



# Efecto de las condiciones edafoclimáticas y altitudinales sobre compuestos bioactivos en mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.) en la provincia de Tungurahua

## Effect of soil and climate conditions and altitude on bioactive compounds in mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.) in the province of Tungurahua

Pomboza Tamaquiza Pedro Pablo<sup>1</sup> , Villacís Aldaz Luis Alfredo<sup>1\*</sup> , Villacrés Poveda Clara Elena<sup>2</sup> ,  
Guerrero Cando David Aníbal<sup>1</sup> , Curay Quispe Segundo Euclides<sup>1</sup>

### Datos del Artículo

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Ambato.  
Facultad de Ciencias Agropecuarias.  
Cantón Cevallos – Tungurahua.  
Casilla postal: 18-01-334.  
Ecuador.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.  
Estación Experimental Santa Catalina.  
Panamericana Sur Km. 1 vía Tambillo.  
Cantón Mejía, Provincia de Pichincha.  
Casilla postal: 18-01-334.  
Pichincha – Ecuador.

#### \*Dirección de contacto:

**Luis Alfredo Villacís Aldaz**  
Universidad Técnica de Ambato.  
Facultad de Ciencias Agropecuarias.  
Cantón Cevallos – Tungurahua.  
Casilla postal: 18-01-334.  
Tel: (593)-0990327329.  
Ecuador.

E. mail: [la.villacis@uta.edu.ec](mailto:la.villacis@uta.edu.ec)

#### Palabras clave:

Altitud,  
edafoclimáticas,  
isotiocianatos,  
compuestos bioactivos,  
*Tropaeolum tuberosum*,  
pisos térmicos.

*J. Selva Andina Biosph.*  
**2025; 13(1):21-29.**

ID del artículo: 154/JSAB/2024

### Historial del artículo

Recibido agosto, 2024.  
Devuelto diciembre, 2024.  
Aceptado febrero, 2025.  
Disponible en línea, mayo 2025.

*Editado por:*  
*Selva Andina*  
*Research Society*

#### Keywords:

Altitude,  
edaphoclimatic,  
isothiocyanates,  
bioactive compounds,  
*Tropaeolum tuberosum*,  
thermal floors.

### Resumen

La presente investigación evaluó el efecto de las condiciones edafoclimáticas y altitudinales sobre el contenido de compuestos bioactivos en tubérculos de (*Tropaeolum tuberosum*) variedad Zapallo. El estudio se llevó a cabo en tres pisos altitudinales: zona cálida (2064 msnm), templada (2865 msnm) y fría (3331 msnm), ubicadas en la provincia de Tungurahua, Ecuador. Se registraron variables climáticas como temperatura, humedad relativa y precipitación, y se analizaron parámetros fisicoquímicos del suelo. Las variables evaluadas incluyeron rendimiento, duración del ciclo de cultivo y contenido de compuestos como isotiocianatos, proteínas, almidón, azúcares, fibra y grasa. Los resultados indican que las zonas de mayor altitud, caracterizadas por temperaturas más bajas y suelos con alto contenido de materia orgánica, favorecieron un mayor contenido de isotiocianatos, mientras que las zonas bajas presentaron mayor contenido de carbohidratos. Se concluye que las condiciones edafoclimáticas influyen significativamente en la composición bioquímica de los tubérculos de mashua, lo cual puede guiar estrategias de cultivo con fines alimentarios o medicinales.

2025. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. Todos los derechos reservados.

### Abstract

This study evaluated the effect of soil, climate, and altitude conditions on the bioactive compound content of tubers of the squash variety (*Tropaeolum tuberosum*). The study was carried out at three altitudinal levels: warm (2064 masl), temperate (2865 masl), and cold (3331 masl), located in the province of Tungurahua, Ecuador. Climatic variables such as temperature, relative humidity, and precipitation were recorded, and soil physicochemical parameters were analyzed. The variables evaluated included yield, crop cycle length, and the content of compounds such as isothiocyanates, proteins, starch, sugars, fiber, and fat. The results indicate that higher altitude areas, characterized by lower temperatures and soils with high organic matter content, favored a higher isothiocyanate content, while lower altitude areas had a higher carbohydrate content. It is concluded that soil and climate conditions significantly influence the biochemical composition of mashua tubers, which can guide cultivation strategies for food or medicinal purposes.

2025. *Journal of the Selva Andina Biosphere*®. Bolivia. All rights reserved.



## Introducción

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de las condiciones edafoclimáticas y altitudinales sobre el contenido de compuestos bioactivos, especialmente isotiocianatos, en tubérculos de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.). El contenido de compuestos bioactivos en las plantas está fuertemente influenciado por las condiciones del entorno en que se desarrollan. Factores edafoclimáticos como la altitud, temperatura, humedad, precipitación y fertilidad del suelo afectan de forma directa la síntesis de metabolitos secundarios, que tienen funciones clave en la adaptación de las plantas a su ambiente, poseen propiedades nutricionales y medicinales de gran interés<sup>1,2</sup>. La comprensión de estas interacciones es fundamental para optimizar el aprovechamiento de cultivos andinos con potencial fitoquímico.

*T. tuberosum*, un tubérculo nativo de los Andes, cultivado tradicionalmente por comunidades indígenas y campesinas, como alimento, por sus propiedades medicinales<sup>3</sup>. Diversos estudios han reportado que contiene compuestos como isotiocianatos, antocianinas, flavonoides y otros metabolitos con capacidad antioxidante, antimicrobiana y efectos sobre la fertilidad masculina<sup>4,5</sup>. Estos compuestos varían entre variedades y entre condiciones ambientales, lo que refuerza la necesidad de investigar cómo el entorno influye en su presencia y concentración.

Los ecosistemas de altura, como los páramos y zonas templadas de los Andes, presentan condiciones extremas que obligan a las plantas a desarrollar respuestas fisiológicas particulares. Esto se traduce en variaciones fenológicas, morfológicas y bioquímicas entre individuos de una misma especie cultivados en distintos pisos térmicos<sup>6,7</sup>. A pesar del creciente interés por las especies nativas con fines medicinales, existe aún, un vacío de conocimiento sobre la influencia de los factores edafoclimáticos en la calidad nutricional

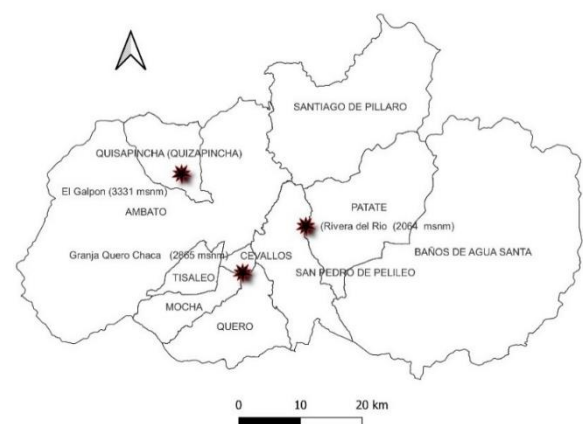
y farmacológica de la mashua.

En este contexto, la presente investigación busca generar información científica que permita vincular las condiciones del suelo y clima con el contenido de compuestos bioactivos en tubérculos de mashua, particularmente los isotiocianatos, compuestos con potencial en la prevención del cáncer y otras enfermedades<sup>8</sup>. Además, se busca aportar a la revalorización de cultivos andinos y a la generación de estrategias de manejo agronómico diferenciadas para fines alimentarios o medicinales.

## Materiales y métodos

**Zona de estudio.** El ensayo se realizó en 3 pisos altitudinales representativos de la provincia de Tungurahua, Ecuador: i) Zona cálida (2064 msnm) - Rivera del río, Pelileo. ii) Zona templada (2865 msnm) - Granja Querochaca, Cevallos. iii) Zona fría (3331 msnm) - Comunidad El Galpón, Kisapincha Figura 1.

**Figura 1 Ubicación de los ensayos experimentales en la provincia de Tungurahua**



Cada sitio presentó características edafoclimáticas diferenciadas en cuanto a altitud, temperatura media,

precipitación y tipo de suelo. Se utilizó una estación meteorológica automática por zona para registrar temperatura, humedad relativa y punto de rocío. Complementariamente, se incluyó información del INAMHI y del Gobierno Provincial de Tungurahua.

*Diseño experimental.* Se implementó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones por zona. Las parcelas tuvieron dimensiones de 3 x 8 m, con 30 plantas cada una (10 por surco, en 3 surcos). Se sembraron tubérculos de la variedad amarilla (Zapallo), el 24 de mayo de 2018, bajo manejo orgánico estandarizado: sin pesticidas ni fertilizantes químicos, solo 0.5 kg/planta de compost orgánico.

*Variables de estudio.* Las variables independientes fueron las condiciones edafoclimáticas: i) Altitud (msnm). ii) Temperatura media anual (°C). iii) Precipitación acumulada (mm). iv) Características físico-químicas del suelo (pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, etc.).

Las variables dependientes fueron: i) *Agroproductivas*: rendimiento (kg/planta), duración del ciclo de cultivo (días). ii) *Bioquímicas*: contenido de humedad, proteína, grasa, fibra, almidón, azúcar e isotiocianatos.

*Análisis de calidad del suelo.* Las muestras de suelo se analizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato. Se determinaron parámetros como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, N, P, K, Ca, Mg, micronutrientes y relaciones catiónicas.

*Control de calidad.* Se realizó control de calidad en todas las etapas del estudio. i) Las condiciones agronómicas (fecha de siembra, labores culturales y tipo de fertilización) fueron homogéneas en las 3 zonas. ii) Los análisis físicoquímicos y bioquímicos se realizaron con procedimientos estandarizados y en laboratorios acreditados. iii) Los instrumentos fueron calibrados antes de cada medición (estufas, polarímetros, espectrofotómetros y balanzas analíticas).

*Análisis bioquímico.* Los tubérculos cosechados fueron deshidratados a 60° C durante 48 h y luego molidos. Se realizaron los siguientes análisis: i) *Grasa, proteína, fibra, carbohidratos, azúcar, almidón*: métodos convencionales de laboratorio (AOAC, Dubois, polarimetría)<sup>9</sup>. ii) *Isotiocianatos*: método del Indian Standards Institute aprobado por FAO, con destilación y titulación con nitrato de plata y tiocianato de amonio.

*Análisis estadístico.* Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias (Tukey) para identificar diferencias significativas entre zonas climáticas. Además, se utilizó la correlación de Pearson para evaluar relaciones entre variables edafoclimáticas y bioquímicas.

## Resultado

Los suelos de la zona fría registraron un pH de 6.33 y 5.9 % de materia orgánica (MO). Los suelos de la zona templada 7.12 de pH y 2.7 % de MO y los suelos de la zona cálida 7.75 de pH y 4.7 MO (Tabla 1).

*Ciclo de cultivo, rendimiento y parámetros climáticos.* En la zona fría, las plantas de mashua completaron su ciclo de cultivo en 195 días; en la zona templada en 164 días, y en la zona cálida en 128 días. El rendimiento por planta (0.5 m<sup>2</sup>) fue de 1.60 kg en la zona fría, 1.40 kg en la zona templada y 0.97 kg en la zona cálida. Las temperaturas medias anuales fueron de 6.75° C (fría), 12.67° C (templada) y 16.68° C (cálida). La precipitación anual fue de 976 mm, 537 mm y 573 mm respectivamente (Tabla 2).

*Variación diaria de la temperatura.* Las 3 zonas presentaron variaciones térmicas durante el día. Las temperaturas mínimas ocurrieron entre las 5:00 y 8:00 h, y las máximas entre las 14:00 y 15:00 h. La zona cálida mostró menor amplitud térmica comparada con las otras 2 zonas (Figura 2).

*Parámetros de calidad del tubérculo.* Se registraron diferencias entre zonas para algunas variables bio-

químicas. En contenido de humedad, la zona cálida presentó el valor más alto (13.58 %), mientras que las zonas fría y templada registraron valores menores (7.61 y 7.35 %, respectivamente). El contenido de proteína fue mayor en la zona fría (9.88 %) y menor en la cálida (7.10 %).

Tabla 1 Características de los suelos de los tres pisos altitudinales

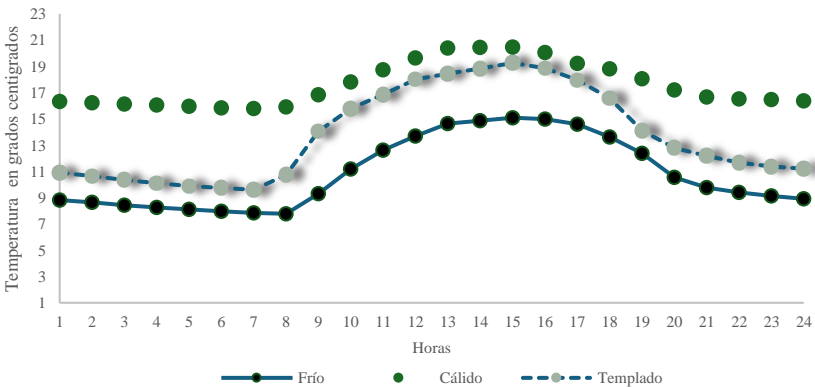
Parámetro	Unidad	Zona fría (Quisapincha)	Zona templada (Querochaca)	Zona cálida (Pelileo bajo)
pH		6.33	7.12	7.75
Conductividad eléctrica	mmhos cm <sup>-1</sup>	.3	.2	.4
Materia Orgánica	%	5.9	2.7	4.7
Nitrógeno Total	ppm	43.9	20	35.5
Fosforo	ppm	27	87	228
Potasio	mEq 100 g <sup>-1</sup>	.4	.6	.8
Calcio	mEq 100 g <sup>-1</sup>	11	7	15
Magnesio	mEq 100 g <sup>-1</sup>	2.7	2.2	7.4
Cobre	Ppm	6	4	6
Manganeso	Ppm	12	4	17
Zinc	Ppm	1	1	13
Relación Ca/Mg	mEq 100 g <sup>-1</sup>	4	3	2
Relación Mg/K	mEq 100 g <sup>-1</sup>	7	4	10
Relación Ca + Mg/K	mEq 100 g <sup>-1</sup>	35	16	29
Altitud	msnm	3331	2865	2064
Latitud	Grados	1°13'20''S	1°22'02''S	1°17'57''S
Longitud	Grados	78°41'53''W	78°36'32''W	78°31'01''W

Análisis realizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato

Tabla 2 Rendimiento y parámetros climáticos según pisos altitudinales

Localidad	Zona climática	Altitud msnm	Rendimiento kg/planta/0.5m <sup>2</sup>	Ciclo (días)	Temperatura anual (°C)	Precipitación mm/año
El Galpón	Frio	3331	1.60	195	6.75	976
Quero Chaca	Templado	2865	1.40	164	12.67	537
Rivera del rio	Cálido	2064	0.97	128	16.68	573

Figura 2 Comportamiento de la temperatura media durante el día



En la variable azúcar, los valores fueron 3.95 % (fría), 20.43 % (templada) y 7.50 % (cálida). El almidón presentó sus valores más altos en las zonas fría (67.66 %) y cálida (70.85 %), mientras que la templada tuvo el valor más bajo (56.19 %). Los valores

de isotiocianatos fueron: 361.98 mg 100 g<sup>-1</sup> (fría), 320.95 mg 100 g<sup>-1</sup> (templada) y 244.91 mg 100 g<sup>-1</sup> (cálida) (Tabla 3).

**Tabla 3 Efecto de la temperatura en parámetros de calidad**

Variables	Zona fría	Zona templada	Zona cálida
	x ± SD	x ± SD	x ± SD
Humedad*	7.61 ± .25 b	7.35 ± .67 b	13.58 ± 1.84 a
Ceniza	5.80 ± .51 a	5.24 ± .33 a	5.75 ± 0.39 a
Proteína	9.88 ± .72 a	9.73 ± .15 a	7.10 ± 0.72 b
Grasa	.33 ± .02 ab	.42 ± .07 a	.26 ± 0.05 b
Fibra	5.26 ± .52 a	4.51 ± .39 a	4.51 ± 0.06 a
Carbohidratos	78.35 ± 1.43 a	81.13 ± 2.25 a	81.38 ± 1.95 a
Azúcar	3.95 ± 1.17 b	20.43 ± 6.79 a	7.50 ± 1.22 b
Almidón	67.66 ± .98 a	56.19 ± 7.49 b	70.85 ± 2.32 a
Isotiocianatos (mg 100 g <sup>-1</sup> ) B.S.	361.98 ± 23.18 a	320.95 ± 7.58 a	244.91 ± 42.79 b
Rendimiento	1.60 ± .20 a	1.40 ± .20 ab	.97 ± .21 b

\*Se refiere a la humedad de las muestras deshidratadas antes del análisis. Los demás valores corresponden a % en base seca

**Tabla 4 Correlación de Pearson entre las variables estudiadas**

Variables	Altura	Materia Orgánica	Temperatura Media	Precipitación Acumulada	Fenología	Rendimiento	Isotiocianatos	Nitrógeno	Proteína
Altura	1	.227	-.956	.910	.994	.998	1.000	.201	.948
Materia Orgánica		1	-.502	.610	.331	.172	.208	1.000	-.095
Temperatura Media			1	-.992	-.982	-.938	-.950	-.479	-.813
Precipitación				1	.950	.885	.902	.589	.731
Fenología					1	.986	.992	.306	.908
Rendimiento						1	.999	.145	.964
Isotiocianatos							1	.182	.954
Nitrógeno								1	-.122
Proteína									1

*Correlaciones entre variables.* Se identificaron correlaciones entre variables edafoclimáticas y bioquímicas. La altitud mostró una correlación negativa con la temperatura media ( $r = -.956$ ) y positiva con la precipitación acumulada ( $r = .910$ ). También se observó correlación positiva entre altitud y contenido de isotiocianatos ( $r = .998$ ), así como con el rendimiento ( $r = .994$ ). La MO mostró correlación positiva con el nitrógeno total ( $r = 1.000$ ) y débil con el contenido de proteína ( $r = -.095$ ) (Tabla 4).

## Discusión

Los resultados indican que las condiciones edafoclimáticas tienen un efecto significativo sobre las características bioquímicas de los tubérculos de mashua. En particular, la altitud y la temperatura media anual fueron variables clave que explican las diferencias observadas en el contenido de isotiocianatos, proteínas, almidón y azúcares.

El mayor contenido de isotiocianatos en los tubérculos cultivados en la zona fría coincide con lo reportado por Lustre Sánchez<sup>10</sup>, quien argumenta que el

estrés térmico puede inducir la síntesis de glucosinatos como mecanismo de defensa. En este estudio, las temperaturas más bajas y la mayor duración del ciclo de cultivo (195 días) posiblemente favorecieron una acumulación prolongada de estos compuestos bioactivos, como también se ha descrito en otras especies de las Tropaeolaceae y crucíferas<sup>2,8</sup>.

Por otro lado, el mayor contenido de azúcares se registró en la zona templada, donde las condiciones de estrés hídrico y la textura arenosa del suelo podrían haber inducido la acumulación de carbohidratos solubles, como mecanismo de adaptación a condiciones de baja disponibilidad de agua, en línea con lo observado por Argenteal-Martínez et al.<sup>11</sup>. Esto sugiere que no solo el clima, sino también la textura y fertilidad del suelo, modulan el metabolismo secundario de la mashua.

El bajo contenido de grasa en todos los tratamientos (<5 %) concuerda con reportes previos Sáenz Torres et al.<sup>12</sup>, y refuerza el perfil saludable del tubérculo como alimento. En cuanto a la proteína, su mayor presencia en la zona fría puede estar asociada al mayor contenido de MO y nitrógeno total del suelo (Tabla 1), lo que refuerza la relación directa entre la disponibilidad de nutrientes y la síntesis de compuestos nitrogenados<sup>13</sup>.

*Rendimiento y ciclo fenológico.* El rendimiento estuvo directamente correlacionado con la altitud y la duración del ciclo de cultivo. Estos resultados indican que, aunque las zonas más frías requieren más tiempo para alcanzar la madurez, ofrecen una mayor acumulación de biomasa. Esta relación ha sido también reportada por Valle-Parra et al.<sup>14</sup> y Centeno & Molina<sup>15</sup>, quienes observaron que la variedad amarilla de mashua presenta mejores rendimientos a mayor altitud, pese a ciclos de cultivo más largos.

La temperatura resultó ser la variable que más influyó la duración del ciclo fenológico. Este hallazgo concuerda con estudios en otros cultivos como

trigo y pera, donde se ha observado que las temperaturas más altas aceleran la floración y maduración, pero también reducen la acumulación de reservas<sup>11,16</sup>. *Implicaciones agronómicas y medicinales.* Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para el aprovechamiento de la mashua. Las zonas frías parecen ser más adecuadas para la producción de tubérculos con fines medicinales, por su mayor contenido de isotiocianatos. Por el contrario, las zonas templadas y cálidas, que favorecen una mayor acumulación de carbohidratos y azúcares, serían más apropiadas para la producción alimentaria, especialmente si se priorizan características organolépticas o rendimiento rápido.

Desde una perspectiva agroecológica, este tipo de estudios contribuye a la selección de zonas edafoclimáticas óptimas para el cultivo de especies andinas según su uso final, algo especialmente relevante en un contexto de cambio climático y reconversión productiva.

*Aportes y limitaciones.* Este estudio aporta evidencia importante, sobre la influencia de factores ambientales en el perfil bioquímico de mashua en Ecuador, un cultivo nativo con creciente interés en los sectores alimentario y farmacéutico. Sin embargo, se reconoce como limitación el hecho de haber analizado una sola variedad, por lo que se recomienda ampliar futuras investigaciones a más accesiones, así como incluir análisis postcosecha y almacenamiento, dado que también afectan el contenido de metabolitos<sup>11</sup>.

En conclusión, los resultados de esta investigación señalan que las condiciones edafoclimáticas y altitudinales influyen significativamente en la composición bioquímica de los tubérculos de *T. tuberosum*) variedad Zapallo. En particular, las zonas frías, caracterizadas por mayor altitud, menor temperatura y mayor contenido de materia orgánica en el suelo, favorecen la acumulación de isotiocianatos, compuestos bioactivos de interés medicinal. En contraste, las zonas templadas y cálidas promueven una mayor



concentración de azúcares y almidones, lo que resulta favorable para usos alimentarios.

Estos hallazgos permiten proponer una zonificación agroecológica orientada al uso específico de este cultivo, zonas altas para fines medicinales y zonas bajas para fines alimenticios. El estudio aporta conocimiento científico relevante para el aprovechamiento estratégico de especies andinas nativas y para el diseño de planes de cultivo diferenciados según el objetivo productivo.

### Fuente de financiamiento

En presente trabajo se realizó como parte del Proyecto Caracterización morfológica, molecular y fitoquímica e influencia de factores edafoclimáticos en variedades de *Tropaeolum tuberosum* RUIZ & PAV. (mashua), y *Xanthium spinosum* L. (Casha marucha)" financiado por la Dirección de Innovación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Ambato.

### Conflictos de intereses

La investigación se realizó en la provincia de Tungurahua en los municipios de: Pelileo, Cevallos y Ambato (Parroquia de Quisapincha). El trabajo no presenta conflictos de interés.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias, a la Dirección de Investigación y Desarrollo.

### Consideraciones éticas

El trabajo se realizó en tierras agrícolas previo, acuerdo con los propietarios. Con relación al material genético se utilizó semillas producidas en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTA.

### Limitaciones en la investigación

La investigación se realizó solo con una variedad de mashua y la distancia entre la Facultad y los lugares de los ensayos fue un limitante para el adecuado seguimiento al cultivo.

### Contribución de los autores

Los autores aportaron en las diferentes etapas del proyecto: en el trabajo de campo, en el registro de datos, en los análisis bioquímicos que se realizó en el INIAP y redacción del artículo.

### Acceso a los datos

Los datos e información de esta investigación están presente en el artículo. También se puede consultar para mayor información a: [la.villacis@uta.edu.ec](mailto:la.villacis@uta.edu.ec)

### Consentimiento para la publicación

Los autores después de revisar el documento, damos por aprobado para su publicación.

### Uso de la Inteligencia Artificial

Damos por sentado que todo el documento fue redactado en base a los criterios éticos y profesionales, y no se utilizó la IA para realizar las imágenes o texto.

### Literatura Citada

1. Parmesan C, Hanley ME. Plants and climate change: complexities and surprises. *Ann Bot* 2015;116 (6):849-64. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcv169>
2. Gobbo-Neto L, López NP. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Quím Nova* 2007;30(2):374-81. DOI:

- <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>
3. Hind N. Tropaeolaceae: 688, 689. *Tropaeolum tuberosum*. Curtis's Bot Mag 2010;27(3):301-13. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8748.2010.01707.x>
4. Guevara-Freire DA, Valle-Velástegui L, Barros-Rodríguez M, Vásquez C, Zurita-Vásquez H, Dobronski-Arcos J, et al. Nutritional composition and bioactive components of mashua (*Tropaeolum tuberosum* ruiz and pavón). Trop Subtrop Agroecosyst 2018;21(1):53-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.2561>
5. Leiva-Revilla Johanna, Cárdenas-Valencia I, Rubio J, Guerra-Castañón F, Olcese-Mori P, Gasco M, et al. Evaluation of different doses of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) on the reduction of sperm production, motility and morphology in adult male rats. Andrologia 2012;44 Suppl 1:205-12. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2011.01165.x>
6. Becklin KM, Anderson JT, Gerhart LM, Wadgy-mar SM, Wessinger CA, Ward JK. Examining plant physiological responses to climate change through an evolutionary lens. Plant Physiol 2016; 172(2):635-49. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.16.00793>
7. Alexander JM, Chalmandrier L, Lenoir J, Burgess TI, Essl F, Haider S, et al. Lags in the response of mountain plant communities to climate change. Glob Chang Biol 2018;24(2):563-79. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13976>
8. Kumar G, Tuli HS, Mittal S, Shandilya JK, Tiwari A, Sandhu SS. Isothiocyanates: a class of bioactive metabolites with chemopreventive potential. Tumour Biol 2015;36(6):4005-16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13277-015-3391-5>
9. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal Chem 1956 ;28(3): 350-356. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
10. Lustre Sánchez H. Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. Rev Digit Univ 2022 Mar 14;23(2):1-8. DOI: <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>
11. Argente-Martínez LA, Garatuza-Payán J, Yépez EA, Huerta FJS, Arredondo T. Efectos de la temperatura en el metabolismo de proteínas y carbohidratos y el índice de vegetación en trigo (*Triticum durum* L). Cult Trop 2018;39(3):49-57.
12. Sáenz Torres S, Prieto Contreras L, López Molli-nedo A. El cubio (mashua): producción, transformación y beneficios [Internet]. Bogotá: Universidad de La Salle; 2020 [citado 05 de octubre de 2024]. 29 p. Recuperado a partir de: <https://ciencia.lasalle.edu.co/bitstreams/ac1bd5c7-a1ff-4db6-bec1-9174b8fb2131/download>
13. Camacho-Escobar MA, Ramos-Ramos DA, Ávila-Serrano NY, Sánchez-Bernal EI, López-Garrido SJ. The physico-chemical plant defenses and its effect on ruminant feeding. Terra Latinoam 2020;38(2):443-53. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.629>
14. Valle-Parra M, Pomboza-Tamaquiza P, Buenaño-Sánchez M, Guevara-Freire D, Chasi-Vizúete P, Vázquez-Freitez C, et al. Morfología, fenología, nutrientes y rendimiento de seis accesiones de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz and Pav. (Mashua). Trop Subtrop Agroecosyst 2018;21:131-9. DOI: <https://doi.org/10.56369/tsaes.2574>
15. Centeno J, Molina W. Patrimonio alimentario [Internet]. Quito: Ministerio de Cultura y Patrimonio;



2013 [citado 10 de septiembre de 2024]. 9 p. Recuperado a partir de: <https://www.culturaypatrimonio.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/1-Patrimonio-Alimentario-LUNES-21.pdf>

16. Rodríguez AB, Muñoz AR, Curetti M, Raffo MD. Fenología de pera (*Pyrus communis* L.) cv . Williams en río negro-argentina. Chil J Agric Anim Sci 2020;36(2):129-39. DOI: <https://dx.doi.org/10.29393/chjaas36-hia40011>

---

**Nota del Editor:**

*Journal of the Selva Andina Biosphere (JSAB)*. Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.