se percibió diferencias estadísticas a lo largo de la evaluación, el desempeño entre los tratamientos fue similar; estas variables son consideradas en la investigación porque permiten estimar el crecimiento intrínseco de las plantas (Turnbull et al., 2008), en relación a los procesos fisiológicos en la planta que convierten los recursos externos en biomasa y al mismo tiempo se encargan en repartir la biomasa en sumideros utilizables (Prince & Munns, 2011).

En la cobertura de la planta, la fertilización actúa reiteradamente como factor clave, según Rodríguez (2014), se debe a que el flujo de N, al mantenerse biodisponible beneficia el crecimiento vegetativo, aumenta el contenido de clorofila y por tanto los fotoasimilados en la planta, expresando un aumento irreversible en la masa (Lallana & Lallana, 2004). A consecuencia de ello, se incrementará el área foliar puesto que, como lo expone Lima et al., (2020), que la aplicación de N aumenta la tasa neta de fotosíntesis, lo cual está estrechamente relacionado con la radiación solar interceptada (IAF), lo cual estimula la acumulación de biomasa expresando mayor área foliar, asegurando la productividad de la planta (Lallana & Lallana, 2004; Mendoza et al., 2017).

El contenido de nitrógeno en hojas de arándano, de acuerdo a los estándares referenciales en etapa vegetativa debe tener una concentración de N entre 1,7 y 2,7% en hojas (Rivadeneira, 2012; Doyle et al., 2021), valores superiores a lo señalados indican un exceso (Pinochet et al., 2014). Confor-

me a los valores obtenidos en el estudio (2,62% - SA+IN y 3,09% SA), se presentó un exceso de N foliar en plantas fertilizadas con sulfato de amonio (SA), lo que advierte una toxicidad en plantas y una futura repercusión en cuanto se refiere a rendimiento o en la mortalidad de las plantas.

En el pH del suelo, en el estudio se registró una reducción de forma lineal por la aplicación de amonio, a consecuencia se obtuvo diferencias significativas en relación al fertilizante aplicado, donde los suelos con más bajo pH (5,46), fue el de plantas sometidas a sulfato de amonio +DMPP; mientras que las fertilizadas con sulfato de amonio sin DMPP registraron un pH de 5,80. Estos valores se encuentran próximos a los requeridos por el cultivo de arándano (Sinavim, 2019), lo cuales varían entre 4,5 – 5,5. La preferencia del cultivo por suelos con pH bajo, radica en que el N en forma  $NH_4^+$  esta mayormente disponible en este tipo de suelos, además este factor facilita la absorción de nitrógeno amoniacal con un menor coste energético para la planta en razón de su forma reducida (Osorio Covarrubias, 2019).

La conductividad eléctrica (CE) durante la evaluación mostró una incidencia significativa por el factor fertilización debido a que existió una concentración de sales disueltas en el suelo, a causa de la frecuencia de fertilización, siendo una desventaja en lo que respecta a los requerimientos del cultivo, puesto que Frías et al., (2020) indica que el arándano cv. Biloxi no tolera la salinidad y de existir una CE mayor a  $1\ ds\ m^{-1}$  afectaría el desarrollo normal del cultivo, así también, Barbaro et al., (2012) sostiene que el incremento de la CE puede deberse a la aplicación de fertilizantes de liberación lenta, o su vez al efecto combinado de sulfato de amonio con muriato de potasio (KCl), por ello es indispensable que la CE generalmente sea baja ( $< 1\ ds\ m^{-1}$ ), ya que esto permite mantener biodisponibles los macro y microelementos en el suelo, asegurando el desarrollo normal del cultivo.

## CONCLUSIONES

El factor poda aplicado en la etapa vegetativa del arándano, no mostró efecto estadístico significativo sobre las variables de crecimiento evaluadas, esto se debió posiblemente a la corta edad del cultivo.

La fertilización nitrogenada en arándano a base de sulfato de amonio más inhibidor de nitrificación (DMPP), promovió el crecimiento vertical y lateral de las plantas como en longitud del brote, cobertura de planta y área foliar; así también fisiológicamente aportó al 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 acercarse a los estándares de acidez requeridos por el cultivo; sin embargo, la CE, sobrepasó los rangos tolerables ( $> 6\ ds\ m^{-1}$ ), lo cual produjo salinidad en el suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Ampliamos nuestros agradecimientos a la Universidad Nacional de Loja, de manera especial a la Quinta Experimental docente “La Argelia” y a las técnicas de Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología, por el espacio brindado para realizar los análisis correspondientes en la presente investigación.



## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: KM y FG; metodología: KM y FG; análisis formal: KM y FG; investigación: KM y FG; recursos: KM y FG; redacción — preparación del borrador original: KM y FG; redacción — revisión y edición: KM y FG; visualización: KM y FG. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

## FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por procedencia propia.

## REFERENCIAS

- ASOEX. (2021). Exportaciones chilenas de arándanos orgánicos aumentan un 25%. Fresh Plaza.
- Bañados, P. (2005). Claves Para la Poda de Arándanos: Temporada de Invierno. *Agronomía y Forestal UC*, 28–31.
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2012). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. Ministerios de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Crisóstomo, M. ., Hernández, O. ., López, J. ., Manjarrez, C. ., & Pinedo, A. (2014). Relaciones Amonio/Nitrato en Soluciones Nutritivas Ácidas y Alcalinas para Arándano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.
- Doyle, J., Nambeesan, S., & Malladi, A. (2021). Fisiología de la nutrición de nitrógeno y calcio en arándanos. 2.
- 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.
- 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*, 3–6.
- Fruniss, G. (2005). Comparación de dos fertilizantes como fuente de N amoniacal, y sus efectos sobre el crecimiento de limoneros.
- Garzón, D. (2021). Diego Garzón, Presidente Fepexa. *Prensa Ec*.
- González, P. (2018). Un Pionero en Cultivar Arándano. *Revista Líderes*.
- Hernández, D. (2014). Estudio Nutritional de Arándano Azul (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi en los Reyes, Michoacán. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Jiang, B., Li, Y., Tsao, R., & Miao, M. (2014). Food Safety: Food Analysis Technologies/Techniques. En *Food Safety: Food Analysis Technologies/Techniques* (pp. 273–288).
- Kalt, W., Cassidy, A., Krikorian, R., Tremblay, F., & Zamora-Ros, R. (2020). Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins. *Advances in Nutrition*, 11, 224–236.
- Kramer, J. (2020). Fresh Blueberry Supplies Expand as U.S. Consumers Develop a Taste for Year-Round Blueberries. Economic Research Service U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE.
- Lallana, V., & Lallana, M. (2004). Fisiología Vegetal: Crecimiento. 3–7.
- Lima, Firmino; Carvalho, Márcio; Soares, Gabriel; Kiyoshi, Osvaldo; Divino, Elias; Rodrigues, A. (2020). Ecofisiología del arándano Southern Highbush cv. Biloxi en respuesta a la fertirrigación con nitrógeno. *Horticultural Journal: Comunicata Scientiae*.
- Mendoza, C., Ojeda, W., Ramírez, C., & Flores, H. (2017). Estimación del índice de área foliar y rendimiento de chile poblano cultivado en invernadero. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*.
- 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). 37,39,45,47.
- 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.
- Pinochet, D., Artacho, P., & Maraboli, A. (2014). Manual de Fertilización de Arándanos Cultivados en el Sur de Chile (U. A. de Chile (ed.)).
- Prince, C., & Munns, R. (2011). Capítulo 6. Análisis del crecimiento: un enfoque cuantitativo. *School of Plant Biology, University of Western Australia*, 1–6.
- 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. Repositorio ESPE.
- Redagráfica. (2021). El arándano peruano sigue quebrando sus récords. *Redagráfica*.
- Retamales, J., & Hancock, J. (2012). BLUEBERRIES (CABI (ed.); Crop Produ).
- Rivadeneira, M. (2012). Concentración de nutrientes en hojas de diferente estado de desarrollo en arándano. 247–250.
- Rodríguez, A. (2014). Manejo de la Fertilización en el Cultivo del Arándano, Experiencias del Seguimiento Nutricional en Perú. AGQ LABs: Seguimiento y Control Nutricional.
- Sinavimo. (2019). *Vaccinium corymbosum*. Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas.
- 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. *Ecological Society of America*.