

Artículo de
InvestigaciónComportamiento agronómico de Maíz (*Zea mays* L.) cultivado bajo diferentes condiciones hídricas del suelo

Laura Valenzuela Gomez¹
Elkin Daniel Rodríguez Herrera^{1*}
Ervin Humprey Durán Bautista²
Medardo Lugo Arroyabe¹
Jhon Andrés Narvaez Nuñez¹
Juan Carlos Suárez-Salazar³

¹Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia.

²Docente. Ing. Mg. Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia.

³Docente. Ing. M.Sc. Ph.D©. Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia.

Autor para Correspondencia*:
elkin_daniel@hotmail.com

Recibido 05 de julio de 2015.
Aceptado 25 de diciembre 2015.

Resumen

El maíz es un cultivo ampliamente utilizado en la economía campesina, sin embargo frente a la alteración de factores agroclimáticos se han encontrado afectaciones en el crecimiento y la productividad. Se requiere realizar estudios con el objeto de determinar el comportamiento de *Zea mays* L. ante esta situación. Por ello se evaluó el efecto de la disponibilidad hídrica en el suelo sobre el comportamiento agronómico en Maíz (*Zea mays* L.) variedad ICA-109. Se utilizó un diseño de parcelas completamente al azar con tres repeticiones para evaluar el efecto de tres tratamientos (T1: Punto de Marchitez (PMT), T2: Punto de Capacidad de Campo (PCC), T3: Punto de Saturación del Suelo (PSS)). Se determinó el Índice de Área Foliar (IAF), Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), Tasa de Crecimiento Absoluta (TCA), Tasa de Asimilación Neta (TAN) y Tasa de Crecimiento Relativo (TCC) mediante muestreos destructivos cada 15 días. Los resultados encontrados demuestran que los mejores comportamientos en los índices estudiados fueron los tratamientos PMT y PCC, esto debido a su condición hídrica, la condiciones de déficit hídrico y a condiciones normales no influye negativamente sobre el desarrollo morfológico de la planta.

Palabras clave: Adaptación, Área foliar, Biomasa, Disponibilidad hídrica.

Abstract

Maize is a widely used crop in the peasant economy. However, in the face of the alteration of agroclimatic factors, growth and productivity have been affected. Studies are required in order to determine the behavior of *Zea mays* L. in this situation. Therefore, the effect of soil water availability on the agronomic behavior of maize (*Zea mays* L.) variety ICA-109 was evaluated. A completely randomized plot design with three replicates was used to evaluate the effect of three treatments (T1: Pitch Point, T2: Field Capacity Point (PCC), T3: Soil Saturation Point (PSS)). The leaf area index (LAI), relative growth rate (TCR), absolute growth rate (TCA), net assimilation rate (TAN) and relative growth rate (TCC) were determined by destructive sampling every 15 days. The results showed that the best behaviors in the indexes studied were the PMT and PCC treatments, due to their water status, water deficit conditions and normal conditions did not negatively influence the morphological development of the plant.

Key words: Adaptation, Leaf area, Biomass, Water availability.

Introducción

Debido a la tendencia actual de escasez de agua generado por las variaciones climáticas es necesario mejorar la eficiencia y productividad en los cultivos (Steduto, 2012). La estacionalidad de la cosecha se relaciona directamente con la distribución de los periodos secos y húmedos (Ramírez *et al.*, 2010), aunque la precipitación no satisface las demandas hídricas de los cultivos (Steduto, 2012). En muchas especies de interés agrícola como el Maíz (*Zea mays* L.), se ha estudiado el crecimiento de la planta y la productividad, este último depende entre otros, de la interceptación de la radiación solar y de su conversión en biomasa, esta radiación está determinada por el área foliar, sin embargo, la reducción de la expansión de la hoja se ve afectada por factores como la falta de agua y la baja disponibilidad de nutrientes (Paliwal *et al.*, 2001; Tekalign y Hammes, 2005).

El agua aumentando la movilidad de nutrientes a través del xilema conductor debido a la función principal es aportar energía para procesos de fotosíntesis como también vehículo para el transporte de nutrientes (Muñoz, 2009), muchos cultivos dependen exclusivamente del aporte hídrico que hacen las lluvias. El punto de marchitez la cual se define como un factor externo que produce un efecto negativo activando múltiples cambios fisiológicos y bioquímicos (Garsaball *et al.*, 2007; Lugo, 2014; Moreno, 2009), causa la inhibición de la fotosíntesis y disminuyendo el flujo de fotosintatos a los órganos en desarrollo (Bovery y Westgate, 2004; Ojeda *et al.*

2015; Delgado *et al.*, 2014) todo esto, expresado en la reducción del rendimiento del grano durante el período de floración, incluyendo la formación de la inflorescencia, la formación del estigma y la polinización, debido principalmente a una reducción del número de granos por mazorca (Rivetti, 2006; Meléndez, 2010).

La utilización del riego por goteo es una técnica que mejora la eficiencia global de uso de agua para satisfacer los requerimientos hídricos en los distintos fases de desarrollo del cultivo (Reinoso, 2015). Es fundamental controlar el suministro hídrico ya que una alta humedad puede llegar a limitar el crecimiento radicular de las plántulas, siendo suficiente una capacidad de campo del 40-60% para lograr la máxima tasa de crecimiento potencial (Lencinas *et al.*, 2007).

En suelos anegados o considerados a punto de saturación se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua (Shaxson y Barber, 2008) en consecuencia el desarrollo de las plantas se ve limitado en su crecimiento causando de un 25-30% de pérdidas de la producción de maíz cada año (Rathore *et al.*, 1998). Para eventos climáticos como el fenómeno de la niña, el anegamiento se está convirtiendo una amenaza abiótica en muchas áreas agrícolas (Ghassemi *et al.*, 1995). Este estudio tiene como objetivo evaluar el comportamiento del maíz en tres estados hídricos, analizando la eficiencia y productividad en el uso del agua y comparando desempeños con relación a los índices agronómicos.

Metodología

Área de estudio

La investigación se realizó en el Centro de Investigaciones Científicas Amazónicas CIMAZ Macagual, de propiedad de la Universidad de la Amazonia, ubicado a 20 Km de Florencia, al sur del departamento Caquetá, localizado geográficamente en la Amazonia colombiana a 1°37' de latitud Norte y a 75° 36' de longitud Oeste, a 250 m.s.n.m. Posee una extensión aproximada de 383,36 hm dedicadas principalmente a la explotación ganadera, con algunos arreglos agroforestales, donde se adelantan proyectos de investigación en aspectos relacionados con el manejo eficiente de los sistemas de producción en la Amazonia. Presenta una precipitación anual promedio de 3.793 mm, 25,5°C de temperatura media y humedad relativa media de 76,30% (Calderón *et al.*, 2009; Estrada & Rosas, 2008).

Diseño experimental

Se realizó un diseño en parcelas completamente al azar con tres repeticiones, con plantas de 30 días después de la siembra (DDS) sometidas a cada uno de los tratamientos con frecuencias de muestreo de cada 15 días llevándose hasta la senescencia.

Tratamientos

Las plantas fueron sembradas en bolsas de 35x35 cm, con un sustrato elaborado de abono orgánico y suelo de vega, en relación 1:1. Todos los tratamientos recibieron riego necesario hasta los 30 días después de la siembra (DDS). Luego de esto, se procedió al sometimiento de los respectivos tratamientos de la siguiente manera.

-Punto de marchitez permanente (PMT): A las plantas se les cubrió el área del suelo con un círculo de plástico, evitando así el ingreso de agua.

-Punto de Capacidad de Campo (PCC): Se utilizó un sistema de riego por goteo, manteniendo la hidratación de las plantas durante todo el día.

-Punto de Saturación del suelo (PSS): Se construyó una piscina llena de agua a una profundidad de 30 cm, allí se dejaron las plantas durante todo su ciclo vegetativo.

Índices de crecimiento

De acuerdo con Evans (1972) y Hunt (1990), los índices de crecimientos utilizados para el estudio fueron los presentados en la tabla 1.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el programa estadístico InfoStat, (Di Rienzo *et al.*, 2014), se realizaron prueba de medias utilizando la prueba de Tukey ($P < 0,05$) para comparar cada una de las variables entre tratamientos. Se realizaron análisis de varianza tomando el tiempo como variable independiente en cada uno de los análisis, llevando como criterio de partición cada una de los tratamientos.

Resultados y discusión

Índice de Área Foliar

Este índice no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1), el comportamiento se le atribuye a que no existió ningún efecto en la expresión foliar probablemente porque antes del sometimiento a los tratamientos, las plantas alcanzaron en la etapa fenológica el pleno desarrollo vegetativo. Según Laffite (2002) la planta necesita de un valor de IAF cercano a 4,0 momento en el cual necesita de su máxima capacidad fotosintética para acumular carbohidratos y masa seca, para ser utilizados posteriormente en la formación de la mazorca. La expansión foliar en maíz se altera principalmente por situaciones de estrés hídrico. En el caso de PSS se presentaron disminuciones en desarrollo foliar con lento y retrasado desarrollo morfológico. Según los planteamientos de Rosabal *et al.*, (2014) explican que las condiciones de limitación de agua inducen en las plantas respuestas que afectan su morfología, fisiología y metabolismo; en cuanto a la

Tabla 1. Resumen de fórmulas y unidades para los índices de crecimiento.

INDICES	FORMULA	OBSERVACIONES
IAF índice de área foliar	$IAF = \frac{AF}{AS}$	AF: área foliar planta AS: área del suelo
TAC Tasa de Crecimiento Absoluto	$TAC = \frac{W2 - W1}{T2 - T1}$	W1: peso inicial W2: peso final T1: tiempo inicial T2: tiempo final
TCR Tasa de Crecimiento Relativo	$TCR = \frac{\ln W2 - \ln W1}{T2 - T1}$	LnW1: log. nat. peso inicial LnW2: log. nat. peso final T1: tiempo inicial T2: tiempo final
TAN Tasa Asimilación Neta	$TAN = \frac{W2 - W1}{T2 - T1} * \frac{\ln AF2 - \ln AF1}{AF2 - AF1}$	LnAF1: log. Nat. Area foliar inicial LnAF2: log. Nat. Area foliar final
TCC Tasa de Crecimiento de Cultivo	$TCC = IAF * TAN$	IAF: índice de área foliar TAN: tasa de asimilación neta

ganancia en fruto su rendimiento fue regular, probablemente ocurrido a las agrestes condiciones climáticas; en mención a esto Rincón *et al.* (2006) señala que la combinación de las altas temperaturas y la sequía causan una mayor reducción de la fotosíntesis y en consecuencia de la producción del cultivo. Al respecto Trejo *et al.*, (2005) investigaron la respuesta de altos niveles de estrés hídrico, donde encontraron que las variedades mejoradas han desarrollado un nivel de tolerancia a la sequía llamado “latencia”, mediante el cual detienen su crecimiento, pero en el momento en que nuevamente hay humedad reinician su desarrollo hasta completarlo.

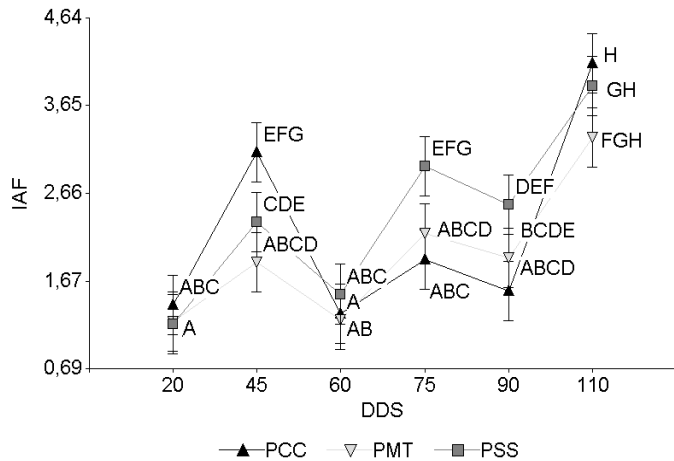


Figura 1. Índice de Área Foliar-IAF.

Tasa de Crecimiento Absoluto

La tasa de crecimiento absoluta mostró sus valores altos en los tratamientos PMT y PCC con valores a 12 aproximadamente dejando ver que existió un ritmo de crecimiento máximo a los 60 dds, condición que le favoreció a la planta por su demanda de agua en sus primeras fases fenológicas de floración (Figura 2). No obstante en el tratamiento PSS el comportamiento presentó valores bajos desde el sometimiento al anegamiento hasta la senescencia. Según Chaires *et al.*, (2013) y Wan *et al.*, (2012) el riego crea una condición favorable para el crecimiento optimiza la producción de los cultivos evitando el daño causado por el estrés. El comportamiento en el tratamiento PMP probablemente se debe a que la variedad de maíz se adaptara a condiciones de déficit hídrico y que resistencia al fenómeno, Bradford (1994) menciona que las relaciones hídricas en el desarrollo de las plantas son determinantes para resistir el déficit hídrico, debido a que el transporte continuo del floema requiere de bajos potenciales hídricos en las regiones de demanda para atraer fotosintatos y agua.

Tasa de Crecimiento Relativo

La TCR en los tratamientos presentó una disminución al aumentar la edad desde los 45 hasta los 110 dds (Figura 3). En los tratamientos PCC y PMT fueron los de mayor TCR a los 75

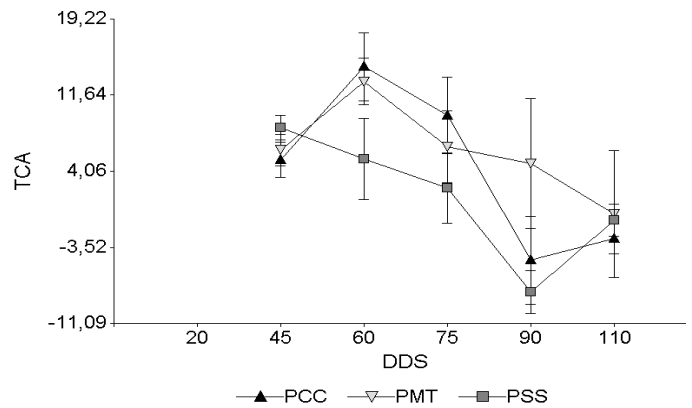


Figura 2. Tasa de Crecimiento Absoluto-TCA.

dds con valores promedio de $5,7 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$, en el PSS sus valores fueron más bajos, debido a que su máximo crecimiento se presentó en 75 dds con $5,3 \text{ g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en promedio, este efecto se por la situación de anegamiento Lizaso *et al.* (2001) y Meléndez *et al.* (2006) en su estudio con maíz encontraron que las afectadas por un periodo temprano de inundación, reportaron que la biomasa disminuyó en las plantas por efecto de inundación. Polanco y Ramírez (1993) encontraron que la planta ejerce lento crecimiento lo que consecuentemente reduce la capacidad de producir materia seca. Liu *et al.* (2010) el sistema radicular y desarrollo de la planta se ve influenciada por suelos anegados. La diferencia con nuestros resultados se le atribuye a que el efecto de la inundación se presentó en casi todas las etapas. De igual manera Saab y Sach (1996) encontraron que las plantas de maíz sometidas a periodos de anegamiento disminuyeron algunas variables de crecimiento, entre ellas, su biomasa.

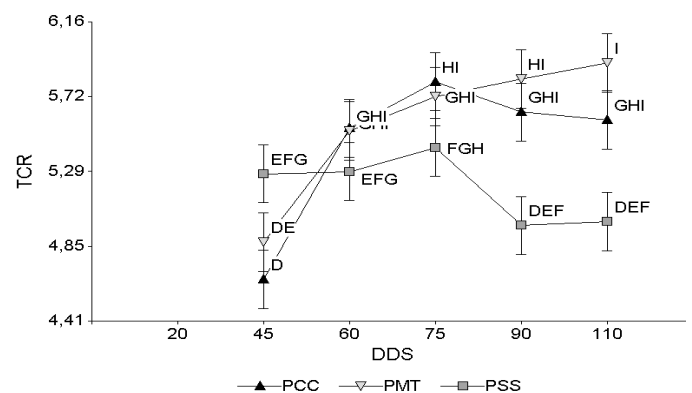


Figura 3. Tasa de Crecimiento Relativo-TRC.

Tasa de Asimilación Neta

La TAN presentó los valores máximos a los 60 dds debido a su etapa fenológica, donde mostró su mayor tasa fotosintética por unidad de área foliar. A los 60 dds todos los tratamientos presentaron valores máximos parejos con valor promedio de $0,0021 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$, después de los 75 y 90 DDS la TAN fue disminuyendo lentamente en los tratamientos hasta alcanzar valores por debajo de menos cero, siendo así, más notable en

PSS por su acelerada disminución foliar relacionada con el alto nivel de agua que ocasionó el estrés hídrico (Figura 4). De acuerdo con Escobar y Burbano (2014), estos cambios en la actividad fotosintética están explicados en cambios ambientales incidentes sobre el proceso, como son la temperatura, luminosidad, humedad del suelo y disponibilidad de nutrientes. Según Rincón *et al* (2007) la TAN no mide la fotosíntesis real sino la eficiencia neta en la producción de masa seca por fotosíntesis menos la pérdida de asimilados en los procesos de respiración.

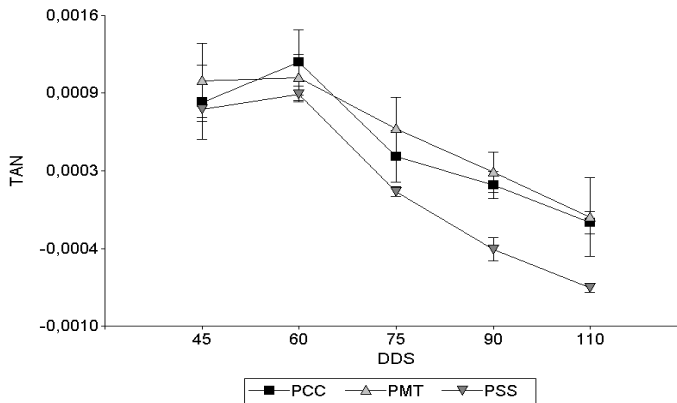


Figura 4. Tasa de Asimilación Neta-TAN.

Tasa de Crecimiento de Cultivo

La tasa de crecimiento mostro en todos los tratamientos, valores máximos promedios de $0,0021 \text{ g cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ a los 60 dds, luego presenta disminuciones al aumentar la edad encontrando diferencias significativas (Figura 5). El tratamiento PMT y PCC mostro comportamiento similar hasta la senescencia, lo contrario ocurrió en PSS, el cual se vio afectado por su excesivo nivel hídrico. Pedrol *et al.* (2008) indica que una buena disponibilidad de agua impacta de manera positiva tanto en la tasa de crecimiento del cultivo, en la disponibilidad de nutrientes, producción de nitratos por mineralización, y posterior mejora en absorción de nutrientes por el cultivo. Según Hernández y Carreño (2012) la tasa de crecimiento durante el período crítico es dependiente de la cantidad de radiación solar incidente, de la proporción de la misma que el cultivo es capaz de interceptar mediante su índice de área foliar y de la eficiencia en que transforma la radiación en materia seca. Según Beltrame y Cuarto (2013) está influenciada por las precipitaciones en combinación con temperaturas bajas, el período de crecimiento y las condiciones climáticas condicionan en la medida la producción de materia seca. Torres *et al.* (2012) en su estudio de maíz encontraron una tendencia más baja en los estados iniciales de crecimiento y aumentando hacia la época de floración y presentando los mayores valores durante la etapa de llenado del grano.

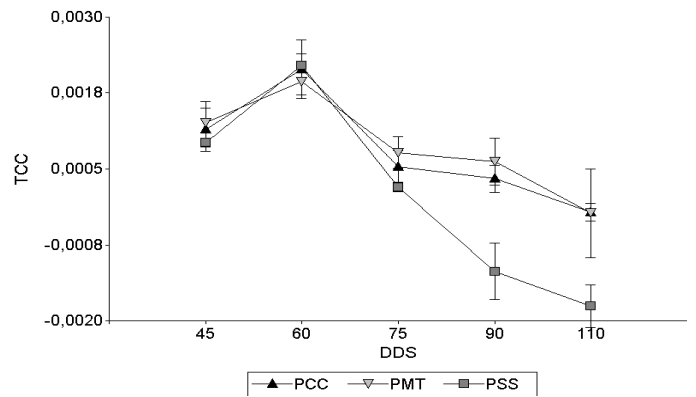


Figura 5. Tasa de Crecimiento de Cultivo-TCC.

Conclusión

Debido al desarrollo vegetativo del frijol sometido a diferentes niveles hídricos del suelo se destacan los tratamientos a déficit hídrico y a condiciones normales, por eso al compararse estos resultados se observan avances en el desarrollo de esta variedad mejorada frente a situaciones de variabilidades climáticas presentadas por el fenómeno del cambio climático. Por otro lado, la disminución significativa del crecimiento en estrés por inundación manifestó bajo comportamiento reflejando una reducción en el crecimiento durante las principales etapas de desarrollo debido a la muerte de las células radicales por privación de oxígeno en el suelo.

Literatura citada

- Beltrame, M., & Cuarto, C., R., (2013). Efectos del centeno (*Secale cereale* L.) como cultivo de cobertura en el consumo de agua y la producción de materia seca del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).
- Boyery, J. S., & Westgate, M. E. 2004. Grain yields with limited water. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2385-2394.
- Bradford, K. J. 1994. Water stress and the water relations of seed development: a critical review. *Crop Science* 34(1):1-11.
- Calderón, C.; Correa, M. A. & Muñoz, J. 2009. Potencial del banco de semillas y la lluvia de semillas en la restauración natural de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual (Florencia-Caquetá, Colombia). *Momentos de ciencia* 6(1): 21-31.
- Chaires, J. J. C., Hernández, G. N., Salgado, A. A., Contreras, R. F., Villalobos, S. O., & Medina, H. A. S. (2013). Efecto del agua aplicada en el rendimiento, calidad nutricional y eficiencia del uso del agua en maíz forrajero. *agrofaz*, 13(3).
- Delgado Martínez, R., Escalante Estrada, J. A. S., Díaz Ruíz, R., Trinidad Santos, A., Morales Rosales, E. J., & Sosa Montes, E. (2014). Defoliación en maíz y su efecto sobre el rendimiento de frijol-maíz en asociación. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(6), 1015-1027
- Di Rienzo, J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- URL <http://www.infostat.com.ar>
- Escobar, H. C., & Burbano, T. C. L. (2014). Comportamiento del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) cultivado a diferentes distancias de siembra. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 17(2).
- Estrada, C. A. & Rosas, G. (2008). Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual. *Momentos de Ciencia* 5(1-2): 4-9.
- Evans, G. C. 1972. *The quantitative analysis of plant growth. Studies in ecology. Vol 1.* Blackwell Scientific Publication. London, 1972 p. 45-68.
- Garsaball, J. L., Natera, J. R. M., & Figueroa, J. M. (2007). Germinación de semillas de maíz (*Zea mays*) bajo estrés hídrico simulado. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 41(2).
- Ghassemi, F., Jakeman, A. J., & Nix, H. A. (1995). *Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies.* CAB international.
- Hernández, C. N., & Carreño, F., (2012). Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Isiap Dorado). *Cultivos Tropicales*, 33(2), 50-54.
- Hunt, R. 1990. *Basic growth analysis.* Academic Press, London.
- Laffite, H.R. 2002. Fisiología del maíz tropical. Programa de maíz CIMMT. *Tecnifenalce* 2(7), 4-5
- Lencinas, M. V., Martínez Pastur, G., Moretto, A., Gallo, E., & Busso, C. (2007). Producción diferencial de biomasa en plántulas de *Nothofagus pumilio* bajo gradientes de luz y humedad del suelo. *Bosque (Valdivia)*, 28(3), 241-248.
- Liu, Y. Z., Bin, T., Zheng, Y. L., Xu, S. Z., & Qiu, F. Z. 2010. Screening methods for waterlogging tolerance at maize (*Zea mays* L.) seedling stage. *Agricultural Sciences in China*, 9(3), 362-369.
- Lizaso, J., L. Meléndez y R. Ramírez. 2001. Early flooding of two cultivars of tropical maize. I. Shoot and root growth. *Journal of Plant Nutrition* 24(7): 979-995.
- Lugo C. E. (2014). Efecto del estrés hídrico sobre componentes de la pared celular en pericarpio de maíz (*Zea mays* L.) (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Meléndez Chirinos, L. (2010). Respuesta al riego deficitario ya la fertilización nitrogenada reducida de diferentes ciclos de selección masal en una población sintética de maíz. Aspectos agronómicos y fisiológicos.
- Meléndez, L., Hernández, A., & Fernández, S. (2006). Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de las plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro*, 18(2), 107-114.
- Moreno, L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Muñoz A. F. 2009. Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. *Cenicaña. Cali, Valle del Cauca.* v. 31, nos. 3 y 4. P. 16-18
- Ojeda-Silvera, C. M., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Ruíz-Espinoza, F. H., & García-Hernández, J. L. (2015). Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés hídrico. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(5), 151-161.
- Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, H. R., Violic, A. D., & Marathée, J. P. (2001). El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y protección vegetal No. 28. Recuperado de: <https://goo.gl/liCXQQ>
- Pedrol, H. M., Castellarín, J. M., Ferraguti, F., & Rosso, O. (2008). Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz según nivel hídrico. *Información Agronómica del ConoSur*, (40), 17-20.
- Polanco, D. & Ramírez, R. (1993). Análisis de crecimiento de dos variedades de maíz bajo la influencia de déficit de oxígeno en el suelo. *Agronomía tropical*. 43. 253-266 pp.
- Ramírez, V., Jaramillo, A., & Arcila, J. 2010. Índices para evaluar el estado hídrico en los cafetales. *Cenicafé*, 61 (1):55-66.
- Rathore, T. R., Warsi, M. Z. K., Singh, N. N., & Vasal, S. K. (1998). Production of maize under excess soil moisture (waterlogging) conditions. In 2nd Asian Regional Maize Workshop PCCARD, Los Banos, Philippines (pp. 23-27).
- Reinoso, L. G. 2015. Rendimiento de maíz en el valle inferior del Río Negro: evaluación de la frecuencia de riego y la fertilización nitrogenada.
- Rincón, Á., Ligarreto, G. A., & Sanjuanelo, D. 2007. Crecimiento del maíz y los pastos (*Brachiaria* sp.) establecidos en monocultivo y asociados en suelos ácidos del piedemonte llanero colombiano. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 264-272.
- Rincón-Tuexi, J. A., Castro-Nava, S., López-Santillán, J. A., Huerta, A. J., Trejo-López, C., & Briones-Encinia, F. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. *Phyton (Buenos Aires)*, 75, 31-40.
- Rivetti, A. R. 2006. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. *Revista FCA. UNCuyo*, 38, 25-36.
- Rosabal Ayan, L., Martínez González, L., Reyes Guerrero, Y., Dell'Amico Rodríguez, J., & Núñez Vázquez, M. 2014. Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. Influencia en el proceso de germinación. *Cultivos Tropicales*, 35(3), 24-35.
- Saab, I.N. y M. Sachs. 1996. A flooding induced xyloglucan endo-transglycosylase homolog in maize is responsive to ethylene and associated with aerenchyma. *Plant Physiol.* 112: 385-391.
- Shaxson, F., & Barber, R. 2008. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal: el significado de la porosidad del suelo (Vol. 79). Food & Agriculture Org..
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., Raes, D. 2012. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Estudio FAO: Riego y Drenaje (FAO) spa no. 66.

- Tekalign, T., & Hammes, P. S. 2005. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth: II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 105(1), 29-44.
- Torres, J. D. S., Moreno, G. A. L., & Barón, F. R. L. 2012. Variabilidad del crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz para choclo (*Zea mays* L.) como respuesta a diferencias en las propiedades químicas del suelo en la sabana de bogotá, colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 65(2), 6579-6583.
- Trejo, C., Castañeda, C. L., Galán, J. D. M., Santacruz-Varela, A., Arrazate, C. H. A., & Castillo-González, F. 2005. Comparación de la tolerancia a la sequía de cuatro variedades de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con la acumulación de prolina. *Revista de ciencia y tecnología de América*, 30(9), 560-564.
- Wan, S., Jiao, Y., Kang, Y., Hu, W., Jiang, S., Tan, J., & Liu, W. 2012. Drip irrigation of waxy corn (*Zea mays* L. var. ceratina Kulesh) for production in highly saline conditions. *Agricultural Water Management*, 104, 210-220.