

Procesamiento de Audio para Identificación de Especies de Fauna Amenazadas y Conservación de Ambientes Naturales

Sergio Moya

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

GID-IE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

Wildlife Sensor, Leandro N. Alem, Misiones, Argentina

sergio.e.moya@gmail.com

Resumen

Las herramientas del procesamiento digital de señales son de extremo valor para un área laboral poco explotada por la ingeniería: la conservación natural. En la provincia de Misiones, y en todo el mundo, existen innumerables instituciones, públicas y privadas, avocadas a un amplio y detallado estudio de la biodiversidad natural, y en sus tareas diarias requieren de herramientas que muchas veces ellos mismos desconocen de su existencia y que facilitarían enormemente su labor. Desde el año 2018, y a través del emprendimiento Wildlife Sensor, he comenzado a ofrecer servicios de desarrollo tecnológico en hardware y software aplicados puntualmente a la conservación de la biodiversidad de Misiones, y en este trabajo se resumen dos tareas realizadas con éxito en los últimos meses y aplicadas a la detección de caza furtiva contra el Yaguareté y la estimación poblacional de Monos Carayá Rojo.

Palabras Clave – procesamiento de audio, conservación natural, biodiversidad.

1. Introducción

La provincia de Misiones contiene uno de los ambientes naturales más importantes y amenazados del mundo, la Selva Paranaense [1], [2]; en donde habitan un sinnúmero de especies de flora y fauna, algunas de ellas críticamente amenazadas. Debido a esta riqueza natural, Misiones es desde el año 2019 Capital Nacional de la Biodiversidad según la Ley 27494 [3]. Dos de las especies de fauna más amenazadas y emblemáticas son el Yaguareté (*Phantera onca*) [4] y el Mono Aullador Rojo (*Alouatta guariba*) [5]. En el caso del Yaguareté, una de las principales amenazas a la que se encuentra sometida la especie es la caza furtiva [4], actividad ilegal en todo el territorio de Misiones e intensamente combatida por guardaparques en todas las áreas protegidas privadas y públicas. En el caso de los Monos Aulladores Rojos, las principales amenazas que han colocado a esta especie en peligro crítico de extinción son la deforestación y la pérdida de su hábitat y las constantes pérdidas de individuos debido a la fiebre amarilla. En un caso particular, el Instituto de Biología Subtropical (IBS), organismo dependiente de CONICET y la Universidad Nacional de Misiones (UNaM) posee líneas y proyectos de investigación aplicados a la conservación de dichas especies. Para esto, y en una extensiva campaña de muestreo y relevamiento de datos sobre la biodiversidad de Misiones, se han colocado diversos grabadores de audio [6] en un gran número de áreas naturales protegidas o amenazadas por un tiempo de 6 meses aproximadamente. El objetivo de esta campaña de grabación fue grabar el mayor número de horas posibles de diversos ambientes, con el objetivo de buscar en dichos audios, a posteriori, fauna o eventos particulares. En las Figuras 1 y 2 se observa el proceso

de colocación de diversos grabadores de audio específicamente diseñados para permanecer en la selva por varios meses.

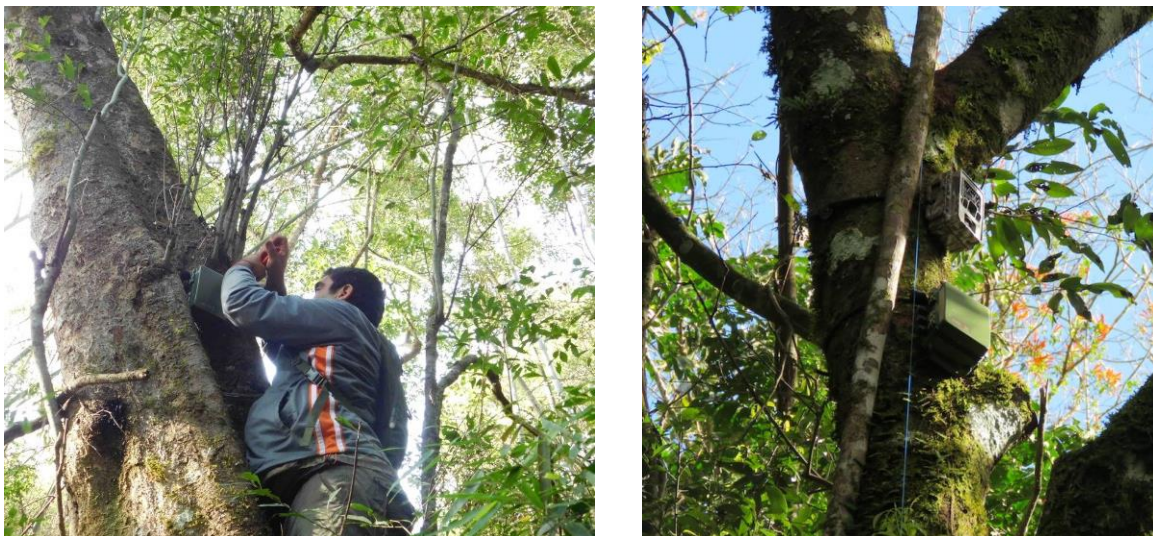


Fig. 1. Colocación de grabadores en árboles de la selva.



Fig. 2. Grupo de grabadores a colocar en muestreo de 2 meses. Parque Provincial Piñalito. Misiones.

2. Problemática y solución desarrollada

Teniendo en cuenta entonces la enorme cantidad de horas de grabación obtenida en las campañas realizadas por el IBS en el año 2018, se encontraron con el problema de que, buscar eventos específicos en miles de horas de audio es una tarea imposible incluso para un número grande de personas especialistas destinadas las 24 hs. del día a dicha tarea. En base a esto, y habiendo tomado conocimiento de diversos trabajos vinculados a la detección de caza furtivas que hemos realizado con alumnos de la carrera de Ingeniería Electrónica en los últimos años [7]–[11] el IBS solicitó a Wildlife Sensor una propuesta tecnológica que optimice el proceso de búsqueda de estos sonidos y, que a la vez, tenga una eficiencia elevada. Se determinaron en conjunto dos objetivos o trabajos independientes a realizar. El primero, la búsqueda de disparos de arma de fuego en más de 15 mil horas de audio, con la posibilidad de identificar el momento y lugares exactos en donde ocurre el disparo con el objetivo de generar el primer mapa de ocurrencia de caza furtiva en Misiones. El siguiente trabajo solicitado a Wildlife Sensor fue la creación de un programa que identifique de manera automática la vocalización de especies de Monos Aulladores, tanto del Mono Aullador Rojo (*Alouatta guariba*) como también de Mono Aullador Negro (*Alouatta caraya*) y, una vez aprobada la eficiencia de dicho programa, la realización del procesamiento de 10.000 horas de grabación en búsqueda de poblaciones de estas especies de primates.

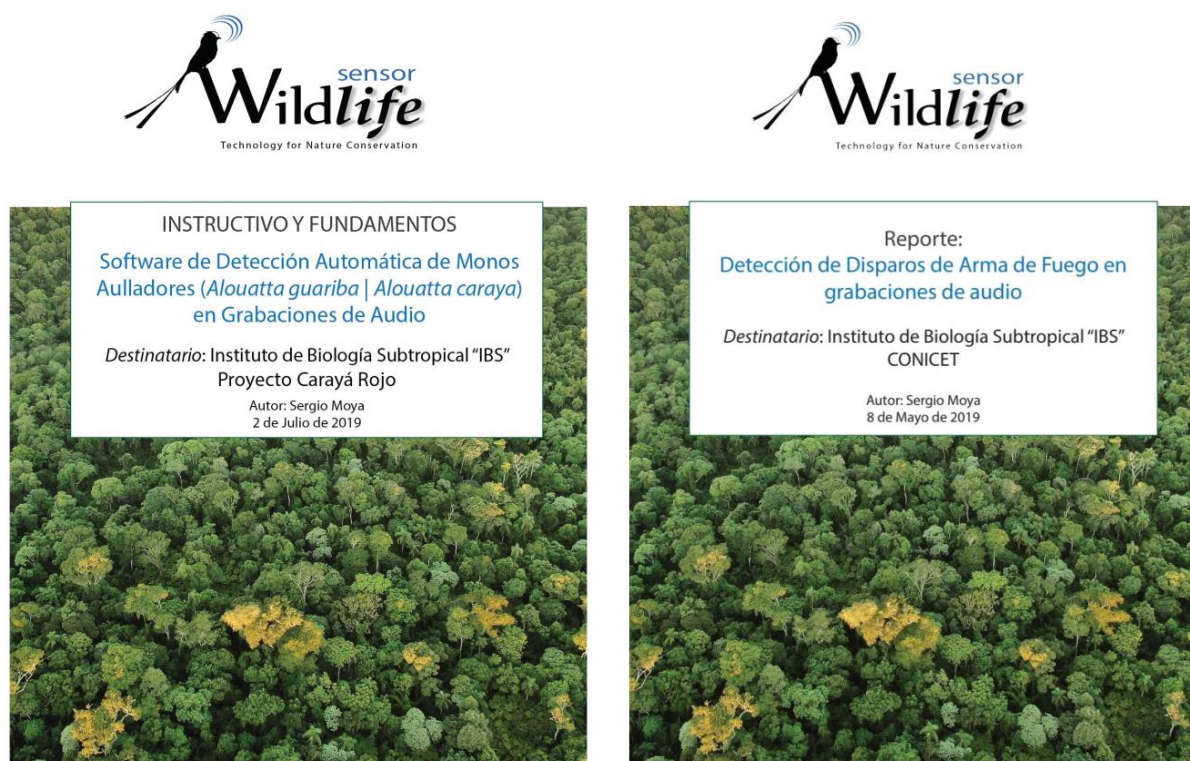


Fig. 3. Manuales de uso e informes para cada trabajo realizado por Wildlife Sensor.

3. Detección de disparos provenientes de caza furtiva.

La detección de disparos de arma de fuego, como cualquier otro evento sonoro que deba detectarse de manera automática, implica en primer lugar un estudio del sonido a detectar para la extracción de sus características, las cuales serán el fundamento del programa que deba desarrollarse. Para conocer cómo se propaga el sonido de diversos calibres de armas de fuego en ambientes selváticos, y, a su vez, con qué definición y potencia son detectados por los micrófonos en función de la distancia, el IBS, en conjunto con el Ejército Argentino y personal Guardaparque, realizaron pruebas de disparos en el Parque Provincial Puerto Península. Los puntos donde se efectuaron los disparos y se colocaron los grabadores se muestran en la Figura 4.

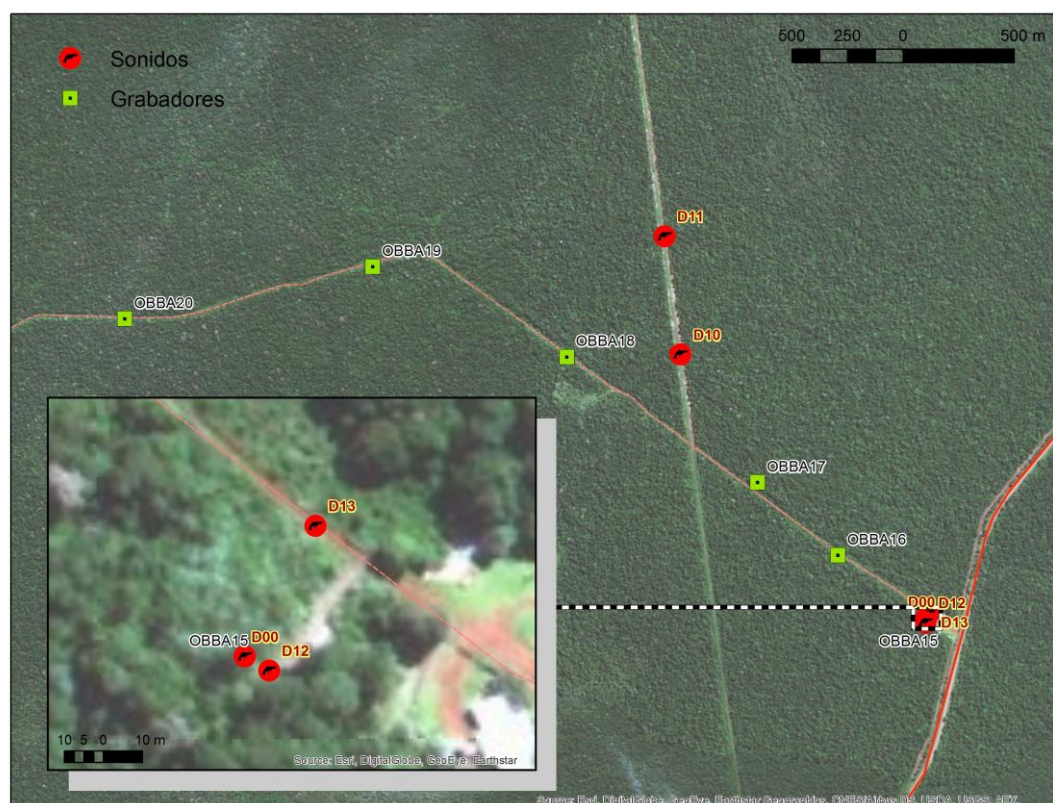


Fig. 4. Pruebas de Disparos en Parque Provincial Península – Iguazú. Misiones.

En base a estas grabaciones, se ha podido optimizar el programa de detección automática de disparos desarrollado en [10] y utilizarse para procesar un total de 15936 horas de grabación de audio estéreo (664 días) en 96 estaciones de grabación que suman un total de 5.62 Terabytes de datos. El procesamiento y validación de los resultados implicó un trabajo de 53 días en donde se detectaron 209 disparos de armas de fuego de distintos calibres confirmados en un 100%. El programa genera una lista de detección en función a la certeza del evento, y se generan las siguientes categorías:

Categoría 0 = Otro tipo de sonidos no pertenecientes a armas pero que dan indicio de caza furtiva. Pueden ser personas hablando, vehículos, lanchas, etc.

Categoría 2=Sonido similar a un arma de fuego pero que puede ser de otra fuente. 30% de probabilidad de que corresponda a un arma de fuego.

Categoría 1= Sonido prácticamente idéntico a un arma, pero que, si bien se ha escuchado el audio original y descartado otras posibles fuentes, la probabilidad de que sea un arma es del 80%

Categoría 1*= Probabilidad del 100% de que sea un arma de fuego. Esto es debido a que el disparo se efectuó cerca del micrófono o bien forma parte de una ráfaga de disparos que imposibilita toda otra posibilidad.

De esta forma, en 53 días se han podido procesar y tabular los resultados de las detecciones de disparos en 664 días de grabación. Los resultados de este trabajo serán posteriormente publicados por el grupo de investigación del IBS.

4. Detección de Monos Aulladores

En otro gran esfuerzo de muestreo en diversas áreas naturales de Misiones, el equipo del IBS instaló grabadores para buscar principalmente poblaciones no detectadas por métodos convencionales de los críticamente amenazados Monos Aulladores Rojos. Para el desarrollo del programa de detección, se debió estudiar las características de los aullidos de estas especies y desarrollar un programa que realice su detección de manera automática. El principio de funcionamiento del programa está basado en las características particulares de los aullidos y vocalizaciones de dichas especies, las cuales fueron estudiadas y se extrajeron sus principales parámetros para el desarrollo del programa. En base a la extracción de características de diversas grabaciones y manifestaciones sonoras de *Alouatta sp.*, tanto en el dominio temporal como también frecuencial, se generó una única plantilla que concentra dichas principales características. Mediante esta plantilla, el programa realiza una búsqueda de similitud frecuencial y genera porciones de audio en formato WAVE en los cuales se encuentran aquellos sectores similares a aullidos de los monos. Estos audios, generados automáticamente por el programa, poseen longitud variable y coincidente con el tiempo en que el sonido se asemeja al aullido de un mono.

A continuación se muestran y explican algunas características principales de la vocalización de las especies de mono aullador (rojo y negro) desde el punto de vista de la frecuencia. A su vez, se comenta sobre eventos sonoros similares y que pueden afectar en la detección del programa, siendo causa de detecciones falsas que luego deben filtrarse.

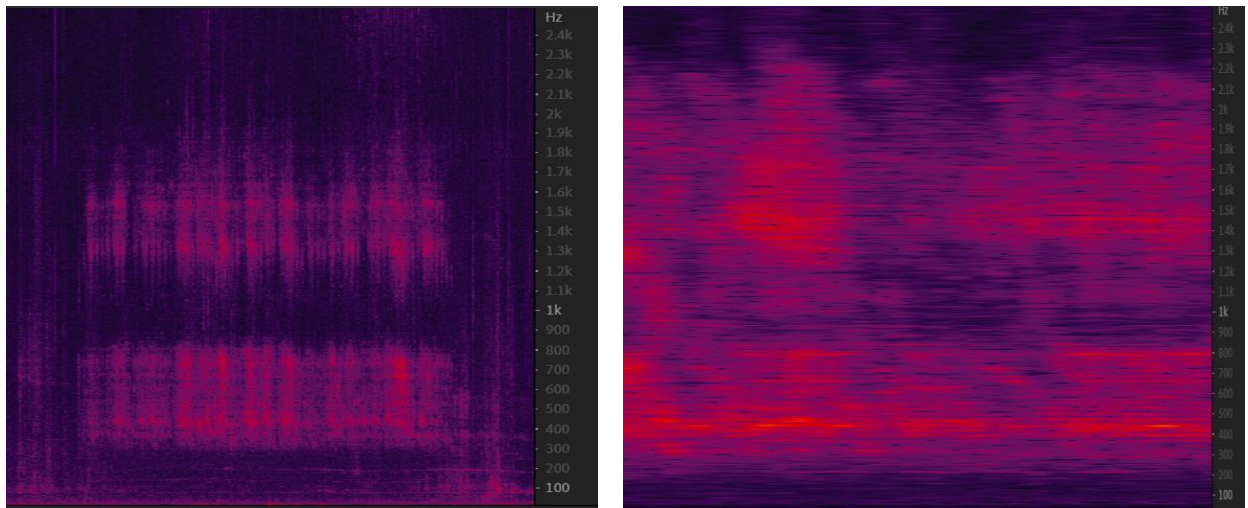


Fig. 5. Espectrograma de vocalizaciones de Carayá Rojo (*Alouatta guariba*)

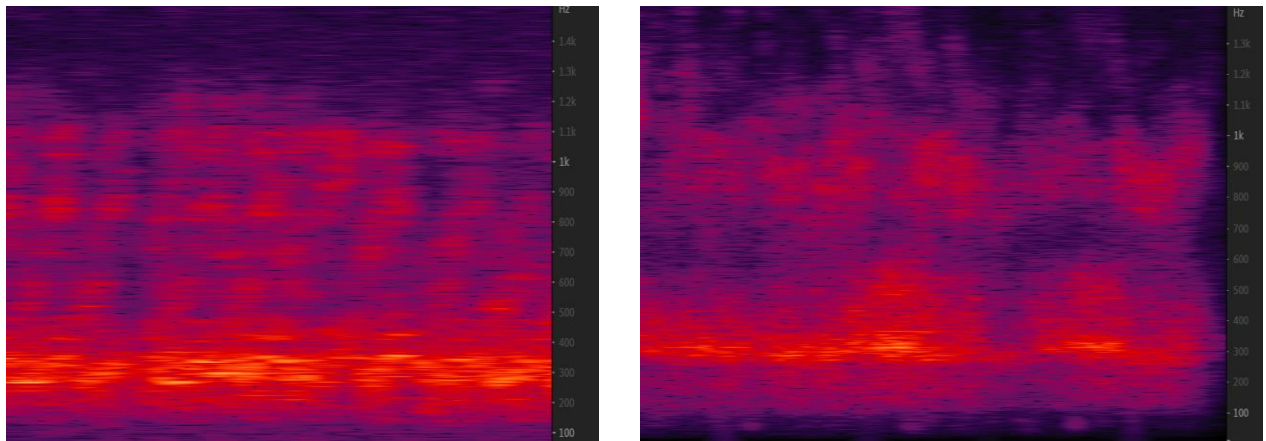


Fig. 6. Espectrograma de vocalizaciones de Carayá Negro (*Alouatta caraya*)

Como se puede apreciar en las figuras anteriores, los espectrogramas de las vocalizaciones de Carayá Negro y Carayá Rojo pueden verse como similares. Sin embargo, en base a estos ejemplos, se puede notar que el Carayá Rojo vocaliza entre las bandas de 400 a 800 Hz. y en menor potencia entre los 1300 a 1700 Hz. aproximadamente. La mayor concentración de energía en la vocalización de Carayá Rojo ocurre en proximidades a los 400 Hz. De esta forma, la banda de frecuencias entre 400 a 800 Hz. con ponderación en los 400 Hz. fue utilizada como característica principal de la vocalización de Carayá Rojo para su detección.

En el caso de Carayá Negro, se aprecian dos bandas de frecuencias en donde éste vocaliza, una entre los 150/200 a 500 Hz. y la otra, en menor potencia, entre los 700 y 1100 Hz. La mayor energía aportada por la especie en su vocalización se concentra entre los 300 Hz, es decir, 100 Hz. por debajo del Carayá Rojo. Esto último permitiría diferenciar ambas especies a oído, suponiendo que estas conclusiones obtenidas en base a un número limitado de muestras, puedan generalizarse.

Teniendo en cuenta todo esto, se han presentado dos principales inconvenientes en el desarrollo del programa. El primero, aunque no el más importante, fueron los automóviles, principalmente camiones, que al transitar por la ruta producen sonidos que, desde el punto de vista de la frecuencia, generan un contenido energético que posee componentes significativas coincidentes con las zonas de mayor concentración energética de los aullidos de los monos (200 a 500 Hz.). El siguiente inconveniente, y el más complejo de solucionar fue la notoria presencia de viento en todas las grabaciones analizadas. El viento, al mover los árboles, genera sonidos cuyo espectro, si bien está esparcido en un gran ancho de banda, posee componentes que nuevamente coinciden con las vocalizaciones de los monos, principalmente cuando estos últimos están a la distancia y su aullido es muy bajo en potencia.

En la Figura 7 se observa el resultado de correlación entre la plantilla diseñada para detectar los aullidos y una porción de audio de una hora de longitud en la que hay dos sectores con aullidos de Mono Aullador Rojo. Las zonas pintadas de amarillo, que corresponden a picos de mayor amplitud en correlación, son detecciones positivas de aullidos de monos.

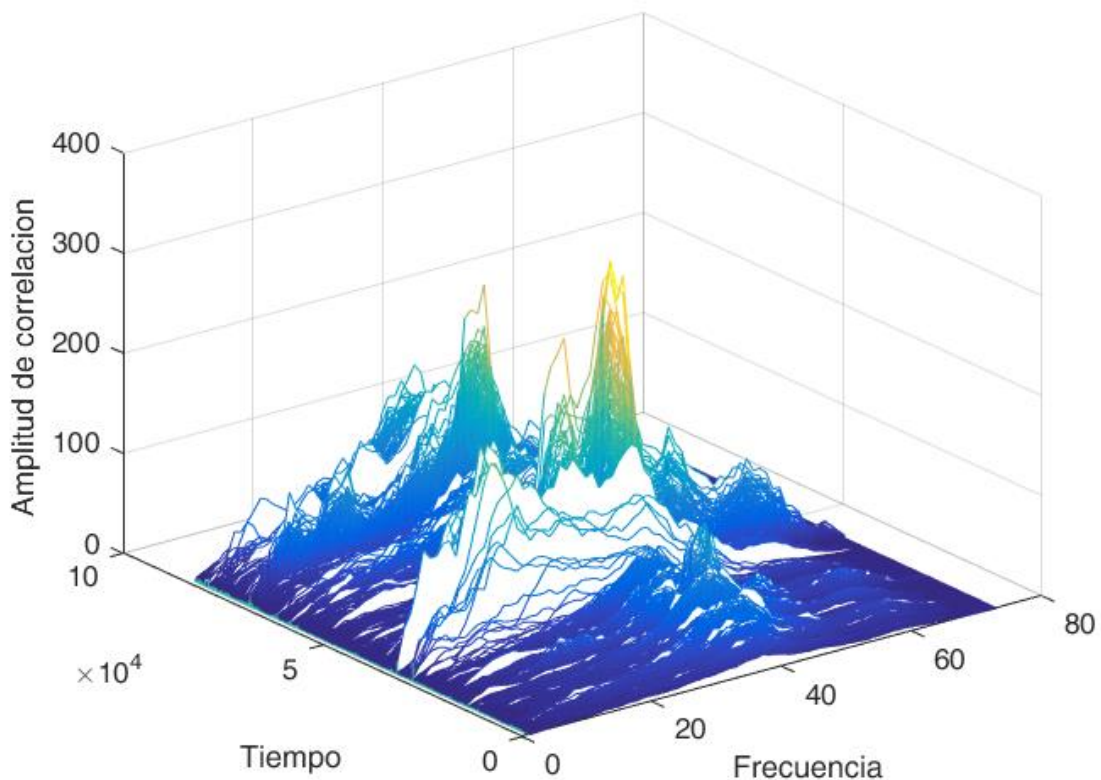


Fig. 7. Amplitud de correlación espectral entre plantilla y audio que contiene aullidos de mono. Las zonas amarillas corresponden a las detecciones.

5. Conclusiones

En este artículo se han presentado dos trabajos realizados al Instituto de Biología Subtropical (CONICET – UNaM) en los cuales se han utilizado las herramientas y conocimientos de la ingeniería electrónica, particularmente el procesamiento digital de señales, para brindar una solución práctica, concreta y efectiva a problemas presentados en un área tan ortogonal a la ingeniería, como lo es la biología de la conservación. Mediante el uso de las herramientas de procesamiento digital de señales, se han podido procesar más de 20.000 horas de audio, que son más de 700 días, en poco más de dos meses de trabajo. Esto permitió a los biólogos encargados de la conservación del Yaguareté y el Mono Aullador rojo, ambas especies amenazadas de extinción, trabajar de manera eficiente y concentrarse en las medidas prácticas para su conservación en lugar de destinar una enorme cantidad de tiempo, recursos y energía en escuchar toda esa cantidad de información. Quedó en manifiesto que los aportes de un ingeniero en electrónica pueden ser tan diversos como se quiera, y que la tecnología en el ambiente de la conservación natural es una herramienta fundamental y cada día más necesaria.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido llevado a cabo gracias al apoyo de la Facultad de Ingeniería y al departamento de electrónica. También, el autor agradece al Instituto de Biología Subtropical (IBS), al Proyecto Yaguareté y a la Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico – CEIBA por la confianza brindada a Wildlife Sensor y la posibilidad de contar con sus bases de datos para la realización de estos trabajos.

Referencias

- [1] Gobierno de la Provincia de Misiones, Ministerio de Ecología y RNR, “Monumentos Naturales,” 2012. [Online]. Available: <http://www.ecologia.misiones.gov.ar/ecoweb/index.php/anp-descgen/clasificacion/monumentos-naturales>.
- [2] Gobierno de la Provincia de Misiones; Ministerio de Ecología., “Sistemas de Areas Naturales Protegidas (SANP),” 2017. [Online]. Available: <http://www.ecologia.misiones.gov.ar/ecoweb/index.php/anp-descgen/sistema-de-areas-naturales-protegidas>.
- [3] Boletín Oficial: 3 de enero de 2019, “Ley 27494 – Declaración a la provincia de Misiones Capital Nacional de la Biodiversidad,” de Enero-2019. [Online]. Available: <http://argentinambiental.com/legislacion/nacional/ley-27494-declaracion-la-provincia-misiones-capital-nacional-la-biodiversidad/>.
- [4] Agustín Paviolo, Anne Sophie Bertrand, Angel Caradonna, Apolonio Rodrigues, and Carlos De Angelo, *Plan de Acción para la Conservación de la Población de Yaguareté (Panthera onca) del corredor Verde de Misiones*. Puerto Iguazú: Comisión de conservación del yaguareté de la Selva Paranaense, 2011.
- [5] “The IUCN Red List of Threatened Species,” *IUCN Red List of Threatened Species*. [Online]. Available: <https://www.iucnredlist.org/en>. [Accessed: 24-Jul-2019].
- [6] Wildlife Acoustics, “Song Meter SM4,” *The smallest and lightest dual-channel weatherproof acoustic recorder available*, 2017. [Online]. Available: <https://www.wildlifeacoustics.com/products/song-meter-sm4>.
- [7] De Almeida, Gonzalo and Kelm, Marcelo, “Detección de Disparos de Armas de Fuego en Ambientes Selváticos,” Tesis de Grado, Universidad Nacional de Misiones - Facultad de Ingeniería, Oberá, 2017.
- [8] De Almeida, Gonzalo, Kelm, Marcelo, Moya Sergio, and Korpys Ricardo, “Detección de Disparos de Armas de Fuego en Ambientes Selváticos,” *9º Encuentro Grupo Latinoamericano de Emisión Acústica - GLEA*, 2017.

- [9] Sergio Moya, Javier Kolodziej, Julia Martinez Pardo, and Juan Pablo Gross, “Algoritmo de Detección Off-line de Disparos de Arma de Fuego en Audio,” presented at the ARGENCON 2018, Tucumán - Argentina, 2018.
- [10] Sergio Moya, Javier Kolodziej, and Julia Martinez Pardo, “Algoritmo de Detección Off-line de Disparos de Arma de Fuego en Audio,” *ARGENCON 2018*, Jun. 2018.
- [11] Carlos Bajura, Gustavo Bazante, Sergio Moya, and Ricardo Korpys, “Equipo de Grabación de Audio Autónomo para Estudios Biológicos en Ambientes Selváticos,” *Jornadas de Investigación Desarrollo Tecnológico Extensión y Vinculación 2018*, Agosto-2018.