



**Universidad
Rafael Landívar**
Tradición Jesuita en Guatemala

Proyecto final

Papayas

Inteligencia artificial

1512214 Astrid Virginia Sajquim Zunum

Quetzaltenango, 26 de abril 2019.

Papaya

Con el objetivo de determinar los tiempos de maduración del fruto, y basándose en la naturaleza del proyecto, el cual será alimentado por fotografías y las características utilizadas para determinar la etapa de madurez en la que se encuentra serán solamente las que pueden ser percibidas por una cámara digital. Los frutos de papaya muestran una curva de crecimiento sigmoideal simple, después del crecimiento inicial lento presentan una fase exponencial y luego tienen una fase estable sin aparente cambio en dimensión hasta que los frutos maduran completamente.

El índice de maduración de la papaya es el color y firmeza de la pulpa, únicamente se tomará en cuenta el color.

Madurez fisiológica:

Una fruta se encuentra fisiológicamente madura cuando ha logrado un estado de desarrollo en el cual ésta puede continuar madurando normalmente para consumo aún después de cosechada. Sucede cuando se cosechan verde-maduras y posteriormente maduran para consumo en postcosecha.

Madurez hortícola:

Es el estado de desarrollo en que la fruta se encuentra apta para su consumo u otro fin comercial. La madurez hortícola puede coincidir o no con la madurez fisiológica.

Madurez de consumo u organoléptica.

Reúne las características deseables para su consumo (color, sabor, aroma, textura, composición interna). Durante su desarrollo y maduración las frutas experimentan una serie de cambios internos de sus componentes, que son más evidentes durante la maduración de consumo, y que guardan una estrecha relación con la calidad y otras características de postcosecha del producto. A continuación se mencionan los principales cambios observados en las frutas maduras para consumo y su relación con la composición interna de las mismas.

a. Desarrollo del color.

Con la maduración por lo general disminuye el color verde de las frutas debido a una disminución de su contenido de clorofila y a un incremento en la síntesis de pigmentos de color amarillo, naranja y rojo (carotenoides y antocianinas) que le dan un aspecto más atractivo a ésta.

b. Desarrollo del sabor y aroma.

El sabor cambia debido a la hidrólisis de los almidones que se transforman en azúcares, por la desaparición de los taninos y otros productos causantes del sabor astringente y por la disminución de la acidez debido a la degradación de los ácidos orgánicos. El aroma se desarrolla por la formación de una serie de compuestos volátiles que le imparten un olor característico a las diferentes frutas.

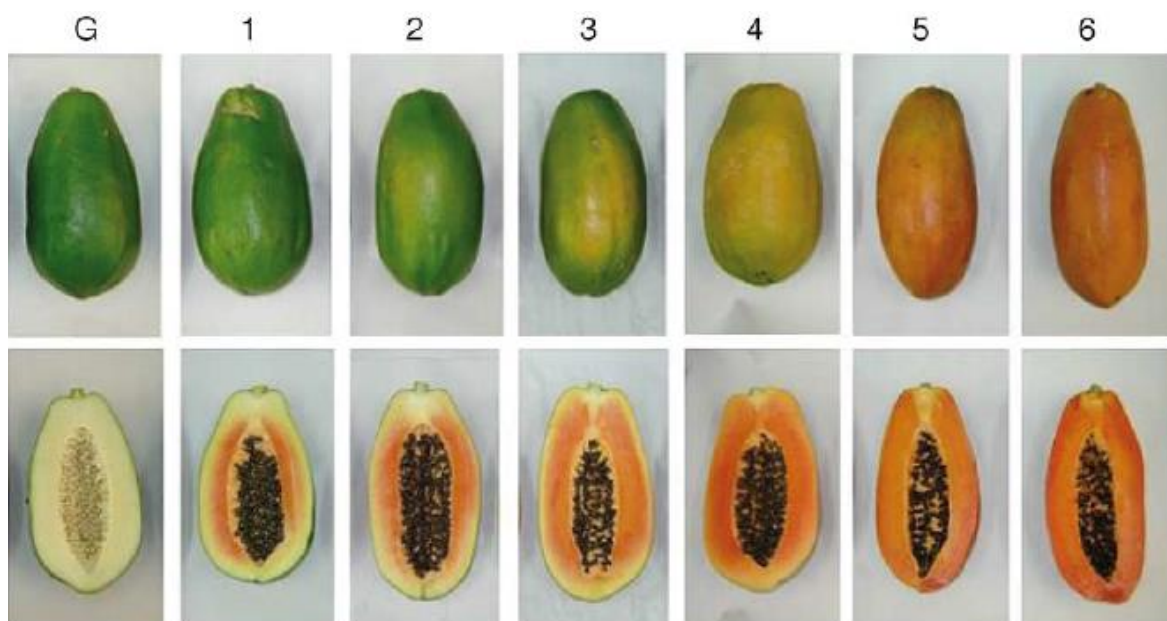
Tiempo de madurez de la papaya

A una temperatura de 23 ± 1 °C y 75% de humedad relativa la madurez para consumir se alcanza en un promedio de 15 días.

Etapas de maduración

Tabla de características visuales de la madurez de la papaya

Etapa	Descripción	Tiempo
Fruta verde	Cáscara verde completamente.	1
1	Cáscara verde con una clara raya o franja amarilla.	1
2	Cáscara verde con una franja amarilla bien definida.	2
3	Tiene una o más franjas anaranjadas.	3
4	La cáscara es parcialmente anaranjada con algunas franjas verde claro.	4
5	La cáscara es de color anaranjada.	3
6	Cáscara de un color anaranjado más intenso. Lista para el consumo.	2
	TOTAL	15



Etapa 1

Piel verde con una leve franja amarilla..

Etapa 2

Piel verde y una línea amarilla bien definida.

Etapa 3

En esta etapa existen una o más franjas anaranjadas.

Etapa 4

La papaya muestra una cáscara anaranjada con algunas áreas verdes.

Etapa 5

El fruto es de color anaranjado, listo para el consumo.

Etapa 6

El color anaranjado se intensifica.

Etapas de putrefacción

Los frutos de papaya se caracterizan por ser de tipo climatérico, con altas tasas de respiración y producción de etileno, con epicarpio delgado y frágil que los hace altamente susceptibles y perecederos, con una vida de anaquel que varía de 1 a 3 semanas, según su manejo precosecha y postcosecha.

La temperatura óptima para mantener la calidad en postcosecha en frutos de papaya durante su transporte y almacenamiento es de 13°C. Para los diferentes estados se recomienda lo siguiente:

- a. Estado de madurez 1 y 2 (hasta $\frac{1}{4}$ amarillo-naranja) la temperatura ideal es 10°C.
- b. Estado de madurez 3 al 6 ($\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ amarillo-naranja), con un 90-95% de humedad.

Bajo las condiciones anteriores el potencial tiempo de vida de postcosecha es de 2 a 3 semanas. En caso de ser necesario retrasar la maduración y alargar la vida de postcosecha, se puede utilizar una atmósfera controlada de 3-5 % de oxígeno y 5-8 % de bióxido de carbono.

Después de estos días se pueden observar cambios en la cáscara debido a la deshidratación y pudrición negra en el pedúnculo, formación de moho y lesiones superficiales características de la antracnosis o daños por *Botrydiploia*.

Etapas 7

La piel de la papaya se ve afectada por manchas grises y blancas que denotan que la fruta ya no es apta para su consumo.

Después de éstas etapas, la papaya sigue cubriéndose con las manchas y es descartada totalmente para su consumo.

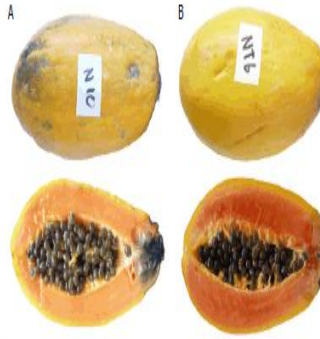


Figura 4. Deterioro de los frutos de papaya cv. Hawaiana, control (A) y recubrimiento con propóleos (B), después de 12 días de almacenamiento.

Calidad

Requerimientos mínimos

En todas las clases descritas posteriormente, se debe cumplir lo siguiente:

1. Que la papaya esté completa.
2. Limpieza, prácticamente libre de cualquier materia extraña.
3. Prácticamente libre de daño causado por pestes.
4. Prácticamente libre de pestes que afecten la apariencia general del producto.
5. Libre de cualquier olor ajeno o sabor (producido por agentes de conservación).
6. Firme.
7. De apariencia fresca.
8. Libre de daño causado por bajas y/o altas temperaturas.

El pedúnculo, si existe, no debe exceder el tamaño de 1 centímetro.

Forma de los frutos

Dependiendo a la variedad pueden ser: tipo oblongos, oblongos con extremidades cónicas, altamente redondeados, oval, elípticos con predominio de los frutos elongados cilíndricos.



7

Categorías

Primera categoría

La fruta no tiene golpes, los colores son vívidos y las posibles cicatrices observadas no deben de afectar la apariencia general del producto, la calidad de tal manera de mantener la presentación del paquete.

Segunda categoría

La fruta tiene algunas cicatrices muy leves por golpes que pudo recibir en el proceso de empaque y transporte, los colores aún son percibibles y diferenciables. Deben cumplir con los Requerimientos mínimos. Pueden tener también defectos en la forma y pequeñas marcas causadas por pestes. El total del área afectada no debe de superar el 10% del producto.

Tercera categoría

En esta categoría se observan algunos daños que no exceda un 15% de la piel de la papaya.

Los defectos en cualquiera de estas categorías no deben en ningún caso comprometer la pulpa del fruto.

Persona que orienta el sentido de utilidad del proyecto: Ana Patricia Villatoro García, 5to. Año de Agronomía, URL.



E-mail: anap2696@gmail.com

Proceso de recolección de fotografías:

Comprar papayas en diferentes lugares, supermercados y mercados locales, que varían en calidad y tipo de cosecha para fotografiarlas y vigilar su proceso, las papayas serán compradas bajo la supervisión de la orientadora del sentido del proyecto.

Función de la aplicación

El objetivo de la aplicación es el de determinar el estado de maduración de una papaya, para esto lo que la aplicación retorna un valor (la probabilidad) de que la fruta se encuentre en un estado de maduración, el cual se determinó en base a los tres principales estados de maduración de las papayas, el cual se puede observar en la siguiente porción de código.

```
if (podrido > 80.):
    if (maduro > 40.):
        resultado = "La papaya esta a punto de podrirse"
    else:
        resultado = "La papayaa esta podrida"
elif (maduro > 80.):
    if (podrido > 40.):
        resultado = "La papaya esta pasando de su madurez"
    elif (verde > 40.):
        resultado = "La papaya esta a punto de llegar a su madurez"
    else:
        resultado = "La papaya esta en su mejor punto"
elif (verde > 80.):
    if (maduro > 40.):
        resultado = "La papaya esta madurando"
    else:
        resultado = "La papaya esta verde"

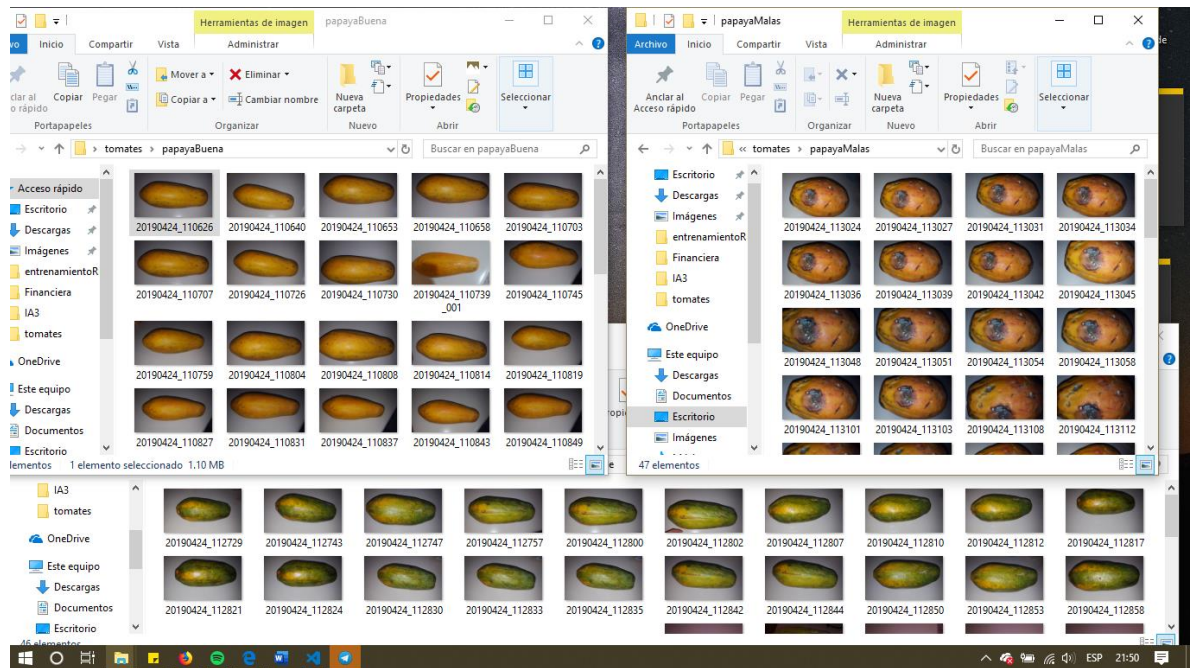
print (resultado)
```

Lo que la aplicación utiliza es una imagen de una papaya, le recorta una porción y la analiza en la red que ya se entrenó anteriormente y devuelve una cadena de texto que indica el estado de madurez del fruto.

Tratamiento de imagen de entrada

El proyecto cuenta con varios archivos Python que realizan tareas claves para el funcionamiento del proyecto, uno de esos archivos es el encargado de recortar las imágenes de las papayas, a continuación, se detalla el proceso que tiene la imagen:

1. Tenemos directorios con los tres estados principales de maduración de las papayas.



2. Recorremos una por una las imágenes

```
recorrer_directorio("papayaBuena", "papaya-recortes-buenos",
listdir("./papayaBuena"))
recorrer_directorio("papayaVerde", "papaya-recortes-verdes",
listdir("./papayaVerde"))
recorrer_directorio("papayaMalas", "papaya-recortes-malos",
listdir("./papayaMalas"))
```

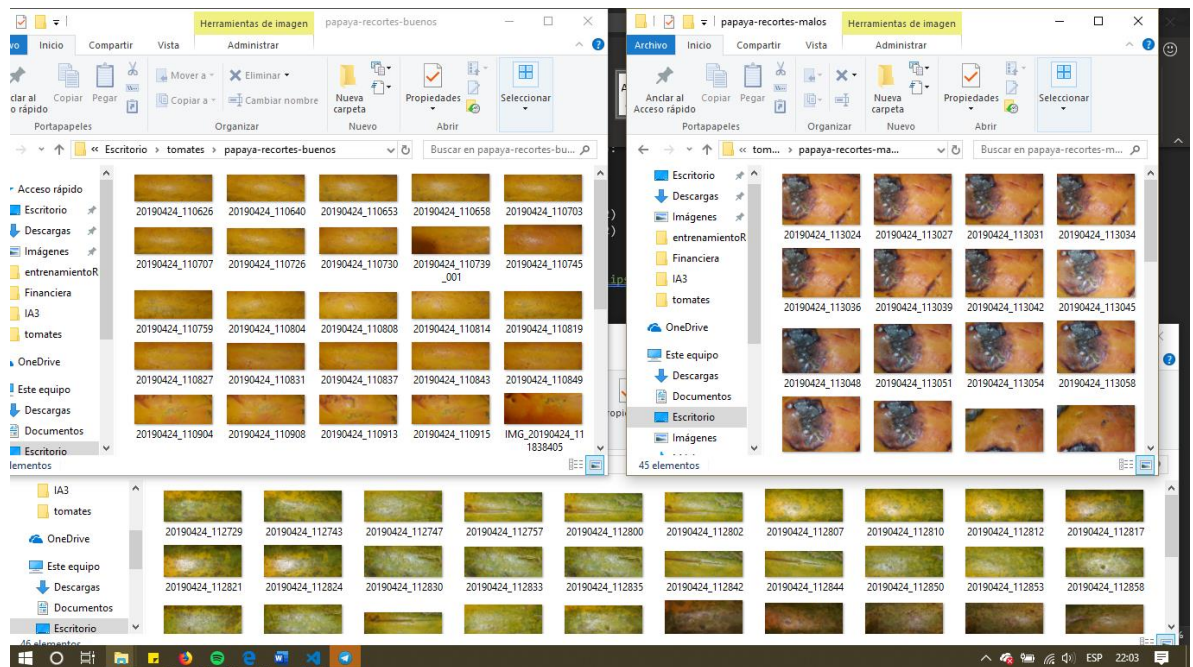
3. Con colores ubicamos a la papaya en la fruta, esto con máscaras, una tras otra para al final dejarla en escalas de grises.

```
4. def encontrar_papaya(imagen):
5.     imagen2 = imagen.copy()
6.     imagen3 = imagen.copy()
7.     imagen2 = cv2.cvtColor(imagen2, cv2.COLOR_BGR2HSV)
8.     max_dimension = max(imagen2.shape)
9.     scale = 700/max_dimension
10.    imagen2 = cv2.resize(imagen2, None, fx=scale, fy=scale)
11.    imagen3 = cv2.resize(imagen3, None, fx=scale, fy=scale)
12.    imagen_azul = cv2.GaussianBlur(imagen2, (7, 7), 0)
13.    min_rojo = np.array([0, 155, 25])
14.    max_rojo = np.array([256, 256, 256])
15.
16.    mascara1 = cv2.inRange(imagen_azul, min_rojo, max_rojo)
17.
```

4. Al encontrar la imagen, se dibuja su contorno.

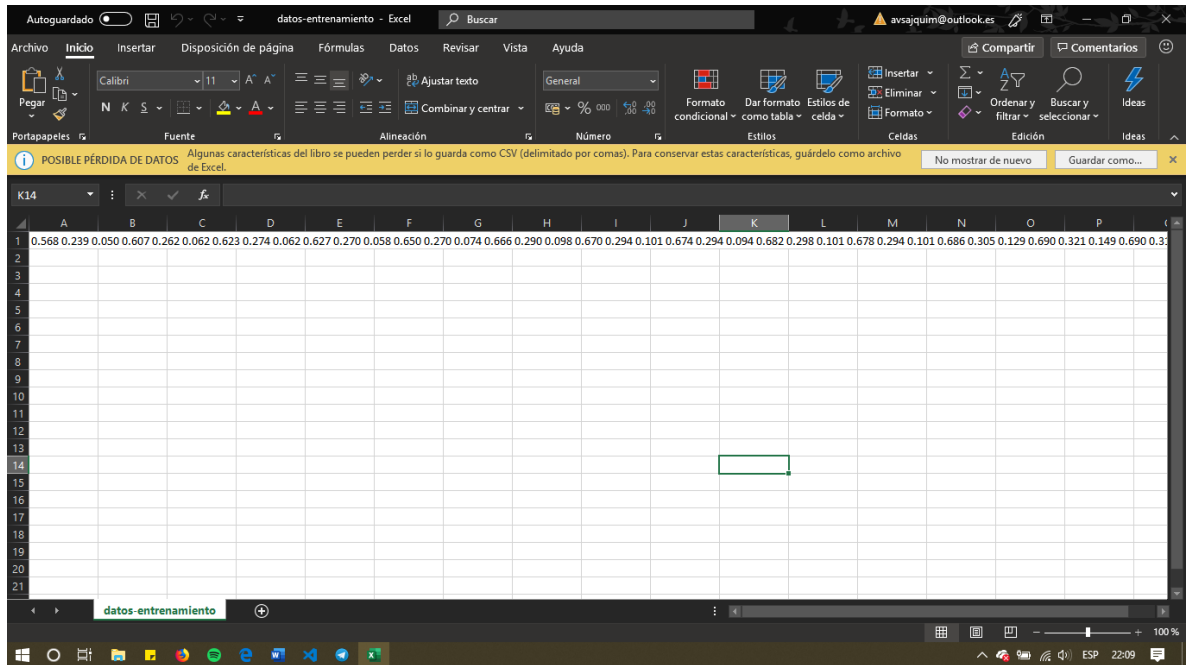
```
def contorno_rectangulo(imagen, contorno):
    imagenConEllipse = imagen.copy()
    ellipse = cv2.fitEllipse(contorno)
    factor_redn = 0.5
    sx = int((ellipse[1][0]*factor_redn)/2)
    sy = int((ellipse[1][1]*factor_redn)/2)
    x = int(ellipse[0][0]) - sy
    y = int(ellipse[0][1]) - sx
    # img = cv2.ellipse(imagenConEllipse, ellipse, 0, 0, 180, 255, -1)
    # cv2.imshow('tomate', img)
    # cv2.waitKey(0)
    #cv2.ellipse(imagenConEllipse, ellipse, green, 2, cv2.LINE_AA)
    #cv2.rectangle(imagenConEllipse, (x,y), ((x + sy*2), (y + sx*2)),
    (255,0,0),2)
    imagenConEllipse = imagenConEllipse[y:(y + sx*2), x:(x + sy*2)]
    return imagenConEllipse
```

5. Se recorta una muestra de ella, se pone en otro directorio y se deja para el entrenamiento.



6. Se extraen los pixeles de las imágenes de los directorios, y los une en un archivo.csv. recorre la carpeta con las imágenes recortadas obteniendo su

código rgb almacenando en un archivo csv, cada imagen se le cambio la dimensión a 100 * 50. Antes de ser almacenadas los datos pasan a ser normalizados en un rango de 0 a 1, esto para mejorar la eficiencia del algoritmo al momento de entrenar, la función de transferencia fue: $\text{Normalizacion} = x/255$ Donde x es uno de los 3 rgb obtenidos de un píxel esto retorna un valor entre 0 y 1.



Datos de entrenamiento

Para que la red entienda los datos, es necesario que sean ingresados como matriz, como lo hemos trabajado siempre, la matriz es generada a partir del archivo de datos de entrenamiento.

```
datos = np.matrix(sp.genfromtxt("datos-entrenamiento.csv", delimiter=" "))
```

```
#datos de entrada a la neurona  
entrada = datos[:, :-3]
```

Los datos son ingresados de esta manera para que vayan ordenados y la manipulación sea la adecuada las librerías utilizadas son las vistas en años anteriores, porque eran las que yo conocía mejor.

```
import neurolab as nl
import numpy as np
import scipy as sp
```

```
def sacar_pixels(direccion, entrada):
    #se abre la imagen
    im = Image.open(direccion)
    #redimensiona la imagen con ANTIALIAS algoritmo con menos perdida
    im = im.resize((40, 10), Image.ANTIALIAS)
    #im = im.resize((100, 50), Image.ANTIALIAS)
    #im.save("hola.jpg")
    #lectura de pixels
    pixels = im.load()
    #se abre el archivo para lectura escritura
    archivo_entrenamiento = open("datos-entrenamiento.csv", "a")
    filas, columnas = im.size
    decimales = 4
    for columna in range (columnas):
        for fila in range(filas):
            #se separan los valores RGB y se escriben en el archivo
            rojo = str(normalizar(pixels[fila,columna][0]))
            verde = str(normalizar(pixels[fila,columna][1]))
            azul = str(normalizar(pixels[fila,columna][2]))
            cadena = rojo[:rojo.find(".")+decimales] + " " +
            verde[:verde.find(".")+decimales] + " " + azul[:azul.find(".")+decimales] +
            " "
            archivo_entrenamiento.write(cadena)

    #pix[x,y] = value # Set the RGBA Value of the image (tuple)
    archivo_entrenamiento.write(entrada)
    archivo_entrenamiento.write("\n")
    archivo_entrenamiento.close()
```

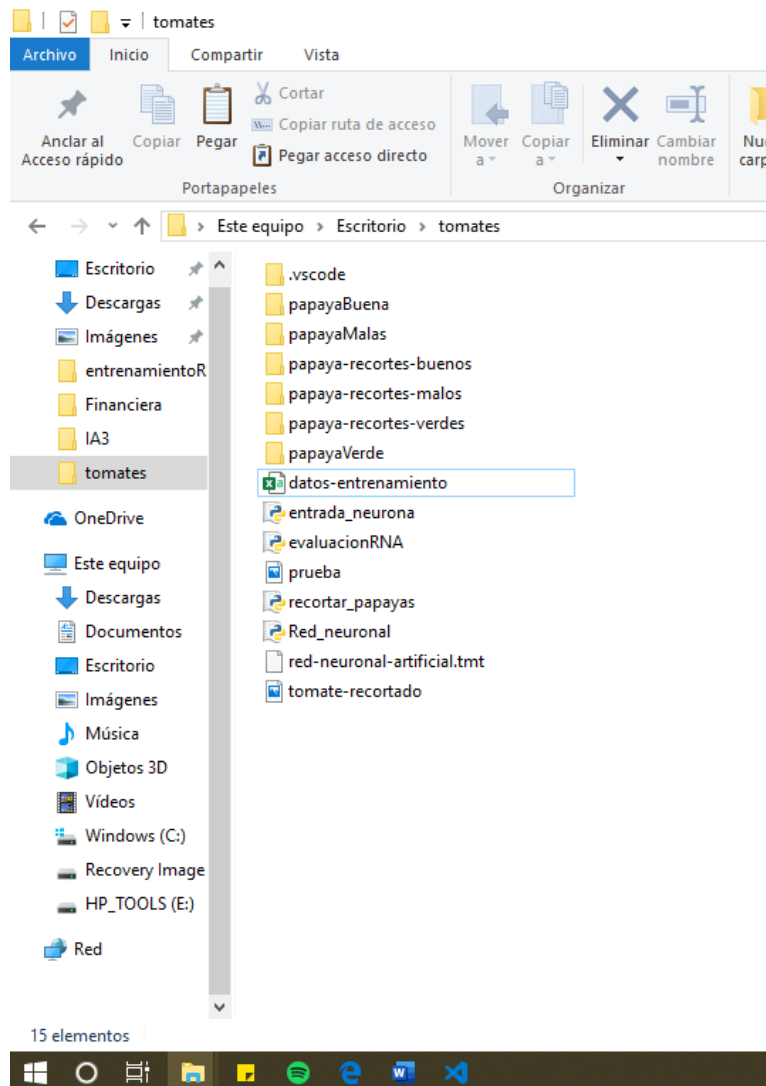
Diseño de la red

La red neuronal tiene de entrada el número de pixeles de las imágenes recortadas, para ser normalizadas $(100 \times 50) = 5000$ con tres capas ocultas y tres salidas.

```
rna = nl.net.newff(maxmin, [ capa_entrada, capa_oculta1, capa_oculta2,
capa_oculta3, capa_salida])
```

```
recorrer_directorio("papaya-recortes-buenos", listdir("./papaya-recortes-
buenos"), "0 1 0")
recorrer_directorio("papaya-recortes-malos", listdir("./papaya-recortes-
malos"), "1 0 0")
recorrer_directorio("papaya-recortes-verdes", listdir("./papaya-recortes-
verdes"), "0 0 1" )
```

Para la elaboración del proyecto, utilicé como referencia uno de los repositorios que están disponibles para los alumnos.



Librerías utilizadas

```
import cv2
import numpy as np
from PIL import Image
from os import listdir
import os
import neurolab as nl
import scipy as sp
```