

## El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) en la investigación y aplicación en los cultivos andinos en el Perú

### The crop coefficient ( $K_c$ ) in research and application in Andean crops in Peru

### O coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) em pesquisa e aplicação em cultivos andinos no Peru

Arapa Carcasi, José

José Arapa Carcasi

josearapacarcasi@gmail.com

Investigador independiente, Perú

Revista Científica I+D Aswan Science

Enterprise Sadeg, Perú

ISSN-e: 2709-894X

Periodicidad: Anual

vol. 2, núm. 1, 2022

revista@enterprisesadeg.org.pe

Recepción: 12 Octubre 2022

Aprobación: 15 Diciembre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/752/7524027005/>

DOI: <https://doi.org/10.51892/rcidas.v2i1.17>

**Resumen:** En los últimos años se hizo imprescindible un manejo adecuado del recurso hídrico que cada vez más se hace más escaso en determinadas zonas producto del cambio climático además con un manejo adecuado del recurso hídrico se obtiene mejores resultados en la producción de alimentos siendo un factor importante el conocimiento del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) para conocer la cantidad adecuada de agua a consumir por cada tipo de cultivo en diferentes etapas de desarrollo y crecimiento de la planta, el valor de  $K_c$  es afectado por varios factores como la radiación solar, la velocidad del viento, la humedad relativa del medio ambiente. El procedimiento consistió en la recopilación de información de diferentes estudios realizadas por las universidades y centros de investigación en relación a los cultivos andinos, el ámbito de estudio se enmarco en investigaciones realizadas en la región andina del Perú en una primera parte se recopila información en relación a la metodología utilizada en la determinación del  $K_c$  entre ellos podemos mencionar la metodología  $K_c$ -NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada), la metodología del Lisímetro y la metodología propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Con respecto al  $K_c$  se concluye que en varios cultivos andinos como la papa, maíz, quinua, oca, haba se determinó su  $K_c$  y en varios cultivos andinos aún no se conoce el  $K_c$  de cultivos como en cultivos de Tarwi, Chía, Yacón entre otros, el  $K_c$  es único en el tiempo debido a que la variación climática de cada año varía por lo que es necesario desarrollar métodos que faciliten el cálculo del  $K_c$  en tiempo real.

**Palabras clave:** Agua, disimétrico, evapotranspiración, producción agrícola,  $K_c$ -NDVI.

**Abstract:** In recent years, proper management of water resources has become essential, which is becoming increasingly scarce in certain areas as a result of climate change. In addition, with proper management of water resources, better results are obtained in food production, being an important factor knowledge of the crop coefficient ( $K_c$ ) to know the adequate amount of water to consume for each type of crop in different stages of development and growth of the plant, the value of  $K_c$  is affected by several factors such as solar radiation, the speed of wind, relative humidity of the environment. The procedure consisted in the collection of

*information from different studies carried out by universities and research centers in relation to Andean crops, the scope of study was framed in investigations carried out in the Andean region of Peru. In the first part, information was collected in relation to the methodology used to determine the Kc, among them we can mention the Kc-NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) methodology, the Lysimeter methodology and the methodology proposed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). ). Regarding the Kc, it is concluded that in several Andean crops such as potatoes, corn, quinoa, oca, and broad bean, their Kc was determined and in several Andean crops the Kc of crops is not yet known, such as Tarwi, Chía, Yacón, among others. , the Kc is unique in time because the climatic variation of each year varies, so it is necessary to develop methods that facilitate the calculation of the Kc in real time.*

**Keywords:** Water, asymmetric, evapotranspiration, agricultural production, Kc-NDVI.

**Resumo:** *Nos últimos anos tornou-se imprescindível uma gestão adequada dos recursos hídricos, que se tornam cada vez mais escassos em determinadas zonas devido às alterações climáticas. Além disso, com uma gestão adequada dos recursos hídricos obtêm-se melhores resultados na produção alimentar, sendo um fator conhecimento do coeficiente de cultura (Kc) para saber a quantidade adequada de água a consumir para cada tipo de cultura nas diferentes fases de desenvolvimento e crescimento da planta, o valor de Kc é afetado por vários fatores como a radiação solar, a velocidade de vento, umidade relativa do ambiente. O procedimento consistiu na coleta de informações de diferentes estudos realizados por universidades e centros de pesquisa em relação aos cultivos andinos, o escopo do estudo foi enquadrado em investigações realizadas na região andina do Peru. Na primeira parte, as informações foram coletadas em relação à metodologia utilizada para determinar o Kc, dentre elas podemos citar a metodologia Kc-NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), a metodologia do Lismetro e a metodologia proposta pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). ). Com relação ao Kc, conclui-se que em vários cultivos andinos, como batata, milho, quinoa, oca e fava, seu Kc foi determinado e em vários cultivos andinos ainda não se conhece o Kc de cultivos, como Tarwi, Chía, Yacón, entre outros. , o Kc é único no tempo porque varia a variação climática de cada ano, por isso é necessário desenvolver métodos que facilitem o cálculo do Kc em tempo real.*

**Palavras-chave:** Água, assimétrica, evapotranspiração, produção agrícola, Kc-NDVI.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la producción agrícola una de las principales causas de la baja productividad es la escasez de agua de riego en las últimas etapas de la campaña agrícola, otra causa es la temporalidad de las precipitaciones y los constantes veranillos no previstos los cuales se presentan con mayor frecuencia debido al cambio climático, ocasiona

que el cultivo no cuente con el agua durante su ciclo de producción y ocasiona el stress hídrico afectando el rendimiento de los cultivos, lo que se traduce en una disminución significativa de la producción agrícola.

El Cambio climático en los últimos años se ha acentuado con periodos más prolongados de sequías e inundaciones en distintas regiones, en muchas de estas regiones el agua es un bien escaso de ahí la importancia del uso adecuado del agua, la insuficiente disponibilidad (baja eficiencia de conducción) del recurso hídrico es una de las principales causas de que los cultivos presenten un bajo rendimiento de la producción agrícola. Para mejorar el uso del agua en la producción agrícola se hace necesario utilizar metodologías que nos permitan un uso eficiente del recurso hídrico, entre estos métodos podemos mencionar el riego en sus diferentes formas.

## 2. EL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc)

El coeficiente de cultivo (Kc) es un valor adimensional y describe la variación de agua extraída del suelo por la planta desde la siembra hasta la cosecha por efecto de la evaporación y la transpiración. (Monge, 2019), es importante establecer las necesidades de agua para el desarrollo adecuado de los cultivos, el uso irracional de agua en los sistemas de riego provoca efectos negativos como saturación de los estratos inferiores y la filtración del agua en estratos permeables (Chavez, 2016). El coeficiente de cultivo nos indica el grado de cobertura del suelo por el cultivo en el cual se requiere evaluar el consumo de agua, los factores que inciden en los valores Kc son las características biológicas del cultivo como por ejemplo fecha de siembra, el ritmo de desarrollo del cultivo, la duración del periodo vegetativo, las condiciones climáticas y la frecuencia de lluvias, el Kc varía por las condiciones climáticas y las fases del periodo vegetativo el cual se divide primero la fase inicial, seguido de la fase de desarrollo, fase de mediados de periodo y la fase final (Ministerio de Agricultura, 1997).

El coeficiente de cultivo integra varios efectos que distinguen a un cultivo, cada cultivo posee un valor único de Kc el cual varía durante su periodo de crecimiento a su vez es afectado por la evaporación y la evapotranspiración del cultivo y la transpiración del suelo el valor de Kc a inicio de la siembra es pequeño y va aumentando a medida que la planta cubre más el suelo el Kc varía con el ciclo vegetativo y se distinguen tres periodos, primero en la siembra con un Kc pequeño en el periodo de maduración alcanza un mayor Kc y al momento de la cosecha el Kc decrece gradualmente (Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos, 2015).

El valor del coeficiente del cultivo (Kc), depende de las características de la planta, y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su periodo vegetativo. Esta variación es más evidente en cultivos anuales, que cubren todo su ciclo en un periodo reducido de tiempo, el valor Kc está determinado por factores como el tipo de cultivo debido a la altura del cultivo, propiedades aerodinámicas, hojas de la planta entre otras características. El clima es otro de los factores que se refleja en el Kc debido por ejemplo a la variación de la velocidad del viento, la humedad relativa del medio ambiente, otro factor que afecta al Kc es la aridez de la zona de cultivo. La evaporación del suelo también afecta el valor del Kc y por último la variación del Kc por etapa de crecimiento del cultivo (FAO, 2006).

### 2.1. Metodologías utilizadas en la determinación del Kc

La metodología Kc-NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) permite derivar en el coeficiente de cultivo desde una imagen satelital (Cuesta, Montoro, Jochum, López & Calera, 2005) el cual se basa en la relación lineal existente entre el Kc basal y el NDVI para obtener mapas de Kc haciendo uso de la respuesta espectral de una cobertura vegetal representada en el NDVI con imágenes del satélite. (Sáez, 2016).

En el método lisímetro el Kc se determina utiliza fórmulas matemáticas donde la evapotranspiración del cultivo es real el cual se registra en forma diaria en el lisímetro que se encuentra dentro del tanque de alimentación y la evapotranspiración potencial se obtienen por uso de ecuaciones (Canllahui, 2013).

Metodología propuesta por la FAO el cual relaciona la ETP y la frecuencia de riego para el Kc de la primera (Canllahua, 2013) fase para el ajuste de Kc, se requiere de los siguientes parámetros: el número de riegos en la fase inicial, la evapotranspiración potencial en la fase, el Grupo textural superficial, la profundidad de

infiltración, el Kc de la fase media (Asumido de la TABLA FAO 98), el Kc de la fase final (Asumido de la TABLA FAO 98), la temperatura mínima, la temperatura máxima, el valor medio de la velocidad del viento diario a 2 m de altura y la altura media de la planta durante la fase determinada.

## 2.2. El Kc en los cultivos andinos en el Perú

Entre la información recopilada y analizada podemos mencionar los siguientes estudios:

En el estudio realizado por Quispe, Quispe, Hinojosa & Quispe (2020) en la papa cultivada en el valle del Mantaro al inicio el Kc es de 0.20 en el periodo de cobertura es de 1.13 a 1.17 y en la cosecha es de 0.65, para la determinación del Kc se utilizó el método lisimétrico.

En el estudio realizado por García, Huahuachampi & Soto (2017) en la quinua variedad QML01 los valores del Kc variaron entre 0.33 y 1.52, los valores promedios en la etapa inicial del Kc es 0.554, en la etapa de desarrollo es de 0.99, mediados de temporada el valor de Kc es 1.271 y la etapa final el valor del Kc es 0.904, en la determinación del Kc se utilizó un lisímetro.

En el estudio realizado por Huanca & Calapuja (2021) el coeficiente de cultivo para el cultivo de oca, comienza en la fase fenológica de emergencia con un Kc 0.35, alcanzando el valor máximo en la fase fenológica de floración con un Kc 1.56 y al finalizar se culmina con un valor promedio de Kc 0.72 en la fase de madurez fisiológica, la metodología utilizada en la determinación del Kc fue el sistema de lisímetro NFC.

En la investigación realizada por Enríquez (2018) en Acobamba Huancavelica, los coeficientes de Kc se determinaron con los datos de la evapotranspiración potencial ETp utilizando el factor de latitud MF del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en la fase inicial el Kc es 0.24, en la fase de desarrollo el Kc es 0.55, en la fase de fructificación el Kc es 1.87 y en la fase de madurez el Kc es 1.11.

En el estudio realizado por Quevedo (2013) determinó que el número de riego por campaña y frecuencia de aplicación para el maíz blanco gigante de Cusco varía debido a factores como el tipo de suelo, eficiencia del riego, etc. Asumiendo lluvias significativas por 20 días el Kc es de 0.35 aproximado en el mes agosto para el valle sagrado de los incas y un Kc 0.49 bajo las mismas condiciones y en el mismo periodo de tiempo para el valle del cusco.

Las informaciones recopiladas por Agúsqiza, Mendoza & Salirras (1998) el Kc promedio de la papa dulce es 0.81, papa amarga 0.50, maíz amiláceo 0.95, maca 0.34, olluco 0.50, oca 0.50, mashua 0.50, quinua 0.49, kiwicha 0.49, kañihua 0.49

## 3. CONCLUSIONES

Por la limitada información respecto al Kc de varios cultivos andinos aún no se han determinado los Kc de cultivos como del Tarwi, Chía, Yacón entre otros, el Kc es único en el tiempo debido a que la variación climática de cada año varía por lo que es necesario desarrollar métodos que faciliten el cálculo del Kc en tiempo real.

## REFERENCIAS

- Agúsqiza B. R., Mendoza V. Y. & Salirras C. E. (1998) Amenazas a la conservación in situ de la agrobiodiversidad y planes de mitigación, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Perú
- Canllahui M. M. (2013) Determinación de la evapotranspiración y coeficiente de cultivo (Kc) en la producción de papa (*Solanum Tuberosum* L.) Var. Silver en el CIPILPA-Puno, Universidad Nacional del Altiplano, Tesis de grado Puno - Perú
- Chavez A. GR. (2016) Determinación del coeficiente de cultivo (kc) y crecimiento vegetativo de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) bajo condiciones climáticas de la irrigación majes, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Tesis de grado, Arequipa - Perú

- Cuesta A., Montoro A., AM. Jochum A. M., López P. & Calera A. (2005) Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite, ITEA [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2005/101-3/ITEA\\_101-3\\_212-224.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2005/101-3/ITEA_101-3_212-224.pdf)
- Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos (2015) Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Piura, Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque – Zarumilla, Piura - Perú
- Enríquez L. V. (2018) Evaluación de la evapotranspiración potencial (ETP) del cultivo de haba (vicia faba l.) en lisímetro superficial en el distrito y provincia de Acobamba Huancavelica, Universidad Nacional de Huancavelica, Tesis de grado, Huancavelica - Perú
- FAO (2006) Evapotranspiración del cultivo, <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- García V. J., Huahuachampi J. & Soto L. (2017) Determinación de la demanda hídrica del cultivo de quinua QML01 (*Chenopodium Quinoa Willd*) en la Molina, Anales Científicos, 78 (2): 200-209 (2017), DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v78i2.1057>
- Huanca Q. E. & Calapuja A. R. (2021). Determinación del coeficiente de cultivo (kc), y eficiencia en el uso de agua en la producción de oca (*Oxalis tuberosa Mol.*) en Puno. Revista De Ciencias Agrarias, 7(1), 3-12. <https://doi.org/10.53719/rca.v7i1.455>
- Ministerio de Agricultura (1997) Ordenamiento del sistema de gestión de los recursos hídricos cuenca Quilca – Chili anexo F demanda de agua, Lima - Perú
- Monge R. MA. (2019) Evapotranspiración y Kc (parte II), iagua <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-mongeredondo/evapotranspiracion-y-kc-parte-ii>
- Quevedo W. S. (2013) Manual técnico maíz blanco Urubamba (Blanco Gigante Cusco), Instituto Nacional de Innovación Agraria, Cusco - Perú
- Quispe Rodríguez, J., Quispe Quezada, U. R., Hinojosa Benavides, R. A., & Quispe Medrano, J. A. (2020). Determinación de coeficientes de uso consuntivo (Kc) en cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) por el método lisimétrico en el valle del Mantaro. Puriq, 2(3), 196–208. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.3.88>
- Sáez P. MA. (2016) Determinación de la evapotranspiración mediante imágenes aéreas en bandas del espectro visible e infrarrojo cercano para cultivos de papa *solanum spp*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Tesis de grado, Riobamba – Ecuador

## ENLACE ALTERNATIVO

<https://www.revistascience.enterprisesadeg.org.pe/index.php/science/article/view/17/24> (pdf)