

Artículo original / Original article

Eficiencia agronómica y productiva del cultivo mora (*Rubus glaucus* Benth.) con la aplicación de nitrógeno y potasio en condiciones subtropicales de Ecuador

Agronomic and productive efficiency of the blackberry crop (*Rubus glaucus* Benth.) with the application of nitrogen and potassium in subtropical conditions of Ecuador

Alex Enrique Salazar-Saltos ^{1*}; Cristian Rene Chusin-Ayala ²

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Manglar Alto, Ecuador

²Investigador Independiente, Ecuador

RESUMEN

El nitrógeno (N) es fundamental para el desarrollo óptimo de los cultivos, mientras que el potasio (K) desempeña un rol clave en la síntesis de proteínas y en el equilibrio hídrico e iónico de las plantas, lo que influye en su productividad. Este estudio evaluó la eficacia de la aplicación de N y K en el cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth.), bajo condiciones subtropicales. Se implementaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño de bloques al azar (DBCA), y se analizaron estadísticamente los resultados mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). La fertilización se aplicó de forma edáfica y se midieron variables agronómicas como el número de brotes principales y secundarios, ramas productivas e improductivas, flores, peso y tamaño de los frutos, rendimientos y costos asociados. Los tratamientos T1 (210 kg de N ha⁻¹ + 165 kg de K₂O ha⁻¹) y T3 (350 kg de N ha⁻¹ + 165 kg de K₂O ha⁻¹) incrementaron ramas improductivas, mostrando menor desempeño general. En contraste, T2 (210 kg de N ha⁻¹ + 275 kg de K₂O ha⁻¹) optimizó brotes, ramas productivas y flores, mientras que T4 (350 kg de N ha⁻¹ + 275 kg de K₂O ha⁻¹) mejoró el tamaño y el peso de los frutos. Sin embargo, T2 destacó con un rendimiento de 11,039.53 kg ha⁻¹ (11.04 t) y rentabilidad del 110.28 %, ofreciendo beneficios económicos significativos para agricultores.

Palabras clave: fertilidad del suelo; frutales; nutrición vegetal; subtropicales

ABSTRACT

Nitrogen (N) is essential for optimal crop development, while potassium (K) plays a key role in protein synthesis and the water and ion balance of plants, influencing their productivity. This study evaluated the effectiveness of N and K application in blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) cultivation under subtropical conditions. Five treatments with four replicates were implemented in a randomized block design (RBD), and the results were statistically analyzed using Tukey's test ($p < 0.05$). Fertilization was applied to the soil, and agronomic variables such as the number of main and secondary shoots, productive and unproductive branches, flowers, fruit weight and size, yields, and associated costs were measured. Treatments T1 (210 kg of N ha⁻¹ + 165 kg of K₂O ha⁻¹) and T3 (350 kg of N ha⁻¹ + 165 kg of K₂O ha⁻¹) increased unproductive branches, showing lower overall performance. In contrast, T2 (210 kg of N ha⁻¹ + 275 kg of K₂O ha⁻¹) optimized shoots, productive branches, and flowers, while T4 (350 kg of N ha⁻¹ + 275 kg of K₂O ha⁻¹) improved fruit size and weight. However, T2 stood out with a yield of 11,039.53 kg ha⁻¹ (11.04 t) and profitability of 110.28 %, offering significant economic benefits for farmers.

Keywords: soil fertility; fruit trees; plant nutrition; subtropical crops

Cómo citar / Citation: Salazar Saltos, A. E. & Chusin Ayala, C.R. (2025). Eficiencia agronómica y productiva del cultivo mora (*Rubus Glaucus* Benth.) con la aplicación de nitrógeno y potasio en condiciones subtropicales de Ecuador. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, 5(1), e128. <https://doi.org/10.56926/repia.v5i1.128>

Editor: Dr. Fred William Chu Koo 

Recibido: 17/09/2025

Aceptado: 01/04/2026

Publicado: 20/04/2026

* alex.salazar5584@utc.edu.ec (autor de correspondencia)



© Authors. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de mora (*Rubus glaucus* Benth.) en Ecuador abarca 4,046 ha, concentrada en la ruta interandina con provincias como Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi, Carchi e Imbabura como epicentros (C.Liu et al., 2023). Variedades como mora de Castilla, INIAP, Colombiana y de Brazo destacan por su resiliencia subtropical, impulsando un sector con potencial exportador que genera ingresos vitales (X.-M. Liu et al., 2022). Sin embargo, la variabilidad climática amenaza esta expansión y demanda innovaciones en el manejo nutricional para sostener rendimientos estables (Saito et al., 2020). En la región subtropical del Ecuador, la variabilidad climática altera la dinámica de nutrientes del suelo, ya que las precipitaciones elevadas incrementan la pérdida de nitrógeno por lixiviación, mientras que los periodos de sequía reducen la humedad edáfica, lo que limita la difusión iónica y la absorción radicular de potasio, lo que condiciona la respuesta agronómica del cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth.), incluso en genotipos mejorados.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (2022) documenta rendimientos variables: Cotopaxi lidera con 10.15 t ha⁻¹, Tungurahua (9.89 t ha⁻¹) y Bolívar (9.01 t ha⁻¹) siguen de cerca, contrastando con Chimborazo (5.27 t ha⁻¹) e Imbabura (3.58 t ha⁻¹). Estos patrones resaltan cómo el clima, las técnicas agronómicas y la genética moldean la eficiencia, posicionando a Cotopaxi como modelo económico pese a su menor extensión (E. Liu et al., 2023). Tales disparidades invitan a estrategias fertilizantes que optimicen los recursos locales (Pilco, 2023).

La mora se posiciona como fruta icónica en Ecuador, generando 1.8 empleos directos por hectárea y anclando la agricultura familiar en comunidades rurales (Latchem et al., 2021). Precios en mercados como Sarahuasi, Guarumal y Galápagos (\$0.70–1.10 por kilo) contrastan con las ganancias de los intermediarios (\$1 por kilo), lo que evidencia brechas en la cadena de valor que erosionan los beneficios de los productores (Sandhu et al., 2021). Esta dinámica subraya la urgencia de intervenciones que equilibren la equidad y la productividad (Song et al., 2025).

Ubicado en Chiquinquirá, parroquia Chugchilán, Cantón Sigchos, Cotopaxi, a 1,650 ms.n.m., este estudio explora la fertilización en suelos ácidos subtropicales, un nicho subexplorado (Cerdeira & Cifuentes, 2012). La escasez de evidencia sobre combinaciones N/K en estas altitudes limita los avances, pese a su rol en mitigación climática (X.-M. Liu et al., 2022). Esta investigación avanza al validar dosis adaptadas, lo que promete elevar la resiliencia productiva (Tang et al., 2025).

El objetivo es discernir la dosis óptima de nitrógeno y potasio que eleve rendimiento y rentabilidad, entregando herramientas prácticas a agricultores (C. Liu et al., 2023). La hipótesis anticipa que balances moderados de N y K superen dosis extremas, fomentando la sostenibilidad (Véliz & Seni, 2022).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y duración del ensayo

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el sector de Chiquinquirá de la Parroquia Chugchilán del Cantón Sigchos, Cotopaxi, Ecuador. Su ubicación geográfica tiene las siguientes coordenadas: latitud x= 9902427, longitud y= 717584, con altura de 1,650 ms.n.m. La investigación

tuvo una duración de 150 días. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, evaluando variables agronómicas y económicas mediante Tukey ($p < 0.05$).

2.2. Material vegetal

La investigación empleó la variedad de mora colombiana (*Rubus glaucus* Benth.), seleccionada por su rusticidad y ausencia de espinas, características que facilitan el manejo agrícola (E. Liu et al., 2023). Esta variedad se caracteriza por rasgos morfológicos favorables, como la ausencia de espinas, lo que optimiza las labores de cosecha al reducir los riesgos para los recolectores y disminuir los tiempos de cosecha. Desde el punto de vista fenológico, presenta un comportamiento precoz, lo que permite una entrada temprana en producción. En términos de calidad, los frutos muestran mayor firmeza y una adecuada concentración de azúcares solubles de 10.09° Brix, atributos valorados por los productores debido a la recuperación más rápida de la inversión, la reducción de las pérdidas en postcosecha y su mayor aceptación tanto en los mercados locales como en la agroindustria.

2.3. Fuentes minerales empleados en la investigación

Las fuentes minerales utilizadas fueron urea (46 % N, nitrógeno en forma amídica) y cloruro de potasio (60 % K_2O), seleccionadas como principales aportantes de nitrógeno y potasio para el cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth.). De manera complementaria, se empleó fosfato diamónico (DAP; 18 % N y 46 % P_2O_5) con fines de mantenimiento nutricional, dado que el análisis químico del suelo no evidenció deficiencias de fósforo. Las dosis se ajustaron en función de la interpretación del análisis de suelo y de las necesidades fisiológicas del cultivo, priorizando la fertilización nitrogenada y potásica según lo detallado en la **Tabla 1**. Las aplicaciones se realizaron de forma edáfica cada 15 días; la urea y el DAP se suministraron hasta la etapa de floración, mientras que el cloruro de potasio se aplicó hasta la cosecha, en concordancia con la mayor demanda de K durante el llenado y la maduración del fruto.

Tabla 1.

Requerimiento nutricional del cultivo de mora colombiana (Rubus glaucus Benth.).

Fuentes	Dosis en base a las necesidades del cultivo (kg/ha/año)				
	T1:	T2:	T3:	T4:	T5:
	210 ^N + 165 ^{K₂O}	210 ^N + 275 ^{K₂O}	350 ^N + 165 ^{K₂O}	350 ^N + 275 ^{K₂O}	Testigo
Urea	440	440	740	740	0
Cloruro de potasio	230	380	230	380	0
DAP	50	50	50	50	0

El análisis de suelo identificó una deficiencia de boro, evidenciada por vacíos en las drupas, que se corrigió mediante aplicaciones edáficas de boro (10%) y micronutrientes foliares en dosis uniformes, con el fin de evitar que este micronutriente actuara como factor limitante del rendimiento (E. Liu et al., 2023). Una vez corregido este desbalance en todas las unidades experimentales, la investigación se enfocó en la fertilización nitrogenada y potásica, dado que el nitrógeno y el potasio son macronutrientes determinantes en procesos fisiológicos clave del cultivo de mora (*Rubus glaucus*

Benth.), como la diferenciación floral, el cuajado, el transporte de fotoasimilados y el llenado del fruto. La persistencia de drupas incompletas y bajo llenado de frutos observada en campo indicó que las limitaciones productivas no respondían exclusivamente a deficiencias de micronutrientes, sino a la necesidad de optimizar la nutrición con N y K. Por ello, se emplearon fuentes minerales de nitrógeno y potasio con el propósito de evaluar su efecto sobre la uniformidad del fruto y el rendimiento, una vez controlado el factor boro.

2.4. Diseño de la investigación

El experimento se estableció bajo un Diseño de Bloques completos al Azar (DBCA), con cinco tratamientos (**Tabla 2**) y cuatro repeticiones por tratamiento, conformando un total de 20 unidades experimentales. Cada unidad experimental ocupó un área de 147.20 m² y estuvo compuesta por 20 plantas de mora, distribuidas en tres hileras, con una distancia de 3.30 m entre hileras y de 2.30 m entre plantas. Para la evaluación de las variables agronómicas se consideró la planta central como unidad de muestreo, con el fin de minimizar el efecto de borde. El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia del 5 %, utilizando el software estadístico InfoStat.

Tabla 2.

Esquema experimental del estudio.

Tratamiento	Descripción	Dosis
T1	Dosis baja de N + Dosis baja de K	210 kg de N ha ⁻¹ + 165 kg de K ₂ O ha ⁻¹
T2	Dosis baja de N + Dosis alta de K	210 kg de N ha ⁻¹ + 275 kg de K ₂ O ha ⁻¹
T3	Dosis alta de N + Dosis baja de K	350 kg de N ha ⁻¹ + 165 kg de K ₂ O ha ⁻¹
T4	Dosis alta de N + Dosis alta de K	350 kg de N ha ⁻¹ + 275 kg de K ₂ O ha ⁻¹
T5	Testigo Absoluto	

2.5. Variables evaluadas

En esta investigación se evaluaron seis plantas por tratamiento, y se midieron diversas variables. Se contaron los brotes principales y secundarios a los 15 y 43 días posfertilización, y las ramas productivas e improductivas a los 30 y 57 días después de una poda. A los 45 días, se contó el número de flores en seis plantas seleccionadas. A los 85 días, se midieron el peso, diámetro y longitud de 15 frutos al azar por unidad experimental. Finalmente, el rendimiento se calculó en kg/ha a partir del peso total de los frutos recolectados.

$$\text{kg ha}^{-1} = (\text{rendimiento por parcela útil (kg)} \times 10000 \text{ m}^2) / (\text{área de la parcela útil m}^2)$$

2.6. Análisis de costos e ingresos de los tratamientos en estudio

El análisis económico de los tratamientos consideró el rendimiento en kg/ha, ingresos por venta, y costos fijos y variables. Se calculó el beneficio neto (BN) restando los costos totales (CT) de los ingresos brutos (IB), y se determinó la rentabilidad mediante la relación costo/beneficio (B/C) y el retorno de la inversión (ROI). Las fórmulas utilizadas fueron: $CT = X + PX$, $IB = Y \times PY$, $BN = IB - CT$, $B/C = BN/CT$ y $ROI = (BN/CT) \times 100$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento observado del cultivo de mora frente a la fertilización nitrogenada puede atribuirse a la mayor disponibilidad de formas asimilables de nitrógeno en el suelo, que favorece procesos fisiológicos clave como la formación de clorofila y el incremento de la actividad fotosintética. Este efecto se traduce en un mayor crecimiento vegetativo y en una mejor diferenciación de estructuras reproductivas, lo que coincide con reportes previos que destacan la estrecha relación entre la nutrición nitrogenada y la acumulación de biomasa en frutales (Cerdeira & Cifuentes, 2012).

Adicionalmente, la combinación de aplicaciones edáficas habría mejorado la eficiencia de absorción del nitrógeno, al sincronizar la oferta del nutriente con la demanda del cultivo minimizando las pérdidas por procesos como la volatilización o la lixiviación. Este comportamiento ha sido documentado por Tang et al. (2025), quienes señalan que este tipo de estrategias de fertilización constituye una estrategia eficaz para optimizar el aprovechamiento del nitrógeno en sistemas agrícolas intensivos.

En cuanto al potasio, los resultados obtenidos evidencian su papel determinante en el rendimiento y la calidad del fruto, lo cual puede explicarse por su participación en la regulación del balance hídrico, el transporte de carbohidratos y la eficiencia metabólica de la planta. Una nutrición potásica adecuada contribuye, además, a una mayor tolerancia frente a condiciones de estrés hídrico, aspecto clave en sistemas frutícolas, tal como lo reportan Véliz & Seni (2022).

La aplicación edáfica del potasio permitió mantener una disponibilidad sostenida del nutriente en la zona radicular, favoreciendo su absorción y su eficacia agronómica, en concordancia con estudios recientes que resaltan la importancia de esta vía de suministro para maximizar la respuesta productiva del cultivo (Song et al., 2025).

Al finalizar, la materia orgánica incrementó en todos los tratamientos: T1 (5.6 %), T2 (5.5 %), T3 (5.3 %), T4 (6.1 %) y testigo (5.4 %), mientras el pH permaneció ácido en T1, T2 y T3, y medianamente ácido en T4 y testigo. El nitrógeno alcanzó niveles altos en T2, T3 y T4, el fósforo se mantuvo elevado, y el potasio aumentó a 1.22, 1.75, 1.15 y 1.38 meq/100 g en T1, T2, T3 y T4, respectivamente, ajustando desequilibrios nutricionales.

La presencia de nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+) modificó el pH al nitrificarse a nitrato (NO_3^-), generando protones (H^+) que acidificaron el suelo y afectaron la actividad microbiana y la descomposición de la materia orgánica (Tang et al., 2025).

Antes de la fertilización, los niveles de nitrógeno fueron bajos, pero tras aplicar el tratamiento T5, se observó un aumento atribuible a las características del relieve y a factores ambientales como la humedad.

Tabla 3.

Comparación del análisis de suelo.

Valores	M.O (%)	pH	NH ₄ (ppm)	P (ppm)	K (meq/100 g)	B (ppm)
Inicial	4.9m	6.3ac	10b	77a	0.40m	0.47b
Final T1	5.6a	5.2ac	18 b	64 a	1.22 a	0.27b
Final T2	5.5a	5.2ac	57a	65a	1.75a	0.58m
Final T3	5.3a	5.1ac	67a	53a	1.15a	0.53m
Final T4	6.1a	5.8me	161a	95a	1.38a	0.47b
Testigo	5.4a	5.9me-ac	22m	73a	0.35m	0.25b

* Alto(a), medio(m), medianamente ácido (me ac), ácido(ac), bajo(b), medio(m).

3.1. Números de brotes principales

En la **Tabla 4** se evidencia que el tratamiento T2 (alta dosis de N y K₂O: 210 kg de N ha⁻¹ + 275 kg de K₂O ha⁻¹) fue significativamente superior al resto en el número de brotes principales, tanto a los 15 como a los 43 días, registrando promedios de 4 y 7 brotes, respectivamente, lo que indica una respuesta vigorosa del cultivo a la nutrición balanceada. Este efecto coincide con lo reportado por Bautista-Montealegre et al. (2021), quienes hallaron que la aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en *R. glaucus* incrementaba dramáticamente la producción de brotes y mejoraba la respuesta fisiológica frente a la antracnosis. Del mismo modo, Zhao et al. (2023) reportaron que el tratamiento tres basado en la aplicación combinada vía drench y edáfica, alcanzó un promedio de 10.98 brotes principales. Dicho tratamiento incluyó la aplicación de nitrato de amonio 4 L/planta + yaramila 25 g/planta, nitrato de potasio 2 L/planta + urea 50 g/planta, nitrato de calcio 4 L/planta + yaramila 25 g/planta, nitrato de potasio 2 L/planta + urea 50 g/planta + DAP 100 g/planta. Estos resultados confirman que una adecuada disponibilidad de nitrógeno favorece el desarrollo temprano de los brotes, sentando las bases para una mayor carga productiva en el cultivo de mora.

El análisis estadístico revela que la diferencia observada en el número de brotes bajo T2 no solo es numérica, sino también significativa, según el diseño experimental y la prueba de comparación múltiple ($p > 0.05$ para medias con letra común), lo que refuerza la importancia del balance nutricional en dosis óptimas. Este hallazgo tiene implicaciones prácticas: elegir dosis altas de N y K₂O puede acelerar el establecimiento del cultivo, favorecer brotes sanos y posiblemente aumentar el rendimiento total, siempre que se mantenga un manejo integrado del suelo y del agua para evitar los efectos negativos de acumulación de sales.

3.2. Número de brotes secundarios

En la **Tabla 4** se observa que el número de brotes secundarios varió de manera significativa según la dosis de fertilización aplicada. A los 15 días, el tratamiento T2 (dosis baja de N + dosis alta de K₂O) alcanzó el mayor promedio con 83.25 brotes, lo que evidencia el rol determinante del potasio en la inducción temprana de las yemas laterales. En contraste, a los 43 días, fue el T3 (dosis alta de N + dosis baja de K₂O) el que presentó el valor más elevado, con 118.5 brotes, lo que indica que el nitrógeno adquiere mayor relevancia en fases posteriores del desarrollo vegetativo. Este

comportamiento sugiere que la interacción entre nitrógeno y potasio es dinámica y depende del estado fenológico de la planta, favoreciendo primero la brotación inicial y luego el sostenimiento del crecimiento vegetativo. De acuerdo con Ayala-Sánchez et al. (2015), una nutrición balanceada en mora de Castilla promueve el vigor de los tejidos jóvenes y la diferenciación de las yemas, lo que podría explicar los resultados observados en el presente estudio.

De forma complementaria, investigaciones recientes han confirmado que la combinación de nutrientes potencia el desarrollo vegetativo en especies perennes. Song et al. (2025) reportaron que la aplicación conjunta de NPK incrementa de manera significativa la formación y persistencia de estructuras vegetativas, resaltando el papel del potasio en la brotación inicial y del nitrógeno en la elongación y el mantenimiento de los brotes. Asimismo, Bautista-Montealegre et al. (2021) demostraron que la fertilización con N, P, K y Ca en la mora no solo mejora el crecimiento vegetativo, sino que también fortalece la resistencia frente a enfermedades, garantizando la supervivencia de los brotes secundarios a lo largo del ciclo. En este contexto, los resultados del presente estudio confirman que la planeación de programas de fertilización diferenciados en función del estado fenológico es clave para maximizar la productividad y asegurar la sostenibilidad agro productiva en las condiciones de la zona alta del cantón La Maná.

Tabla 4.

Número de brotes primarios y secundarios con la aplicación de N y K en el cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.)

Tratamientos	Numero de brotes principales		Numero de brotes secundarios	
	15 días	43 días	15 días	43 días
T2: Dosis baja de N + Dosis alta de K	4 a	7 a	8325 a	105.25 ab
T4: Dosis alta de N + Dosis alta de K	2.75 b	6 ab	62.75 ab	91.25 b
T3: Dosis alta de N + Dosis baja de K	2.5 b	5 bc	63 ab	118.5 a
T1: Dosis baja de N + Dosis baja de K	2.5 b	4 c	50 b	64 c
T5: Testigo Absoluto	1.5 c	275 d	42b	59.75 c
C.V.%	11.93	12.52	16.39	9.36

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

3.3. Números de ramas productivas

La **Tabla 5** evidencia el efecto de los tratamientos sobre el número de ramas productivas, destacando el T2 como el más efectivo en ambas evaluaciones: 13 ramas a los 30 días y 22 a los 57 días (Sánchez et al., 2020). Esta respuesta se atribuye a la combinación de nitrógeno y potasio, que optimizó el crecimiento vegetativo (Tang et al., 2025).

El análisis estadístico confirmó que el T2, con fertilización de $210 \text{ kg de N ha}^{-1} + 275 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, superó a los demás, mostrando promedios significativamente superiores ($p < 0.05$) (X.-M. Liu et al., 2022). La disponibilidad de nitrógeno, junto con agua adecuada y una poda efectiva, estimuló la

producción de ramas, lo que se alinea con estudios que vinculan estos factores con el desarrollo foliar (Sandhu et al., 2021).

Comparadas con datos previos, las 13 y 22 ramas del T2 excedieron las 5.6 y 7 ramas reportadas por Guamán (2023) con 300 kg ha⁻¹ de nitrato de amonio, sugiriendo que dosis balanceadas de N y K son más eficientes que aplicaciones masivas de nitrógeno solo (Pilco, 2023). Esta superioridad refuerza la hipótesis de una fertilización optimizada (Véliz & Seni, 2022).

Tabla 5.

Número de ramas improductivas con la aplicación de N y K en el cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.).

Tratamientos	Número de ramas productivas	
	30 días	57 días
T2: Dosis baja de N + Dosis alta de K	13 a	22 a
T1: Dosis alta de N + Dosis baja de K	10 b	13 d
T3: Dosis alta de N + Dosis alta de K	8.25 bc	15 c
T4: Dosis baja de N + Dosis baja de K	7.5 c	17.75 b
T5: Testigo Absoluto	4.5 d	8 e
C.V.%	11.07	3.51

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

3.4. Número de flores

La **Tabla 6** ilustra el efecto de los tratamientos sobre el número de flores a los 45 días, con el T2 (dosis baja de N + alta de K) alcanzando 941.25 flores, lo que demuestra que un plan de fertilización balanceado acelera el brote de botones florales y potencia la floración (Boonterm et al., 2013). Esta superioridad resalta el papel del potasio en la translocación de azúcares hacia los órganos reproductivos (G. Liu et al., 2023).

En comparación con estudios previos, el número de flores registrado en este estudio supera ampliamente los valores de 4.6 y 3 flores reportados por Sandhu et al. (2021) bajo esquemas de fertilización orgánica con bioles (1.25–3.75 cm³/L), lo que indica que la fertilización química balanceada, particularmente en nitrógeno y potasio, presenta mayor eficiencia en la inducción floral del cultivo de *R. glaucus* (Ye et al., 2025).

Estos resultados refuerzan la importancia de la fertilización en etapas clave, donde el T2 no solo incrementó el número de flores, sino que anticipó la maduración reproductiva, alineándose con hallazgos en cultivos andinos donde el potasio mitiga deficiencias de nitrógeno (Manokieng & Jampeetong, 2025). La variabilidad observada (CV 9.97%) indica robustez del diseño, lo que invita a repeticiones en condiciones similares (Li et al., 2022).

3.5. Peso del fruto (g)

Los tratamientos T4 (350 kg de N ha⁻¹ + 275 kg de K₂O ha⁻¹) y T2 (210 kg de N ha⁻¹ + 275 kg de K₂O ha⁻¹) destacaron en el peso del fruto, con promedios de 6.15 g y 5.93 g, respectivamente, según datos de la tabla 6 ($p < 0.05$, Tukey), evidenciando que combinaciones altas de potasio con nitrógeno

moderado-alto optimizan el desarrollo frutal (G. Liu et al., 2023). Este efecto sugiere un balance nutricional que mejora la acumulación de sólidos en los frutos (Ye et al., 2025).

El análisis estadístico confirmó la superioridad del T4, con 6.15 g por fruto, seguido por T2 con 5.93 g, superando los 5.78 g reportados con dosis comerciales más 1.5 t ha⁻¹ de ecoabono (Boonterm et al., 2013). La contribución del nitrógeno al peso frutal, como señala literatura agronómica, se potenció con potasio, superando enfoques basados solo en N (Manokieng & Jampeetong, 2025).

Comparado con estudios previos, el T4 y T2 excedieron resultados de Pilco (2023), quien reportó 6.07 g con aplicaciones drench y edáficas en T3, indicando que dosis más altas de N y K en T4 ofrecen ventajas competitivas (Li et al., 2022). Esta diferencia resalta la importancia de ajustar fertilización según variedades y ciclos, adaptándose a suelos subtropicales (Luo et al., 2015).

3.6. Longitud del fruto (cm)

En la **Tabla 6** se evidencia el efecto de los tratamientos sobre la longitud del fruto, con T4 y T2 destacando con promedios de 2.48 cm y 2.38 cm, respectivamente ($p < 0.05$, Tukey), sugiriendo que dosis elevadas de potasio combinadas con nitrógeno moderado-alto favorecen el alargamiento frutal (Li et al., 2022). Esta tendencia refleja la influencia del manejo nutricional en variedades subtropicales (Ye et al., 2025).

El análisis estadístico, detallado en la tabla, confirmó la superioridad de T4 (2.48 cm) y T2 (2.38 cm), superando otros tratamientos y alineándose con factores como tipo de suelo y fertilización (Manokieng & Jampeetong, 2025). Comparado con Saito et al. (2020), que reportaron 2.57–2.68 cm en diferentes altitudes, los valores actuales son competitivos, destacando la adaptabilidad de la mora colombiana a estas dosis (Luo et al., 2015).

La **Tabla 6**, que presenta las medias con letras comunes no significativamente diferentes ($p > 0.05$), refuerza la consistencia de T4 y T2, indicando que el potasio optimiza el crecimiento celular, mientras el nitrógeno sostiene la biomasa (Boonterm et al., 2013). Estos hallazgos abren nuevas perspectivas para estandarizar la fertilización en suelos ácidos de Cotopaxi (G. Liu et al., 2023).

3.7. Rendimiento de producción kg ha⁻¹

La **Tabla 6** muestra el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de producción a los 85 días, con el T2 (210 kg de N ha⁻¹ + 275 kg de K₂O ha⁻¹) alcanzando 11,039.53 kg ha⁻¹ (11.04 t ha⁻¹), el más alto entre todos ($p < 0.05$, Tukey), destacando la eficiencia de dosis moderada de nitrógeno combinada con alta de potasio en condiciones subtropicales (C. Liu et al., 2023). Este rendimiento refleja una optimización nutricional que mitiga las limitaciones climáticas (E. Liu et al., 2023).

El análisis estadístico confirmó diferencias significativas, con T2 superando a T4 (9,713.04 kg ha⁻¹), T3 (8,177 kg ha⁻¹), T1 (5,447.26 kg ha⁻¹) y testigo (4,499.4 kg ha⁻¹), alineándose con rangos reportados de 6–16 t ha⁻¹ en cultivos convencionales y hasta 30 t ha⁻¹ en sistemas tecnificados (Latchem et al., 2021). Comparado con 10.15 t ha⁻¹ en Cotopaxi (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022), T2 representa un avance práctico para las regiones interandinas (Pilco, 2023).

Estos resultados difieren de reportes previos como 23.93 kg/planta (E. Liu et al., 2023), pero superan promedios reportados en ensayos con fertilización desbalanceada, donde temperaturas bajas

reducen el tamaño frutal y el rendimiento (X.-M. Liu et al., 2022). La superioridad del T2 sugiere que factores como el clima y manejo genético influyen, pero la fertilización balanceada eleva la productividad hasta 11 t ha⁻¹ en los suelos ácidos (Sandhu et al., 2021).

Tabla 6.

Efecto de la aplicación de nitrógeno (N) y potasio (K) sobre variables productivas del cultivo de mora (Rubus glaucus Benth.).

Tratamientos	Número de flores	Peso del fruto (g)	Longitud del fruto (cm)	Longitud del fruto (cm)	Rendimiento kg ha ⁻¹
	45 días	85 días	85 días	85 días	85 días
T2: Dosis baja de N + Dosis alta de K	941.25 a	6.15 a	2.38 a	2.38 a	11,039.53 a
T4: Dosis alta de N + Dosis alta de K	824.5 ab	824.5 ab	2.48 a	2.48 a	9,713.04 a
T3: Dosis alta de N + Dosis baja de N	756 bc	4.80 b	1.85 b	1.85 b	8,177 b
T1: Dosis baja de N + Dosis baja de K	658 c	4.58 b	1.85 b	1.85 b	5,447.26 b
T5: Testigo Absoluto	431 d	3.65 c	1.38 c	1.38 c	1,449.94 c
C.V.%	9.97	4.94	3.47	3.47	10.45

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05).

3.8. Análisis económico

El análisis económico evaluó costos anuales de materiales, equipo, mano de obra, fertilizantes (por kg ha⁻¹) y fungicidas (ha año⁻¹) frente a ingresos por 1 kg de mora en el mercado de Quito, destacando el T2 con una producción de 11,039.53 kg ha⁻¹, generando ingresos totales de USD 17,663.25 (p<0.05, ANOVA) Este rendimiento refleja una rentabilidad del 110.28%, superando otros tratamientos El T2 optimizó costos al alinear fertilización con análisis nutricional del suelo, evitando pérdidas económicas observadas en T1, T3 y T4, donde desbalances redujeron rendimientos. Comparado con enfoques genéricos, esta estrategia específica incrementó márgenes, respaldando la viabilidad económica en suelos ácidos de Cotopaxi La rentabilidad del T2 contrasta con tratamientos menos eficientes, donde fungicidas y fertilizantes excesivos elevaron los gastos sin proporcionalidad en los ingresos Estos resultados subrayan que un manejo basado en requerimientos nutricionales y monitoreo del suelo maximiza los beneficios, ofreciendo un modelo replicable para los agricultores locales.

CONCLUSIONES

El tratamiento T2 destacó por sus superiores variables agronómicas, evidenciando un mayor número de brotes principales y secundarios, ramas productivas y flores, lo que resalta su eficacia en la optimización del desarrollo vegetativo y reproductivo. Por su parte, el T4 sobresalió en peso, diámetro y longitud de los frutos, demostrando que dosis elevadas de nitrógeno potencian el

tamaño frutal. En contraste, T1 y T3 registraron un incremento en ramas improductivas y un desempeño general menor, reflejando desbalances nutricionales. El T4 produjo frutos más grandes y pesados, pero su rendimiento ($9,713.04 \text{ kg ha}^{-1}$) quedó por debajo del T2 ($11,039.53 \text{ kg ha}^{-1}$), sugiriendo que el exceso de nitrógeno no siempre se correlaciona con mayores cosechas. Aunque T2 no mostró diferencias significativas en tamaño y peso frente a T4, estos resultados indican que dosis moderadas de nitrógeno combinadas con alto potasio son suficientes para maximizar rendimientos, reduciendo costos y riesgos ambientales. El mejor rendimiento se logró con T2, alcanzando $11,039.53 \text{ kg ha}^{-1}$ (11.04 t ha^{-1}) mediante 210 kg N ha^{-1} y $275 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$, superando ampliamente a los demás tratamientos, donde desbalances N/K limitaron la productividad.

Bajo un enfoque agronómico, la investigación alcanzó su objetivo al evidenciar que la respuesta del cultivo de *R. glaucus* a la fertilización con N y K, no está determinada por la aplicación excesiva de nitrógeno, sino por un balance nutricional adecuado. El T2 demostró que niveles moderados de N, en combinación con altas dosis de K, favorecen el desarrollo vegetativo y reproductivo, incrementan el rendimiento y contribuyen a una producción más eficiente y sostenible en condiciones subtropicales.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización y análisis formal: Salazar-Saltos, A. E.

Investigación: Salazar-Saltos, A. E. y Chusin-Ayala, C.R.

Metodología, administración de proyecto y supervisión: Salazar-Saltos, A. E.

Validación: Chusin-Ayala, C.R.

Visualización: Salazar-Saltos, A. E.

Redacción –borrador original y redacción –revisión y edición: Salazar-Saltos, A. E. y Chusin-Ayala, C.R.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayala-Sánchez, L. C., Valenzuela, C. P., & Bohórquez, Y. (2015). Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en seis estados de madurez. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 10–18.
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteologia/article/view/306>

Bautista-Montealegre, L. G., Bolaños-Benavides, M. M., Argüelles-Cárdenas, J. H., & Fischer, G. (2021). Blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) fertilized with nitrogen, phosphorus, potassium and calcium: Effect on anthracnose under controlled conditions. *Trends in Horticulture*, 4(1), 45.
<https://doi.org/10.24294/th.v4i1.1799>

- Boonterm, V., Silapapun, A., & Boonkerd, N. (2013). Effects of nitrogen, potassium fertilizers and clusters per vine on yield and anthocyanin content in cabernet sauvignon grape. *Acta Horticulturae*, 984, 435–442. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.984.54>
- Cerda, J., & Cifuentes, L. (2012). Uso de curvas ROC en investigación clínica: Aspectos teórico-prácticos. *Revista Chilena de Infectología*, 29(2), 138–141. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182012000200003>
- Latchem, E., Madliger, C. L., Abrams, A. E. I., & Cooke, S. J. (2021). Does artificial light at night alter the subsequent diurnal behavior of a Teleost fish? *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(2), 71. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05023-4>
- Li, J., Hu, W., Lu, Z., Meng, F., Cong, R., Li, X., Ren, T., & Lu, J. (2022). Imbalance between nitrogen and potassium fertilization influences potassium deficiency symptoms in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) leaves. *The Crop Journal*, 10(2), 565–576. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.06.001>
- Liu, C., Hu, J., Li, Y., Zhao, S., Li, Q., Zhang, W., & Zhao, M. (2023). Numerical simulation of the trajectory of UAVs electrostatic droplets based on VOF-UDF electro-hydraulic coupling and high-speed camera technology. *Agronomy*, 13(2), 512. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020512>
- Liu, E., Zhou, G., He, Q., Wu, B., & Lv, X. (2023). Predrought and its persistence determined the phenological changes of *Stipa krylovii* in Inner Mongolia. *Agronomy*, 13(5), 1345. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051345>
- Liu, G., Simonne, E. H., Morgan, K. T., Hochmuth, G., Agehara, S., Mylavarapu, R., & Frey, C. (2023). Chapter 2. Fertilizer management for vegetable production in Florida. *EDIS*. <https://doi.org/10.32473/edis-cv296-2023>
- Liu, X.-M., Tan, J.-P., Cheng, S.-Y., Chen, Z.-X., Ye, J.-B., Zheng, J.-R., Xu, F., Zhang, W.-W., Liao, Y.-L., & Yang, X.-Y. (2022). Comparative transcriptome analysis provides novel insights into the molecular mechanism of berberine biosynthesis in *Coptis chinensis*. *Scientia Horticulturae*, 291, 110585. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110585>
- Luo, Z., Wang, Y., Jiang, L., & Xu, X. (2015). Effect of nano-CaCO₃-LDPE packaging on quality and browning of fresh-cut yam. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 1155–1161. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.021>
- Manokieng, M., & Jampeetong, A. (2025). Growth, morphology, and nitrogen uptake adaptivity of *Phragmites karka* in response to nitrogen forms and oxygen availability. *Aquatic Botany*, 201, 103918. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2025.103918>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). *Estadísticas de producción agrícola 2022*. Quito, Ecuador. <https://www.agricultura.gob.ec/estadisticas>
- Pilco, S. (2023). *Evaluación de tres formas de fertilización en el cultivo de mora de castilla (Rubus glaucus Benth.)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Saito, S., Obenland, D., & Xiao, C.-L. (2020). Influence of sulfur dioxide-emitting polyethylene packaging on blueberry decay and quality during extended storage. *Postharvest Biology and Technology*, 160, 111045. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111045>
- Sandhu, R. K., Boyd, N. S., Zotarelli, L., Agehara, S., & Peres, N. (2021). Effect of planting density on the yield and growth of intercropped tomatoes and peppers in Florida. *HortScience*, 56(2), 286–290. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15567-20>

- Song, J., Yang, H., Yu, X., Chen, Y., Yang, C., He, Y., & Wang, H. (2025). Effects of combined application of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers on seed yield, seed quality and economic returns of *Elymus nutans* in alpine region. *BMC Plant Biology*, *25*(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06126-4>
- Tang, S., Pan, W., Yang, Y., Luo, Z., Wanek, W., Kuzyakov, Y., Marsden, K. A., Liang, G., Chadwick, D. R., Gregory, A. S., Wu, L., Liang, Y., Ma, Q., & Jones, D. L. (2025). Soil carbon sequestration enhanced by long-term nitrogen and phosphorus fertilization. *Nature Geoscience*, *18*(10), 1005–1013. <https://doi.org/10.1038/s41561-025-01789-y>
- Véliz, C., & Seni, O. (2022). Determination of nitrogen and phosphorus in Chone River waters under agricultural fertilization. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, *7*(2), 1–10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9227626>
- Ye, T., Zhang, H., Liu, Z., Ding, H., Chen, G., & Yang, C. (2025). Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium deficiency on growth, nutrient absorption and distribution of rubber seedling. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, *4*, 171–179. <https://doi.org/https://doi.org/10.19336/j.cnki.trtb.2025.04.015>
- Zhao, H., Wu, Y., Wu, W., Li, W., & Jin, Y. (2023). Screening and evaluation of excellent blackberry cultivars and strains based on nutritional quality, antioxidant properties, and genetic diversity. *Plants*, *12*(16), 2982. <https://doi.org/10.3390/plants12162982>