

Recursos

- Python 3.7
- Matplotlib
- R
- [Audios](#).

Instalacion

Crear una carpeta (ex: “sites”) y colocar las carpetas de los audios. Los archivos CSV se crearan en el directorio de la carpeta creada así como las imágenes con ayuda de R.

Instalar Python 3.7 e instalar sus librerías dependientes como matplotlib por medio de la línea de comandos “pip install matplotlib”, ejecutando el código creara las imágenes dentro de la carpeta creada.

Instrucciones CSV

Ejecutar el archivo “main.r” por medio de RScript o copiando las líneas de código en la línea de comandos de la aplicación creara las tablas con los datos de los audios en formato CSV.

```
multiple_sounds('sites/manzanillo_forest/', "sites/manzanillo_forest_results_acoustic_complexity_index_ACI.csv", soundindex = "acoustic_complexity", max_freq = 11025)
```

Donde el primer argumento indica el directorio de los 24 audios de 1 minuto del sitio.

Instrucciones de Python y plots

Ejecutar el archivo plot.py por medio de Python por la línea de comandos. Este creara las imágenes deseadas que dependen de las tablas CSV.

Diferentes Audios

Si se desea probar con diferentes audios, se necesitará correr el código en R con sus audios deseados. En el código, al inicio del segmento del sitio donde se procederá a crear imágenes, se encontrará con diferentes variables, las únicas variables que se cambiara son las ubicaciones y el titulo que se desee.

```
# ubicacion de archivos
ubicacionACI = 'manzanillo_forest_results_acoustic_complexity_index_ACI.csv'
ubicacionADI = 'manzanillo_forest_results_acoustic_diversity_ADI.csv'
ubicacionH = 'manzanillo_forest_results_acoustic_entropy_H.csv'
ubicacionAEI = 'manzanillo_forest_results_acoustic_evenness_AEI.csv'
ubicacionBIO = 'manzanillo_forest_results_bioacoustic_index_BIO.csv'
ubicacionNDSI = 'manzanillo_forest_results_ndsi.csv'

# ejemplo de titulo: "Bosque de Manzanillo"
titulo = "Bosque de Manzanillo"
```

Contenido

Introducción.....	3
Marco teórico.....	3
Índice de amplitud (M).....	3
Envoltura (env)	3
índice de complejidad acústica (ACI).	3
índice de entropía acústica (AEI).....	4
índice de diversidad acústica (ADI).	5
Entropía total (H).	5
índice bioacústico (BIO).....	5
índice de la diferencia normalizada de paisajes sonoros (NSDI).....	5
Área de estudio	5
Manzanillo, Costa Rica	5
Clima	6
Flora y fauna.....	6
Costa caribeña de manzanillo, Costa Rica.....	6
Clima	6
Flora y fauna	7
Parque Nacional Juan Blanco Castro, Costa Rica	7
Clima	7
Flora y fauna	7
Métodos.....	8
Resultados.....	11
Conclusión.....	14
Bibliografía	14

Introducción

Para este proyecto integrador de aprendizaje tomamos como base el artículo científico “Connecting soundscape to landscape: Which acoustic index best describes landscape configuration?” de Susan Fuller et al.

En dicho artículo se demuestra que es posible que métodos de estudio remotos del paisaje sonoro sean implementados para el monitoreo ecológico de diversos bosques de Australia. Los seis índices que utilizaron fueron complejidad acústica, índice de acústica biológica, índice de diversidad, entropía acústica, diversidad acústica y el índice de diferencia normalizada de paisajes sonoros. Los primeros dos ligados a la intensidad del canto de las aves, más no a la diversidad o atributos del paisaje. Los últimos cuatro demostraron ser sensibles a la biodiversidad nocturna.

Acorde al documento previamente nombrado, los índices que mejor relacionan el paisaje sonoro con las características del paisaje, condiciones ecológicas y riqueza de especies de aves son, la entropía acústica, uniformidad acústica, y el índice de diferencia normalizada de paisajes sonoros.

Para este PIA aplicaremos los seis índices acústicos utilizando tres grabaciones realizadas en diversos puntos de Costa Rica, con el propósito de conocer si dichos índices son apropiados para paisajes distintos a los tomados como muestra en el documento original.

Marco teórico

Índice de amplitud (M)

Esta función calcula un índice acústico basado en la mediana de la envolvente de amplitud.

Envoltura (env)

Esta función devuelve la envolvente de amplitud absoluta o de Hilbert de una onda de tiempo.

índice de complejidad acústica (ACI).

El índice ACI se basa en el supuesto que los sonidos bióticos, tales como los cantos de las aves, tienen una gran variabilidad en intensidad, aún en pequeñas fracciones de tiempo, mientras que los ruidos generados por actividades humanas, como ruidos producidos por carros o aviones, así como los sonidos producidos por el viento o flujo de agua, tienen valores de intensidad más constantes, resultando en menores diferencias en intensidad entre

intervalos de tiempo.

índice de entropía acústica (AEI).

Índice de uniformidad acústica de Villanueva-Rivera et al. 2011 (uniformidad de la banda utilizando el índice de Gini). El AEI se calcula dividiendo el espectrograma en contenedores (por defecto 10) y tomando la proporción de las señales en cada contenedor por encima de un umbral (por defecto -50 dBFS).

El índice de entropía acústica mide la entropía acústica, muestra una correlación entre el número de especies dentro de la comunidad acústica.

índice de diversidad acústica (ADI).

Índice de diversidad acústica de Villanueva-Rivera et al. 2011. La IDA se calcula dividiendo el espectrograma en contenedores (predeterminado 10) y tomando la proporción de las señales en cada contenedor por encima de un umbral (predeterminado -50 dBFS).

Mide la cantidad de energía acústica en franjas de frecuencia y el índice es el resultado de aplicar el índice Gini a estos bins.

Entropía total (H).

Esta función estima la diferencia entre dos ondas de tiempo calculando su.

índice bioacústico (BIO).

El índice bioacústico se calcula como el "área debajo de cada curva que incluye todas las bandas de frecuencia asociadas con el valor dB que era mayor que el valor mínimo de dB para cada curva.

Los valores del área son, por lo tanto, una función tanto del nivel de sonido como del número de frecuencias bandas utilizadas por la avifauna (Boelman, et al. 2007).

Mide la relación entre el ruido de fondo y las vocalizaciones de aves.

índice de la diferencia normalizada de paisajes sonoros (NSDI).

Índice de paisaje sonoro de diferencia normalizada (NDSI) de REAL y Kasten, et al. 2012. El NDSI busca "estimar el nivel de perturbación antropogénica en el paisaje sonoro mediante el cálculo de la proporción de componentes acústicos generados por humanos (antrofonía) a componentes acústicos biológicos (biofonía) encontrados en muestras de sonido recolectadas en el campo" (Kasten, et al. 2012).

Con el índice de diferencia normalizada de paisajes sonoros se logra estimar el nivel de ruido antropogénico sobre el paisaje sonoro.

Área de estudio

Manzanillo, Costa Rica

Se considera Costa Rica el país con la mayor biodiversidad del mundo, no solo por su ubicación entre las Américas, sino también por su alta cantidad de áreas protegidas.

Manzanillo, Costa Rica es una extensión de playas, donde el mar caribe se encuentra con el bosque tropical.

Clima

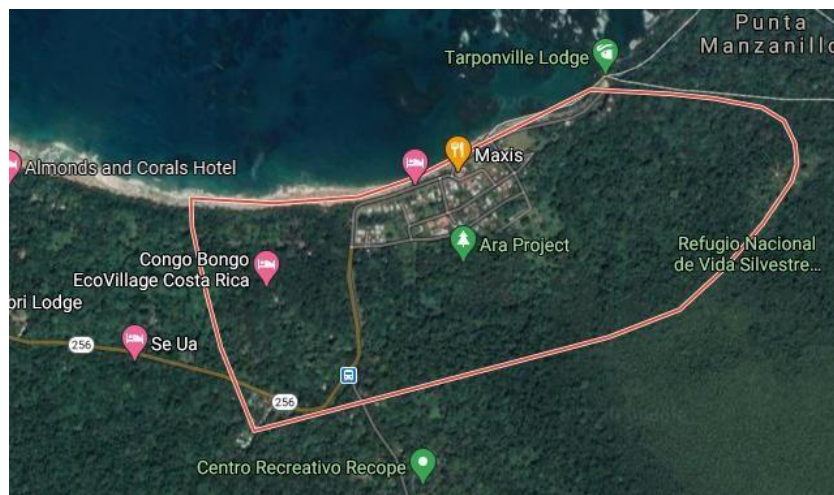
El tiempo es bueno todo el año (22°C - 30°C) pero, siendo bosque pluvial, siempre hay posibilidad de lluvia, sobre todo en las noches.

El bosque tropical del Caribe es mucho más verde y muy diferente a lo que se puede ver fuera de este país.

Flora y fauna

Los cocoteros (Cocos nucifera) contribuyen a que el refugio ofrezca uno de los paisajes litorales más hermosos del país. El cativo (Prioria copaifera) es el árbol más sobresaliente.

Algunas de las aves más llamativas son: el sargento (Pipra mentalis), el aguilucho penachudo (Spizaetus ornatus) y el curré negro (Ramphastos swainsoni), mientras que en los pantanos es posible observar cocodrilos (Crocodylus acutus), ranas y crustáceos entre otros.



Costa caribeña de manzanillo, Costa Rica

Manzanillo está ubicado en la parte caribeña de Costa Rica y es el último pueblo antes de llegar a Panamá. Sus habitantes marcan la diferencia. Su cultura afrocaribeña es diferente a la del resto del país y también lo es su idioma, un inglés caribeño.

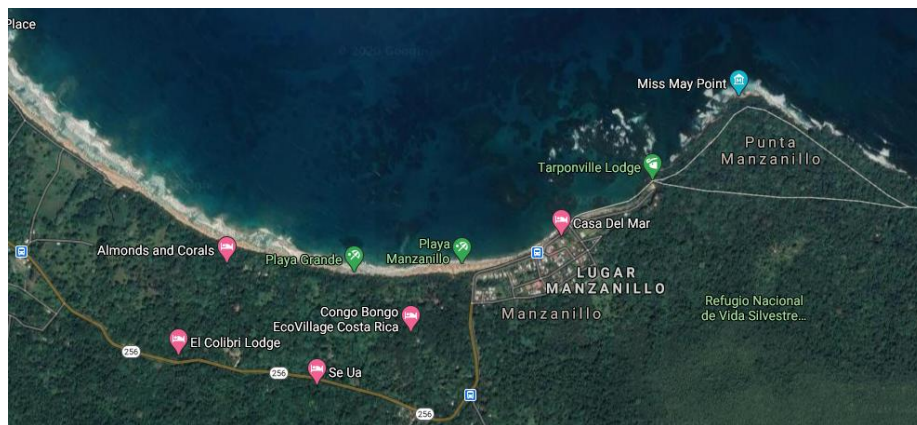
Clima

En esta zona llueve casi durante todo el año, el mejor momento para visitar el refugio es entre marzo y abril y de septiembre a octubre, que se consideran meses más secos.

Flora y fauna

Entre la gran cantidad de vida silvestre que se habita la zona, se puede encontrar; cocodrilos, pacas, manatíes de las Indias Occidentales, caimanes, tapires, delfines, tortugas marinas, fragatas, pájaros carpinteros, periquitos, águilas, pelícanos, tucanes y motmots.

En el arrecife de coral habitan muchos peces de colores brillantes y una abundante vida marina, incluidos los peces loro azul, pez ángel, anémonas de mar, erizos, abanicos de Venus, camarones, ostras, pepinos de mar, langostas y esponjas.



Parque Nacional Juan Blanco Castro, Costa Rica

El Parque Nacional Juan Castro Blanco es uno de los lugares más visitados en Costa Rica; tiene atracciones y actividades para satisfacer una amplia gama de intereses.

el Parque Nacional Juan Castro Blanco tiene una importante historia antigua de viejas civilizaciones contadas a través de sus sitios arqueológicos.

Clima

Con la temperatura promedio de entre 60 y 80 grados Fahrenheit durante todo el año, puede explorar este lugar con comodidad.

Flora y fauna

El parque alberga 233 especies de aves y 57 especies de mamíferos. Los observadores de aves son bienvenidos por pavos reales, quetzales, pavos negros y halcones. Varias especies de primates que se encuentran en Costa Rica también se encuentran en este parque nacional.

La vegetación de la zona es muy variada y diversa. Aproximadamente un 60% del parque está cubierto por bosque primario entremezclado con parches de bosque en regeneración. Estos bosques se presentan en cinco zonas de vida según la clasificación de Holdridge: bosque pluvial premontano transición a per húmedo, bosque pluvial montano bajo transición a muy húmedo, bosque muy

húmedo premontano transición a pluvial, bosque pluvial montano bajo y bosque pluvial premontano.



Métodos

Grabación

Nature.FM es una cuenta que se encuentra en diversos sitios publicando audios en distintos lugares captando sonidos de la naturaleza por 24 horas, entre ellos encontramos la grabación en el área de bosque en Manzanillo, Costa Rica en donde se tomaron grabaciones por 24 horas, *Nature.FM* en el año 2019.

Los audios fueron publicados en diversos sitios de reproducción de música, decidimos descargarlos de *YouTube* donde se encuentran separados por cada hora de grabación, por lo que decidimos tomar el primer minuto de cada hora de grabación para poder estudiar el total del día en audios y se pueden descargar en las ligas siguientes, junto con los resultados de la codificación:

- [Carpeta con archivos CSV, Código, imágenes y audios extraídos.](#)
- [Canal de YouTube del artista.](#)
- [Página del artista en Apple Music.](#)

Codificación

En R, que es un lenguaje de programación con enfoque a análisis estadístico, se usó el paquete de *soundecology* que contiene funciones para calcular índices para la ecología del paisaje sonoro y otras investigaciones ecológicas que utilizan grabaciones de audio.

Se hizo análisis a 72 audios separados por su hora del día grabado, usando la función de “*multiple_sounds*” del paquete de “*soundecology*” con los siguientes parámetros:

- **Acoustic complexity index (ACI):** Rango de frecuencia de 0 - 11,050, con J puesto a 5.
- **Bioacoustic index (BIO):** Rango de frecuencia de 2000 – 8000.

- **Acoustic entropy (H):** Rango de frecuencia de 0 - 11,050.
- **Acoustic diversity (ADI):** Rango de frecuencia de 0 – 11,050, frecuencia de pasos puesto a 1000 y límite de decibeles puesto a -50.
- **Acoustic evenness (AEI):** Rango de frecuencia de 0 – 11,050, frecuencia de pasos puesto a 1000 y límite de decibeles puesto a -50.
- **Normalized difference soundscape index (NDSI):** donde el rango de frecuencias de la antropofonía fue puesto de 1000 – 2000 Hz y frecuencias de la biofonía puesto a 2000 – 11,050.

Estos resultados luego fueron trabajados en un código de Python para generar gráficos

```
# Librerias
library(tuneR)
library(seewave)
library(soundecology)

# genera csv del sitio de manzanillo forest.
multiple_sounds('sites/manzanillo_forest/', "sites/manzanillo_forest_results_acoustic_complexity_index_ACI.csv", soundindex = "acoustic_complexity", max_freq = 11025)
multiple_sounds('sites/manzanillo_forest/', "sites/manzanillo_forest_results_bioacoustic_index_BIO.csv", soundindex = "bioacoustic_index", min_freq = 2000, max_freq = 8000)
multiple_sounds('sites/manzanillo_forest/', "sites/manzanillo_forest_results_acoustic_entropy_H.csv", soundindex = "H")
multiple_sounds('sites/manzanillo_forest/', "sites/manzanillo_forest_results_acoustic_diversity_ADI.csv", soundindex = "acoustic_diversity", max_freq=10000, db_threshold=-50)
multiple_sounds('sites/manzanillo_forest/', "sites/manzanillo_forest_results_acoustic_evenness_AEI.csv", soundindex = "acoustic_evenness", max_freq=10000, db_threshold=-50)
multiple_sounds('sites/manzanillo_forest/', "sites/manzanillo_forest_results_ndsi.csv", soundindex = "ndsi", anthro_min = 1000, anthro_max = 2000, bio_min = 2000, bio_max = 11025)

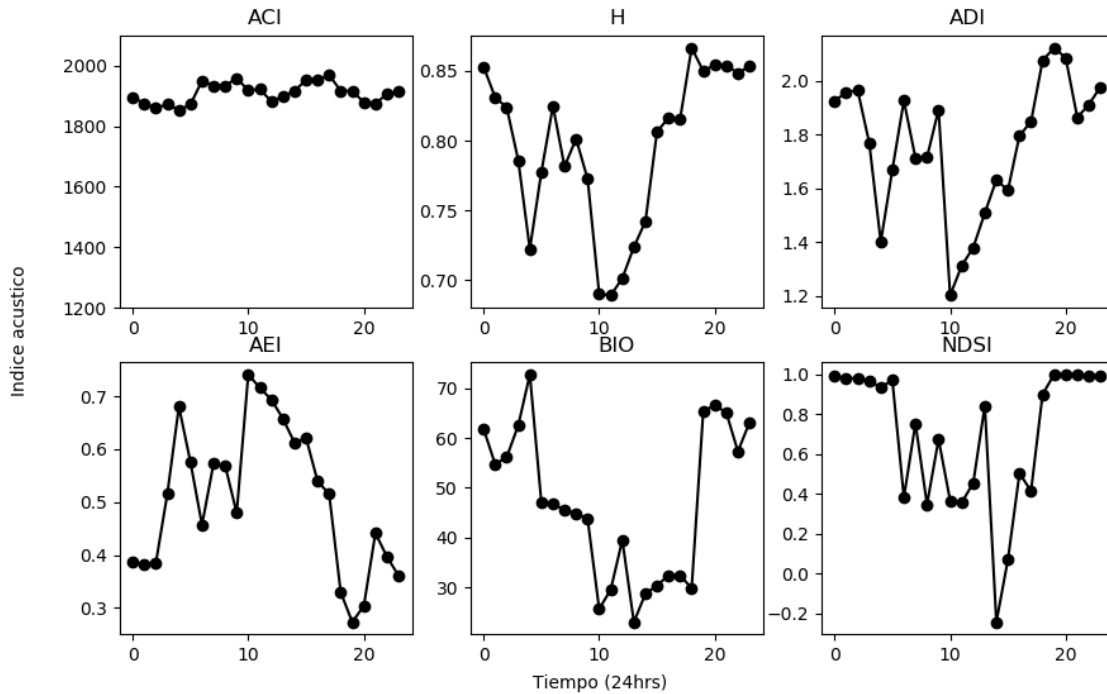
# genera csv del sitio de caribbean coast.
multiple_sounds('sites/caribbean_coast/', "sites/caribbean_coast_results_acoustic_complexity_index_ACI.csv", soundindex = "acoustic_complexity", max_freq = 11025)
multiple_sounds('sites/caribbean_coast/', "sites/caribbean_coast_results_bioacoustic_index_BIO.csv", soundindex = "bioacoustic_index", min_freq = 2000, max_freq = 8000)
multiple_sounds('sites/caribbean_coast/', "sites/caribbean_coast_results_acoustic_entropy_H.csv", soundindex = "H")
multiple_sounds('sites/caribbean_coast/', "sites/caribbean_coast_results_acoustic_diversity_ADI.csv", soundindex = "acoustic_diversity", max_freq=10000, db_threshold=-50)
multiple_sounds('sites/caribbean_coast/', "sites/caribbean_coast_results_acoustic_evenness_AEI.csv", soundindex = "acoustic_evenness", max_freq=10000, db_threshold=-50)
multiple_sounds('sites/caribbean_coast/', "sites/caribbean_coast_results_ndsi.csv", soundindex = "ndsi", anthro_min = 1000, anthro_max = 2000, bio_min = 2000, bio_max = 11025)
```

mostrados de los datos obtenidos de R.

```
# genera csv del sitio de blanco national park.
multiple_sounds('sites/blanco_national_park/', "sites/blanco_national_park_results_
acoustic_complexity_index_ACI.csv", soundindex = "acoustic_complexity", max_freq =
11025)
multiple_sounds('sites/blanco_national_park/', "sites/blanco_national_park_results_
bioacoustic_index_BIO.csv", soundindex = "bioacoustic_index", min_freq = 2000, max_
freq = 8000)
multiple_sounds('sites/blanco_national_park/', "sites/blanco_national_park_results_
acoustic_entropy_H.csv", soundindex = "H")
multiple_sounds('sites/blanco_national_park/', "sites/blanco_national_park_results_
acoustic_diversity_ADI.csv", soundindex = "acoustic_diversity", max_freq=10000, db_
threshold=-50)
multiple_sounds('sites/blanco_national_park/', "sites/blanco_national_park_results_
acoustic_evenness_AEI.csv", soundindex = "acoustic_evenness", max_freq=10000, db_th
reshold=-50)
multiple_sounds('sites/blanco_national_park/', "sites/blanco_national_park_results_
ndsi.csv", soundindex = "ndsi", anthro_min = 1000, anthro_max = 2000, bio_min = 200
0, bio_max = 11025)
```

Resultados

Manzanillo forest

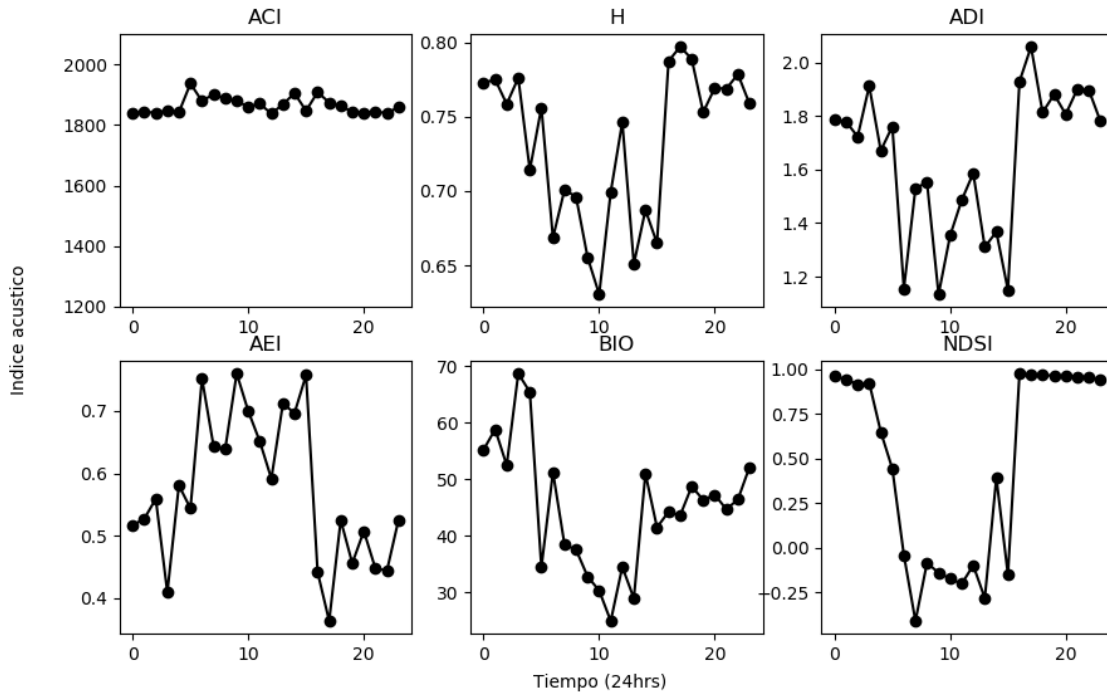


El patrón de cada índice acústico se traza a lo largo de la hora del día. Durante el período de grabación del paisaje sonoro se es grabado un minuto de audio mostrado en las gráficas. Se puede notar un similitud en el índice acústico de entropía (**H**) y de diversidad (**ADI**) en el que suben rápidamente alrededor de las 0400h y 1000h, bajando rápidamente desde el inicio del día, alrededor de las 1000h y al final de 2000h.

Por consecuente, se nota una similitud pequeña en el índice de biodiversidad (**BIO**) e índice de paisaje sonoro de diferencia normalizada (**NDSI**), donde se tiene índices altos al inicio y fin del día, con picos bajos por alrededor de 1500h.

Finalmente, se tiene similitudes pequeñas igual que el anterior en el índice de complejidad acústica (**ACI**) e índice acústico de igualdad (**AEI**), donde se tiene sus picos a lo largo del día donde el inicio y el final están por debajo del promedio del medio día. **AEI** presenta una similitud a **H** y **ADI** inversamente.

Blanco national park

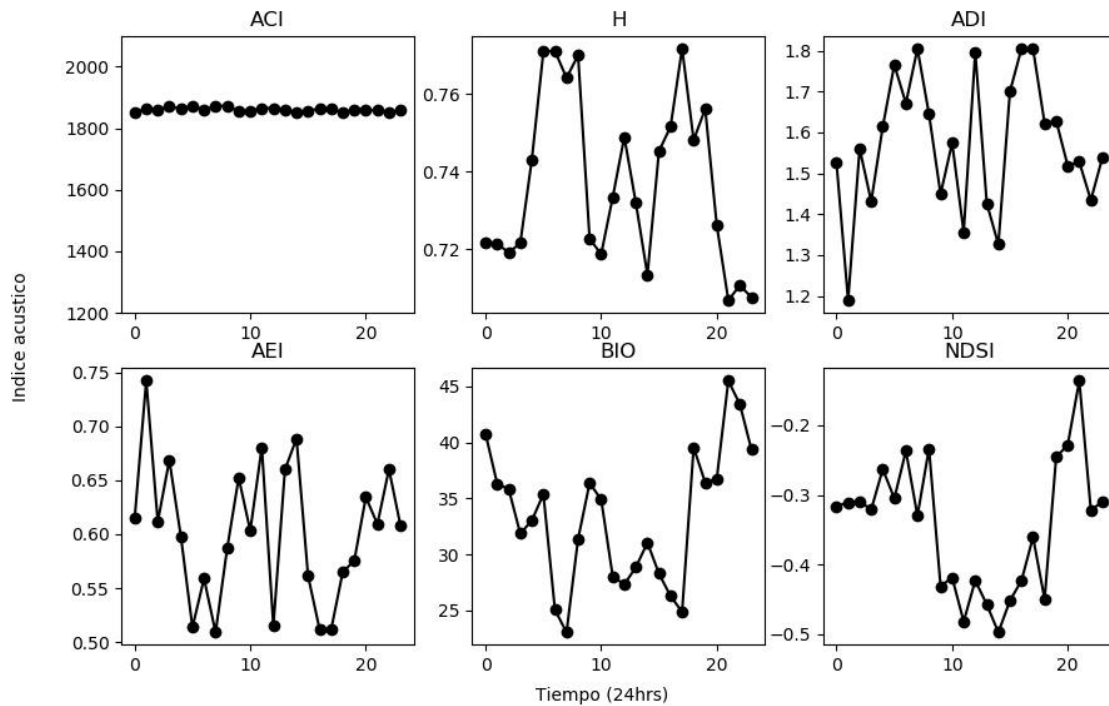


Como en el sitio anterior, se puede notar una similaridad grande en el índice acústico de entropía (**H**) y de diversidad (**ADI**) donde tienen el mismo patron en las mismas horas del día. Se puede concluir que tienen una similaridad con el índice de diferencia normalizada (**NDSI**) ya que comparten algunas características como empezar y terminar alrededor el mismo indice y tener un pico hacia abajo.

Por consecuente, el índice acústico de igualdad (**AEI**) y el índice de biodiversidad (**BIO**) no son similaridades y son muy poco similares con el sitio anterior. (**ACI**) es similar donde se tiene sus picos a lo largo del día donde el inicio y el final están por debajo del promedio del medio día.

AEI presenta una similaridad a **H** y **ADI** inversamente.

Caribbean coast



Finalmente, el sitio de la costa de caribe presenta irregularidades, la conclusión llegada es por las características de la grabación, ya que las grabaciones se colocaron a lo largo de la costa.

Mientras en el índice acústico de entropía (**H**) y de diversidad (**ADI**) se mantiene el mismo patron en las mismas horas del día, los demás sitios no comparten las mismas características como en los sitios anteriores. **AEI** no presenta una similaridad a **H** y **ADI** inversamente como previamente.

El índice de complejidad acústica (**ACI**) se mantiene constante a lo largo del día.

Conclusión

Después de realizar este trabajo logramos aplicar los temas vistos en clase, así como poder comprender la variedad de aplicaciones y usos que se les puede dar para el análisis de diversos audios. Comprendimos la naturaleza de trabajo de los índices acústicos y como aplicarlo para un trabajo más amplio a lo practicado anteriormente.

La evaluación y caracterización en diversos paisajes sonoros nos permiten conocer mejor la estructura sonora de las comunidades que habitan en cada lugar, de esta manera y analizando los audios que producen podremos observar su comportamiento dependiendo de las zonas geográficas, horarias o climáticas.

Bibliografía

- Fuller, S., Axel, A. C., Tucker, D., & Gage, S. H. (2015). Connecting soundscape to landscape: Which acoustic index best describes landscape configuration?. *Ecological Indicators*, 58, 207-215.
- Sueur, J. (2018). *Sound analysis and synthesis with R*. Culemborg, the Netherlands: Springer.
- Sueur, J., Aubin, T., Simonis, C., Lellouch, L., Brown, E. C., Depraetere, M., ... & LaZerte, S. (2020). Package 'seewave'.
- Ligges, U., Krey, S., Mersmann, O., & Schnackenberg, S. (2013). *tuneR: Analysis of Music*. R package version 1.2. 1. URL: <http://r-forge.r-project.org/projects/tuner>.
- Villanueva-Rivera, L. J., Pijanowski, B. C., & Villanueva-Rivera, M. L. J. (2018). Package 'soundecology'.
- R Documentation and manuals | R Documentation. (2020). Retrieved 8 December 2020, from <https://www.rdocumentation.org/>
- Caycedo-Rosales P. y González C. (2018). Caracterización y monitoreo de aves y paisajes sonoros en tres macrohábitats de la región de La Mojana. Informe técnico final. Convenio 15-027. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Universidad de Córdoba.
- Admin, P. (s. f.). Gandoca-Manzanillo – Áreas Protegidas y Parques Nacionales de Costa Rica. Areas y Parques. Recuperado 9 de diciembre de 2020, de <https://areasyparques.com/areasprotegidas/gandoca-manzanillo/>
- manzanillo |. (s. f.). Manzanillo. Recuperado 9 de diciembre de 2020, de <https://www.jungledreamz.com/es/informacion/manzanillo/>