

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“CALIBRACIÓN DEL MODELO AGROMETEOROLÓGICO  
AQUACROP EN DOS VARIEDADES DE QUINUA BAJO RIEGO  
POR GOTEO EN LA MOLINA”**

Presentado por:

**BRIAN RICHARD DARIO MENDOZA MÁRQUEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÍCOLA**

Lima – Perú

2020

---

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual de la UNALM)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**

**“CALIBRACIÓN DEL MODELO AGROMETEOROLÓGICO  
AQUACROP EN DOS VARIEDADES DE QUINUA BAJO RIEGO POR  
GOTEO EN LA MOLINA”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

**BACH. BRIAN RICHARD DARIO MENDOZA MÁRQUEZ**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DELGADO  
Presidente

Dra. LÍA RAMOS FERNÁNDEZ  
Asesor

Mg. Sc. CAYO LEONIDAS RAMOS TAÍPE  
Miembro

Ing. JOSE SANTIAGO FALCONI PALOMINO  
Miembro

LIMA – PERU

2020

## RESUMEN

La producción de quinua en Latinoamérica, se concentra en pocos países. Perú según FAOSTAT (2020) es el primer productor con alrededor de 86 011 toneladas cosechada de quinua en 64 660 hectáreas en el 2018, predominantemente ubicados en los departamentos de Puno, Ayacucho y Cuzco. Este pseudocereal es uno de los principales alimentos con mayor cantidad de proteínas que aporta todos los aminoácidos esenciales y no esenciales, siendo reconocido por la FAO en el año 2013, como el grano que combatirá el hambre y la desnutrición, y que aportará a la seguridad alimentaria. Sin embargo, el cambio climático y la intensificación del uso de los recursos, está generando una tendencia decreciente en la oferta de los recursos hídricos. Por ende, el manejo del riego por gravedad, que demanda alto consumo de agua (10 000 m<sup>3</sup> de agua por ha en el cultivo de quinua según REDAGRÍCOLA (2017)) y con baja eficiencia en el uso del agua (EUA) es insostenible.

Por consiguiente, se requiere nuevas técnicas de riego que aumenten la EUA enfocado en la agricultura sustentable, tales como las estrategias de manejo del agua bajo riego deficitario en un sistema de riego por goteo y usando los modelos de productividad del agua para aumentar la productividad agrícola. Aquacrop es un modelo de cultivo que simula la respuesta del rendimiento al agua desarrollado por la FAO y es apropiado para considerar efectos donde el agua es el factor limitante para la producción de cultivos, para su uso debe calibrarse y validarse. Ante esto, el objetivo del estudio es evaluar la calibración del modelo Aquacrop en dos variedades de quinua bajo un sistema de riego por goteo en La Molina.

Los resultados indican un desempeño del modelo Aquacrop de "muy bueno" a "bueno" para predecir el desarrollo de la cobertura del dosel, el contenido de agua del suelo, la biomasa aérea y el rendimiento usando los indicadores de eficiencia, tales como el coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe, el estándar de observaciones RMSE relación de desviación (RSR), índice de Willmott y coeficiente de determinación ( $r^2$ ). Asimismo, la técnica de riego por goteo puede ser aplicada bajo condiciones de déficit hídrico y sin afectar sus rendimientos, con un incremento en el  $EUA_{aplicada}$  del 17.5% y 45% en las variedades mutante de amarilla marangani y amarilla sacaca respectivamente. Finalmente, el modelo calibrado tuvo un buen desempeño para simular la respuesta del cultivo bajo riego por goteo y déficit hídrico, siendo útil cuando el modelo esté validado con el fin de establecer mejores calendarios de siembra, reducciones en el riego, establecer sitios potenciales de siembra, etc.

**Palabras clave:** *Aquacrop, quinua, EUA, biomasa, cobertura del dosel, evapotranspiración.*

## ABSTRACT

The production quinoa is concentrated in few countries of Latin America. According to FAOSTAT (2020) the major producer of quinoa in the world is Perú with 86 011 tons in 64 660 hectares in 2018, located mainly in Puno, Ayacucho and Cuzco's department. This pseudocereal is one of the main foods with the highest amount of protein that provides all essential and non-essential amino acids, being recognized by FAO in 2013 like the grain that will combat hunger and desnutrition, and that will contribute to security food. Nevertheless, the climate change and resource-use intensification, it's generating a decreasing trend in the supply of water resources. That's why, the management of basin irrigation that demands high water consumption (10 000 m<sup>3</sup> of water per hectares for quinoa crop according to REDAGRÍCOLA (2017)) and with low water use efficiency (WUE) is unsustainable.

Therefore, new irrigation techniques are required to increase WUE focused on sustainable agriculture, such as water management strategies under deficit irrigation using drip irrigation system and using the crop water productivity model to increase agricultural productivity. AquaCrop is a crop model that simulates yield response to water developed by FAO and is appropriate to consider effects where water is the limiting factor for crop production, for use it must be calibrated and validated. Consequently, the objective of the present investigation was to evaluate the calibration of Aquacrop model using the mutant variety of yellow Maranganí and yellow variety Sacaca under drip irrigation in La Molina.

The results indicated that the Aquacrop model performance was “very good” to “good” in predicting canopy cover development, soil water content, aerial biomass, and grain yield using performance indicators, such as the Nash-Sutcliffe efficiency coefficient, the RMSE observations standard deviation ratio (RSR), willmott index, and determination coefficient. Therefore, Drip irrigation can be applied to under water deficit conditions without affecting yields, with an increase in water-use efficiency applied between 17.5% and 45% with the mutant variety of yellow Maranganí and yellow variety Sacaca respectively. Finally, the calibrated model had a good performance to simulate crop response under drip irrigation and water deficit, being useful when the model is validated in order to establish better sowing calendars, reduce irrigation, establish potential planting sites and so on.

**Keywords:** *Aquacrop, quinoa, water-use efficiency, biomass, canopy cover, evapotranspiration.*