



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TESIS**

**CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE CITRUS  
AURANTIFOLIA USANDO VISIÓN ARTIFICIAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
DE SISTEMAS**

**Autor(a) (es):**

**Bach. Alcarazo Ibáñez Freddy Daniel**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1039-2461>**

**Asesor(a):**

**Mg. Tuesta Monteza Victor Alexci**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5913-990X>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú 2021**

## **Resumen**

Diversos mercados del mundo importan el Limón Sutil (*Citrus Aurantifolia*) peruano el cual es fuente importante de vitamina C para las personas recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Las provincias que mayor Limón producen en el Perú son Lambayeque y Piura mientras que Chile es el principal país importador de *Citrus Aurantifolia* peruano, tan solo en el 2018 importó 3352106 toneladas métricas de *Citrus Aurantifolia*.

La clasificación manual de frutas en general es un proceso de reconocimiento de aspecto continuo y consistente el cual requiere de personal experto, en dicho proceso de manera indirecta suceden clasificaciones incorrectas debido al factor del error humano lo cual convierte al proceso impreciso el cual depende de factores subjetivos como es el estado de salud en general de la persona y la experticia de la misma.

En esta investigación se propuso un método basado en la aplicación de técnicas de visión artificial para clasificar de manera automática *Citrus Aurantifolia* por color. Se realizó la adquisición de imágenes para cada una de las clases de *Citrus Aurantifolia* (Maduro, Pintón y Verde) caracterizadas en base a Experto. Se obtuvo un dataset de 1050 imágenes de *Citrus Aurantifolia* (350 imágenes por clase). Se aplicaron las técnicas de pre-procesado de imágenes (corrección gamma, filtro pasa bajo, conversión a espacio de color HSV y escala de grises) y segmentación por el método de Otsu. Las características de Momentos de Color de las imágenes de *Citrus Aurantifolia* son utilizados para entrenar las técnicas de clasificación automática de Máquina de Vectores de Soporte (SVM) y K-Vecinos más Cercanos (KNN).

Utilizando las características del Momento de Color de la media del canal R (rojo) de las imágenes de *Citrus Aurantifolia* en RGB, la técnica SVM obtuvo una tasa de precisión del 98%, mientras que al convertir las imágenes de *Citrus Aurantifolia* al espacio de color CIELAB utilizando las características de las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  la tasa de precisión obtenida por las técnicas SVM y KNN fue del 100% con un tiempo de ejecución de 0.029801 sg (SVM) y 0.0074096 sg (KNN) respectivamente.

### **Palabras Clave:**

Momentos de Color, Visión Artificial, SVM, Clasificación Automática, Prototipo

## **Abstract**

Different markets in the world import the Peruvian Subtle Lemon (*Citrus Aurantifolia*), which is an important source of C vitamin for people which it is recommended by the World Health Organization (WHO). The provinces most producers of lemon in Peru are Lambayeque and Piura while that Chile is the main importing country of Peruvian *Citrus Aurantifolia*, only in 2018 it imported 3352106 metric tons of *Citrus Aurantifolia*.

The manual classification of fruits in general is a continuous and consistent aspect recognition process which requires expert people, in this process indirectly incorrect classifications occur due to the factor of human error which makes the process imprecise which depends on factors subjective as is the general health status of the person and the expertise of the same.

In this research, a method based on the application of artificial vision techniques to automatically classify *Citrus Aurantifolia* by color was proposed.

The acquisition of images for each of the classes of *Citrus Aurantifolia* (Maduro, Pintón and Verde) characterized on the basis of Expert was carried out. A dataset of 1050 images of *Citrus Aurantifolia* (350 images per class) was obtained. The techniques of image pre-processing (gamma correction, low pass filter, conversion to HSV color space and grayscale) and segmentation by the Otsu method were applied. The Moments of Color characteristics of the *Citrus Aurantifolia* images are used to train the automatic classification techniques of Support Vector Machines (SVM) and K-Nearest Neighbors (KNN).

Using the features of the color moment of the R channel average (Red) of the *Citrus Aurantifolia* images in RGB, the SVM classifier obtained a precision rate of 98%. While converting the images of *Citrus Aurantifolia* to the CIELAB color space using the characteristics of the coordinates  $a^*$  and  $b^*$  the accuracy rate obtained by the SVM and KNN classifiers was 100% with an execution time of 0.029801 sg (SVM) and 0.0074096 sg (KNN) respectively.

## **Keywords:**

Color Moments, Computer Vision, SVM, Fruit Grading, Prototype