

Análisis de períodos para producir maíz (*Zea mays* L.) considerando la distribución temporal de la precipitación y la evapotranspiración

Analysis of production periods for maize (*Zea mays* L.) considering the temporal distribution of precipitation and evapotranspiration.

Ing. Emil, Vega Ponce Mg.

Ingeniero agrícola, Magister en recursos hídricos (Universidad de Concepción, Chile)
Profesor titular y Director de Carrera,
Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Técnica de Manabí.
ecvega@utm.edu.ec.

Ing. César, Jarre Cedeño Mg.

Ingeniero agrícola, Magister en educación y desarrollo social (Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador)
Profesor titular y Decano Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Técnica de Manabí.

Ing. Amador, Calderón Cedeño Mg.

Ingeniero Civil, Magister en educación y desarrollo social (Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador).

RESUMEN

El maíz es la gramínea más cultivada en Ecuador y su rendimiento está fuertemente influenciado por la distribución temporal de la precipitación y evapotranspiración. El objetivo del trabajo consistió en determinar el impacto que provocan estos dos componentes dentro del balance hídrico del cultivo en Lodana (Santa Ana-Manabí) durante los años 2007-2011, en doce posibles períodos de producción. En la zona el inicio de la época lluviosa ocurre cuando la precipitación supera el 1 mm día⁻¹ (diciembre-mayo). Así, el período de mayor ET_{maíz} corresponde al comprendido entre el 1 de agosto al 3 de diciembre con 445.1 mm, mientras que lo contrario ocurre entre el 1 de diciembre hasta el 4 de abril con 326 mm. Estos resultados muestran una importante necesidad de riego equivalente a 358.8 mm principalmente en el período del 1 de septiembre al 3 de enero de los cuales 201.3 mm se necesitan para satisfacer la etapa de mayor consumo de agua.

Palabras claves: Lodana, riego, balance hídrico, gramínea, ciclo vegetativo.

ABSTRACT

Corn is the most widely grown grain in Ecuador and its growth is strongly influenced by the timing of precipitation and evapotranspiration. The aim of the study was to determine the impact that these two components produced in corn within the water balance in Lodana (Santa Ana-Manabí) from 2007 to 2011 in twelve possible production periods. In the area, the beginning of the rainy season occurs when precipitation exceeds 1 mm day⁻¹ (December to May). Thus, the period of greatest ET_{maíz} corresponds to the period from August 1st to December 3rd with 445.1 mm, while the opposite occurs between December 1st until April 4th 326 mm. These results show an important need for irrigation equivalent to 358.8 mm mainly in the period from September 1 to January 3 of which 201.3 mm are needed to meet the stage of increased water consumption.

Key words: Lodana, irrigation, water balance, grass, vegetative cycle.

Recibido: 5 de septiembre, 2013
Aceptado: 24 de noviembre, 2013

INTRODUCCIÓN

El maíz está en el grupo de gramíneas más cultivadas del mundo, cada año se producen 645.4 millones TM (promedio para el período 2000-2009). El continente americano abarca la mayor producción con cerca del 54.5% total de la producción planetaria, le sigue Asia con el 27.3%, Europa ocupa el tercer lugar con 11.2% y entre África y Oceanía suman tan solo 6.9% del total universal; el principal productor es Estados Unidos quien abarca el 43% del total mundial. El segundo productor olímpico es China, abarcando un 21% de la elaboración, mientras que Brasil está en tercer lugar, seguido de México y Argentina (INEC, 2011).

En el caso de Ecuador, dentro de la escala de productores mundiales entre el período 2000-2009, ocupó el puesto número 59, siendo el año 2007 uno de los más productivos con 945 mil TM, mientras que el 2001 apenas superó las 337 mil TM (INEC, 2011); en este sentido el gobierno junto con la empresa privada están trabajando para que en el año 2014 el país logre autosuficiencia en la obtención de maíz, con el firme propósito de que el dinero que es canalizado para importar el grano se reinvierta en mejoras del sector.

Por otro lado América es el continente con mayor rendimiento del cultivo con una productividad de 6.44 TM/ha, mientras que Oceanía ocupa el segundo puesto con 6.36 TM/ha. Asimismo Kuwait es el país

de mayor rendimiento con 20.9 TM/ha, seguido de Jordania e Israel con 20.4 TM/ha y 14.9 TM/ha respectivamente.

Estados Unidos es el principal productor mundial, se encuentra fuera de los diez países más productivos con un rendimiento de 9.3 TM/ha; mientras que Ecuador presenta el más bajo rendimiento de los países de la Comunidad Andina de Naciones (CAN: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú) con 1.8 TM/ha (INEC, 2011).

En este contexto Bergamaschi *et al.* (2006), señalan que el rendimiento de este cultivo está fuertemente influenciado por la distribución temporal de la precipitación y la evapotranspiración, donde el déficit hídrico puede provocar un impacto mayor o menor según la intensidad con que se presente en las fases o etapas de desarrollo más sensibles del maíz.

Nouvelot *et al.* (s.f.), indican que aunque la lluvia no es el único componente del balance hídrico, es evidente que constituye el principal factor condicionante de los regímenes hidrológicos, especialmente en la zona intertropical, en donde la escasez al igual que el exceso de agua limitan en gran parte el desarrollo de los países.

Así mismo, Loor *et al.* (2013), con información de precipitación efectiva y evapotranspiración de cultivo determinaron las necesidades de riego para maní en el Valle del Río Portoviejo.

Considerando que en Ecuador el 80% de la producción de maíz está concentrada en la costa, Manabí ocupa el segundo lugar en superficie de siembra con el 23% del total nacional (INEC, 2011), en este sentido la provincia también se caracteriza por tener un régimen hídrico fuertemente desequilibrado, por lo tanto el objetivo del presente trabajo consistió en determinar el impacto que provocan los dos principales componentes del balance hídrico como son la precipitación y evapotranspiración, en las necesidades hídricas del cultivo de maíz en diferentes períodos de producción para las condiciones climáticas de la parroquia Lodana del cantón Santa Ana en la provincia de Manabí.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Finca Experimental de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí (Latitud 1° 10' Sur, Longitud 80° 23' Oeste, Altitud 60 msnm) ubicada en la Parroquia Lodana del Cantón Santa Ana al Sur de la Provincia de Manabí en la costa del Ecuador. La zona presenta una precipitación media de 748 mm año⁻¹, la evapotranspiración de referencia media corresponde a 1390 mm año⁻¹ con un déficit hídrico anual de 642 mm. La velocidad del viento media es 1.2 m s⁻¹, la temperatura promedio anual del aire corresponde a 26.3°C fluctuando entre los 24.5°C y 28.6°C; mientras

que la humedad relativa oscila entre los 71.4% y 90.1% con un promedio anual de 81.9%.

Los registros meteorológicos corresponden a datos diarios de una serie de 5 años (2007-2011) generados en la estación que se encuentra dentro la finca. Los datos observados pertenecen a temperatura (T, °C), humedad relativa (HR, %), velocidad del viento (VV, m s⁻¹), evapotranspiración de bandeja (Eb, mm día⁻¹), y precipitación (P, mm día⁻¹).

Para el desarrollo del trabajo se consideraron doce posibles períodos de producción con un ciclo 125 días cada uno, observando las variedades e híbridos utilizados por los/as agricultores/as de la zona (INIAP-EEP, 2010); mientras que para la duración de las etapas del ciclo vegetativo se manipularon las propuestas por Brouwer y Heibloem (1990), (citado por Fuentes, 2003) tal como se aprecia en la Tabla No. 1.

En el mismo contexto las características que presentan las etapas del ciclo vegetativo son las siguientes:

Etapas I o inicial. Incluye desde la siembra hasta el establecimiento del cultivo, cubre en un 10% la superficie del suelo suponiendo que los rayos del sol incidan perpendicularmente.

Etapas II o de desarrollo rápido. Abarca desde el final de la etapa anterior hasta que el

Tabla 1. Ciclo vegetativo para los doce posibles períodos de producción de maíz en Lodana-Manabí-Ecuador con su respectiva fecha y duración de las etapas.

Períodos de producción	Etapas del ciclo vegetativo (duración)			
	I (20 días)	II (35 días)	III (40 días)	IV (30 días)
	Período de etapas			
1 enero - 5 mayo	1-20 enero	21 enero - 24 febrero	25 febrero - 5 abril	6 abril - 5 mayo
1 febrero - 5 junio	1-20 febrero	21 febrero - 27 marzo	28 marzo - 6 mayo	7 mayo - 5 junio
1 marzo - 3 julio	1-20 marzo	21 marzo - 24 abril	25 abril - 3 junio	4 junio - 3 julio
1 abril - 3 agosto	1-20 abril	21 abril - 25 mayo	26 mayo - 4 julio	5 julio - 3 agosto
1 mayo - 2 septiembre	1-20 mayo	21 mayo - 24 junio	25 junio - 3 agosto	4 agosto - 2 septiembre
1 junio - 3 octubre	1-20 junio	21 junio - 25 julio	26 julio - 3 septiembre	4 septiembre - 3 octubre
1 julio - 2 noviembre	1-20 julio	21 julio - 24 agosto	25 agosto - 3 octubre	4 octubre - 2 noviembre
1 agosto - 3 diciembre	1-20 agosto	21 agosto - 24 septiembre	25 septiembre - 3 noviembre	4 noviembre - 3 diciembre
1 septiembre - 3 enero	1-20 septiembre	21 septiembre - 25 octubre	26 octubre - 4 diciembre	5 diciembre - 3 enero
1 octubre - 2 febrero	1-20 octubre	21 octubre - 24 noviembre	25 noviembre - 3 enero	4 enero - 2 febrero
1 noviembre - 5 marzo	1-20 noviembre	21 noviembre - 25 diciembre	26 diciembre - 3 febrero	4 febrero - 5 marzo
1 diciembre - 4 abril	1-20 diciembre	21 diciembre - 24 enero	25 enero - 5 marzo	6 marzo - 4 abril

cultivo cubre de forma efectiva la superficie del suelo (no menos del 70%).

Etapa III o de máxima evapotranspiración. Comprende desde el final de la etapa anterior hasta el inicio de la maduración del cultivo, que se manifiesta en el follaje. En esta fase también se considera la finalización del riego según la variedad cultivada, clima o la estación (INIAP-EEP, 2010).

Etapa IV o final o de maduración y cosecha. Contiene desde el final de la etapa anterior (manifestada por una marcada disminución del consumo de agua) hasta la maduración del cultivo y su cosecha.

La precipitación efectiva (Pe) se la obtuvo del producto P por 0.8, luego se transformó Eb a evapotranspiración de referencia (ET_o) según el procedimiento reportado por Doorenbos y Pruitt (1984), para finalmente obtener la

evapotranspiración del cultivo de maíz (ET_{maíz}) multiplicando ET_o por el coeficiente de maíz según lo propuesto por Brouwer y Heibloem (1990), (citado por Fuentes, 2003).

Para determinar la necesidad de riego (NR) se consideraron las tres primeras etapas del ciclo vegetativo, donde se realizó una suma algebraica entre Pe y ET_{maíz}, así cuando el resultado arrojaba valores negativos se consideraba la aplicación de riego. Finalmente para suavizar las series se emplearon medias móviles de tres días de frecuencia en Pe, ET_{maíz} y NR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

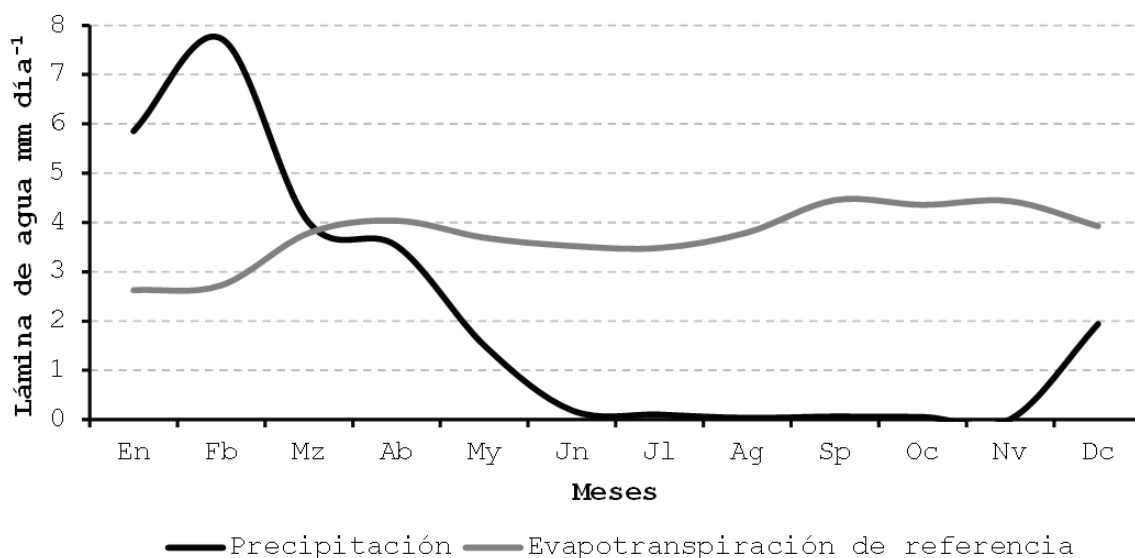
En la Figura 1 se aprecia la distribución polinómica de la precipitación donde se registran 748.3 mm año⁻¹. El promedio anual en la zona corresponde a

2.1 mm día⁻¹, siendo los meses de diciembre a mayo donde los valores superan 1 mm día⁻¹, principal característica que define el inicio y fin de la época lluviosa en la Región Costa del Ecuador. En esta época febrero es el mes con mayor precipitación cuyos valores superan los 7 mm día⁻¹, mientras que en mayo la precipitación desciende hasta 1.5 mm día⁻¹. (Vega y Jara, 2009).

La figura 1 también muestra la distribución anual de la evapotranspiración de referencia, donde se aprecia menos sinuosidad que la precipitación. El total anual de este parámetro corresponde a 1390.2 mm con un promedio de 3.7 mm día⁻¹.

Los meses con mayor demanda atmosférica de humedad corresponden a septiembre, octubre y noviembre con valores que en promedio superan los 4

Figura 1. Distribución anual de la precipitación y evapotranspiración de referencia en la zona de Lodana-Manabí-Ecuador durante el período 2007-2011.



mm día⁻¹. Estos meses junto con los comprendidos entre abril y agosto comparten la característica de superar la precipitación.

Mientras que enero y febrero son los dos únicos períodos del año donde la precipitación supera este parámetro, considerando que marzo es el mes con una estrecha similitud en los valores de P y ETo. En este mismo contexto Pérez (1997), realizó estimaciones de ETo con doce modelos para la Región Andina de Riobamba (Ecuador), cuyos resultados coinciden con la época en que se presentan los valores más bajos obtenidos en este estudio.

Por otro lado el período en que se produce una mayor ET_{maíz} corresponde al comprendido entre el 1 de agosto al 3 de diciembre con una lámina de 445.1 mm, de los cuales 202.1 mm se presentan en la etapa III; sin embargo en el período del 1 de julio al 2 de noviembre la etapa III es la que presenta mayor valor de ET_{maíz} con 206.9 mm.

En el mismo contexto el período de producción con el menor valor de este parámetro corresponde al que va desde el 1 de diciembre hasta el 4 de abril con 326 mm, de los cuales 127 mm evapotranspira el maíz en la etapa III (Figura 2). González *et al.* (2011), indican que en Cuba los valores de ET_{maíz} sembrado en la temporada seca (noviembre-abril) van desde los 190 a los 420 mm, dependiendo de la época en que se cultive.

En este contexto Allen *et al.* (2006), señalan que la

evapotranspiración de los cultivos depende principalmente de la especie, variedad, etapa fenológica, fecha de siembra y condiciones ambientales del ciclo fenológico.

Flores y Ruíz (1998), señalan la importancia de este tipo de análisis, considerando que en condiciones de agricultura de temporal los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas tienen como uno de los factores limitantes la disponibilidad de la humedad en el suelo, donde la única fuente de abastecimiento de agua es la lluvia.

En el caso de la necesidad de riego Flores y Ruíz (1998), también indican que para algunos/as agricultores/as la irrigación de los cultivos no es considerada en época de lluvia, siendo la precipitación la única fuente de abastecimiento de agua para la producción.

En la zona de estudio el período de producción con menor necesidad de riego corresponde al comprendido entre el 1 de diciembre hasta el 4 de abril con un valor de 12.2 mm limitado a la etapa I, mientras que la mayor necesidad de regadío corresponde al período que va desde el 1 de septiembre hasta el 3 de enero con un valor de 358.8 mm, siendo la etapa I de menor necesidad con 32.7 mm y 201.3 mm para la etapa III de mayor necesidad. Aun así de los doce posibles períodos para producir maíz en la zona de estudio, la etapa III que presenta mayor necesidad de riego corresponde a la del 1 de julio hasta el 2 de noviembre (203.5 mm); sin embargo el

hecho de que no coincidan los mayores de necesidad hídrica (sobre todo en la etapa III) en el mismo período que se produce la mayor evapotranspiración del cultivo, puede ser explicado por la distribución de las precipitaciones y su efecto dentro del balance hídrico (Huber *et al.*, 1992).

Así mismo, Ojeda *et al.* (2011), señala que las demandas hídricas máximas de los cultivos no se presentan en un mismo período debido a la variabilidad de la época de siembra, condiciones ambientales y diferencias en el consumo de agua intrínsecas a los cultivos, dadas por su Kc y duración de las fases fenológicas.

Monasterio *et al.* (2007), señala que los años con mayores productividades de maíz en Venezuela corresponden a aquellos donde hubo considerable precipitación durante las etapas de prefloración, floración y llenado de granos. Así mismo el año que presentó el mayor nivel de productividad también presentó una mejor distribución de lluvia durante todo el ciclo del cultivo.

En el mismo contexto Rivetti (2006), indica que los componentes del rendimiento de maíz bajo diferentes regímenes de riego se pueden ver afectados significativamente por las variaciones de la cantidad de agua que se aplique; mientras que Utset y Martínez-Cob (2003), al realizar simulaciones para la zona de Zaragoza (España) sobre el efecto del cambio climático en el balance hídrico del maíz combinando

generadores de tiempo con modelos agrohídrológicos, lograron determinar que el riego tradicional sería suficiente para enfrentar un aumento de las necesidades hídricas en el período 2001-2010.

En este sentido, la zona de Lodana se caracteriza por reportar siempre necesidad de riego para el cultivo de maíz y ante la falta de estudios que cuantifiquen los posibles cambios en las demandas hídricas y en el desarrollo del cultivo por efecto de los patrones combinados de precipitación y evapotranspiración, esta investigación puede contribuir a dar explicaciones preliminares de un probable efecto del cambio climático sobre la producción de este cultivo.

CONCLUSIONES

Según el período de producción, la evapotranspiración del maíz en Lodana puede variar desde 326.4 mm (período 1 diciembre - 4 abril) hasta 445.1 mm (período 1 agosto - 3 diciembre) con una diferencia entre ambos de 118.7 mm. Mientras que la necesidad de riego estará presente siempre con mayor o menor medida según el período de producción, donde su amplitud es mucho mayor con valores hasta los 345 mm entre los períodos de producción 1 septiembre - 3 enero y 1 diciembre - 4 abril, debido principalmente por la combinación de la variabilidad de la distribución de las precipitaciones y los ciclos de producción propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, G.; Pereira, L.; Raes, D. and Smith, M. (2006). "Crop evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements" *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. Roma.
- Bergamaschi, H.; Dalmago, G.; Comiran, F.; Bergonci, J.; Muller, A.; Franca, S.; Santos, A.; Randin, B. y Pereira, P. (2006). "Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho". *Pesq. Agropec. Bras.*, 41(3), 243-249.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. (1984). "Guidelines for predicting crop water requirements". *FAO Irrigation and Drainage Paper 24. 2a ed.* Roma.
- En 2014, Ecuador (2013). Recuperado: 27 de Noviembre de 2013 de <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/en-2014-ecuador-ya-sera-autosuficiente-en-la-produccion-del-maiz.html>
- Flores, H. y Ruíz, J. (1998). "Estimación de la humedad del suelo para maíz de temporal mediante un balance hídrico". *Terra*, 16(3), 219-229.
- Fuentes, J. (2003). "Necesidades hídricas de los cultivos". En: *Técnicas de riego*. Madrid-España: Mundi-Prensa, 45-71.
- González, F.; Herrera, J.; López, T. y Greco, C. (2011). "Respuesta de los cultivos al déficit hídrico". *Ingeniería Agrícola*, 1(2), 34-40.
- Huber, A.; Ellies, A. y Menzel, M. (1992). "Redistribución de las precipitaciones y balance hídrico en un cultivo de maíz (*Zea mays*) en el sur de Chile". *Agricultura Técnica*, 52(4), 446-449.
- INEC (2011). "Sistema agroalimentario del maíz". [En línea] Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.com> [Consultado el: 7 Diciembre 2012].
- INIAP-EEP (2010). "Buenas practicas agrícolas y estimación de costos de producción para cultivos de ciclo corto en Manabí". En: *Transferencia y difusión de innovaciones agropecuarias a organizaciones de pequeños y medianos productores del Ecuador*. Portoviejo: Editorial-Cgraft, 18-25.
- Loor, J.; Jarre, C. y Vega, E. (2013). "Necesidades hídricas de los cultivos". En: *Bases técnicas para el riego presurizado*. Primera ed. New York - USA: DreamsMagnet, 129-168.
- Monasterio, P.; García, P.; Alejos, G.; Perez, A.; Tablante, J.; Maturé, W. y Rodríguez, L. (2007). "Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: Caso híbridos blancos". *Agronomía tropical*, 58(1), 69-72.
- Nouvelot, J.; Le Goulven, P.; Alemán, M. y Pourrut, P. (s.f.) "El Agua en el Ecuador: Análisis estadístico y regionalización de las precipitaciones en el Ecuador". [En línea] Disponible en: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014828.pdf [Consultado el: 22 mayo 2013].
- Ojeda, W.; Sifuentes, E.; Íñiguez, M. y Montero, M. (2011). "Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos". *Agrociencia*, 45(1), 1-11.
- Pérez, S. (1997). "Cálculo de la necesidad de agua de las plantas con datos meteorológicos". 2 ed. Riobamba-Ecuador: Freire.
- Rivetti, A. (2006). "Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes". *Rev. FCA UNCuyo*, 38(2), 25-36.
- Utset, A. y Martínez-Cob, A. (2003). "Estimación del posible efecto del cambio climático en el balance hídrico del maíz cultivado en una llanura mediterránea". *Estudios de la zona no saturada del suelo*, 6(s.d.), 305 - 311.
- Vega, E. y Jara, J. (2009). "Estimación de la evapotranspiración de referencia para dos zonas (Costa y Región Andina) del Ecuador". *Eng. agríc.*, 29(3), 390-403. Jaboticabal.

Figura 2. Distribución (promedios móviles de tres días) de la precipitación efectiva (Pe), evapotranspiración del cultivo (ET_{maíz}) y necesidad de riego (NR) en los doce posibles períodos de producción de maíz para la zona de Lodana-Manabí-Ecuador durante el período 2007-2011.

