

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“OBTENCIÓN DE UN ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO FOLIAR EN  
QUINUA A TRAVÉS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES  
TÉRMICAS”**

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

**RODOLFO JUAN CHUCHON REMON**

**LIMA – PERÚ  
2021**

---

**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 INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“OBTENCIÓN DE UN ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO FOLIAR EN QUINUA  
A TRAVÉS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES TÉRMICAS”**

Presentado por:

**CHUCHON REMON RODOLFO JUAN**

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

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

**Dr. Nestor Montalvo Arquíñigo  
PRESIDENTE**

---

**Mg. Sc. Jorge Luis Díaz Rimarachín  
MIEMBRO**

---

**Ing. José Santiago Falconi Palomino  
MIEMBRO**

---

**Dra. Lía Ramos Fernández  
ASESORA**

**Lima – Perú**

**2021**

## RESUMEN

El estrés por déficit hídrico o por sequía se produce en las plantas en respuesta a un ambiente escaso de agua, donde los estomas se cierran, la transpiración disminuye, y la temperatura foliar aumenta, alcanzando valores superiores a la temperatura del aire. Por otro lado, las plantas no estresadas pueden alcanzar temperaturas inferiores a la del aire. El índice de estrés hídrico del cultivo (CWSI), se basa en la teoría del balance de energía, en que para determinadas condiciones meteorológicas, un rango de diferencias de temperaturas foliares del cultivo ( $T_c$ ) con respecto a la del aire ( $T_a$ ), existen dentro de un límite inferior (transpiración sin estrés hídrico), y un límite superior (máximo estrés hídrico donde no hay transpiración). De lo anterior, el objetivo de este ensayo fue evaluar la variación del CWSI de la línea mutante de quinua derivada de la variedad comercial Amarilla Marangani, vía la temperatura foliar por termografía infrarroja (IR), y su relación con la humedad volumétrica del suelo ( $\theta\%$ ). Se tuvieron dos tratamientos, T0 (con riego igual a la  $ET_c$ ) y T1 (riego con reducciones escalonadas del 50, 75 y 100 % de la  $ET_c$ ), ambos bajo riego por goteo. Se utilizó una cámara térmica IR, marca FLIR E60, y parámetros climáticos, para estimar la línea base superior (LS) y línea base inferior (LI), en tres etapas representativas del crecimiento del cultivo. Las evaluaciones de CWSI se realizaron entre los 44 y 120 DDS, entre las 13 y 14 horas. Se encontró una relación lineal y significativa ( $P < 0.05$ ) entre el CWSI y la humedad del suelo ( $\theta\%$ ). De dichos resultados se recomienda programar el riego del cultivo en un rango de CWSI de 0.38 a 0.6, siendo 0.38, un valor que se relaciona con la humedad del suelo a capacidad de campo; y 0.6, un valor que corresponde al máximo CWSI antes del inicio del corte de riego.

## **ABSTRACT**

Stress due to water deficit or drought occurs in plants in response to a water-scarce environment, where stomata close, transpiration decreases, and leaf temperature increases, reaching values higher than air temperature. On the other hand, unstressed plants can reach temperatures below air. The crop water stress index (CWSI) is based on the theory of energy balance, in that for certain meteorological conditions, a range of differences in the leaf temperature of the crop ( $T_c$ ) with respect to that of the air ( $T_a$ ), they exist within a lower limit (transpiration without water stress), and an upper limit (maximum water stress where there is no transpiration). From the above, the objective of this trial was to evaluate the variation of the CWSI of the cultivation of quinoa mutant variety of Amarilla Marangani, via the leaf temperature by infrared thermography (IR), and its relationship with the volumetric soil moisture ( $\theta\%$ ). There were two treatments, T0 (with irrigation equal to  $ET_c$ ) and T1 (irrigation with step reductions of 50, 75 and 100% of  $ET_c$ ), both under drip irrigation. An IR thermal camera, FLIR E60 brand, and climatic parameters were used to estimate the upper baseline (LS) and lower baseline (LI), in three representative stages of crop growth. The CWSI evaluations were performed between 44 and 120 DDS, between 13 and 14 hours. A linear and significant relationship ( $P < 0.05$ ) was found between CWSI and soil moisture ( $\theta\%$ ). From these results, it is recommended to program the irrigation of the crop in a CWSI range of 0.38 to 0.6, with the value of 0.38, corresponding to soil moisture at field capacity; and 0.6, value that corresponds to the maximum CWSI before the start of the irrigation cut.