

**EL ÍNDICE DE TURC COMO ALTERNATIVA EN MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA
FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.**

**THE TURC INDEX AS AN ALTERNATIVE IN IMPROVING AGRICULTURAL PRODUCTIVITY IN THE
FACE OF CLIMATE CHANGE.**

**O ÍNDICE DE TURC COMO ALTERNATIVA NA MELHORIA DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA EM
FACE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.**

Resumen

La demanda de metodologías que permitan aumentar la eficiencia productiva de un cultivo agrícola motiva a la búsqueda de información que aporte valor a esta meta, para ello se ha encontrado en los modelos de predicción, como el índice de capacidad agrícola de Turc, una herramienta eficaz que permite aprovechar de la mejor manera los rendimientos obtenidos en campo, por lo que el objeto del presente estudio fue de realizar un análisis del índice de Turc como alternativa en la mejora de la productividad agrícola frente al cambio climático. El índice de Turc permite calcular la productividad con base a la materia seca en una determinada ubicación geográfica por lo que es considerado un recurso valioso en los modelos de predicción, para ello se realizó una búsqueda de investigaciones científicas que describen este índice, su uso y las modificaciones que se hayan hecho para algunas zonas geográficas; entre los factores que se encuentran relacionados para el cálculo de este índice están: Factor solar, Factor de aridez y Factor térmico. Se ha encontrado que este índice predice con gran exactitud la producción de materia seca que se puede obtener mes a mes de los cultivos en toneladas por hectárea en la región mediterránea, pero al analizar el Factor de aridez se encuentra que uno de los parámetros que presenta variabilidad es la evapotranspiración de referencia, propuesta por Turc, el cual según lo analizado en los casos de estudio determina que el método para el cálculo de este parámetro puede cambiar según la zona geográfica que se desee analizar. Esto permitió evaluar posibles modificaciones del índice de Turc aplicado en Ecuador y visibilizar esta metodología como una propuesta para logra la eficiencia agraria.

Palabras claves: índice de Turc, Variables meteorológicas, Producción agrícola, Evapotranspiración de referencia.

Joffre Añazco-Chávez

janazco@institutoquininde.tech

Instituto Superior Tecnológico
Quinindé, Esmeraldas, Ecuador,
orcid.org/0000-0001-6006-8988

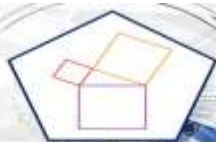
Kristley David Celi

kceli@institutoquininde.tech

Instituto Superior Tecnológico
Quinindé, Esmeraldas, Ecuador,
orcid.org/0000-0001-7460-0517

REVISTA TSE'DE

Instituto Superior Tecnológico
Tsa'chila
ISSN: 2600-5557



Abstract

Periodicidad Semestral

Vol. 5, núm. 1

revistatsede@tsachila.edu.ec

Recepción: 05 de enero - 2022

Aprobación: 04 de abril - 2022

Publicación: 22 de junio - 2022

URL:

<http://tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/issue/archive>

Revista Tse'de, Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.



The demand for methodologies that allow increasing the productive efficiency of an agricultural crop motivates the search for information that adds value to this goal, for which it has been found in prediction models, such as the Turc agricultural capacity index, an effective tool. that allows to make the best use of the yields obtained in the field, for which the purpose of this study was to carry out an analysis of the Turc index as an alternative in improving agricultural productivity in the face of climate change. The Turc index allows productivity to be calculated based on the dry matter in a certain geographical location, which is why it is considered a valuable resource in prediction models, for which a search for scientific research was carried out that describes this index, its use and the modifications that have been made for some geographical areas; Among the factors that are related to the calculation of this index are: Solar factor, Aridity factor and Thermal factor. It has been found that this index predicts with great accuracy the production of dry matter that can be obtained month by month from the crops in tons per hectare in the Mediterranean region, but when analyzing the aridity factor it is found that one of the parameters that presents Variability is the reference evapotranspiration, proposed by Turc, which, according to what was analyzed in the case studies, determines that the method for calculating this parameter can change depending on the geographical area to be analyzed. This allowed evaluating possible modifications of the Turc index. applied in Ecuador and make this methodology visible as a proposal to achieve agricultural efficiency.

Keywords: Turc index, Meteorological variables, Agricultural production, Reference evapotranspiration.

Resumo

A demanda por metodologias que possibilitem aumentar a eficiência produtiva de uma cultura agrícola motiva a busca por informações que agreguem valor a esse objetivo, para o qual tem sido encontrada em modelos de previsão, como o índice de capacidade agrícola de Turc, uma ferramenta eficaz. aproveitar ao máximo os rendimentos obtidos no campo, para o que o objetivo deste estudo foi realizar uma análise do índice de Turc como alternativa na melhoria da produtividade agrícola frente às mudanças climáticas. O índice Turc permite que a produtividade seja calculada com base na matéria seca de uma determinada localização geográfica, razão pela qual é considerado um recurso valioso em modelos de previsão, para o qual foi realizada uma pesquisa científica que descreva esse índice, seu uso e as modificações que foram feitas para algumas áreas geográficas; Entre os fatores que estão relacionados ao cálculo deste índice estão: Fator Solar, Fator de Aridez e Fator Térmico. Constatou-se que este índice prevê com grande precisão a produção de matéria seca que pode ser obtida mês a mês a partir de culturas em toneladas por hectare na região do Mediterrâneo, mas ao analisar o fator de aridez verifica-se que um dos parâmetros que apresenta A variabilidade é a evapotranspiração de referência, proposta por Turc, que, de acordo com o que foi analisado nos estudos de caso, determina que o método de cálculo deste parâmetro pode mudar dependendo da área geográfica a ser analisada, o que permitiu avaliar possíveis modificações do índice de Turc . aplicado no Equador e tornar esta metodologia visível como uma proposta para alcançar a eficiência agrícola.

Palavras-chave: Índice Turc, Variáveis meteorológicas, Produção agrícola, Evapotranspiração de referência.

Introducción

El sector agrícola, siempre está siendo forzado a tomar varias medidas de adaptación, debido a los continuos problemas que sufre, entre los que se encuentran: la volatilidad de los precios de los insumos agrícolas utilizados previos a la siembra y hasta la cosecha, falta de conocimientos en el área, entre otros, pero el más importante es el cambio climático, ya que si no se toman medidas es muy probable que este fenómeno afecte a la productividad de los cultivos y por ende la accesibilidad de los alimentos (López & Hernández, 2016).

El cambio climático tiene entre otras connotaciones, el aumento de la temperatura o disminución en algunas zonas, la redistribución de la precipitación y la radiación solar en diferentes lugares (Fernández, 2013), por lo que afectan directamente a la fecha en la que se suelen iniciar los cultivos por parte de los agricultores (Quispe, 2015).

El cambio del uso del suelo es uno de los efectos que tienen relación directa con el cambio climático, acarreando en la reducción del potencial productivo de los recursos superficiales, lo que implica que existiría un peligro inminente en la capacidad de mantener la alimentación sostenible de la población mundial (Duarte, et al. 2006). La población mundial ha superado los 7000 millones de habitantes y se estima que, en el año 2 050, se incrementen 2000 millones más, además se estima que África y Latinoamérica, deben incrementar 120 millones de hectáreas para la agricultura y sostener la alimentación, pero se proyecta que más bien se reducirán 50 millones de hectáreas (Abril, et al. 2007).

Por estos antecedentes es importante buscar soluciones que permitan que la productividad de los cultivos se maximice considerando los parámetros climáticos (GIZ, 2020), para ello en este artículo se pretende hacer un acercamiento a una de las posibles soluciones, la propuesta de la utilización del índice de potencialidad agrícola de Turc (García, 1990), para que en futuras investigaciones, con algunas modificaciones se pueda encontrar las fechas

óptimas de siembra de los cultivos de ciclo corto específicamente en diferentes zonas geográficas.

En base a lo expuesto anteriormente se describe el índice de potencialidad agrícola de Turc, así como algunas investigaciones que giran en torno al mismo, en donde se explica el planteamiento, así como las variaciones o adaptaciones para una determinada zona geográfica con el fin de que sea tomado en cuenta como una herramienta capaz de proporcionar información y datos relevantes para los cultivos relevantes del país.

Metodología

Para el presente artículo por ser de revisión se revisaron y analizaron algunas fuentes bibliográficas para describir el índice de potencialidad agrícola de Turc partiendo del autor clásico García, C. con una publicación en 1990 y la descripción que hace Estrada, R. en el año 2011, a fin de dar a conocer su origen y por todo lo que están compuestos.

Luego se realizó una descripción de los trabajos relacionados con el índice de capacidad agrícola de Turc, con algunos usos y modificaciones que se han hecho desde el año 2003 hasta la actualidad, considerando que uno de los parámetros para el cálculo de este índice es la evapotranspiración de referencia, se analizaron también varios estudios que determinaron el mejor método para calcular este parámetro dependiente de la zona geográfica, tomando en cuenta que en estos estudios, se comparaba también el método de cálculo propuesto por Turc en su índice de potencialidad agrícola.

Resultados y Discusión

1.1. Índice de potencialidad agrícola de Turc.

El crecimiento y producción de los cultivos, tienen una relación directa con algunos factores bioclimáticos en cuanto a materia seca se refiere, estos son: temperatura máxima, media y

mínima, longitud del día , la humedad, la radiación solar, la precipitación, entre otros, estos son factores meteorológicos que se pueden medir con facilidad y que varían a lo largo del planeta, dependiendo principalmente de la latitud y la altura de donde se encuentre el cultivo; en el momento que estos parámetros climatológicos comienzan a variar, la producción que está relacionada con la intensidad del crecimiento cambia de tal forma que puede aumentar o disminuir (De Santa Olalla, et al. 2005).

Turc, propone en 1972 un índice climático de potencialidad agrícola, que ayuda a determinar la cantidad de materia seca de un cultivo que se puede producir en un determinado lugar mes a mes, considerando las condiciones climáticas de: Temperatura, Radiación solar y Sequedad (Iniesta, 2001). Según lo descrito por Turc si se considera un suelo bien labrado y las condiciones de fertilización son óptimas, la producción de materia seca (MS) en toneladas por hectárea se encuentra definida por los parámetros climáticos (García, 1990).

Según García, C. (1990), Turc define al índice climático de potencialidad agrícola como un cálculo mensual y para obtener el anual hay que sumar los 12 índices obtenidos del año ($\sum CA_i$, $i = 1 \dots 12$), donde CA_i , es la capacidad de producción de MS, e i indica el mes de evaluación. CA es la multiplicación del factor térmico Ft , el factor de aridez Fs y el factor solar Fh con lo que queda:

$$CA_i = Ft_i * Fh_i * Fs_i$$

Al llevar esto a un año a fin de determinar la cantidad de materia seca que se puede llegar a producir por hectárea, es (García, C. 1990):

$$\sum_{i=1}^{i=12} CA_i$$

Para definir a cada uno de los factores, para una mejor comprensión se analizó lo descrito por Estrada, (2011), quedando lo siguiente:

1.1.1. Factor térmico

$$Ft = \left(\frac{tm(60 - tm)}{1000} \right) * \left(\frac{t - 1}{4} \right) \quad \text{si } 1 < t < 5$$

$$Ft = 0 \quad \text{si } t \leq 1$$

$$Ft = \frac{tm(60 - tm)}{1000} \quad \text{si } t \geq 5$$

Aquí se debe tener en cuenta que tm es la temperatura media mensual en °C, t es la temperatura mínima promedio del mes y que Ft es máximo cuando $tm = 30^{\circ}\text{C}$

1.1.2. Factor solar

Para este valor, según lo descrito por García, (1990) y por Estrada, (2011) se proponen dos funciones, y se selecciona la de menor valor positivo, si las dos son negativas, se considera a $Fh = 0$, por lo que el mes seleccionado es improductivo:

$$Fh_1 = Nm - 5 - \left(\frac{\Phi}{40} \right)^2$$

$$Fh_2 = 0,03 * (R - 100)$$

En este caso Nm es la insolación máxima (h/día) que se puede obtener a partir de tablas por la latitud, por lo que se puede indicar como horas de luz teórica al día, Φ es la latitud en grados y R es la radiación solar en el suelo, medido en $\text{cal}/\text{cm}^2 * \text{día}$.

Estrada, (2011) también indica que la radiación solar se puede obtener a partir de:

$$R = R_A * \left(0,18 + 0,62 * \frac{ne}{Nm} \right)$$

Donde ne es la insolación eficaz u horas sola al día y R_A es la radiación solar global en $\text{cal}/\text{cm}^2 * \text{día}$ que se puede obtener tabularmente, esto en caso de no conocer R

1.1.3. Factor de aridez

Para este caso en Estrada, (2011), se menciona que hay que plantear un balance hídrico y para ello hay que considerar la precipitación media mensual, la evapotranspiración potencial ETP y la evapotranspiración real ETR; para la ETP se tiene que se puede ver en Pérez, (2015):

$$ETP = f * \left(\frac{tm}{tm + 15} \right) * (R + 50) * C$$

Donde f es un factor de corrección mensual, que toma el valor de 0,37 en febrero y 0,4 el resto del año y C es un factor de corrección de zonas áridas que dependen de la humedad relativa (HR):

$$C = 1 \quad \text{si } HR > 50\%$$

$$C = \frac{50 - HR}{70} \quad \text{si } HR < 50\%$$

Pereyra, D. et al. (2011), describe a la ETR de Turc con:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + P^2/L^2}}$$

Donde P es la precipitación real en mm/año, $L = 300 + 25T + 0,05T^2$ en este caso T es la temperatura media anual.

Ahora para calcular F_s según Estrada, (2011) se sigue los siguientes pasos:

- Se considera el mínimo valor entre ETP y $(0,3 * ETP + 50)$, el valor resultante será x
- Calcular el valor de $\left(\frac{x-F}{x} \right) + rep$; donde F es el faltante hallado en el balance hídrico (esto en términos mensuales), rep es el reporte del mes precedente; para empezar a calcular rep , se considera que $\frac{x-F}{x} = 1$, lo que implica que $rep = 0$, partiendo de esto se considera:

- Si $\left(\frac{x-F}{x}\right) + rep > 0$, el $rep = 0$ en el mes siguiente.
- Si $-1 \leq \left(\frac{x-F}{x}\right) + rep \leq 0$, el $rep = \left(\frac{x-F}{x}\right) + rep$ en el mes siguiente
- Si $-1 > \left(\frac{x-F}{x}\right) + rep$, el $rep = -1$ en el mes siguiente

Ahora F_s se obtiene a partir de:

$$F_s = 0, \quad si \left(\frac{x-F}{x}\right) + rep < 0$$

$$F_s = \left(\frac{x-F}{x}\right) + rep, \quad si \left(\frac{x-F}{x}\right) + rep \geq 0$$

Con esto quedaría descrito el modelo fisiológico que se puede utilizar para describir la productividad de la materia seca de un cultivo, pero para poder determinar la producción útil (que es la del producto cosechado), es necesario utilizar un índice de cosecha (IC), Díaz et al. (2014), usan la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{PC}{CA}$$

Con lo que se obtiene el porcentaje del producto útil a cosechar (PC), por lo que se puede usar el índice de capacidad productiva de Turc, multiplicada por el IC , quedando:

$$(IC) \sum_{i=1}^n CA_i$$

Sabiendo que n va a variar según el ciclo del cultivo a evaluar.

1.2. Investigaciones relacionadas con el índice de potencialidad agrícola de Turc.

- Méndez, et al. (2003), Buscaron la relación que existen entre lo que se calculaba índice de capacidad productiva de Turc con la productividad del cultivo de alfalfa en la zona de la península ibérica, destacándose la forma sencilla en cómo se puede

computar y predecir la producción de este cultivo, siendo muy útil para la toma de decisiones sobre esto.

- Pincirolí, et al. (2004) Realizaron una Aplicación de los índices agroclimáticos en la producción de arroz, en una zona rural de Buenos Aires, Argentina, uno de estos índices es el de Turc, que se está analizando en este trabajo, concluye indicando la importancia de tener conocimiento previo de la capacidad productiva de un cultivo considerando parámetros climáticos, ya sea por acceso a crédito o seguros agrícolas.
- Estrada, (2011) Realizó un ajuste al índice de potencialidad agrícola de Turc, a fin de que se pueda adaptar a la realidad de Los Andes en Sudamérica, lo que hizo fue es modificar la forma de calcular cada uno de los factores (factor térmico, factor solar y factor de aridez), esto debido a que muchos cultivos tienen una temperatura base diferente entre especie, por lo que el crecimiento de estos es diferente.
- Miró & del Rey, (2011), realizaron una descripción de la productividad que pueden llegar a tener algunas especies de pastos según los requerimientos edafoclimáticos de estos, para ello usaron el índice de potencialidad agrícola de Turc, esto se realizó en territorio nacional español.
- Tanaka, et al (2016) en Mato Grosso, Brasil analizaron diferentes métodos de cálculo de evapotranspiración de referencia, entre los que se evaluaron fueron: Makkink, Linacre, Romanenko, Jensen-Haise, Hargreaves-Samani, Camargo, Turc, McGinness-Bordne, Holdridge, Solar Radiation y Hansen Caprio, en este caso para evaluar el mejor método se tomó como base al de Penman-Monteith FAO 56 (PMF), los mejores resultados se dieron con los modelos de Turc y McGinness-Bordne, para esta zona.
- Bordina, et al. (2016) usando el índice de potencialidad agrícola de Turc, hace una estimación en el rendimiento productivo de dos cultivos, en este caso el de maíz y el de soja a partir de parámetros edafoclimáticos, esto se hizo en Santa Fe, Argentina,

encontró que los meses de siembra del cultivo de maíz debía ser en diciembre y en el de soja el mes de octubre.

- Brezo, (2016), realizó un estudio considerando los problemas de descertificación en el sector peninsular de España acerca de la adaptabilidad y productividad de *Argania spinosa*, para esto utilizó el índice de potencialidad agrícola de Turc, gracias a esto se concluyó que el cultivo era viable en la zona.
- Tarazona, (2017), encontró que los mejores modelos de evapotranspiración de referencia para calcular el coeficiente del uso consultivo del agua, necesario para calcular la evapotranspiración real del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa*) son el de Turc y el de Thornthwaite en la zona de Huaraz, Perú
- Muñoz & Castillo, (2018), analizaron en Colombia algunos modelos para determinar la evapotranspiración de referencia, encontrándose como los mejores al de Penman-Monteith FAO 56, seguido por el de Christiansen y el de Turc, considerando la relevancia de esta información por estar inmiscuida en el cálculo del factor de aridez en el índice de capacidad productiva de Turc.

1.2.1. Ecuador como caso de estudio para el índice de Turc

- Ortiz, (2020), hizo un estudio en Tumbaco, provincia de Pichincha en Ecuador, comparando algunos métodos de cálculo de la evapotranspiración de referencia, entre ellos el que se incluye en el factor de aridez del índice de capacidad productiva de Turc, aquí se analizaron los métodos de: Thornthwaite modificado, FAO 56, Tanque evaporímetro, Jensen-Haise, Makkink, Priestley-Taylor, Hargreaves, Turc y FAO Radiación, el que mejor se adaptó a la zona fue el de FAO56.

La adaptación del índice de Turc para ciertas zonas del Ecuador se toma como base un estudio realizado por Estrada, (2011), en donde se ajustó la fórmula a los

parámetros presentados en la zona de los Andes, estos fueron: tamaño de raíces, erosión, uso de agua (eficiencia), resistencia a bajas temperaturas, de lo cual se pudo obtener que la alfalfa era el cultivo que más se adaptaba al lugar.

- Según el Ministerio de Ambiente, (2013), para el cálculo de la Evapotranspiración Real, se utilizó el modelo sintetizado de Turc, ya que este método solo requiere procesar los datos de temperatura media y las precipitaciones anuales y mensuales. Todo esto sirvió para desarrollar el mapa de Evapotranspiración anual y mensual del Ecuador.

Conclusiones

Se describió el índice de capacidad agrícola de Turc, donde se denotó que los factores meteorológicos que influyen son la radiación solar, la temperatura, la evapotranspiración y la precipitación, este índice da una producción mensual de materia seca en toneladas por hectárea, para saber la producción de un cultivo es necesario conocer su índice de cosecha para poder realizar el cálculo correspondiente.

Se indicaron algunas investigaciones relacionadas con el índice de capacidad productiva de Turc y se encontró una modificación realizada por Estrada, (2011) para poder adaptarla a la región de Los Andes en Sudamérica, ya que existen otros parámetros a considerar por la altitud de las zonas de producción agrícola y la radiación solar.

En los últimos años como se muestra en la revisión de este estudio, se han hecho investigaciones relacionadas con la evapotranspiración de referencia, este parámetro que también es parte del índice de Turc, esto se ha considerado por lo que dependiendo de la zona geográfica en donde se desee usar el índice en estudio, puede cambiar el modelo para calcular la evapotranspiración de referencia.

Con base a lo revisado en el presente estudio, se hace necesario que se realicen modelos matemáticos que con base a la predicción de las variables meteorológicas que están siendo afectadas por el cambio climático, determinen las mejores zonas donde deben ser ubicados cada uno de los cultivos, además de la determinación de las fechas óptimas de siembra. Ya que, si esto no se considera, se llegará a una baja de la productividad agrícola y por ende esto lleva a una escasez de alimentos.

Referencias

- Abril, F. G. M., Martín, A. F. M., & Díaz, J. M. O. (2007). Crecimiento poblacional y políticas públicas. *Apuntes del CENES*, 27(44), 149-162.
- Bordino, J., Gastaldo, J., Dickie, M. J., Costanzo, M., Kehoe, F., Jozami, E., & Coronel, A. (2016). Estimación de rendimientos de soja y maíz a partir de variables edafoclimáticas.
- Brezo Casán, A. D. (2016). Estudio de adaptabilidad y productividad de *Argania spinosa* en el piso termomediterráneo del levante peninsular.
- De Santa Olalla, F. M., López, P., & Calera, A. (2005). *Agua y Agronomía*. Mundi-Prensa.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., & Valladares, F. (2006). Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas.
- Estrada, R. (2011). Ajustes al índice de potencialidad agrícola de Turc para lograr mejores diseños de los mecanismos para compartir beneficios en los Andes. Documento de trabajo, 4.
- Díaz Valdés, T., Partidas Ruvalcaba, L., Suárez Fernández, Y. E., Lizárraga Jiménez, R., & López López, Á. (2014). Uso eficiente del agua y producción óptima en maíz, con el uso de cuatro dosis de nitrógeno. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1), 32-36.
- Iniesta, R. G. (2001). Aproximación al estudio de la estructura agraria y sus cambios en el Alto Almanzora. (Repercusiones de la PAC y posibilidades de desarrollo rural) (Vol. 47). Universidad Almería.
- Fernández, J. L. U. (2013). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Anales de la real academia de medicina y cirugía de Valladolid*, (50), 71-98.
- García, C. C. (1990). El campo de Cartagena: clima e hidrología de un medio semiárido (Vol. 13). EDITUM.
- GIZ, C. A. (2020). Adaptación al cambio climático para la competitividad agraria: Experiencias exitosas en cultivos de algarroba, cacao y café (segundo boletín).

- López Feldman, A. J., & Hernández Cortés, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*, 83(332), 459-496.
- Méndez, M. J., Hontoria, C., Díaz, M. C., & Saa, A. (2003). Relación entre el índice de Turc y el rendimiento de la alfalfa en la España peninsular. *Estudios Geográficos*, 64(252), 435–453. <https://doi.org/10.3989/egeogr.2003.i252.207>
- Ministerio de Ambiente. (2013). Modelo de Fenología General para la representación cartográfica de ecosistemas del Ecuador Continental. <http://suiadoc.ambiente.gob.ec/documents/10179/1149768/modeloFenologia-RepresentacionCartograficaEcosistemas.pdf/bee5a48a-99ea-47a8-86c3-bde0495c7f2d>
- Miró-Granada, L., de León, A., & del Rey, V. F. (2011). Evaluación de recursos y criterios de actuación en la mejora pratense. *Pastos*, 5(1), 220-238.
- Muñoz Gutiérrez, N., & Castillo Carreño, M. A. (2018). Evaluación del modelo Penman–Monteith para el cálculo de la evapotranspiración potencial y su aplicación en zonas intertropicales.
- Ortiz, R. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Siembra*, 7(1), 70-79.
- Pérez Sarrión, R. (2015). Comparación de la aplicación de métodos para el cálculo de la evapotranspiración potencial en Alicante (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Pereyra Díaz, D., Cruz Torres, D. G., & Pérez Sesma, J. A. A. (2011). La Evapotranspiración Real (ETR) en la cuenca del río La Antigua, Veracruz: estado actual y ante escenarios de cambio climático. *Investigaciones geográficas*, (75), 37-50.
- Pincirolì, M., Martínez, S., Vidal, A., Bezus, R., & Maiale, S. (2004). Aplicación de índices agroclimáticos sobre la productividad de arroz en una zona templada marginal. Universidad Nacional de Mar de Plata. Argentina.
- Quispe, G. B. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17(1), 47-52.
- Tanaka, A. A., Souza, A. P. D., Klar, A. E., Silva, A. C. D., & Gomes, A. W. A. (2016). Evapotranspiração de referência estimada por modelos simplificados para o Estado do Mato Grosso. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 51(2), 91-104.
- Tarazona Santos, N. Y. (2017). Determinación del coeficiente de uso consuntivo del agua para el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), mediante el método del lisímetro.