

## **EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO CONTINUO E INTERMITENTE EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ SUAVE (*Zea mays* L.) VARIEDAD PEPA EN LOS ANDES ECUATORIANOS**

---

***Randon Ortiz Calle***

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Ciudadela Universitaria, Jerónimo Leiton S/N y Av. La Gasca  
Quito, Ecuador

***Maritza Chile Asimbaya***

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Ciudadela Universitaria, Jerónimo Leiton S/N y Av. La Gasca  
Quito, Ecuador

***Sebastián Yáñez Segovia***

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Ciudadela Universitaria, Jerónimo Leiton S/N y Av. La Gasca  
Quito, Ecuador

***Christian Quilanchmin Angos***

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Ciudadela Universitaria, Jerónimo Leiton S/N y Av. La Gasca  
Quito, Ecuador

***Jessica Cajamarca Chipantasi***

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Ciudadela Universitaria, Jerónimo Leiton S/N y Av. La Gasca  
Quito, Ecuador

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Geovanny Calle Pacheco**

Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Ciudadela Universitaria, Jerónimo Leiton S/N y Av. La Gasca  
Quito, Ecuador

**Yamil Cartagena Ayala**

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias  
Quito, Ecuador

**Resumen:** El riego por goteo intermitente es una técnica de manejo del agua que permite maximizar la disponibilidad de oxígeno, agua y nutrientes en el suelo para mejorar la actividad fisiológica de la planta. La investigación se realizó en el Valle de Tumbaco, provincia de Pichincha (Ecuador), ubicado a 0° 13 '46" latitud sur, 78° 22 '00" longitud oeste, altitud 2480 m.s.n.m. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques completos al azar. En la parcela grande se ubicó el factor riego (RC = Riego Continuo y RI = Riego Intermitente) y en la subparcela se aplicó el factor fertilización química (100 % y 50% de la recomendación de fertilización química), siendo los tratamientos RC-100 (Goteo), RC-50, RI-100 y RI-50 (RPro) y cuatro repeticiones. Los resultados principales fueron: i) rendimiento: RC-50 6,48 t ha<sup>-1</sup> y RPro 4,70 t ha<sup>-1</sup>; ii) altura de la planta: Goteo 270,80 cm y RPro 242,70 cm y, iii) lámina de agua aplicada: Goteo 322,60 mm y RPro 421,31 mm. En conclusión, el maíz suave Pepa presentó una mejor respuesta fisiológica (rendimiento y altura de la planta) en el riego por goteo continuo con una dosis de fertilizantes del 50 % (80 kg ha<sup>-1</sup> N) que, en el riego intermitente, debido a que es un cultivo adaptado a la sequía.

**Palabras clave:** Riego convencional, riego de bajo volumen, fertirrigación, maíz genotipo Pepa, maíz de secano.

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, Malchinguí es una zona semidesértica con suelos arenosos, caracterizada por tener una agricultura de secano en donde el cultivo de maíz cubre un 80 % de la superficie agrícola, con rendimientos bajos por falta de agua (Coral, 2017). El Gobierno Provincial de Pichincha planificó la construcción del canal de riego Cayambe – Pedro Moncayo y regar con goteo la zona de Malchinguí para garantizar la producción

de los cultivos, la seguridad alimentaria y hoy en día, como una medida de adaptación de la agricultura al cambio climático (GADP, 2022), considerando que el riego por goteo utiliza una menor cantidad de agua en la producción de los cultivos (Perry et al., 2018). El riego por goteo reduce el uso del agua en un 50 % con relación al riego por surcos y, el riego por goteo intermitente un 50 % en comparación con la aplicación del goteo convencional y el 80% en comparación con el riego por surcos (Ortiz, 2008; Ortiz, 2022).

El método de aplicación del agua no solo influye en el volumen de agua a utilizarse durante el desarrollo del cultivo sino también en el contenido de oxígeno presente en la solución del suelo, elemento muy importante para su desarrollo. El riego por goteo continuo permite ajustar el contenido de humedad en el suelo de acuerdo al tipo de cultivo, produce un bulbo húmedo de mayores dimensiones en el plano vertical con pérdidas de agua por percolación profunda y lixiviación de nutrientes, mientras que, la aplicación intermitente ayuda a mantener contenidos de humedad mayores a capacidad de campo, evitar la pérdida de agua por percolación profunda (Segal, Ben-gal & Shani, 2000; El-abedin, 2006; Ortiz, 2008; Skaggs et al., 2010; Eid et al., 2013; Zamora et al., 2019; Kilic, 2020) y reducir la absorción de los nutrientes por la matriz del suelo, siendo la fertilización mucho más eficiente (Ortiz et al., 2021; Ortiz, 2022).

El maíz harinoso es uno de los productos agrícolas principales en la dieta de los ecuatorianos por su contenido de almidón, proteínas, carbohidratos, fibra, fósforo, vitaminas A y E, con un consumo aproximado de 14,5 kilogramos por año (Zambrano et al., 2021). El maíz Pepa es una cruce de las razas Huandango, Mishca y Criollo (Yáñez et al., 2003) que el agricultor de la zona de Malchinguí lo ha cultivado desde hace 100

años (Coral, 2017). El precio de un quintal de maíz Pepa en la parcela del agricultor es de 100 USD y es consumido tanto en fresco (choclo) como en seco. En Ecuador, el rendimiento nacional del maíz suave seco cultivado al temporal varía entre 0,7 y 1,6 t ha<sup>-1</sup> (SIPA, 2021; Zambrano et al., 2021); en Chimborazo, León & Silva (2021) obtuvieron un rendimiento en riego por goteo de 3,2 t ha<sup>-1</sup>, riego por aspersión 5,1 t ha<sup>-1</sup> y en riego por goteo 6,4 t ha<sup>-1</sup>; en Perú (Ancash), para 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno con riego por goteo obtuvieron 3,88 t ha<sup>-1</sup> y en secano 3,50 t ha<sup>-1</sup> (Acevedo, 2020).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del riego por goteo continuo e intermitente en el rendimiento del cultivo de maíz Pepa, en una variedad adaptada a la sequía y cultivado en secano, para fortalecer las capacidades de los agricultores en el uso de nuevas tecnologías cuando el riego por goteo sea implementado en Malchinguí.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación y características ambientales del área de investigación.** La investigación se desarrolló en el Centro Académico Docente Experimental la Tola (CADET), de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, ubicado en el Valle de Tumbaco (callejón interandino y cuenca alta del río Esmeraldas, cuenca del Pacífico), provincia de Pichincha (Ecuador), 0° 13 '46" latitud sur, 78° 22 '00" longitud oeste, altura de 2480 msnm (Figura 1). Este valle, se caracteriza por tener una temperatura máxima entre 25,4 °C y 26,6 °C, temperatura mínima entre 4,7 °C y 7,2 °C, el mes con el máximo número de horas de luz es agosto con 7,40 h d<sup>-1</sup> y el mes con el mínimo número de horas de luz es abril con 4,3 h d<sup>-1</sup>. El tipo de suelo en donde se realizó el experimento es un suelo tipo C o Cangahua, suelo duro y estéril (Palacios Orejuela *et al.*, 2018), clasificado

como Durustoll (Custode & Trujillo, 2000), de textura Franco. La profundidad efectiva del suelo es de 0,2 m.

La zona de Malchinguí se encuentra ubicada en forma próxima al Valle de Tumbaco, a 28 kilómetros de distancia del CADET, la altura sobre el nivel medio del mar es similar, el entorno agroecológico se caracteriza por ser semidesértico (seco) con precipitaciones anuales promedio de 600 mm y los suelos son de textura arenosa (Coral, 2017).

## MATERIALES

**Equipo de riego.** El proyecto contó con un sistema de riego por goteo automatizado con tensiómetros analógicos. El gotero fue auto compensado de  $1,0 \text{ l h}^{-1}$ , separación entre emisores de 0,2 m y separación entre laterales de 0,8 m.

**Densidad de siembra.** La densidad de siembra fue de 65 mil plantas por hectárea.

## MÉTODOS

**Aplicación del agua.** Riego continuo (RC): tiempo de riego de 32 minutos y variación de la tensión de humedad entre 10 y 20 centibares. Riego intermitente (RI): tiempo de riego de 2,5 minutos y tensión de humedad entre 8 y 10 centibares.

Fertilización: dosis 100 %, 160-112-224 de (N, P y K  $\text{kg ha}^{-1}$ ) y dosis 50 %, 80-56-112 (N, P y K  $\text{kg ha}^{-1}$ ).

**Diseño Experimental.** Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas en bloques completos al azar con dos factores en estudio (métodos de aplicación del agua y dosis de fertilizantes), con cuatro repeticiones. En el factor riego, RC es el riego continuo y RI el riego intermitente y el factor dosis de fertilizantes corresponde a 50 y 100%. Los tratamientos son: RC-100 (Goteo), RC-50, RI-100 y RI-50 (RPro). El área de la unidad experimental fue de  $80 \text{ m}^2$  y el área total de  $1280 \text{ m}^2$ . Se evaluaron las siguientes variables:

- Planta: rendimiento (R,  $\text{t ha}^{-1}$ , contenido de humedad del 12 %) y altura de la planta (AP, cm).
- Agua: al final del ciclo se determinó la lámina de agua aplicada (L, mm).

Se utilizó el software de uso libre R para el análisis estadístico. Para las variables R y AP se realizó un análisis de la varianza y para L un análisis simple de medias. Para todos los análisis se utilizó un nivel de significancia del 5 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El riego por goteo intermitente o de bajo volumen (RPro) es una técnica que se viene investigando en cultivos andinos para determinar la respuesta fisiológica de los cultivos en suelos con contenidos de humedad mayor a capacidad de campo, con una mayor disponibilidad de oxígeno en la solución del suelo y una zona humedecida de mayores dimensiones en el eje horizontal que en el vertical (Ortiz, 2008; Ortiz et al., 2021; Ortiz, 2022).

**Rendimiento (R,  $\text{t ha}^{-1}$ ).** Para el factor riego y fertilización se determinó una diferencia estadística significativa (Tabla 1). El rendimiento en Goteo-50 fue mayor a Goteo en un 36,13 % y RPro mayor a RI-100 en un 9,6 %. En promedio, el rendimiento fue mayor en el riego continuo que en el intermitente. Respecto a la fertilización, el cultivo presentó un rendimiento mayor con la dosis de fertilizantes 50 % ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ). El rendimiento obtenido en Goteo es consistente con el reportado por León & Silva (2021) quienes obtuvieron  $6,4 \text{ t ha}^{-1}$  y, el rendimiento registrado en RPro consistente con el obtenido en un experimento preliminar cuyo valor fue de  $4,71 \text{ t ha}^{-1}$  (Cajamarca, 2022). El rendimiento obtenido en Goteo con una dosis de fertilizantes 50 % y la lámina de agua de 322,6 mm, indican que el maíz Pepa se adapta mejor a condiciones de humedad entre 10 y

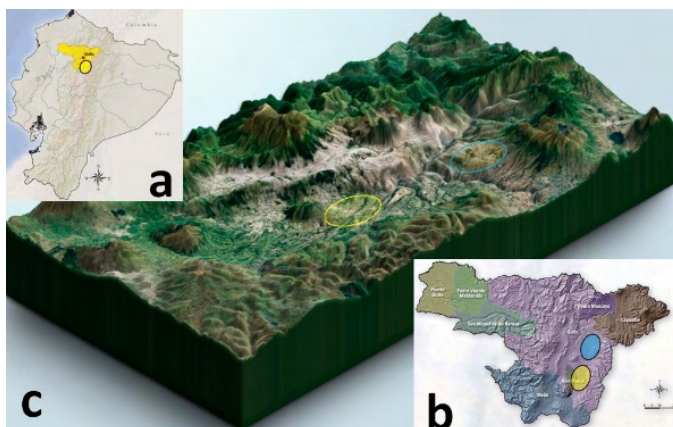


Figura 1. Ubicación del área de investigación: a) Andes ecuatorianos, b) Provincia de Pichincha y c) Valle de Tumbaco (circulo amarillo) y Malchinguí (azul)

Tratamientos	R (t ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)
RC-100 (Goteo)	4,76b	270,8a
RC-50	6,48a	253,8bc
RI-100	4,29b	258,5ab
RI-50 (RPro)	4,70b	242,7c
Riego (p/d)	**/0.70	*/0.51
Fertilización (p/d)	*/0.68	*/0.67
Interacción	*	ns

\*\*, p < 0,01; \*, p < 0,05; ns, no significativo; d, tamaño del efecto; letras iguales no son estadísticamente diferentes (LSD test).

Tabla 1. Variables en estudio (promedio) y ANOVA

20 centibares y, el rendimiento registrado en el riego intermitente para las dosis de fertilizantes 50 y 100 %, que el cultivo no se adaptó a contenidos de humedad mayores a capacidad de campo. Es necesario mencionar que la cangahua (suelo duro) en donde se desarrolló el cultivo afectó al crecimiento radicular, por tanto, se espera que el cultivo presente un mayor rendimiento en los suelos arenosos de Malchinguí.

**Altura de la planta (AP, cm).** Para el factor riego y fertilización se determinó una diferencia estadística significativa (Tabla 1). La altura de la planta fue mayor en Goteo que en RC-50 en un 6,7 % y en RI-100 mayor que en RPro en un 6,5 %. La altura de la planta fue mayor para la dosis de fertilizantes 100 % en ambos métodos de aplicación del agua y, mayor en el goteo continuo que en el riego intermitente. La altura de la planta en RC-50 es mayor en un 69,0 % a la altura que alcanza el cultivo en secano. La altura promedio medida en el riego intermitente es consistente con el reportado por Cajamarca (2022) en donde obtuvo una altura de 248,92 cm. La altura de la planta en el riego por goteo e intermitente es mayor a la altura del cultivo de secano cuya altura promedio es de 150,0 cm (Coral, 2017). La mayor altura de la planta bajo riego por goteo continuo indica que el maíz Pepa desarrollado bajo condiciones de sequía se adaptó fisiológicamente muy bien a la tensión de humedad entre 10 y 20 centibares.

**Láminas de agua aplicadas (L, mm).** Se encontró diferencias estadísticas significativas en las láminas de agua aplicadas en Goteo y RPro. En Goteo se utilizó 322,6 mm y en RPro 421,31 mm. En Goteo se determinó un ahorro de agua del 30,60 % con relación a RPro. La lámina de agua registrada en Goteo es consistente con la reportada por León & Silva (2021) quienes obtuvieron 327,0 mm para maíz suave en Chimborazo (clima más frío que Tumbaco) y la necesidad hídrica del

cultivo de maíz según FAO-56 (Allen et al., 2006) para la zona de estudio es de 450 mm. La diferencia de láminas entre Goteo y RPro, explica que el maíz Pepa presentó una mejor respuesta al riego por goteo convencional (tensión entre 10 y 20 centibares) debido a que este cultivo se ha desarrollado en un clima seco y, no se adaptó al riego intermitente en donde el contenido de humedad varió entre 8 y 10 centibares (Quilanchamin, 2021). La diferencia entre la cantidad de agua calculada (450,0 mm) y aplicada (322,6 mm), evidencia que el cultivo de secano que se desarrolla en zonas semidesérticas utiliza una menor cantidad de agua para su desarrollo vegetativo.

El tamaño del efecto de los factores método de aplicación del agua y dosis de fertilización fue grande ( $d > 0,50$ ); para el rendimiento, el efecto del riego fue ligeramente mayor que la dosis de fertilizantes y para la altura de la planta, la dosis de fertilizantes mayor que el riego (Tabla 1), en consecuencia, el maíz Pepa respondió fisiológicamente bien al riego por goteo y a las dosis de fertilizantes.

## CONCLUSIONES

El maíz Pepa no se adaptó al riego intermitente (RPro) en donde el contenido de humedad en el suelo es mayor a capacidad de campo (8-10 centibares) debido a que es una variedad adaptada a la sequía y cultivado en suelos arenosos en donde los volúmenes de aireación son mayores a los existentes en cangahuas (en donde se realizó el experimento), presentando una mejor respuesta al riego por goteo continuo cuyo contenido de humedad varió entre 10 y 20 centibares (capacidad de campo cuando es 10 centibares y “seco” cuando alcanza 20 centibares).

El cultivo de maíz Pepa en riego por goteo necesitó una lámina (L) de 322,6 mm, cantidad de agua menor a la aplicada mediante el riego intermitente (421,31 mm) y menor a

la necesidad hídrica determinada mediante la metodología FAO-56 (450,0 mm).

El rendimiento (R) fue mayor en el riego por goteo con una dosis de fertilización del 50 % (80 kg ha<sup>-1</sup>) alcanzando 6,48 t ha<sup>-1</sup>, mayor al rendimiento reportado bajo el sistema de secano o al temporal de 1,6 t ha<sup>-1</sup>.

Respecto a la altura de la planta (AP), tanto para riego por goteo como intermitente, la mejor respuesta se presentó con la dosis de fertilizantes 100 % (160 kg ha<sup>-1</sup>), siendo mayor en goteo con una altura de 270,8 cm (materia

seca de 21,19 t ha<sup>-1</sup>). En goteo con la dosis de fertilizantes 50 % presentó una altura de 253,8 cm (materia seca de 15,43 t ha<sup>-1</sup>) mucho mayor a la altura de 150,0 cm reportada bajo secano (materia seca de 8,16 t ha<sup>-1</sup>).

La introducción del riego por goteo en Malchinguí beneficiará a los productores del cultivo de maíz con un mayor rendimiento (de 1,6 t ha<sup>-1</sup> a 6,48 t ha<sup>-1</sup>) y un mayor volumen de materia seca para el alimento en la ganadería (de 8,16 t ha<sup>-1</sup> a 15,43 t ha<sup>-1</sup>).

## REFERENCIAS

Acevedo, A. 2000. Evaluación del rendimiento de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) bajo condiciones de riego por goteo y la fertilización nitrogenada. *Aporte Santiaguino*, 13(2), 260–273.

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. 2006. *Evapotranspiración del cultivo*. Roma: FAO.

Cajamarca, J. 2022. Efecto del riego por pulsos con cuatros dosis de fertilizantes en el desarrollo del cultivo de maíz genotipo Pepa (*Zea mays* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Coral, J. 2017. Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*zea mays* l.) en la zona media de la parroquia Malchinguí. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Custode, I., & Trujillo, G. 2000. La Cangahua en el Ecuador: caracterización morfo-edafológica y comportamiento frente a la erosión. *Terra*, 10, 333–340.

Eid, A., Bakry, B., & Taha, M. 2012. Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions. *Agricultural Sciences*, 4 2013, 249–261.

El-abedin, T. K. Z. 2006. Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil. *New Trends in Agricultural Engineering*, 22, 1032–1050.

Kilic, M. 2020. A new analytical method for estimating the 3D volumetric wetting pattern under drip irrigation system. *Agricultural Water Management*, Elsevier, 228.

León, J., & Silva, O. 2021. El riego en maíz de altura (*Zea mays* L.) para la sierra ecuatoriana. *Archivos académicos USFQ* 38.

López, V., Zambrano, J., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Rivadeneira, J., Manguashca, J., & Parra, R. 2021. Uso del acolchado plástico en la producción de maíz suave (*Zea mays* L. var. *amylacea*). *Archivos académicos USFQ* 38.

Ortiz, R. 2008. *Hidroponía en el Suelo: la reingeniería del manejo del agua de riego y de los fertilizantes*. Abya-Yala. Quito, Ecuador.

Ortiz, R., Chile, M., Cartagena, Y., Morillo, R., Vásquez, C., Romero, M., Erique, D., Alomoto, W., & Torres, P. 2021. Efecto del riego por goteo de bajo volumen en el rendimiento del cultivo de fréjol variedad “Rojo del Valle” en los andes ecuatorianos. *Revista Manglar*, 18(3):253-260.

Ortiz, R. 2022. Effect of the continuous and intermittent drip irrigation in the yield of the beans crop. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, 10(4):1034-1040.

Palacios Orejuela, I. F., Ushiña Huera, D. P., & Carrera Villacrés, D. V. 2018. Identificación de Cangahuas para su recuperación mediante estudio multi criterio y constatación in situ en comunas del volcán Ilaló. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, 13(1), 10–13.

Perry C, Steduto P, K. F. 2017. Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence. *Food and agriculture organization of the united nations, Cairo*, 42. (Issue 2).

Quilanchamín, C. 2022. Efecto de dos métodos de aplicación de agua de riego por goteo sobre los componentes del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) variedad Pepa en el CADET. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Segal, E., Ben-Gal, A., & Shani, U. 2000. Water availability and yield response to high-frequency micro-irrigation in sunflowers. 6th International Micro-Irrigation Congress. *Micro-irrigation Technology for Developing Agriculture, South Africa*, pp. 22-27.

SIPA. 2022. Información sobre el sector agropecuario del Ecuador. Cifras agro productivas. Quito, Ecuador.

Skaggs, T., Trout, Th., & Rothfuss, Y. 2010. Drip irrigation water distribution patterns: effects of emitter rate, pulsing, and antecedent water. *Soil Science Society of America Journal*, 74 (6), 1886-1896.

Yáñez, C., Zambrano, J., Caicedo, M., Sánchez, H., Heredia, J. 2003. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura Ecuatorianos. Quito, Ecuador: INIAP.

Zambrano, J.L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortiz, R., León, J., Campaña, D.†, López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín G., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M. 2021. Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. INIAP, Manual No. 122. Quito, Ecuador.

Zamora, V., Silva, M., Silva, G., Santos, J., Menezas, D., & Menezes, S. 2019. Pulse drip irrigation and fertigation water depths in the water relations of coriander. *Horticulture Brasileira*, 37, 022–028.