

## EL CULTIVO DE MAÍZ Y SUS NECESIDADES HÍDRICAS EN MANABÍ, ECUADOR

### CORN CULTIVATION AND ITS WATER NEEDS IN MANABÍ, ECUADOR

Tarazona-Meza Néstor Leopoldo <sup>1</sup>; Chavarría-Párraga Jesús Enrique <sup>2</sup>;  
Moreira-Saltos Juan Ramon <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador. Correo: nestor.tarazona@espam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2145-6475>

<sup>2</sup> Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Manabí. Portoviejo, Ecuador. Correo: jchavarría@puce.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8868-394X>

<sup>3</sup> Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador. Correo: juanr.moreira@uleam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4434-5986>

#### Resumen

La falta de agua es el factor más limitante en la producción de maíz, cuando hay un estrés hídrico durante las primeras etapas del cultivo puede ocasionar pérdidas de plantas jóvenes, además en las etapas de floración el maíz es muy sensible al estrés hídrico, por lo cual el rendimiento de grano se ve seriamente afectado (Deras, 2012). Las necesidades hídricas de los cultivos están relacionados a diversos factores entre ellos se encuentra el clima, y el desperdicio hídrico, además del estado de las fases de desarrollo del cultivo; ya que todos estos componentes facilitan conservar la humedad en el sistema de raíces de las plantas. Es importante conocer el coeficiente de cultivo (Kc) el cual es un parámetro importante para el manejo, programación, ya que la extracción del agua varía de un periodo a otro. El conocimiento del requerimiento adecuado de agua para los cultivos es indispensable para mejorar la eficiencia de los sistemas de riego, proporcionado a la plantación la cantidad de agua necesaria para satisfacer sus necesidades; puesto que, un exceso de riego puede provocar entre otras cosas el lavado de fertilizantes, mientras que una aportación de agua inferior a las necesidades del cultivo puede llegar a provocar déficit hídrico; y con ello, una disminución de la producción. La misma debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta siendo el coeficiente de cultivo (Kc) un valor utilizado para calcular la cantidad de agua que se debe aplicar mediante los distintos sistemas de riego.

**Palabras clave:** agua, cultivo, maíz, humedad.

#### Abstract

The lack of water is the most limiting factor in corn production, when there is water stress during the early stages of cultivation it can cause loss of young plants, also in the flowering stages corn is very sensitive to water stress, so which grain yield is seriously affected (Deras, 2012). The water needs of crops are related to various factors, among them is the climate, and water waste, in addition to the state of the development phases of the crop; since all these components make it easier to conserve moisture in the root system of plants. It is important to know the crop coefficient (Kc) which is an important parameter for management, programming, since water extraction varies from one period to another. Knowledge of the adequate water requirement for crops is essential to improve the efficiency of irrigation systems, providing the plantation with the amount of water necessary to meet its needs; since, an excess of irrigation can cause, among other things, the washing of fertilizers, while a supply of water less than the needs of the crop can cause a water deficit; and with it, a decrease in production. It must be periodically replenished to the soil so as not to damage the productive potential of the plant, the crop coefficient (Kc) being a value used to calculate the amount of water that must be applied through the different irrigation systems.

**Keywords:** water, crop, corn, moisture.

## 1. Introducción

En el Ecuador existe un total de 43.418 ha sembradas de las cuales 39.797 ha son cosechadas, la producción total nacional ronda los 75.823 T, un rendimiento de 1,91 T ha<sup>-1</sup>. El rendimiento a nivel experimental de estas variedades de libre polinización oscila entre 4,0 a 6,0 T ha<sup>-1</sup> para maíz suave choclo y de 2,0 a 3,0 t ha<sup>-1</sup> para maíz suave seco; mientras que el rendimiento promedio nacional al 2016 fue de 2,93 t ha<sup>-1</sup> para maíz suave choclo y de 0,68 t ha<sup>-1</sup> para maíz suave seco («USFQ (Universidad San Francisco de Quito)», 2017).

La importancia del agua en la producción de alimentos obliga a utilizarla con mayor eficiencia. Se ha comprobado que se le da demasiada atención al diseño y construcción de los proyectos, dejándose de lado los problemas relacionados con la operación, dentro de los cuales se destaca el mal manejo del agua en la parcela, por ende, ha traído como consecuencias: baja producción y productividad de los cultivos, deterioro del medio ambiente y disminución de ingresos en los productores (Beltrán-Morales et al., 2011; FAO, s. f.).

La escasez generalizada de agua para la agricultura ha generado la necesidad de crear estrategias para mejorar la eficiencia de su uso. Una de ellas es la de conocer las necesidades de agua de cualquier cultivo, esta se define como la cantidad de agua que debe tener el suelo para que la planta pueda satisfacer sus procesos fisiológicos y poder tener un desarrollo óptimo (Romero et al; 2009).

## 2. Necesidades hídricas de los cultivos

Los cultivos requieren del agua retenida en el suelo para sus diferentes procesos fisiológicos y biológicos y esta necesidad se incrementa, conforme se desarrolla la planta. Este requerimiento hídrico depende de las condiciones climáticas de la zona, suelo, tipo de cultivo, manejo y etapa del ciclo en la que se encuentre (germinación, desarrollo, maduración y cosecha) en alguna de estas etapas las necesidades de agua se hacen más notorias (Espinoza, 1989; Enríquez et al, 2010).

Además, Villafáfila & Wyss (2009) concuerdan en que la necesidad hídrica, es la cantidad de agua requerida por las plantas para reponer el consumo producido por la evapotranspiración y el agua retenida en las plantas, desde el punto de vista práctico es importante

conocer estas necesidades al momento de diseñar los sistemas de captación, distribución, aplicación de agua y poder así planificar correctamente el riego.

### 2.1. Evaporación

La evaporación es proceso físico por cual el agua pasa del estado líquido o sólido al estado gaseoso mediante la transferencia de energía calórica, además es de gran importancia en el ciclo hidrológico por su papel regulador térmico en la atmósfera y por la pérdida del recurso en el suelo (E. Abad, 2007). Los factores que condicionan la tasa de evaporación son, por un lado, los que caracterizan el estado de la atmósfera en una ubicación determinada de la superficie evaporante y, los factores que caracterizan la naturaleza y el estado de la superficie evaporante (agua libre, hielo, suelo desnudo, vegetación), generalmente la cantidad de evaporación se la expresa en mm/día ó mm/mes (UNICEN [Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires], 2014).

El agua del suelo se evapora en tres etapas; primera etapa: una controlada por las condiciones atmosféricas, segunda etapa: controlada por las características edafológicas, y tercera

etapa: controlada por los gradientes térmicos. Desde la perspectiva agronómica es importante mantener el suelo bajo la primera etapa porque en estas condiciones no es previsible que las plantas tengan dificultades en la absorción de agua. Por ello, y por la variación de la densidad del flujo de agua del suelo en las tres etapas, es interesante definir precisamente la transición entre ellas, especialmente entre la primera y la segunda (Demtr & Heidelberg, 2014)

### 2.2. Transpiración

La transpiración se define como un proceso fisiológico natural de las plantas, consistente en que el agua almacenada en el suelo en forma de humedad es captada por las raíces, recorre la estructura de la planta y se evapora a través de unas células foliares denominadas estomas, por lo que se considera a las plantas, como dispositivos de bombeo que extraen agua del suelo y la elevan hasta la atmósfera (E. Abad, 2007). La transpiración es la fuerza motriz que impulsa el agua desde el suelo hasta la atmósfera, por lo tanto se mide en moles de agua por área foliar por tiempo, la magnitud de la transpiración puede ser

expresado como la diferencia de  $\Psi_{H_2O}$  entre la hoja y la atmósfera sobre la sumatoria de las resistencias que se oponen a la pérdida de agua (Sotelo, 2014).

Las vías por el cual la planta realiza la transpiración son; por las estomas que representa 90% del total de agua perdida, por la cutícula con 10% y por las lenticelas en minúscula proporción (Lallana & C, 2003). La transpiración resultada afectada por factores climáticos o externos (Radiación, humedad relativa del aire, temperatura, velocidad del viento y suministro de agua), y los factores fisiológicos o internos (área foliar, estructura, exposición foliar, resistencia estomática y capacidad de absorción del sistema radical (Sotelo, 2014).

### 3. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la combinación de los fenómenos de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. La dificultad de la medición en forma separada de ambos fenómenos (el contenido de humedad del suelo y el desarrollo vegetal de la planta) obliga a introducir el concepto de evapotranspiración como pérdida

conjunta de un sistema determinado (UNICEN, 2014). Desde el punto de vista práctico medir el efecto de la evaporación del suelo y el desarrollo vegetal de la planta Thornthwaite introduce un nuevo concepto evapotranspiración potencial o pérdidas por evapotranspiración, en el doble supuesto de un desarrollo vegetal óptimo y una capacidad de campo permanentemente completa, es un límite superior de la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración a esto se lo denomina evapotranspiración real (Vázquez, 2012).

Debido, a que la evapotranspiración en sus diferentes alcances es un parámetro clave en el balance de energía del sistema Tierra –Atmósfera, en la detección de estrés hídrico vegetal, predicciones de rendimiento en los cultivos, cálculo del balance hídrico y caracterización climática en distintas zonas. Por ello es de interés multidisciplinario el estudio, dada la complejidad del proceso y la diversidad de factores de los que depende. La magnitud e intensidad del fenómeno es difícil de determinar, en consecuencia, distintos investigadores se han visto en

el deber de elaborar métodos y modelos para su determinación (Sánchez & Carvacho, 2006).

### 3.1. Variables climáticas

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Con lo que concierne a la radiación solar, la planta aprovecha la radiación para realizar la fotosíntesis, lo que significa una transformación de energía radiante en energía química mediante la asimilación del carbono del CO<sub>2</sub> del aire y su fijación en compuestos orgánicos carbonados, el aprovechamiento de la radiación global que incide, sobre la superficie vegetal apenas sólo una porción es útil en la realización de la fotosíntesis: PAR (radiación fotosintéticamente activa) (Almorox, 2010).

Las temperaturas diurnas pueden tener efectos lesivos, relacionados con el calentamiento del tejido, o efectos indirectos asociados a los déficits hídricos de la planta, que pueden aumentar la demanda de evaporación, durante el estado vegetativo, las temperaturas altas pueden dañar los componentes fotosintéticos de la hoja y

reducen las tasas de asimilación de dióxido de carbono, en comparación con los ambientes que tienen temperaturas óptimas (Yepes et al., 2011)

### 3.2. Métodos de medición de evapotranspiración (directos)

Los métodos de medición o directos calculan la evapotranspiración a través del control de entrada y salida del agua en el suelo que posee una cubierta vegetal; por ello miden o cuantifican directamente la evapotranspiración en cualquier cultivo o tipo vegetal para las condiciones de suelo, clima y disponibilidad de agua del lugar en estudio (García, 2013).

Debido, a que los resultados obtenidos con estos métodos son puntuales y válidos sólo para los cultivos o plantaciones en cuestión y las condiciones geográficas en las cuales se han aplicado, es por ello que se los utilizan en estudios agronómicos y forestales, además existen una serie de métodos directos pueden ordenarse según distintos criterios; no obstante, se mencionan aquí los grandes grupos señalados en la publicación de Espíldora y colaboradores por considerar los más frecuentemente indicados en otras referencias: (a) estanques, (b) lisímetros,

(c) parcelas y superficies naturales de ensayo y (d) métodos de los volúmenes afluentes y efluentes del balance hidrológico (Sánchez, 2001).

### 3.3. Métodos de estimación de evapotranspiración (indirectos)

Generalmente los métodos indirectos se los ha empleado alrededor del mundo para caracterizar grandes áreas. El período más habitual para el cual se realizan los cálculos de evapotranspiración con estos métodos ha sido tradicionalmente el anual y mensual, en estudios geográficos o de carácter climático general. Sin embargo, en la actualidad y con fines agronómicos, forestales o hidrológicos aplicados, en términos generales del uso racional del agua, están ganando importancia los métodos aplicados a períodos diarios y horarios (García, 2013).

Los modelos utilizados en la estimación pueden clasificarse a su vez de acuerdo a la variable climática sobre la que se basa la determinación de la evapotranspiración, en función de lo cual se puede hablar de: (a) métodos basados en la temperatura del aire y datos astronómicos (Método de Thornthwaite, método de Blaney Criddle 1950), (b) métodos basados en la

temperatura del aire y la humedad relativa (Método de Papadakis, Método de Ivanov, Método de Hargreaves), (c) métodos basados en la temperatura del aire y la radiación solar (Método de Turc 1961, Método Jensen –Haise 1963, Método de la radiación) y (d) métodos basados en la ecuación de combinación del balance de energía y de la transferencia turbulenta del vapor de agua (Método de Penman 1948, Método de Penman –Monteith 1965, Modelo de Bouzo 1998) y (e) métodos basados en la relación entre la evaporación de bandeja y evapotranspiración (Método de Grassi y Chistiansen, Método de Tosso) (Sánchez, 2001).

### 4. Factores de cultivo

Los factores del cultivo como el tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados al realizar una evaluación de la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en

diversos tipos de cultivos, aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas, cabe mencionar que la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera en áreas grandes de cultivos bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambiente, que alcanza la producción potencial (Allen et al., 2006)

#### 4.1. Manejo y condiciones ambientales

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo

pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Además, hay otros factores que se deben considerar al evaluar la ET debido a su efecto sobre en las plantas: la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo (Allen et al., 2006)

#### 5. Ciclo del cultivo

Todas las plantas de maíz se desarrollan de la misma manera, sin embargo, el tiempo entre etapas de crecimiento puede variar dependiendo de tipo de maíz, sus fechas de siembra, su localización, la altitud a la que se encuentra el maíz, etc. (Yáñez, Zambrano, Caicedo, & Heredia, 2013).

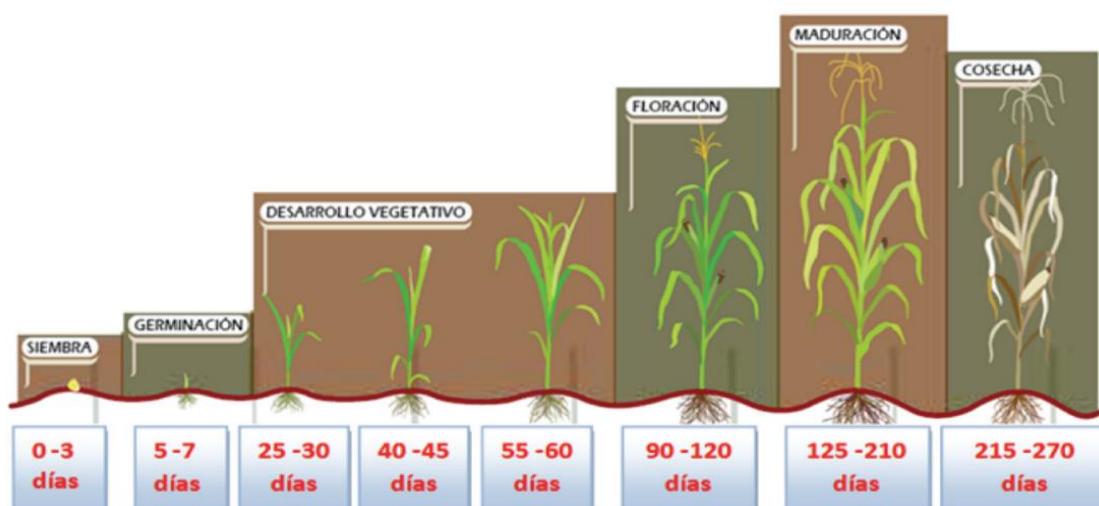


Figura 1. Ciclo del cultivo.

Fuente: Yáñez et al., (2013)

### 5.1. Requerimientos de clima y suelo

Yáñez et al., (2013), los requerimientos del clima y el suelo son los siguientes para un correcto desarrollo del cultivo de maíz:

**Clima:** El maíz para la germinación y desarrollo requiere de una temperatura promedio de 15°C, además de luz solar durante todo el ciclo del cultivo.

**Suelo:** El maíz se adapta muy bien a todos los tipos de suelo que sean profundos, ricos en materia orgánica y con buen drenaje para evitar encharcamientos.

**Agua:** El maíz es un cultivo que a lo largo de su ciclo requiere de una adecuada humedad, los riegos se debe realizar durante todo el cultivo, así cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero si debe mantener una humedad constante, la fase de crecimiento de la planta es la etapa en la que la cantidad de agua no debe faltar, se debe realizar riego unos 10-15 días antes de la floración debido a que este es el periodo más crítico dentro del ciclo de crecimiento de la planta porque en esta fase depende el cuajado y la producción obtenida (Yáñez G. et al., 2013)

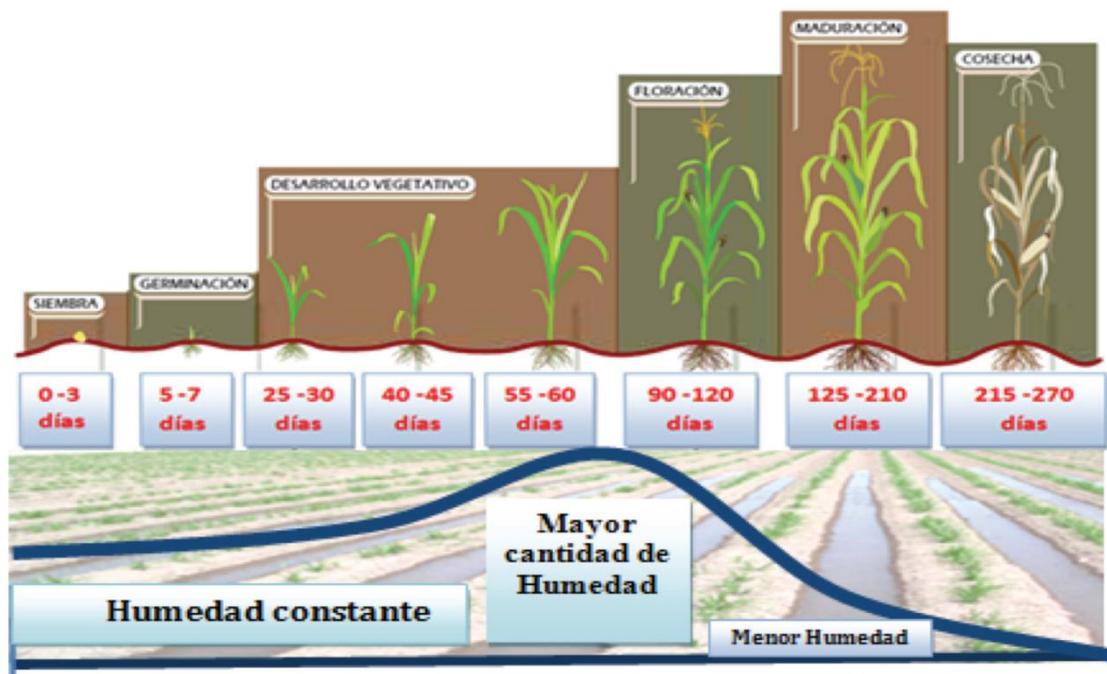


Figura 2. Demanda hídrica en función de su ciclo.  
Fuente: Yáñez et al., (2013)

## 6. Conclusiones

El agua es un elemento fundamental para el desarrollo de la vida en el planeta y representa un recurso esencial para el desarrollo social y económico de un país.

La demanda de agua de los cultivos varía en dependencia de la longitud del ciclo, el tipo de cultivo y la época de siembra. El uso del agua total o agua consumida como denominador en el cálculo de la productividad agronómica del agua, permitirá un análisis más objetivo del uso eficiente del agua por el cultivo. Las necesidades hídricas del cultivo de maíz son diferentes en cada una de sus fases de crecimiento, debido a que la planta desarrolla más área foliar diariamente y forma órganos de reproducción.

Es importante contar con estimaciones de huella hídrica, una herramienta útil para conocer cuánta agua se exporta de forma indirecta como también para estimar huellas hídricas de otros productos que lo incluyen en su proceso productivo. Utilizar esta información de manera adecuada puede ayudar a la toma de conciencia de parte del productor, mejorar la toma de decisiones de los administradores del recurso y a elaborar políticas adecuadas

para el uso cada vez más sostenible del agua.

## Bibliografía

- Abad, E. (2007). Evaporación, evapotranspiración y humedad del suelo 4.1, 1-36.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Food and Agriculture Organization. Rome. Estudio Fao Riego y Drenaje N° 56.
- Almorox, J. (2010). Efecto de la radiación sobre las plantas. Madrid.
- Beltrán-Morales, F. A., Fenech-larios, L., Palo, P., Rita, D. S., Paz, L., & Sur, B. C. (2011). Tropical and Subtropical Agroecosystems, 13: 181- 186, 13, 181-186.
- Demtr, W., & Heidelberg, S. (2014). Chapter 2 1., (1981), 1984-1986. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-53859-9>
- Deras, H. (2012). Guía técnica El cultivo del maíz. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Espinoza, H. (1989). Balance hídrico y necesidades de agua para los cultivos más importantes en la cuenca del río La Ciénega Vallegrande, Santa Cruz, Bolivia, 24. Recuperado de

- <http://www.fao.org/docrep/field/009/ar841s/ar841s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (s. f.). Diseño de métodos de riego, 39-53. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/MR\\_cap3.PDF](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recnat/pdf/MR_cap3.PDF)
- IDEAM. (2014). Marco Conceptual Viento. Recuperado de [http://bart.ideam.gov.co/wrfideam/ATLAS/documentos/MarcoConceptual\\_Viento.pdf](http://bart.ideam.gov.co/wrfideam/ATLAS/documentos/MarcoConceptual_Viento.pdf)
- Lallana, V. y Lallana. M. (2003). ESTOMAS Y TRANSPIRACION Introducción : Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNER, 32-35.
- Romero, E; Rodríguez, A; Rázuri, L; Suniaga, J y Montilla, E. (2009). Estimación de las necesidades hídricas del cultivo de pepino ( *Cucumis sativus* L.) durante las diferentes etapas fenológicas, mediante la tina de evaporación. *Agricultura Andina / volumen 16*, pp. 56 - 69
- Sánchez, M. (2001). Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, (28), 3-10.
- Sánchez, M., & Carvacho, L. (2006). Estimación de evapotranspiración potencial, ETP, a partir de imágenes NOAAVHRR en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. *Revista de geografía Norte Grande*, (36), 49-60. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022006000200003>
- Sotelo, A. (2014). Cátedra de Fisiología Vegetal Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Fotosíntesis. *Unne*, 1-20.
- Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. (2014). Unidad 3: Evaporación y Evapotranspiración. Unicen, 19. Recuperado de <https://goo.gl/IECiqD>
- USFQ (Universidad San Francisco de Quito). (2017). En Memorias de la XXII reunión latinoamericana del Maíz. Quevedo-Ecuador.
- Villafáfila, E., & Wyss, F. (2009). Riego en horticultura Guía para la instalación de pequeños sistemas de riego. INTA-Agencia Extensión Rural, 50.
- Yáñez, G., Zambrano, J., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). El cultivo de maíz de altura, Pub. L. No. 96, 96 1. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2435>
- Yepes, A. y Silveira, M. 2011. Plant responses to meteorological events related to climate change - review. *Colombia Forestal*, 14(0120-0739), 213-232. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423939616005>