

Universidad Galileo
Seminario Profesional 1
Ing. Kevin Hernández Marroquín

Honey Bee Health Detection

Karla Ximena Alvizures Rivera
Íñigo Alvarado Guirola

Índice

Contenido	
Introducción	1
Objetivos	2
Marco Teórico.....	3
Información relevante de las Abejas:	3
Estaciones del Año	4
Invierno:	4
Primavera:	4
El verano:.....	4
Otoño:.....	4
Enfermedades que padecen las abejas:	5
Ácaro Varroa:	5
Acarapisosis:	5
Loque americana:.....	5
Loque europea:.....	5
Infestación por el escarabajo de las colmenas:.....	5
Tropilaelaps:	6
Varroosis:	6
Casos que podemos encontrar:	7
Abejas ladronas:	7
Causas de la hambruna en las colmenas:	7
La ausencia de la abeja reina:.....	7
Problemas con las hormigas en las colmenas:	7
Metodología.....	8
Arquitectura:	8
Implementación.....	9
Estructura.....	9
Resultados.....	14
Mejoras a Futuro.....	17
Conclusiones.....	18
Bibliografía.....	19

Introducción

Las abejas son insectos voladores pertenecientes al grupo de los himenópteros y son conocidas por su papel crucial en la polinización de las plantas. Estos insectos sociales se organizan en colonias, con una abeja reina, zánganos (machos) y obreras. su importancia para la polinización de las plantas, las abejas también producen miel, cera y otros productos de valor económico. Sin embargo, en los últimos años, las abejas han enfrentado diversos desafíos que afectan su salud y supervivencia. El uso de pesticidas, la pérdida de hábitats naturales, la presencia de enfermedades y parásitos, entre otros factores, han contribuido a la disminución de las poblaciones de abejas en muchas partes del mundo.

En el último invierno mas del 60% fueron afectadas. Las pérdidas de colmenas de abejas fueron bastante altas.

Muchos de los indicadores de la fuerza y la salud de la colmena son visibles en el interior de la colmena. Por medio de las abejas podemos detectar el estado de la colmena.

Uno de las en casos que se pudieron detectar, es el Ácaro Varrao. Fue una gran cantidad de abejas que fueron detectadas con esta enfermedad.

Objetivos

1. Comprender el desarrollo de la enfermedad que surgen en las colmenas de las abejas.
2. Identificar cuales son las abejas que están enfermas y las que no.
3. Evitar que suceda otras pérdidas de colmenas en el siguiente invierno.

Marco Teórico

Información relevante de las Abejas:

Las abejas son insectos sociales y colaboradores que viven en las colmenas formando grandes colonias, lo que ha proporcionado a las sociedades humanas miel y cera desde hace miles de años. Este uso comercial ha desarrollado la industria de la apicultura, que se dedica a la cría de abejas, aunque muchas especies siguen viviendo en la naturaleza.

El aumento de las temperaturas debido al cambio climático ha matado a muchas de las poblaciones, y ha expulsado a otras especies de abejas de sus áreas de distribución. Otra de las causas del declive es la introducción de especies no autóctonas para polinizar cultivos agrícolas específicos, lo que a menudo introduce también patógenos que provocan pandemias entre estos insectos.

La mayoría de las abejas solitarias hacen sus nidos en el suelo. Hacen uso de una variedad de texturas y condiciones. Otras abejas aprovechan las cavidades de tallos huecos, tales como juncos. Por lo general la hembra crea compartimientos separados, llamados celdillas. Deposita un huevo en cada celdilla después de aprovisionarse con una mezcla de polen y néctar y su propia saliva.

No obstante, no todas las especies de abejas son igualmente importantes para la polinización agrícola. De hecho, solo el 2% de las especies de abejas son responsables del 80% de la polinización de los cultivos. Y no todos los alimentos necesitan la polinización de insectos como las abejas.

Estaciones del Año

Invierno:

El invierno es una época extraña en la colmena. Los fríos días, la falta de luz y la ausencia de flores que libar podrían hacernos pensar que la colmena está durmiendo, pero esto no es así. Durante los meses más fríos, el interior de la colmena es donde abunda la actividad, ya que las abejas tratan de mantener el calor en sus instalaciones. por ejemplo:

- Mantener adecuadamente el exterior de la colmena: reparan roturas y grietas por las que pueda entrar el frío.

Primavera:

La explosión de actividad en la colmena

Con la llegada de la primavera las temperaturas suben, las plantas comienzan a florecer. En esta época se inicia el pecoreo, es decir, las abejas comienzan a ir de flor en flor en busca del néctar

- En primavera se controla la adecuada reproducción de las colonias, mediante el número de huevos observados y el estado de la abeja reina.
- Vigilar las reservas de polen y miel. Por ejemplo, si te encuentras ante una primavera lluviosa que no permita el pecoreo.

Verano:

Llega el calor y sus problemas

El verano es una estación muy diferente para las colmenas dependiendo de la zona climática en la que estén. En algunas áreas es muy cálido y el estrés térmico puede pasar factura a los invertebrados. Sin embargo, en otras se trata de una estación más fresca, donde el pecoreo continúa.

En cualquier caso, es importante en esta estación hacer los siguientes cuidados:

Ventilar de forma adecuada la colmena para evitar que se caliente en exceso su interior.

Alimentar a las abejas en caso de sequía estival prolongada.

Otoño:

Una época crucial para la salud de la colmena

- En el otoño ocurre el proceso inverso a la primavera: los días se hacen más cortos y la actividad de la colmena decrece notablemente. En esta estación es propicio evaluar el estado de salud de la colmena, de cara a afrontar el invierno con mejores defensas.

Enfermedades que padecen las abejas:

Ácaro Varroa: El ácaro Varroa es el mayor enemigo de las abejas melíferas. Este se agarra a la abeja y le succiona la hemolinfa (el equivalente de la sangre en las abejas) y la grasa corporal, lo que debilita el sistema inmune de la abeja. Los ácaros Varroa también transmiten enfermedades virales a las abejas, que luego pueden contagiarse a toda la colonia. Las colonias, además, pueden verse afectadas y debilitadas por otras plagas y depredadores, como el avispon asiático, y enfermedades causadas por bacterias, hongos o virus. En este caso, los apicultores desempeñan un papel positivo, asegurándose de que sus colmenas estén sanas y ayudando a controlar plagas y depredadores

se cree que la contaminación del aire afecta a las abejas. Las investigaciones preliminares muestran que los contaminantes del aire interactúan con las moléculas de olor que liberan las plantas y que las abejas necesitan para localizar su alimento. Las señales mezcladas interfieren con la capacidad de las abejas para buscar alimento de manera eficiente, haciéndolas más lentas y menos eficaces en la polinización.

Acarapisosis: Es causada por un ácaro microscópico, *Acarapis woodi*, denominado también ácaro traqueal, un parásito interno del sistema respiratorio de las abejas adultas que se alimenta de hemolinfa.

La tasa de mortalidad varía, pero una infestación masiva causa alta mortalidad. Se transmite a las abejas por contacto directo y las abejas recién salidas del huevo son más sensibles.

Loque americana: Es una enfermedad grave de las abejas melíferas causada por una bacteria productora de esporas llamada *Paenibacillus larvae*. Está presente en todo el mundo. La bacteria mata las larvas en las celdillas de cría. En las colmenas infectadas, la colonia presenta un aspecto irregular o salteado debido a las celdillas vacías, a veces con un olor característico, y la cría tiene una apariencia viscosa o húmeda. La loque americana es transmitida por las esporas bacterianas que se forman en las larvas infectadas y son muy resistentes y sobreviven varios años.

Loque europea: Enfermedad de las abejas melíferas causada por la bacteria *Melissococcus plutonius*. A pesar del nombre, se encuentra en Norteamérica, Sudamérica, Oriente Medio y Asia. Al igual que la loque americana, las bacterias de la loque europea matan las larvas dejando vacías las celdillas del panal.

Infestación por el escarabajo de las colmenas: El pequeño escarabajo de las colmenas, *Aethina tumida*, es un depredador y parásito de las colonias de abejas melíferas. Es oriundo de África, pero fue introducido en los Estados Unidos, Egipto, Canadá y Australia por el movimiento comercial de abejas. Considerado como una plaga menor en su territorio original, se ha convertido en un problema importante en las zonas donde se ha introducido. Tanto los adultos como las larvas de los escarabajos se alimentan de larvas, polen, miel y cría de abejas. La hembra adulta pone sus huevos en la colmena. Cuando eclosionan, salen las larvas que se alimentan de la cría de las abejas, polen y miel, después dejan la colmena para entrar en la fase de pupa en el suelo.

Tropilaelaps: Estos ácaros son parásitos externos que se alimentan de las crías de abejas (larvas y pupas) causan un patrón irregular de crías operculadas y sin opercular, así como deformidades en los adultos. Se contaminan por contacto directo de abeja a abeja o por el movimiento de la cría.

Varroosis: Es causada por un ácaro, un parásito externo de las abejas adultas y de sus crías. Existen cuatro especies de ácaros Varroa.

Varroa destructor es el más importante. Se encuentra en todo el mundo salvo en Australia y la isla sur de Nueva Zelanda. Es conocido por transmitir un virus que causa deformación del ala, las abejas adultas afectadas con varroosis también presentan el abdomen más corto.

Casos que podemos encontrar:

Abejas ladronas:

Las abejas obreras pecoreadoras roban o hacen pillaje en otras colmenas cercanas más débiles por hambre.

Al investigar las abejas que abandonan la colmena, podemos obtener una comprensión más completa de la colmena misma.

Una gran afluencia de abejas sin polen puede ser un indicio de abejas ladronas.

El pillaje de abejas puede tener graves consecuencias para la producción de miel y la salud de las abejas, como:

- **Perdida de colmenas:** Si una colmena es víctima del pillaje, es probable que esta muera o se debilite mucho, en consecuencia, perdemos producción de miel.
- **Difusión de enfermedades:** Las abejas pueden transmitir enfermedades de una colmena a otra cuando roban miel.
- **Debilitamiento de la colmena:** El pillaje de abejas puede debilitar la colmena y hacerla más vulnerable a otras enfermedades y depredadores.

Causas de la hambruna en las colmenas:

se puede producir en primavera cuando la gestión del apicultor al alimentar no ha sido bien realizada y no se ha unificado colmenas débiles. Otra causa es la mala coordinación entre la oferta floral y el pecoreo por primaveras anticipadas o retrasadas, lo que causa hambrunas en las colmenas.

La ausencia de la abeja reina:

Una colmena sin reina es una colonia huérfana. Si no se atiende a tiempo, algunas abejas obreras, debido a la emergencia, se convertirán en ponedoras desarrollando la habilidad de poner huevos no fecundados que sólo dan lugar a machos. Es lo que conocemos como colmena zangan.

Problemas con las hormigas en las colmenas:

Ciertas hormigas constituyen un serio problema de los apiarios ya que son atraídas por la miel, pueden devorar larvas, pupas de abejas y pueden destruir colonias enteras, algunas hormigas utilizan las colmenas como refugios temporales o permanentes

Por otra parte, a veces las familias de abejas abandonan la colmena ante este pequeño enemigo contra el cual no puede emplear su aguijón. En determinadas ocasiones las hormigas construyen nidos muy molestos en las proximidades de las colmenas o dentro de ellas en el afán de refugiarse que por el deseo de molestar a las abejas o robarles la miel.

Metodología

Planteamiento del problema:

Detección de enfermedades en colmenas.

Tipo de problema:

- Computer Vision
- Utilizando Redes Convolucionales
- Tipo de Clasificación: Binary Classification.

Arquitectura:

El siguiente proyecto está basado en el siguiente dataset:

Este Dataset tiene clasificado las abejas como: 'hive being robbed', 'healthy', 'few varrao, hive beetles', 'ant problems', 'missing queen', 'Varroa, Small Hive Beetles'.

Se realizarán dos análisis.

1. Primer análisis las abejas 'Healthy' con 'few varrao, hive beetles' y 'Varroa, Small Hive Beetles'
2. En el segundo análisis tomaremos todo el dataset. Procediendo en clasificar las Abejas no enfermas y Abejas enfermas o que pueda ocasionar la enfermedad en ellas mismas.

Realizamos la siguiente clasificación porque el Ácaro Varrao ha afectado más en estas colmenas en el invierno pasado.

En otro tipo de clasificaciones de abejas son afectadas, pero no es el mayor riesgo que están presentado las colmenas.

Implementación

En el primer análisis que es las abejas saludables comparando las abejas enfermas con el Ácaro Varrao.

Estructura:

- 0) Preparación: Se preparan las librerías que se utilizan en el análisis.

```
[ ] # ----- Libraries ----- #

# This is the main Library that allows us to work with Neural Networks
import tensorflow as tf

# For graph plotting
import matplotlib.pyplot as plt
from tensorflow.math import confusion_matrix
from tensorflow.keras.utils import image_dataset_from_directory

# For dataset manipulation
from keras.preprocessing import image
import numpy as np
import pandas as pd

# Miscellaneous Libraries
import os, os.path

# For visualizing more complex graphs
import seaborn as sns

# Global constant for training acceleration
AUTOTUNE = tf.data.AUTOTUNE
```

- 1) Dataset:

Cargamos el API y nuestro archivo de usuario de Kaggle para descargar el dataset en GoogleColab.

▼ API desde Kaggle

```
[ ] from google.colab import files
files.upload()

Elegir archivos Ninguno archivo selec. Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.
Saving kaggle.json to kaggle.json
{'kaggle.json': b'{"username": "Iaguiriola", "key": "4d27fe8d273bd13d19d6a2602aae88e"}'}
```

▼ Descargar Dataset

```
[ ] !kaggle datasets download -d jenny18/honey-bee-annotated-images # API de la dataset desde kaggle

Downloading honey-bee-annotated-images.zip to /content
97% 49.0M/50.5M [00:01<00:00, 61.2MB/s]
100% 50.5M/50.5M [00:01<00:00, 52.3MB/s]
```

Se descomprime el archivo que tienen todas las imágenes

```
!unzip honey-bee-annotated-images.zip -d data
inflating: data/bee_imgs/bee_imgs/005_542.png
```

Se carga el archivo bee_data.csv y se visualiza.

```
[ ] raw_dataset = pd.read_csv("bee_data.csv", sep=",")
raw_dataset
```

	file	date	time	location	zip code	subspecies	health	pollen_carrying	caste
0	041_066.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
1	041_072.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
2	041_073.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
3	041_067.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
4	041_059.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
...
5167	027_011.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	True	worker
5168	027_007.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	True	worker
5169	027_013.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	False	worker
5170	027_012.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	False	worker
5171	027_014.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	False	worker

5172 rows x 9 columns

A la tabla se le agregan filtros, solo nos interesa la columna 'health' porque queremos saber la clasificación de cada abeja.

```
[ ] # Check all the unique values
new_dataset["health"].unique()

array(['hive being robbed', 'healthy', 'few varrao, hive beetles',
      'ant problems', 'missing queen', 'Varroa, Small Hive Beetles'],
      dtype=object)
```

Creamos los directorios, existen solo dos porque solo queremos saber si la abeja está enferma o no (healthy_dir, nonhealthy_dir).

```
# Directories
base_dir = "./data/"
train_dir = base_dir + "train/"
test_dir = base_dir + "test/"
healthy_dir = base_dir + "healthy"
nonhealthy_dir = base_dir + "nonhealthy"
```

```
# Counting total of files in every class
for specie in ["healthy", "nonhealthy"]:
    DIR = "./data/" + specie
    print(specie, len([name for name in os.listdir(DIR) if os.path.isfile(os.path.join(DIR, name))]))
```

healthy 3384
nonhealthy 1051

Ordenamos las imágenes en su respectivo directorio y creamos nuestra dataset pero con las imágenes. Su image shape contiene con un canal de 3.



2) Preprocessing: Se normalizó la data.

▼ Data Argumentation

```
...
In order to perform data augmentation, use the layers that can alter an image, such as:
- Random Crop
- Random Flip
- Random Translation
- Random Rotation
- Random Contrast
- Random Brightness

Refer to the documentation:
https://keras.io/api/layers/preprocessing\_layers/image\_augmentation/

You are manipulating an Object type of tf.data.Dataset, and it is a special datatype.
Refer to the documentation for complex operations on them:
https://www.tensorflow.org/api\_docs/python/tf/data/Dataset
...

random_horizontal = tf.keras.layers.RandomFlip(mode="horizontal")

flipped_train_dataset = raw_train_dataset.map(lambda x, y: (random_horizontal(x), y))

merged_train_dataset = raw_train_dataset.concatenate(flipped_train_dataset)
```

▼ Normalization

```
[ ] # Defining the function for MinMax
    minmax = tf.keras.layers.Rescaling(1./255)

    # Normalizing
    clean_train_dataset = merged_train_dataset.map(lambda x, y: (minmax(x), y))
    clean_validation_dataset = raw_validation_dataset.map(lambda x, y: (minmax(x), y))
    clean_test_dataset = raw_test_dataset.map(lambda x, y: (minmax(x), y))
```

▼ Performance Configuration

```
[ ] # This is to take advantage of Cache and prevent I/O operations from blocking the training pipel:
    AUTOTUNE = tf.data.AUTOTUNE

    clean_train_dataset = clean_train_dataset.cache().prefetch(buffer_size=AUTOTUNE)
    clean_validation_dataset = clean_validation_dataset.cache().prefetch(buffer_size=AUTOTUNE)
    clean_test_dataset = clean_test_dataset.cache().prefetch(buffer_size=AUTOTUNE)
```

3) AI Model:

Se ejecutaron los Callbacks.

```
earlystopping_callback = tf.keras.callbacks.EarlyStopping(monitor='val_loss', min_delta=0.01, patience=4,)\n\ncheckpoint_path = "training/cp-{epoch:04d}.ckpt"\ncheckpoint_dir = os.path.dirname(checkpoint_path)\n\ncheckpoint_callback = tf.keras.callbacks.ModelCheckpoint(\n    filepath=checkpoint_path,\n    monitor='val_loss',\n    verbose=1,\n    save_best_only=True,\n    save_weights_only=True,\n    save_freq='epoch'\n)
```

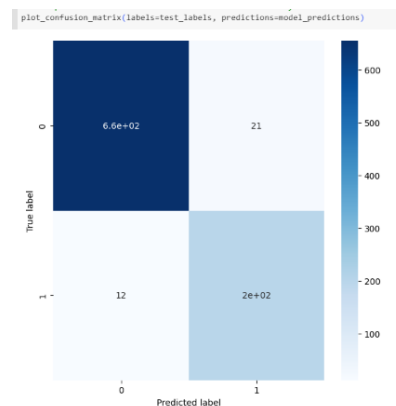
La estructura del modelo contiene las capas de las redes convolucionales necesitadas. Se compiló el modelo y analizamos cada epoch que genera el modelo.

```
[ ] # Lets build the model. NOTE: this is the construction of the architecture of the model!\nmodel = tf.keras.Sequential([\n    tf.keras.layers.InputLayer(input_shape=img_shape),\n    tf.keras.layers.Conv2D(filters=32, kernel_size=(3, 3), strides=(1,1), activation='relu'),\n    tf.keras.layers.MaxPooling2D(pool_size=(2,2), strides=(1,1)),\n    tf.keras.layers.Conv2D(filters=32, kernel_size=(3, 3), strides=(1,1), activation='relu'),\n    tf.keras.layers.MaxPooling2D(pool_size=(2,2), strides=(1,1)),\n    tf.keras.layers.Flatten(),\n    tf.keras.layers.Dense(128, activation='relu'),\n    tf.keras.layers.Dense(3, activation="softmax")\n])\n\n# Now lets compile the model. NOTE: These are the finishing touches before having a fully functional model\nmodel.compile(loss=tf.keras.losses.SparseCategoricalCrossentropy(), optimizer='adam', metrics=['accuracy'])\n\n# Now lets train the model!\nmodel.fit(x=clean_train_dataset,\n        validation_data=clean_validation_dataset,\n        epochs=100,\n        callbacks=[earlystopping_callback, checkpoint_callback])\n\nEpoch 1/100\n35/110 [=====>.....] - ETA: 29:14 - loss: 8.1374 - accuracy: 0.7460
```

Evaluamos el modelo para saber nuestro porcentaje de accuracy.

```
✓ [67] model.evaluate(clean_test_dataset)\n14/14 [=====] - 4s 203ms/step - loss: 0.1087 - accuracy: 0.9628\n[0.10870561003684998, 0.96275395154953]
```

Al terminar, diseñamos nuestra matriz de confusión.



En el segundo análisis comparamos con las abejas saludables y con todas las abejas de las diferentes clases. Es decir, las que están clasificadas del ácaro, problemas de hormigas, la reina faltante y las abejas ladronas.

La implementación es la misma, solo cambia en los filtros del dataset de bee_data.csv

```
# Counting total of files in every class
for specie in ["healthy", "nonhealthy"]:
    DIR = "./data/" + specie
    print(specie, len([name for
                      name in os.listdir(DIR) if os.path.isfile(os.path.join(DIR, name))]))
```

healthy 3384
nonhealthy 1788

En la imagen vemos que en healthy hay 3384 abejas saludables.
En nonhealthy hay 1788 abejas no saludables.



Y obtuvimos un accuracy bastante aceptable, que es de 0.6657

- ETA: 31:37 - loss: 7.3692 - accuracy: 0.6657

El segundo modelo solo fue una prueba porque en el primer análisis vimos que había fotos que no los reconoció bien.

Nuestro primer modelo es el importante.

Resultados

1. Análisis del Dataset:

	file	date	time	location	zip code	subspecies	health	pollen_carrying	caste
0	041_066.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
1	041_072.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
2	041_073.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
3	041_067.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
4	041_059.png	8/28/18	16:07	Alvin, TX, USA	77511	-1	hive being robbed	False	worker
...
5167	027_011.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	True	worker
5168	027_007.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	True	worker
5169	027_013.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	False	worker
5170	027_012.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	False	worker
5171	027_014.png	8/20/18	10:03	San Jose, CA, USA	95124	-1	healthy	False	worker

5172 rows x 9 columns

Nuestro archivo bee_data.csv tiene cinco columnas, las que vamos a analizar es la columna 'health', porque queremos saber si la abeja está o no enferma. Las demás columnas solo tienen información de donde fue tomada la foto y con el nombre del archivo.

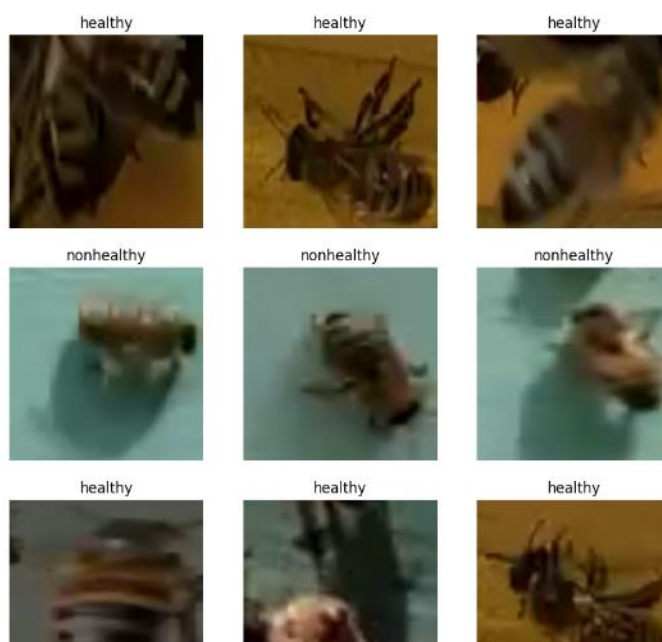
El resultado de solo filtrar la columna 'health', y saber sus valores únicos:

```
# Check all the unique values
new_dataset["health"].unique()

array(['hive being robbed', 'healthy', 'few varrao, hive beetles',
      'ant problems', 'missing queen', 'Varroa, Small Hive Beetles'],
      dtype=object)
```

- Hive being robbed: la colmena ha sido robada, representada como las abejas ladronas.
- Few varrao, hive beetles y Varroa, Small Hive Beetles: Abejas enfermas con el Ácaro Varrao.
- Ant problems: Problemas con las hormigas.
- Missing queen: La reina faltante en la colmena.
- Healthy: Las abejas saludables sin ninguna enfermedad.

El resultado de como se etiquetó se etiquetó cada imagen de las abejas.

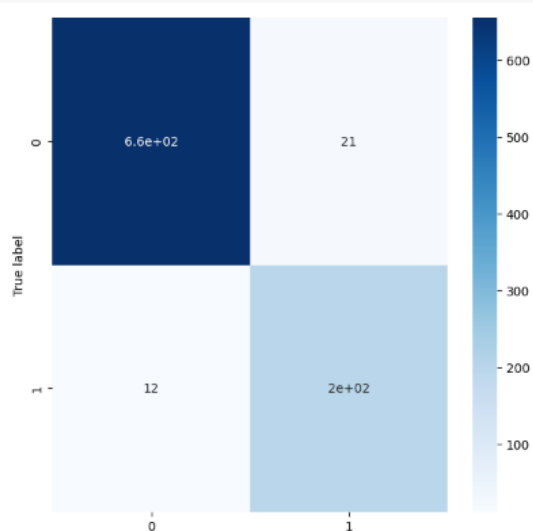


Obtuvimos un Accuracy de: 0.9628

Nuestro modelo es casi perfecto.

```
model.evaluate(clean_test_dataset)

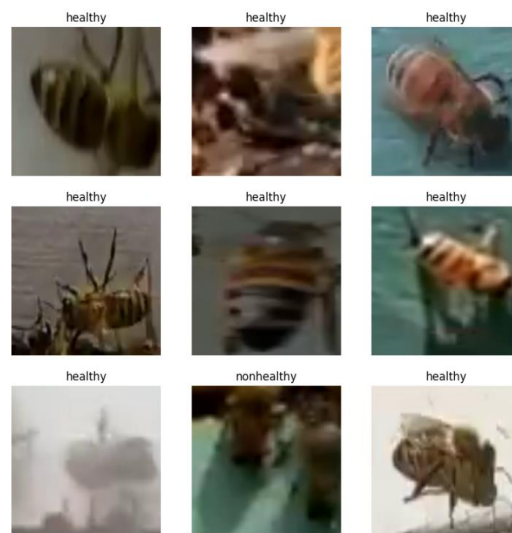
14/14 [=====] - 4s 203ms/step - loss: 0.1087 - accuracy: 0.9628
[0.10870561003684998, 0.96275395154953]
```



La matriz de confusión visualizamos que en la fila de la clase 0 (la clase healthy), 21 de las imágenes no las reconoció.

En la clase 1 (nonhealthy), 12 imágenes no fueron reconocidas.

Los resultados del segundo análisis:



Y su accuracy:

- loss: 7.3692 - accuracy: 0.6657

Mejoras a Futuro

1. Analizar diferentes casos de computer vision de las diferentes enfermedades que viven las colmenas para poder tener un criterio diferente de los resultados.
2. Tomar medidas preventivas en la época de invierno ya que es la temporada con más inconvenientes que viven las abejas en las colmenas.

Conclusiones

1. Una de las principales anomalías que encontramos en nuestro proyecto son las deformaciones de las abejas.
2. Nuestra segunda anomalía sería que la mayoría de las enfermedades se presentan en todo el mundo, pero especialmente en Europa y Argentina.
3. El invierno es una temporada crítica para las abejas.
4. El peor enemigo de las abejas es la hormiga.
5. Las abejas obreras cuando se alimentan de una planta fumigada, ellas se intoxican del néctar y mueren.
6. El Ácaro Varroa se alimenta de la sangre de la abeja y se vuelve contaminante si alguna abeja está infectada.

Bibliografía

<https://www.ecocolmena.org/pillaje-las-abejas-roban-en-otras-colmenas-por-hambre/>
<https://www.aragon.es/-/enfermedades-de-las-abejas>
<https://www.woah.org/es/enfermedad/enfermedades-de-las-abejas/>
<https://www.kaggle.com/datasets/jenny18/honey-bee-annotated-images>
<https://teca.apps.fao.org/teca/pt/technologies/8704>
<https://www.nationalgeographic.com.es/animales/abeja>
<https://es.wikipedia.org/wiki/Anthophilab>
<https://www.conosur.bayer.com/es/heroes-polinizadores-la-importancia-de-las-abejas-para-los-cultivos>
<https://www.ecologiaverde.com/caracteristicas-de-las-abejas-3150.html>
<https://www.gob.mx/agricultura/yucatan/articulos/la-abeja-el-insecto-mas-importante-del-planeta?idiom=es>
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942018000200007&lng=en&nrm=iso
<https://www.nationalgeographic.es/animales/abeja>
https://es.wikipedia.org/wiki/Abeja_reina