

# Proyecto Final

## Procesamiento digital de señales

Ana María Velasco Montenegro  
2023-1

### 1. Introducción

El mundo de las aves día a día nos puede sorprender con su diversidad en cantos, los cuales han sido objeto de estudio e inspiración para las personas interesadas en el aviturismo. La información que puede brindar un audio es de suma importancia para la especie en cuestión, ya que identificarlas es una tarea engorrosa y normalmente para realizar esta tarea se necesitan expertos en el tema.

El procesamiento digital de señales es una disciplina que se encarga de analizar y manipular señales utilizando técnicas matemáticas y algoritmos computacionales. Por ejemplo, los audios de las aves pueden ser considerados como señales acústicas, las cuales pueden ser procesadas para entregar valiosa información sobre su entorno, reconocer patrones de comportamiento, estudiar la comunicación entre especies y analizar la respuesta de las aves a estímulos ambientales.

Por ende, si se quiere realizar un estudio más profundo como el reconocimiento automático de aves basado en algoritmos de aprendizaje automático, sería de gran ayuda porque hay una gran cantidad de datos que se entregan de cada especie y sería de gran ayuda identificar automáticamente las especies presentes en un entorno determinado.

### 2. Análisis de audios de aves

En este caso, se analizarán audios que contienen la vocalización de dos especies de aves para determinar características que sean dominantes en ellas y de esta manera realizar una clasificación de las vocalizaciones con características específicas.

La reserva natural .<sup>E1</sup> Manzanal.<sup>es</sup> un lugar donde habitan gran variedad de especies, entre ellas las aves, las cuales son motivo de estudio, debido a que se requiere identificar el canto de algunas de estas, pero para esto, se deberán realizar una serie de procedimientos que permitan tener el audio de una forma un poco más "limpia" debido a que en muchas ocasiones existen ruidos externos afectan la clasificación de estas aves.

En la reserva natural .<sup>E1</sup> Manzanal" se tienen como objeto de estudio dos especies de aves, las cuales son: - Myadestes Ralloides - Piaya cayana

Estas especies no son muy comunes en ese lugar, por esta razón es de interés obtener un poco más de información sobre ellas.

A continuación encontrará información sobre cada una de estas especies:

#### 2.1. Piaya cayana

La Piaya cayana, también conocida como batará pardo o batara café, es una especie de ave que pertenece a la familia Tityridae. Se encuentra en América Central y del Sur, desde México hasta Brasil y Bolivia.

El batará pardo tiene un aspecto distintivo y llamativo. Presenta un tamaño promedio de alrededor de 23 centímetros de longitud. Su cabeza es redondeada y posee un pico grueso y curvado hacia abajo, adaptado para su dieta de insectos.

Una característica notable del batará pardo es su cola larga y puntiaguda, que suele llevar levantada mientras está posado. Además, tiene una cresta eréctil en la cabeza que puede levantar o bajar según su estado de ánimo.

Esta especie de ave es conocida por su comportamiento activo y su habilidad para capturar insectos en vuelo. Se mueve ágilmente entre las ramas.

En cuanto a su canto, el batará pardo emite una serie de notas distintivas que consisten en un rápido y repetitivo "tzik-tzik-tzik". Estas vocalizaciones son utilizadas para la comunicación entre individuos y para delimitar su territorio.

El rango de frecuencia del canto de esta especie oscila entre 2 y 4 kilohercios (kHz). Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos valores son aproximados y pueden variar en cada ave y en diferentes situaciones.

El batará pardo es generalmente solitario, pero también se le puede encontrar en parejas o pequeños grupos durante la temporada de reproducción. Construye nidos en forma de taza en árboles o arbustos, donde la hembra pone de dos a tres huevos que son incubados por ambos progenitores.



Figura 1: *Piaya cayana*

## 2.2. *Myadestes ralloides*

El *Myadestes ralloides*, también conocido como solitario andino, es una especie de ave que pertenece a la familia Turdidae. Es nativo de América Central y del Norte, y se encuentra principalmente en las montañas y bosques nubosos de Colombia, Costa Rica, Panamá y algunas áreas de México.

Es un ave de tamaño mediano, con una longitud promedio de alrededor de 19 centímetros.

Esta especie de ave es conocida por su hermoso canto, que se caracteriza por ser claro, musical y melódico. Su canto es una parte importante de su comportamiento territorial y reproductivo.

El rango de frecuencia del canto de esta especie oscila entre 2.5 y 5 kilohercios (kHz). Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos valores son aproximados y pueden variar en cada ave y en diferentes situaciones.

En cuanto a su comportamiento, es en su mayoría solitario y territorial. Pasa la mayor parte de su tiempo en las copas de los árboles, donde busca alimento y realiza sus distintivas vocalizaciones. Aunque es una especie migratoria, algunas poblaciones pueden ser residentes durante todo el año en determinadas áreas.

El solitario es una especie de ave cautivadora y única, que destaca por su canto melodioso y su apariencia llamativa. Es un tesoro natural digno de admirar y proteger.



Figura 2: Myadestes ralloides

### 3. Desarrollo de la práctica

#### 3.1. Cargue las siguientes librerías, las cuales le serán útiles para el desarrollo de la práctica

```
from scipy.io import wavfile
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import math
import scipy.signal as signal
from pylab import *
from scipy.io.wavfile import read, write
from IPython.display import Audio
```

##### 3.1.1. Piaya Cayana

1. Cargue el audio "PiayaCayana\_Audio.wav", normalícelo, imprima la frecuencia de muestreo de este audio y grafique la señal. ¿Por qué es importante normalizar un audio? ¿Para que sirve la frecuencia de muestreo? ¿En qué consiste el Teorema de Nyquist?
2. Escuche la señal de audio. ¿Qué sonidos puede percibir?
3. Use la función mostrada a continuación para extraer un fragmento del audio. Escuche y grafique el fragmento de la señal. ¿Escucha el canto del ave?

4. Genere un nuevo archivo de audio con la misma señal pero al doble y luego con la mitad de la frecuencia de muestreo original. Escuche el audio, ¿Qué diferencia nota? ¿A que se debe esto?
5. Diseñe un filtro de media móvil con 3 diferentes valores de  $L$ , calcule la respuesta de la señal arreglo ante dicho filtro y grafique la señal resultante usando subplots ¿Con cual considera que se visualiza y se podría analizar mejor la información?
6. Calcular la transformada rápida de Fourier y graficarla ¿Qué información nos brinda esto?
7. Realice la Transformada Inversa de Fourier para recuperar la señal a través de su transformada. ¿Que resultado obtuvo?
8. Realice el enventanado a la señal original para luego aplicarle la STFT. Use la función mostrada a continuación y segmente su señal con un tamaño de ventana de 80ms.

```
def extraer_ventanas(signal, size, fs):
    step=int(0.010*fs)
    n_seg = int((len(signal) - size) / step)
    windows = [signal[i * step : i * step + size]
               for i in range(n_seg)]
    return np.vstack(windows)
```

```
ventanas= extraer_ventanas(x,int(0.080*fs),fs)
ventanas.shape
```

9. Aplicar la ventana hamming a la señal original y graficar un segmento antes y después de aplicarle la ventana Hamming. ¿Observa alguna diferencia? Explique.
10. Usando la siguiente función calcule la STFT a cada uno de los segmentos del ítem anterior, para esto use un tamaño de NFFT de 512.

```
def potspec(X, size, n_padded_min=0):
    if n_padded_min==0:
        n_padded = max(n_padded_min, int(2 ** np.ceil(np.log(size) / np.log(2))))
    else:
        n_padded = n_padded_min
    Y = np.fft.fft(X, n=n_padded)
    Y = np.absolute(Y)
    m = int(n_padded / 2) + 1
    Y = Y[:, :m]
    return np.abs(Y) ** 2, n_padded
```

11. Grafique la representación tiempo-frecuencia. Puede ayudarse de las siguientes líneas de código.

```
espectro, nfft=potspec(hamming,int(0.08*fs),512)
espectro=np.flipud(10*np.log10(espectro).T)
plt.figure(figsize=(20,10))
plt.title('Espectrograma')
plt.imshow(espectro,aspect='auto', extent=[0, len(x)/fs, 0, fs//2])
```

```
plt.ylabel('Frecuencia [Hz]', fontsize=18)
plt.xlabel('Tiempo [sec]', fontsize=18)
plt.show()
```

12. Realice el enventanado al fragmento de la señal para luego aplicarle la STFT. Use la función mostrada a continuación y segmente su señal con un tamaño de ventana de 80ms.

```
def extraer_ventanas(signal, size, fs):
    step=int(0.010*fs)
    n_seg = int((len(signal) - size) / step)
    windows = [signal[i * step : i * step + size]
               for i in range(n_seg)]
    return np.vstack(windows)

ventanas2= extraer_ventanas(arreglo, int(0.080*fs), fs)
ventanas2.shape
```

13. Aplicar la ventana hamming al fragmento de señal y graficar un segmento antes y después de aplicarle la ventana Hamming. ¿Observa alguna diferencia? Explique.
14. Calcule y grafique la STFT para valores de NFFT equivalentes a 64, 512 y 1024. ¿Qué diferencia encuentra al variar este tamaño? ¿A su criterio cuál es el tamaño de NFFT que tiene una mejor resolución tiempo-frecuencia? Explique.
15. Implemente un filtro FIR con las siguientes características:  
FIR Pasa-banda,  $f_{c1}=2\text{kHz}$ ,  $f_{c2}=7.5\text{kHz}$ ,  $BW=200\text{Hz}$ ,  $\text{AdB}=0$
16. Grafique la respuesta al impulso del filtro asignado. ¿Qué puede observar?
17. Pase la señal de audio por el filtro diseñado, y escúchela. ¿Encuentra alguna diferencia respecto al audio no filtrado?

### 3.1.2. Myadestes Ralloides

1. Cargue el audio "Myadestes\_Ralloides.wav", normalícelo, imprima la frecuencia de muestreo de este audio y grafique la señal. ¿Es diferente el canto respecto al Piaya Cayana?
2. Escuche la señal de audio. ¿Qué sonidos puede percibir?
3. Use la función mostrada previamente para extraer un fragmento del audio. Escuche y grafique el fragmento de la señal. ¿Escucha el canto del ave?
4. Calcular la transformada rápida de Fourier y graficarla ¿Qué información nos brinda esto?
5. Realice el enventanado a la señal original para luego aplicarle la STFT. Use la función mostrada previamente y segmente su señal con un tamaño de ventana de 80ms. ¶
6. Aplicar la ventana hamming a la señal original y posteriormente grafique un segmento antes y después de aplicarle la ventana Hamming. ¿Observa alguna diferencia? Explique.
7. Usando la función dada previamente calcule la STFT a cada uno de los segmentos del ítem anterior, para esto use un tamaño de NFFT de 512.

8. Grafique la representación tiempo-frecuencia para esta señal.
9. Realice el enventanado al fragmento de la señal para luego aplicarle la STFT. Use la función dada previamente y segmente su señal con un tamaño de ventana de 80ms.
10. Aplique la ventana hamming al fragmento de señal y posteriormente grafique un segmento antes y después de aplicarle la ventana Hamming. ¿Observa alguna diferencia? Explique.
11. Calcule y grafique la STFT para valores de NFFT equivalentes a 64, 512 y 1024. ¿Qué diferencia encuentra al variar este tamaño? ¿A su criterio cuál es el tamaño de NFFT que tiene una mejor resolución tiempo-frecuencia? Explique.
12. Implemente un filtro FIR con las siguientes características:  
FIR Pasa-banda,  $f_{c1}=2\text{kHz}$ ,  $f_{c2}=6\text{kHz}$ ,  $BW=200\text{Hz}$ ,  $\text{AdB}=0$
13. Grafique la respuesta al impulso del filtro asignado. ¿Qué puede observar?
14. Pase la señal de audio por el filtro diseñado, y escúchela. ¿Encuentra alguna diferencia respecto al audio no filtrado?
15. ¿Puede observar las diferencias entre los espectrogramas de las dos especies? ¿Considera que el espectrograma es una herramienta útil en estos casos? ¿Por qué?

#### 4. Filtro personalizado a un sonido preexistente

Conociendo la estructura de un sistema LTI como se muestra en la siguiente figura:

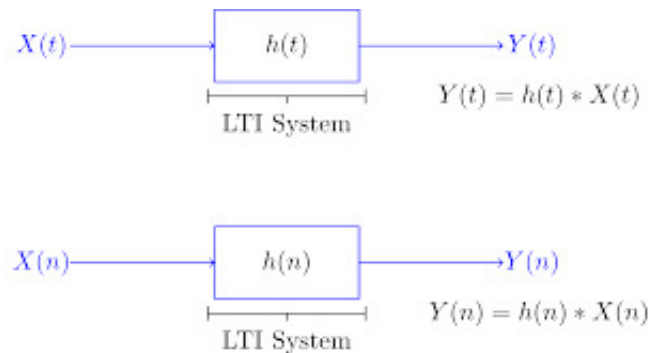


Figura 3: Sistema LTI

Donde para cada  $x(t)$  existe un  $y(t)$  y aplicandola a los conceptos de señales digitales discretas vistos en clase, se sabe que para todo sistema se puede representar un  $h(t)$  tal que  $y(t)=h(t)*x(t)$ . Adaptando dicho teoria a las señales se podría deducir que se tiene un  $h(n)$  tal que  $y(n)=h(n)*x(n)$  además se sabe que en el continuo  $h(t)$  es la respuesta natural del sistema o mejor conocida como la respuesta al impulso unitario. Respecto a los filtros digitales sabemos que son secuencias que causan alteraciones a las señales así que los filtros digitales son por definición sistemas o mejor dicho un filtro digital es lo mismo que una respuesta al impulso.

Se quiere experimentar y obtener un filtro que modifique ciertas características del audio para que se escuche como si estuviera en cierto ambiente para que no se tenga que desplazar al lugar donde se tomó ese audio para experimentar allá.

1. Utilice la función `.audio_threatment` para cargar un archivo de audio, verificar las dimensiones de la señal de audio, promediar los canales si hay múltiples canales y devolver la frecuencia de muestreo y la señal de audio resultante.

```
def audio_threatment( Afile ):
    fs , shot=read( Afile )
    tam = np.shape(shot)
    if len(tam)==2:
        print( 'Numero_de_canales : ',len(tam))
        x5= (shot[:,0])/len(tam)
    else:
        x5=shot
    print( 'La_frecuencia_de_muestreo_es : ',fs , ' Hz ')
    return fs ,x5
```

2. Utilice la función `normalize_audio` para normalizar la amplitud de una señal de audio, eliminar el nivel DC y crear un vector de tiempo asociado a cada muestra de la señal.

```
def normalize_audio( fs ,x ):
    x=x/float(max(abs(x)))
    x=x-np.mean(x) # Elimina el nivel DC
    t=np.arange(0, len(x)/fs , 1.0/fs) # Vector de tiempo
    return t ,x
```

3. Cargue la señal de audio de "PoliceSiren.wav", normalicela y escuchela.
4. Cargue la señal de audio de "Thunder.wav", normalicela y escuchela.
5. Realice la convolución entre el trueno y la sirena. ¿Puede escuchar alguna diferencia? ¿Cuál? ¿Considera que es un filtro personalizado?
6. ¿La convolución entre dos señales es un filtro? Si o no ¿Por qué?

## Conclusiones

Realice conclusiones generales sobre la práctica. Recuerde que las conclusiones son importantes ya que permiten mostrar el conocimiento adquirido.