

Artículo de investigación

Efecto del exceso de humedad a causa del microrrelieve y de los fragmentos gruesos del suelo en los rendimientos de maíz (*Zea mays* L.)

*Effect of excess moisture due to microrelief and coarse soil fragments on maize yields (*Zea mays* L.)*

Ricardo José Orellana¹, Eddy Carolina Orellana²

¹Profesor Titular, Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Email: Correo: rj1961ore@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5660-4342>

²Ingeniero Agrónomo. Directora del Laboratorio de Servicios Agroecológicos SER AGRO CA. Correo: krolay1616@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4253-9155>

RESUMEN

Para evaluar el efecto del exceso de humedad a causa del microrrelieve y de los fragmentos gruesos del suelo, se hizo un trabajo en la época de lluvias del año 2023 en el estado Portuguesa, Venezuela. Se sembró el híbrido Agriconsess 101, siguiendo un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones, donde las variables independientes fueron suelo sin problema (T1), suelo saturado por acción del microrrelieve (T2), suelo con alto porcentaje de fragmentos gruesos (T3) y las dependientes área foliar de la planta (AF), área foliar entre las hojas 5 a 10 (AF5-10), concentración de clorofila (CaH, CbH) y contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en la hoja inmediata superior a la mazorca, altura de las plantas (AP), altura de la mazorca (AM), hilera por mazorca (HM), granos por hilera (GH), peso de 1000 granos y rendimiento (kg/ha). Los resultados fueron corridos en un software estadístico SPSS versión 26.0 para determinar diferencias cuantitativas entre las variables respuesta y las independientes. Los valores significativos fueron evaluados con Tukey para verificar si la diferencia entre las medias de cada parámetro. Kruskal y Wallis, se utilizó para la corrección de la significancia de la prueba de ANOVA con exceso de variación o heterogeneidad de varianzas. Los resultados muestran efecto significativo ($P < 0,001$) de los tratamientos en las variables altura de la planta (AP), altura de la mazorca (AM), área foliar (AF), AF5-10, contenido de clorofila a (CaH), nitrógeno (N), magnesio (Mg), hileras/mazorca (HM), granos/hilera (GH), peso de mil granos (P1000) y rendimiento (REND). Se concluyó que el exceso de humedad a causa de microrrelieve provocó menor tasa de formación de clorofila a, y bajo contenido de nutrientes como el nitrógeno y magnesio. Como consecuencia las plantas de maíz tienen menor tamaño (AP), menor área foliar (AF) influyendo en los componentes del rendimiento HM, GH, P1000 y en los rendimientos expresados en kg/ha, mientras que el alto porcentaje de fragmentos gruesos afecta de forma significativa la altura de la planta (AP), el área foliar (AF) y dos componentes del rendimiento (HM y GH) pero las plantas de maíz pueden expresar rendimientos estadísticamente iguales a los suelos en condiciones de suelos sin problemas (T1).

Palabras clave: microtopográfica, anegamiento, fenología.

ABSTRACT

To evaluate the effect of excess moisture due to microrelief and coarse soil fragments, work was carried out in the rainy season of 2023 in the state of Portuguesa, Venezuela. Agriconsess 101 hybrid was planted, following a completely randomized experimental design with 4 replications, where the independent variables were soil without problem (T1), soil saturated by the action of microrelief (T2), soil with a high percentage of coarse fragments (T3) and the dependent plant leaf area (FA), leaf area between leaves 5 to 10 (AF5-10), chlorophyll concentration (CaH, CbH) and nutrient content (N, P, K, Ca, Mg) in the leaf immediately above the cob, plant height (AP), ear height (AM), row per ear (HM), grains per row (GH), Weight of 1000 grains and yield (kg/ha). The results were run in SPSS statistical software version 26.0 to determine quantitative differences between response variables and independent variables. Significant values were evaluated with Tukey to verify the difference between the means of each parameter. Kruskal and Wallis was used to correct the significance of the ANOVA test with excess variation or heterogeneity of variances. The results show a significant effect ($P < 0.001$) of the treatments on the variables plant height (PA), ear height (AM), leaf area (FA), AF5-10, chlorophyll a (CaH), nitrogen (N), magnesium (Mg), rows/ear (HM), grains/row (GH), weight of thousand grains (P1000) and yield (REND). It was concluded that excess moisture due to microrelief caused a lower rate of chlorophyll a formation, and low content of nutrients such as nitrogen and magnesium. As a consequence, maize plants have smaller size (AP), smaller leaf area (FA) influencing the yield components HM, GH, P1000 and yields expressed in kg/ha, while the high percentage of coarse fragments significantly affects the height of the plant (AP), leaf area (FA) and two yield components (HM and GH) but maize plants can express yields statistically equal to soils under trouble-free soil conditions (T1).

Keywords: microtopographic, waterlogging, phenology.

Recibido: 18-02-2024

Aceptado: 15-04-2024

Publicado: 15-04-2024

Autor de correspondencia: Ricardo José Orellana
Correo electrónico: rj1961ore@gmail.com

Introducción

Los últimos ciclos de siembra de maíz en Venezuela (2022-2024) han venido acompañados de expectativas y esfuerzos por alcanzar altos rendimientos. A tal fin se han implementado prácticas como aumentar la densidad de siembra, incrementar la cantidad de fertilizantes, utilizar híbridos de alto vigor o mejorar el aspecto de la uniformidad de siembra (plantabilidad). Los resultados, sin embargo, no han alcanzado las expectativas de rendimiento. Esto pudiera deberse a que se han obviado otros aspectos importantes, como son, condiciones climáticas propias de Venezuela que no son extrapolables a las prácticas de otros países con condiciones más favorables (alto número de horas luz), e ignorar un aspecto fundamental como es el suelo y sus componentes de fertilidad (González-Pedraza et al. 2019; Orellana et al., 2019).

Al respecto de lo señalado, FEDEAGRO (2023) indicó que el rendimiento del maíz promedio nacional está en las 5 toneladas por hectáreas. Por otra parte, según Silva (2009) la distribución del área de siembra se concentra en los llanos occidentales (estados Barinas, Cojedes, Portuguesa) donde los suelos son muy diferentes a los de otras áreas de siembra como son Guárico y Yaracuy. Este autor, en su trabajo encontró que los coeficientes de correlaciones simples estimados en el análisis combinado indicaron que el rendimiento de grano presentó niveles de asociación estadísticamente significativos con la altura de la mazorca (AM) y de la planta (AP), siendo la magnitud de esta asociación relativamente baja, con coeficientes de 0,34 y 0,28, respectivamente.

Por otra parte, Peña (2023) señaló que el problema del exceso de humedad estuvo como prioridad por los productores de los llanos occidentales desde los años 60 cuando se vieron en la necesidad de excavar canales de drenaje en las unidades de producción, reforzando el estudio de este problema en los años 70 con la promoción de construcción de bancales y en los años posteriores con la implementación de la siembra directa y construcción de bancales anchos mediante melgas, también señaló que es importante considerar en el manejo de la humedad los contenidos de arcilla, arenas fina, muy finas y el nivel freático. En cuanto al efecto del exceso de humedad en la planta de maíz, Muller y Pope (2009) encontraron relación significativa entre temperatura y saturación del suelo (SS) y entre suelo saturado y el desarrollo de la planta de maíz. Cuando el suelo esta saturado, el problema en la planta comienza desde la etapa inicial hasta la etapa V6 lo cual afecta fuertemente el crecimiento y rendimiento si la saturación es mayor a 2 días.

Otro parámetro olvidado en las siembras de cultivos en Venezuela lo constituye la presencia de fragmentos gruesos, aparentemente no importantes, pero que en algunos casos puede pasar del 30 % y cuyo tamaño mayor a 2 mm de diámetro constituye un aspecto que puede alterar las características físicas (porosidad, retención de agua) y

químicas nutricionales (contenido de carbono orgánico, nitrógeno total, capacidad de intercambio de cationes) del suelo. Los fragmentos gruesos situados bajo la superficie del suelo influyen en la proporción de infiltración y en la permeabilidad, en la reducción del espacio radical, la disminución de la capacidad de almacenamiento total de agua y del contenido de nutrientes e incremento excesivo de la temperatura del suelo (Latorre y Villamizar, 2019; Fernández-Sanjurjo, 2020; Buelvas, 2021; Flores et al., 2021; González-Pedraza et al., 2022).

El trabajo siguiente, se enmarca en aspectos reales en el campo de siembra, como son impedimentos físicos (fragmentos gruesos) y del micro relieve (zonas bajas donde se acumula agua por largos periodos de tiempo) y tuvo por objetivo evaluar el efecto del exceso de humedad y de los fragmentos gruesos del suelo en los rendimientos del maíz (*Zea mays* L.)

El estudio de la respuesta del maíz a las condiciones de humedad es tema tratado por Reta y Faz (1999), quienes fijaron como objetivo cuantificar el efecto de diferentes niveles de humedad en el suelo en varias fases fenológicas sobre el rendimiento de grano en maíz (*Zea mays* L.), obteniendo como resultado que la mejor respuesta en términos de rendimiento de grano y uso del agua evapotranspirada se obtuvo cuando el cultivo tuvo condiciones adecuadas de humedad en el inicio de las fases de diferenciación de órganos reproductivos (35 a 51 dds), inicio crecimiento de la mazorca (52 a 65 dds), inicio emergencia de estigmas (65 a 69 dds), y grano lechoso (85 a 120 dds). Se encontraron reducciones del rendimiento de grano de 23 a 34 %, debido a la disminución del número de granos por mazorca de 15 a 26 %.

Por otra parte, Inzunza-Ibarra et al. (2006), desarrollaron un trabajo con el objetivo de obtener un modelo matemático para estimar el rendimiento de grano del maíz en función del contenido de humedad del suelo en el momento del riego, expresado como la tensión de humedad o potencial mátrico del agua del suelo, en dos períodos de desarrollo del cultivo: desde la siembra hasta el inicio de la floración, y desde el inicio de la floración hasta la madurez fisiológica, concluyendo en su estudio que es posible obtener una producción de grano máxima de 8,1 t ha⁻¹ cuando se riega el cultivo a una tensión de humedad del suelo de -0,66 MPa desde la siembra hasta el inicio de la floración, y a una tensión de humedad de -0,23 MPa desde el inicio de la floración hasta la madurez fisiológica, con un consumo total de agua de 79,4 cm.

En cuanto al exceso de humedad y su efecto en las plantas de maíz, Mueller y Pope (2009), en su trabajo encontraron que suelos saturados en las etapas anteriores a V6 afectan el mayor porcentaje el crecimiento y desarrollo de las plantas que en etapas posteriores. Por otra parte, encontraron una relación entre temperatura del suelo, la inundación y el tiempo de sobrevivencia de las plantas. Los resultados mostraron que las plántulas pueden sobrevivir hasta cuatro días de inundación cuando las temperaturas son

relativamente frías (alrededor de 15 °C) pero sobrevivirán menos días si las temperaturas son más cálidas (22 °C o más).

En el caso de la presencia de fragmentos gruesos (rocas, guijarros, ripio, gravas, clastos), hay que señalar que cuando se pretende definir un límite superior de tamaño de partícula, que pueda ser incluido correctamente en la definición de suelo, prácticamente hay unanimidad en la literatura en considerar “suelo” a aquellas partículas de diámetro equivalente igual o inferior a 2 mm. En consecuencia, cualquier fracción de diámetro equivalente superior a este valor se denomina “fragmento grueso” y se pueden clasificar según su abundancia en el perfil como tipo 1 (<15 % sin adjetivo), 2 (15-35 % gravoso), 3 (35-60 % muy gravoso), 4 (60-90 % extremadamente gravoso), 5 (>90% no es suelo) (Lucio y Casanova, 2020).

Entendido lo que es un fragmento grueso, autores como Weaver y Ritche (1992) encontraron contenidos elevados de carbono y alta capacidad de retención de fósforo en los fragmentos de roca; con una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de esta fracción gruesa en más del 60 % de la CIC total del suelo, propiedades atribuidas principalmente a la adsorción de ácidos orgánicos en los poros de los clastos. Por otra parte, Villamil et al. (2021), encontraron que los fragmentos gruesos ejercen una compleja influencia sobre los procesos hidrológicos del suelo (infiltración, evapotranspiración, generación de escorrentía, entre otros) y tienen una alta relevancia en el comportamiento de sus propiedades hidráulicas (PHS) (conductividad hidráulica saturada e insaturada y capacidad de retención de agua en el suelo).

Materiales y métodos

Para evaluar el efecto del exceso de humedad a causa del micro relieve y de los fragmentos gruesos del suelo, se hizo un trabajo en la época de lluvias del año 2023 en el estado Portuguesa, Venezuela. En una parcela se sembró maíz (híbrido Agriconess 101) siguiendo un diseño experimental completamente aleatorizado con 4 repeticiones, donde las variables independientes (tratamientos) fueron suelo sin problema (T1), suelo saturado por acción del micro relieve (T2), suelo con alto porcentaje de fragmentos gruesos (T3) y las dependientes área foliar de la planta (AF), área foliar entre las hojas 5 a 10 (AF5-10), concentración de clorofila (CaH, CbH) y contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) en la hoja inmediata superior a la mazorca, altura de las plantas (AP), altura de la mazorca (AM), hilera por mazorca (HM), granos por hilera (GH), peso de 1000 granos al 12 % y rendimiento (kg/ha). Para medir el porcentaje de fragmentos gruesos y humedad se utilizó el método gravimétrico y la curva de retención de humedad del suelo. Las variables dependientes área foliar (AF y AF5-10) fueron determinadas midiendo largo x ancho x factor (0,75); clorofila por espectrofotometría en longitudes de onda 647, 655, 664 nm, nutrientes extracción con ACP determinación con espectrofotometría, reducción de cadmio (N), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (P),

Turbidimétrico tetrafeniborato (K), oxalato (Ca), calmagita (Mg). Los parámetros altura y tamaño por medición directa con cinta y los componentes de rendimientos por conteo y estimación. Las mediciones para AF, AP se hicieron a los 60 DDE e igual en esa fecha se hizo el muestreo para determinar clorofila y los nutrientes. Los componentes de rendimiento se cuantificaron a cosecha a los 130 DDE. Todos los tratamientos fueron fertilizados con dosis iguales de Leonardita, triple 15, urea y KCl según el resultado y las recomendaciones del estudio de suelos hecho en el laboratorio SER AGRO CA.

Los resultados obtenidos fueron introducidos a una base de datos en Excel y corridos en un software estadístico SPSS versión 26.0 para determinar diferencias cuantitativas entre las variables respuesta y las independientes. Los valores significativos fueron evaluados con Tukey para verificar si la diferencia entre las medias de cada parámetro. Kruskal y Wallis, se utilizó para la corrección de la significancia de la prueba de ANOVA con exceso de variación o heterogeneidad de varianzas.

Resultados y discusión

Los resultados muestran según el análisis de varianza (ANOVA), efecto significativo ($P < 0,001$) de los tratamientos en la parte morfológica de la planta, en las variables altura de la planta (AP), altura de la mazorca (AM), área foliar (AF), AF5-10, mientras que en la nutrición son significativos ($P < 0,001$) el contenido de clorofila a (CaH), nitrógeno (N), magnesio (Mg) y en los componentes del rendimiento fueron significativos ($P < 0,001$) hileras por mazorca (HM), granos por hilera (GH) y peso de mil granos (P1000) al igual que la variable rendimiento (REND).

El efecto de los tratamientos sobre las variables AP, AM, AF y AF5-10 indica que hubo mejor respuesta de las plantas de maíz en el tratamiento 1 (suelos donde no existe exceso de humedad por efecto del micro relieve ni presencia de alto porcentaje de fragmentos gruesos) (Tabla 1). En los resultados se puede observar, formación de tres grupos estadísticamente diferentes para AP, AM, AF5-10 y dos grupos en AF. La explicación a esta respuesta se asocia con las condiciones del suelo. Al respecto, Vásquez y González (2003) encontraron que en la caracterización microtopográfica de las superficies en condiciones secas y húmedas conforme aumenta la precipitación acumulativa, se inicia la formación de costra estructural y posteriormente de costra sedimentaria que originan baja infiltración y por ende formación de charcas que cambian las condiciones físicoquímicas del suelo. Los cambios inician por la disminución de la tasa de saturación de oxígeno, potencial redox y reducción de nutrientes esenciales como nitrógeno (NO_3^- a N_2^-), azufre (SO_4^{2-} a SO_2^- muy tóxico para las plantas), hierro ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ a Fe^{+2}), manganeso (MnO_2 a Mn^{+2}), aspectos que afectan la respuesta de las plantas de maíz provocando menor altura y disminución del área foliar. Por esta causa, en el tratamiento 2, bajo estas condiciones la planta de maíz sufre cambios morfológicos como

disminución de la altura y reducción del área foliar. Por otra parte, en el tratamiento 3, el alto porcentaje de fragmentos gruesos también afecta esas variables, pero en menor severidad que en el tratamiento T2.

Tabla 1. Efecto del exceso de humedad por acción del microrrelieve y de los fragmentos gruesos del suelo en las variables AP, AM, AF y AF5-10.

Tratamiento	AP (cm)	AM (cm)	AF	AF5-10
T1	270a	157a	7600a	4500a
T2	136c	90c	3891b	2333b
T3	205b	123ab	4630b	2787ab

Valores seguidos de letras diferentes son significativos al 5% según Tukey. Altura de la planta (AP), altura de la mazorca (AM), área foliar de la planta (AF), área foliar entre las hojas 5 a 10 (AF5-10).

Con respecto a los contenidos de clorofila y los nutrientes, los resultados muestran un efecto adverso del exceso de humedad por efecto del micro relieve (T2) en la concentración de clorofila a (CaH), nitrógeno (N) y magnesio (Mg) (Tabla 2), mientras que estadísticamente los tratamientos T1 y T3 no tienen diferencias. En este sentido, los resultados coinciden con lo señalado por Ramos-Garcías et al 2023, quienes indicaron que el estado fenológico del maíz y la dosis de N influyeron en los contenidos de clorofila y nitrógeno. El caso es que, al estar las plantas en condiciones adversas como exceso de humedad sufren cambios fenológicos que afectan la formación de clorofila, y su contenido nutricional de magnesio y nitrógeno, afectando con ello los rendimientos de grano de las plantas. Según Dai et al. (2009), las plantas con bajo nivel de clorofila son menos eficientes en la actividad fotosintética lo que provoca la inhibición de la asimilación de CO₂ y la formación de carbohidratos y esto puede ser un efecto sean indirecto, que ocurre cuando cambia el contenido de oxígeno en el suelo por causas de anegamiento.

Tabla 2. Efecto del exceso de humedad por acción del microrrelieve y de los fragmentos gruesos del suelo en las variables CaH, N y Mg (hoja inmediata superior a la mazorca).

Tratamiento	CaH (mg/mg MF)	N (%)	Mg (%)
T1	2,0a	3,3a	0,31a
T2	0,7b	2,2b	0,13b
T3	1,9 ^a	3,1a	0,26a

Valores seguidos de letras diferentes son significativos al 5% según Tukey. Concentración de clorofila (CaH, CbH), contenido de nutrientes (N, y Mg) en la hoja inmediata superior a la mazorca.

En cuanto a la respuesta de las plantas a los tratamientos para determinar los componentes de rendimiento y el

rendimiento por hectárea, se encontró (Tabla 3) que existe un efecto significativo de las condiciones de exceso de humedad por efecto del micro relieve y fragmentos gruesos. Los mejores resultados fueron obtenidos con el tratamiento T1 (Suelo sin problemas), seguido del tratamiento T2 (suelo con alto porcentaje de fragmentos gruesos) y por último los peores rendimientos se alcanzaron con los suelos saturados por acción del micro relieve T3.

Tabla 3. Efecto del exceso de humedad por acción del microrrelieve y de los fragmentos gruesos del suelo en las variables HM, GH, P1000 y REND.

Tratamiento	HM	GH	P1000 (g)	REND (kg.ha ⁻¹)
T1	17 ^a	28a	34,8 ^a	10.831 ^a
T2	13,5b	17,5b	24,4b	639b
T3	16b	25b	34,7 ^a	7563 ^a

Valores seguidos de letras diferentes son significativos al 5% según Tukey. Hileras por mazorca (HM), granos por hilera (GH), peso de 1000 granos al 12 % y rendimiento (REND).

Conclusiones

El exceso de humedad a causa de micro relieve provoca menor tasa de formación de clorofila a, y bajo contenido de nutrientes como el nitrógeno y magnesio. Como consecuencia las plantas de maíz tienen menor tamaño (AP), menor área foliar (AF) influyendo en los componentes del rendimiento HM, GH, P1000 y en los rendimientos expresados en kg/ha.

La presencia de alto porcentaje de fragmentos gruesos superficiales y en profundidad afecta de forma significativa la altura de la planta (AP), el área foliar (AF) y dos componentes del rendimiento (HM y GH) pero las plantas de maíz pueden expresar rendimientos estadísticamente iguales a los suelos en condiciones de suelos sin problemas (T1).

En conclusión, los suelos con problemas de exceso de humedad por efecto del micro relieve son menos productivos que los suelos con alto porcentaje de fragmentos gruesos.

Referencias

- Buelvas Jiménez, M. (2021). Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz: Importance of climate factors in rice crop. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 28–34. Recuperado a partir de <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1080>
- Dai, Y., Shen, Z., Liu, Y., Wang, L., Hannaway, D., y Lu, H. (2009). Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. *Environmental and Experimental Botany*, 65(2-3), 177-182.

- FEDEAGRO. (2023). *Costos de producción de maíz 2023*. <https://fedegro.org/wp-content/uploads/2023/01/FEDEAGRO-COSTOS-MAIZ-INV-2023-pagina-web.pdf>
- Fernández-Sanjurjo, M. J. (2020). Influencia de los fragmentos gruesos en algunas propiedades físicas y químicas del suelo: antecedentes y estado actual del tema. *Revista de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*, (N.º 6), 95-107.
- Flores, Y. E., Romero, A. J., Torres, A. M., Briceño, F. A. y García, A. J. (2021). Efecto de abonos biológicos y fertilizantes químicos en el cultivo de maíz, FLASA Cojedes Venezuela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 21-27. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1079/1167>
- González Pedraza, A. F., Chiquillo Barrios, Y. A., & Escalante, J. C. (2022). Salinización de suelos en áreas agrícolas de la región Caribe y estrategias agroecológicas de recuperación. Revisión. *Inge Cuc*, 18(1), 14-26. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.18.1.2022.02>
- Gonzalez-Pedraza, A. F., Orellana, R., & González-Lanza, R. (2019). Efecto del tiempo de inundación sobre la disponibilidad del fósforo (P) en un suelo arrozero de los Llanos Occidentales, Venezuela: Effect of flood time on the availability of phosphorus (P) in a rice soil in the Western Plains, Venezuela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 45-54. <https://doi.org/10.24054/cyta.v4i1.985>
- Inzunza-Ibarra, M. A., Villa-Castorena, Ma., Catalán-Valencia, E. A., Mendoza-Moreno, S. F. (2006). Modelo para estimar el rendimiento de maíz en función de la humedad del suelo. *Terra Latinoamericana*, 24(2), 179-185. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*, A.C. Chapingo, México
- Latorre Araque, C. A. & Villamizar Quiñones, C. (2019). Evaluación del efecto de la fertilización en el rendimiento de cuatro clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. et. Buk) en Mutiscua, Norte de Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(1), 3-9. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/1072/1105>
- Luzio, W. y Casanova, M. (2020). Avances en el Conocimiento de los Suelos de Chile. <https://library.co/article/fragmentos-minerales-gruesos-y-finos-del-suelo.y6er1474>
- Mueller, D. y Pope, R. (2009). *Corn field guide: A reference for identifying diseases, insect pests, and disorders of corn*. Iowa State University of Science and Technology, 72-77.
- Orellana, R., Párraga, C., y Uzcátegui, J. M. (2019). Análisis predictivo de la respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a las condiciones físicas y químicas de los suelos agrícolas, municipio Guanare, estado Portuguesa, Venezuela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 4(2), 63-68. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/992/1122>
- Peña, J. B. (2023). *Métodos para mejorar el drenaje en suelos maiceros y sus rotaciones en los llanos occidentales venezolanos*. Minuta Agropecuaria. Recuperado de <https://www.minutaagropecuaria.com/investigaciones/metodos-mejorar-drenaje-suelos-maiceros-rotaciones-los-llanos-occidentales-venezolanos/>
- Ramos-García, C. A., Martínez-Martínez, L. J., y Bernal-Riobo, J. H. (2022). Estimating chlorophyll and nitrogen contents in maize leaves (k L.) with spectroscopic analysis. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 16(1), e13398. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2022v16i1.13398>
- Reta Sánchez, D. G., y Faz Contreras, R. (1999). Respuesta del maíz a diferentes niveles de humedad en el suelo. I. Rendimiento de grano y sus componentes. *Terra Latinoamericana*, 17(4), 309-316.
- Silva, J. R. (2009). Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de cultivares de maíz de endospermo normal y QPM en zonas agroecológicas de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 59(4), 433-443.
- Vásquez, E., y González, A. (2003). *Evolución del microrrelieve de la superficie del suelo medido a diferentes escalas*. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI, 203-208.
- Villamil, J., Ávila, E., Lobo D. y Hernández, Y. (2021). Los fragmentos de roca. Origen e influencia en la infiltración y propiedades hidráulicas de los suelos. Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, DOI: <https://doi.org/10.16925/9789587603439>
- Weaver, D. M., y Ritche, G. S. P. (1992). Phosphorous sorption by gravels in lateritic soils. *Aust. J. Soil Res.*, 30, 319-330.

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)

