

UNIVERSIDAD & SOCIEDAD

MANEJO

DEL RIEGO EN EL MAÍZ (*ZEA MAYS L.*) MEDIANTE EL USO DE TENSIÓMETROS

IRRIGATION MANAGEMENT IN MAIZE (*ZEA MAYS L.*) USING TESIOMETERS

Reinaldo Pérez Armas ^{1*}

E-mail: rpererez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6377-8993>

Carmen Duarte Díaz ²

E-mail: carmenenriquetaduarte56@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7887-6289>

Enrique Casanova Cosío ¹

E-mail: ecasanovas@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5884-3922>

Adis Ramona Jiménez Hernández³

E-mail: hernandezjimenezadisramona@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2897-5335>

¹Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cuba.

²Instituto de Ingeniería Agrícola. Cuba.

³Empresa Agropecuaria Horquita. Cuba.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pérez Armas, R., Duarte Díaz, C., Casanova Cosío, E., & Jiménez Hernández, A. R. (2025). Manejo del riego en el maíz (*Zea mays L.*) mediante el uso de tensímetros. *Universidad y Sociedad* 17(6). e5605.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el momento y dosis de riego en el cultivo del maíz, considerando la tensión matricial se desarrolló la presente investigación en áreas de la Empresa Agropecuaria Horquita de Cienfuegos, Cuba, sobre un suelo Ferralítico Rojo lixiviado de textura arcillosa. El cultivo seleccionado fue el maíz sembrado en la campaña de invierno bajo una máquina de riego de pivot central eléctrico modelo Western de cinco torres. Se determinó *in situ* las propiedades hidrofísicas del suelo para la programación del riego. En un diseño longitudinal de establecieron cinco estaciones de dos tensímetros cada una para determinar los valores de tensión de humedad a los que se aplicó la estadística descriptiva, aplicó el estadístico de Levene para verificar el supuesto de homocedasticidad entre las varianzas de los grupos y posteriormente se realizó el análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias entre las medias de tensión de humedad se determinaron según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD con un 95% de confiabilidad. Se empleó el paquete estadístico IBM SPSS. Versión 25. Se pudo concluir que, en las condiciones del estudio, las medidas de la tensión matricial del suelo a 0.30 m de profundidad revelaron la necesidad de aplicar 18 riegos al cultivo con una lámina total de 268 mm, por lo que constituyen un buen indicador de la disponibilidad de agua del suelo y se considera una herramienta eficaz para la monitorización del riego en el cultivo del maíz.

Palabras clave: Humedad del suelo, Tensión matricial, Lámina de riego.

ABSTRACT

With the objective of determining the timing and dosage of irrigation for maize cultivation, considering maize tension, this research was conducted in areas of the Horquita Agricultural Enterprise in Cienfuegos, Cuba, on a leached Red Ferrallitic soil with a clay texture. The selected crop was maize planted during the winter season under a five-tower Western electric center pivot irrigation system. The soil's hydrophysical properties were determined in situ for irrigation scheduling. In a longitudinal design, five stations with two tensiometers each were established to determine moisture tension values. Descriptive statistics were applied, Levene's test was used to verify the assumption of homoscedasticity



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0.

between the variances of the groups, and subsequently, analysis of variance (ANOVA) was performed. Differences between the mean moisture tension values were determined using Tukey's HSD multiple comparison test with a 95% confidence level. The IBM SPSS statistical package, version 25, was used. It was concluded that under the conditions of the study, the measurements of soil matric tension at a depth of 0.30 m revealed the need to apply 18 irrigations to the crop with a total depth of 268 mm, thus constituting a good indicator of soil water availability and is considered an effective tool for monitoring irrigation in maize cultivation.

Keywords: Soil moisture, Matric tension, Irrigation depth.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) ocupa el octavo lugar en la lista de productos agrícolas más importantes del mundo con una producción que ronda los 1,100 millones de toneladas en el año 2020 (FAO, 2022). En Cuba el maíz es uno de los cultivos principales con una demanda anual de grano seco de 900 000 t (ONEI, 2022), la cual, por diversas razones, no se satisface con la producción nacional por lo que se impone un accionar coherente para contribuir a la seguridad alimentaria que se necesita en Cuba (Casanovas et al. 2022).

En las condiciones climáticas actuales para nuestro país y bajo los efectos esperados del cambio climático a futuro, donde las precipitaciones presentan una distribución espacial y temporal muy irregular, sería poco probable lograr niveles altos de producción y rendimiento del maíz en ausencia del riego. En la agricultura de regadío, la práctica de riego es uno de los procesos más complejos que debe realizar el agricultor debido a la gran cantidad de factores implicados en el manejo del agua, requiriéndose de información técnica para el conocimiento preciso entre el agua aplicada y el rendimiento de los cultivos (Dell'Amico et al., 2025; Herrera, 2011; IICA, 2021).

La agricultura de riego ha sido esencial para el desarrollo de las civilizaciones desde los tiempos más remotos de la humanidad. En épocas recientes ha tenido un papel central para alimentar a poblaciones cada vez más grandes y para resolver los graves problemas de hambre que prevalecen en las regiones más rezagadas del mundo. Por ello, los sistemas de riego agrícola han tenido un crecimiento considerable y tuvieron un notable auge en la segunda mitad del siglo XX (IICA, 2021).

El agricultor generalmente se hace dos preguntas al desarrollar una estrategia para el manejo del riego: “¿Cuándo regar?” y “¿Cuánta agua aplicar?”.

El manejo apropiado del riego requiere la evaluación de parte del agricultor de sus necesidades de riego en base a medidas de varios parámetros físicos del suelo.

Algunos productores utilizan equipo sofisticado mientras que otros se basan en métodos empíricos o en el sentido común. Cualquiera que sea el método usado, cada uno tiene sus propios méritos y limitaciones.

En Cuba, la problemática general del uso del agua para la agricultura y su particularidad, se basa fundamentalmente en la gran demanda de agua por unidad de producción que tienen los productos agrícolas y las eficiencias globales del riego (Herrera et al., 2011). La agricultura, como principal consumidor de agua dulce, trabaja en la disminución del consumo de agua y una de las vías fundamentales para lograrlo es el aumento de la eficiencia en el uso del agua de riego y en el incremento de su productividad

En la programación de riego, la tendencia es a que actúen menos factores subjetivos y se logre mayor eficiencia en el manejo del agua (Aziz et al., 2022; Sundaram et al., 2022). Por esta razón, para determinar el momento idóneo del riego, conviene utilizar algún método que apoye la decisión de regar y debe considerarse que, la humedad del suelo se expresa en uno de los dos modos siguientes: 1) por la cantidad de agua que él contiene o 2) por la tensión con que el agua está retenida (ψ). El primer modo de expresión es necesario cuando se trabaja en el balance de ganancias y pérdidas de agua; mientras que el segundo permite conocer el movimiento y la disponibilidad del agua para las plantas.

El trabajo requerido por la planta para extraer una unidad de agua (tensión) del suelo es el factor que está más relacionado con la respuesta a la humedad que cualquier otro factor aislado (Bahadur & Singh, 2021). En Cuba se ha realizado un notable esfuerzo en la determinación de los requerimientos de agua por el cultivo del maíz y el límite de humedad del suelo, al que es necesario aplicar el riego considerando el contenido de humedad o la tensión del suelo, sin embargo, la programación del riego utilizando tensímetros en el cultivo de maíz es una práctica poco utilizada en Cuba.

El objetivo del artículo es determinar el momento y dosis de riego en el cultivo del maíz, considerando la tensión matricial.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se encuentra en la UBPC “Cuba Libre” de la Empresa Agropecuaria Horquita del municipio Abreu, la Provincia Cienfuegos. El cultivo seleccionado es el maíz, variedad H-Ame 15, para la campaña de frío (noviembre-abril). El marco de siembra fue de 0.90*0.25 m, sobre un suelo Ferrálítico Rojo lixiviado (Hernández et al., 2019) con contenido de materia orgánica superior al 3 % y textura arcillosa, apto para el buen desarrollo del cultivo. Para el estudio se determinaron, *in situ*, las propiedades de capacidad de campo, NC 1042. (2014.), densidad aparente, NC 1042 (2014) y coeficiente de marchitez, NC

1046 (2014), como las propiedades que se utilizan para determinar la dosis y frecuencia de riego. El área está beneficiada por la máquina de riego de pivote central eléctrica modelo Western, con 5 torres y abarca un área de 30,7 ha.

Las variables climáticas que influyen en el consumo de agua de la planta y determinaron las necesidades de riego del cultivo fueron tomadas de la estación meteorológica de Aguada de Pasajeros. Ver tabla 1.

Tabla 1: Comportamiento de los variables climáticas durante el periodo de estudio.

Mes	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Viento (m.s ⁻¹)	Insolación (h)	Precipitación (mm)
	Mínima	Máxima				
Noviembre	20,6	30,2	83	6,7	6,2	35,5
Diciembre	18,1	27,6	83	6,0	5,9	121,0
Enero	17,8	28,6	80	6,4	6,6	27,7
Febrero	14,5	27,6	75	6,6	8,1	55,9
Marzo	19,6	31,6	73	7,6	7,8	19,0
Abril	19,0	32,7	68	8,8	9,3	39,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Estación Meteorológica Aguada de Pasajeros.

La programación del riego se realizó mediante el método de la tensión hídrica del suelo (Tensiómetros), para lo cual se establecieron cinco estaciones de medida, una en cada tramo de la máquina a lo largo del cuadrante seleccionado (II), como muestra la figura 1. En cada estación se instalaron dos tensiómetros y se realizaron las mediciones diarias para establecer línea de tendencia.

Un sensor se ubicó en la zona de mayor cantidad de raíces (0.20 m) para determinar “cuándo regar”, otro a 0.40 m de profundidad para el control de drenaje y determinar

“cuánto regar”. La lectura del tensiómetro ubicado donde se concentran las raíces (20 cm) indica el momento de riego. Cuando la lectura del manómetro está marcando entre 50 y 60 kPa es recomendable regar (figura 2).

Fig 1: Estaciones de tensiómetros.

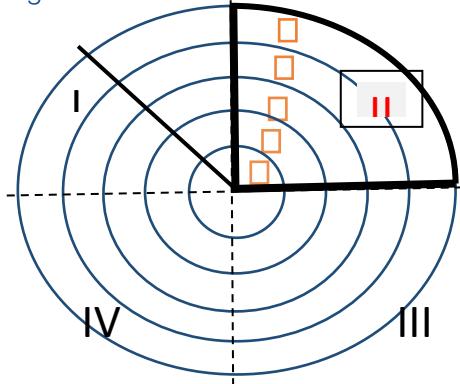
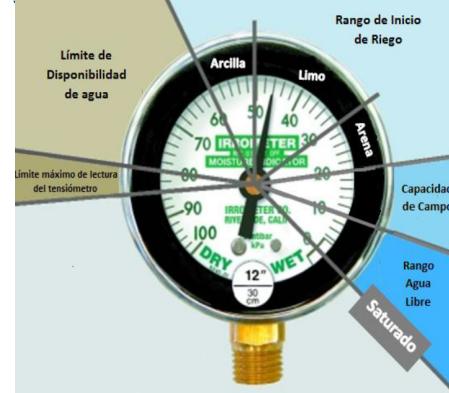


Fig 2: Escala del tensiómetro



Fuente: Elaboración propia

La dosis o lámina de riego a aplicada (mm) se determina por la diferencia entre la reserva máxima y la humedad presente en el momento de iniciar el riego y su efectividad se muestra en la dinámica de la humedad del suelo, ver ecuación 1.

$$mn = w_{máxima} - w_{presente} \quad mn = w_{máxima} - w_{presente} \quad (mm) \quad (1)$$

Análisis estadístico

Se condujo un diseño longitudinal simple con 5 parcelas a lo largo del cuadrante II de la máquina del riego donde se instalan 10 tensiómetros (dos en cada parcela). A los datos de tensión de humedad se aplicó el estadístico de Levene para verificar el supuesto de homocedasticidad entre las varianzas de los grupos y posteriormente se realizó el análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias entre las medias de tensión de humedad en los cinco puntos de medición se determinan según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD con un 95% de confiabilidad. Se emplea el paquete estadístico IBM SPSS. Versión 25.

RESULTADOS-DISCUSIÓN

Propiedades hidrofísicas del suelo que influyen en el riego.

Las evaluaciones realizadas al suelo del área donde se desarrolla la etapa de investigación permiten actualizar las propiedades hidrofísicas que intervienen en el manejo del riego, las que se resumen en la tabla 2. La profundidad radicular del cultivo muestra un 83 % entre 0-40 cm, solo algunas raíces aisladas alcanzaron profundidades superiores que incluso superan los 50 cm. La densidad aparente (DA) del suelo determinada a una humedad de 22,5 % pss, fue de 1,24 g.cm⁻³.

Límites de la humedad óptima del suelo para el manejo del riego

Los límites de la humedad óptima del suelo se encuentran entre 27,1 % (límite superior o Cc) y 14,73 % (límite inferior o punto de marchitez). El límite productivo se estableció al 80 % de la Cc. Estos valores guardan relación con los de Arcia y Herrera (2023) en su trabajo, primera aproximación de agrupamiento espacial de suelos para la gestión del agua con fines de riego, para el grupo en el cual están los suelos Ferralítico Rojo lixiviado.

Tabla 2: Propiedades hidrofísicas del suelo.

Profundidad	Límite superior del agua disponible LSADS (% pss)	Densidad Aparente (g.cm ⁻³)	Coeficiente de Marchitez (% pss)	Límite Productivo (% pss)
0-30 cm	27,1	1,24	14,73	21,68 (80 % CC)

Fuente: elaboración propia.

A partir de disponer de estos parámetros la programación del riego responde a la condición de que la humedad del suelo se mantenga entre los límites de la humedad óptima, para lo cual se precisa de conocer el momento en que la humedad se encuentra en el entorno al límite productivo a través de las lecturas de los tensímetros. Ver tabla 3.

Tabla 3: Estadística descriptiva aplicada a la tensión de humedad observada.

Riego	N	Media	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
1	5	55.0000	1.41421	51.0735	58.9265	52.00	60.00
2	5	61.0000	2.70185	53.4985	68.5015	53.00	69.00
3	5	63.0000	2.66458	55.6019	70.3981	55.00	71.00
4	5	58.0000	2.77489	50.2957	65.7043	50.00	66.00
5	5	40.0000	1.09545	36.9586	43.0414	36.00	42.00
6	5	55.0000	1.30384	51.3800	58.6200	52.00	59.00
7	5	52.0000	1.30384	48.3800	55.6200	49.00	56.00
8	5	59.0000	1.14018	55.8344	62.1656	55.00	61.00
9	5	40.0000	1.09545	36.9586	43.0414	37.00	43.00
10	5	40.0000	1.41421	36.0735	43.9265	36.00	44.00
11	5	57.0000	0.70711	55.0368	58.9632	55.00	59.00
12	5	52.0000	1.89737	46.7321	57.2679	47.00	58.00
13	5	49.0000	2.60768	41.7599	56.2401	43.00	57.00
14	5	44.0000	2.02485	38.3781	49.6219	40.00	51.00
15	5	59.0000	1.30384	55.3800	62.6200	56.00	63.00
16	5	54.0000	1.58114	49.6101	58.3899	51.00	60.00
17	5	32.0000	1.51658	27.7893	36.2107	28.00	36.00
Total	85	51.1765	1.02328	49.1416	53.2114	28.00	71.00

Fuente: Datos obtenidos en la fase experimental y procesados con el programa IBM SPSS. Versión 25.

La prueba de homogeneidad de varianza (Tabla 4), para $p>0,05$, mostró que el valor de las varianzas entre los grupos para el contenido de humedad a partir de la tensión con que es retenida por el suelo no es significativo por lo que se cumplen los supuestos de homogeneidad de las varianzas, validando el uso del análisis de varianza (ANOVA) paramétrico.

Tabla 4: Prueba de homogeneidad de varianzas ($p>0,05$).

	P-Value (Levene test)	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1,508	16	68	0,123
Se basa en la mediana	0,834	16	68	0,634
Se basa en la media y con gl ajustado	0,834	16	46,856	0,643
Se basa en la media recortada	1,479	16	68	0,134

Fuente: programa IBM SPSS. Versión 25.

La tensión de humedad del suelo al momento de cada uno de los 17 riegos, que se muestra en la tabla 5, varía desde 40 cbar (riegos 5, 9 y 10, sin diferencia significativa entre ellos) hasta 63 cbar, que, si difieren significativamente con el resto de los valores en los restantes 16 riegos aplicados. Según el test de Tukey ($P>0,05$), estas variaciones explican el por qué se utilizan diferentes láminas de riego para conseguir el mismo objetivo de mantener la humedad del suelo en los límites óptimos y coinciden con el criterio de Rodríguez et al. (2021) sobre la importancia de mantener las condiciones de suelo y humedad para incrementar los rendimientos del maíz.

Tabla 5: Comparación de medias de tensión de humedad al momento de cada riego.

No Riego	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Tensión Hu- medad	55 ^{def}	61 ^{ef}	63 ^f	58 ^{def}	40 ^{ab}	55 ^{def}	52 ^{cde}	59 ^{ef}	40 ^{ab}	40 ^{ab}	57 ^{def}	52 ^{cde}	49 ^{bc}	44 ^{bc}	59 ^{ef}	54 ^{def}	32 ^a

Leyenda. Medias en las columnas con diferentes índices difieren para *** $P<0,005$. NS -No significativo

Fuente: Datos procesados con el programa IBM SPSS versión 25.

El régimen de riego aplicado al cultivo a partir del seguimiento a la humedad del suelo mediante a los tensímetros requirió la aplicación de 18 riegos con una lámina total de 268 mm y un intervalo promedio de 6,9 días, como muestra la tabla 6. El efecto del régimen de riego aplicado se refleja en la dinámica de la humedad del suelo (Figura 3), la que muestra que durante todo el ciclo del cultivo la humedad del suelo se mantuvo entre la capacidad de campo o reserva máxima y el límite productivo o reserva mínima, con lo que se garantizó los niveles de humedad exigidos por el maíz. Las láminas de agua que se aplican en este estudio son diferentes a las aplicadas por Reyes-González et al. (2023) en tres híbridos de maíz con ciclo vegetativo superior y menor aporte de las precipitaciones.

Tabla 6: Elementos del régimen de riego aplicado al maíz.

Elementos	Valor unitario
Total de riegos	18
Lámina total (mm)	268
Lámina promedio (mm)	14,8
Intervalo promedio (días)	6,9

Fuente: Elaboración propia.

Fig. 3: Dinámica de la humedad del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En las condiciones del ensayo, las medidas de la tensión matricial del suelo a 0.30 m de profundidad constituyen un buen indicador de la disponibilidad de agua del suelo y, por lo tanto, se considera una herramienta eficaz para la monitorización del riego en el cultivo del maíz.

La diferencia encontrada en cuanto a la utilidad de las medidas tensiométricas indican la importancia de elegir las láminas adecuadas de riego y del conocimiento del patrón de absorción de agua, como elementos básicos para el correcto manejo del riego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcia Porrúa, J. y Herrera Puebla, J. (2023). Primera aproximación de agrupamiento espacial de suelos para la gestión del agua con fines de riego. *Revista Ingeniería Agrícola*, 13(3). <https://cu-id.com/2284/v13n3e01/>
- Aziz, M., Khan, M., Anjum, N., Sultan, M., Shamshiri, R.R., Ibrahim, S.M., Balasundram, S.K. & Aleem, M. (2022). *Scientific Irrigation Scheduling for Sustainable Production in Olive Groves*. *Agriculture*, 12 (4), 564-576. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040564/>
- Bahadur, A., & Singh, J. (2021). *Optimization of Tensiometer-Based Drip Irrigation Scheduling and Its Effect on Growth, Yield and Water Use Efficiency in Tomato (Solanum lycopersicum L)*. *Agricultural Research*, 10(4), 675-681. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40003-020-00529-5>
- Casanovas Cosío, E., Suárez del Villar Labastida, A., Álvarez Sánchez, A., & Avilleira Cruz, I., (2022). Valoración de la seguridad alimentaria cubana a partir de la superficie agrícola explotada y los rendimientos agrícolas. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(5), 304-314. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000500304&script=sci_arttext&lng=pt
- Dell'Amico, J.M., Medardo D., Guerrero L. y Santa Cruz A. (2025). Efecto del riego deficitario controlado en el desarrollo de plantas de maíz. *Cultivos Tropicales*, 46(1), e03. <http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones>
- FAO. (2022). *The state of food security and nutrition in the world*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc0639/>
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch D. & Castro N. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos tropicales*, 40(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362019000100015&script=sci_arttext
- Herrera, J., Seijas, T.L., Robaina, F.G. (2011): El uso del agua en la agricultura en Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(2) pp1-7. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262033008>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, México). (2021). El agua para la agricultura de las américa. (en línea). Ciudad de México, México. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6148/BVE17109367e.pdf?sequence=1>
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). (2022): "Anuario estadístico de Cuba 2021", *Capítulo 9. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca*. Ed. ONEI, La Habana. <https://www.onei.gob.cu/anuario-2021>
- Reyes-González, A., Reta-Sánchez, D. G., Sánchez-Duarte, J. I., Preciado-Rangel, P., Rodríguez-Moreno, Víctor M., & Ruiz-Alvarez, O. (2023). Uso del atmómetro y coeficiente de cultivo en la programación del riego en maíz forrajero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282023000100007&script=sci_arttext/
- Rodríguez, O., Florido, R., Hernández, N., Soto, F., Jeréz, E., González, D. & Vázquez, R.J. (2021). Simulación de estrategias de manejo a partir del modelo DSSAT para incrementar los rendimientos de un cultivar de maíz. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802021000200008&script=sci_arttext
- Sundaram, P., K., Kumar, S., Shivani, Kumar, U. & Mondal, S. (2022). *Tensiometer based irrigation scheduling in wheat (Triticum Aestivum) in middle Indo-Gangetic plains*. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 92(2), 231-235. <https://doi.org/10.56093/ijas.v92i2.122227>.