

Algoritmo de Detección Off-line de Disparos de Arma de Fuego en Audio

Sergio Moya^{1, #1}, Javier Kolodziej^{#1}, Julia Martínez Pardo^{#2}, Juan Pablo Gross^{#1}

^{#1}Universidad Nacional de Misiones; Facultad de Ingeniería; Instituto de Materiales de Misiones (IMAM); UNaM - CONICET.
Oberá, Misiones, Argentina

^{#2} Universidad Nacional de Misiones; Instituto de Biología Subtropical (IBS); UNaM - CONICET

¹ sergiomoya@fio.unam.edu.ar

Abstract— Poaching is one of the biggest problems that face up species in extinction risk in the Misiones province, such as the Jaguar (*Panthera onca*), Harpy Eagle (*Harpía harpyja*) and the Tapir (*Tapirus terrestris*). In this work, an algorithm for gunshot identification in forest audio acquired with Wildlife Acoustic SM4 professional recorders is presented. Based on the frequency analysis of acoustic emission of gunshots from different types of gun, the proposed algorithm filters the signal, amplifies impulses and, finally, through adaptive thresholding, signal segments compatible with gunshots are identified. Results obtained from more than ten hours of real signal recordings show that the proposed algorithm allows the analysis of a lot of information in a fast way and that it is possible to detect poaching events at distances up to one kilometer for some guns.

Resumen— La caza furtiva es uno de los mayores problemas que enfrentan especies en riesgo de extinción en la provincia de Misiones, como el Yaguareté (*Panthera onca*), el Águila Harpía (*Harpía harpyja*), y el Tapir (*Tapirus terrestris*). En este trabajo se presenta un algoritmo capaz de identificar disparos provenientes de armas de fuego accionadas en ambientes selváticos inmersos en archivos de audios adquiridos con equipos profesionales de grabación SM4 de Wildlife Acoustic. En base al análisis frecuencial de la emisión sonora de disparos de distintos tipos de armas de fuego, el algoritmo propuesto realiza un filtrado de la señal, una amplificación de impulsos y, finalmente, mediante una etapa de umbralización adaptativa, se identifican segmentos de audios compatibles con disparos. Los resultados obtenidos en base a más de 10 horas de grabaciones reales muestran que el uso del algoritmo propuesto permite analizar gran cantidad de información de manera rápida y que es posible detectar eventos de caza furtiva a distancias próximas a un kilómetro para algunos calibres de arma.

I. INTRODUCCIÓN

La preservación del medio ambiente es uno de los pilares fundamentales para todo desarrollo social sustentable, fundamentalmente en ambientes ricos en biodiversidad y sensibles a la actividad humana, como por ejemplo, la provincia de Misiones (Argentina). Misiones posee su superficie geográfica cubierta mayormente por bosque Atlántico [1], en particular Selva Paranaense. Esta selva es una de las ecorregiones de mayor diversidad biológica del mundo [2], figurando como Nivel 1 en la escala de prioridad de conservación de ecorregiones en Latinoamérica [3]. De manera paralela, Misiones posee la mayor biodiversidad de todo el país [3, 4], y alberga 14 especies de animales declaradas Monumento Naturales de Fauna y 10 especies de árboles declaradas Monumento Natural de Flora por el

Ministerio de Ecología y Recursos Renovables de la provincia de Misiones [5]. Muchas de estas especies están catalogadas en peligro crítico de extinción [6], su distribución está restringida en la provincia de Misiones y poseen condiciones de ser perseguidas por el hombre por su caza y/o comercialización. En particular, el Yaguareté (*Panthera onca*) es una de las especies emblemáticas y mayormente amenazadas de la provincia y de toda Argentina. Hoy en día, gran parte de las poblaciones de yaguareté se encuentran gravemente amenazadas y, en la región del Bosque Atlántico, las poblaciones remanentes de esta especie necesitan de medidas urgentes para su conservación [7]. Haciendo frente a la situación actual del yaguareté en Misiones, en el año 2011 se redactó el Plan de Acción para la Conservación de la Población de Yaguareté del Corredor Verde de Misiones [8] en donde se cita como principal amenaza hacia el yaguareté a la caza directa y en tercer lugar a la baja disponibilidad de presas, lo cual también está vinculado directamente a la caza furtiva. En base a esto, el Proyecto Yaguareté (ONG CeIBA) realiza constantes estudios sobre la caza furtiva en diversos sectores de la provincia de Misiones, para lo cual, una de las herramientas utilizadas es la detección de disparos de armas de fuego, obtenidas mediante grabadores remotos SM4 de la marca Wildlife Acoustics, colocados en diferentes localizaciones del área de estudio. El principal problema de esta técnica es el tiempo necesario (por una, o un grupo de personas) para escuchar los audios e identificar los disparos, el cual puede llegar a ser de miles de horas. Una de las soluciones a esto consiste en el procesamiento digital de los audios mediante software específicos con la finalidad de ayudar a la detección de disparos. Si bien existen algunos softwares comerciales disponibles [9], éstos solo provee herramientas de procesamientos de ruidos, visualización y clasificación de patrones aplicado a vocalización de fauna.

En base a lo antes expuesto, en el presente trabajo se muestran los resultados de un algoritmo programado en Matlab® cuya finalidad es la detección automática de disparos de armas de fuego en grabaciones de audio realizadas en ambientes selváticos. Dicho algoritmo está basado en el diezmo, filtrado y umbralización dinámica de las señales de audio. Utilizando tanto grabaciones de los equipos remotos SM4 en ambientes selváticos de la provincia de Misiones y facilitadas por el Instituto de Biología Subtropical (IBS) de CONICET y la ONG CeIBA, como así también las grabaciones de disparos de diversos calibres de armas provistas por el Instituto Tecnológico de Costa Rica y publicadas en [10] se evalúa el algoritmo ante

audios sintetizados y más de 10 horas de audios reales, mostrando que el sistema es capaz de reportar la presencia de disparos en situaciones de mucho ruido ambiente y facilitar el procesamiento de gran cantidad de horas de grabación.

II. ANÁLISIS FRECUENCIAL DE UN DISPARO

La principal herramienta en la que se basa el algoritmo de detección de disparos es el filtrado de la señal utilizando un filtro del tipo pasabanda con frecuencias de paso correspondientes a las emitidas durante el disparo de arma de fuego. Para el correcto diseño del filtro primeramente se deben conocer las frecuencias en donde se concentra la mayor cantidad de potencia en el sonido proveniente del disparo de distintos calibres de armas. En la Fig. 1 se observa el espectro de disparos provocados por armas de diferentes calibres, disponibles en las grabaciones de [10].

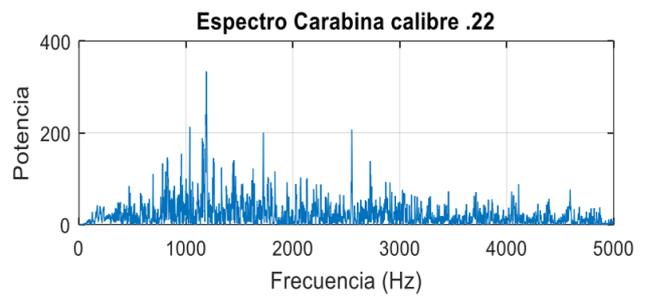
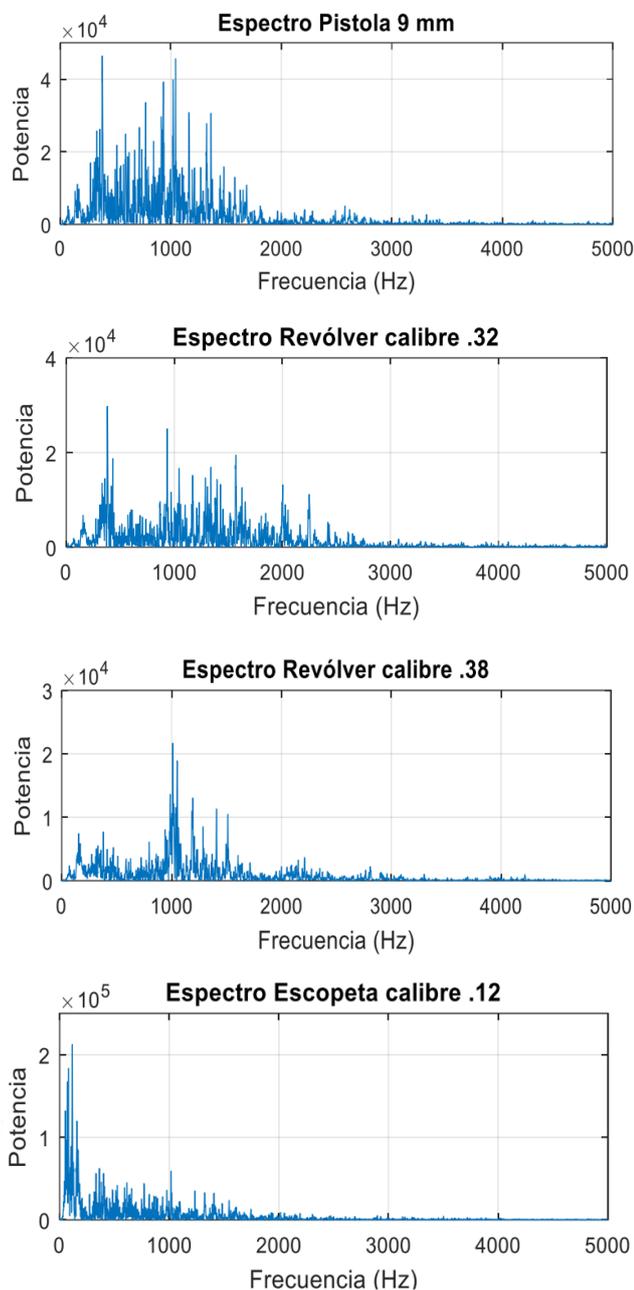


Fig. 1. Espectro del sonido proveniente del disparo de distintos calibres de armas.

Como se puede observar en la Fig. 1, cada tipo de calibre posee su ancho de banda particular, aunque todos ellos concentran la mayor parte de su potencia en algunos sectores comprendidos entre las frecuencias de 100 a 5.000 Hz. En particular, para los calibres 9 mm, .32 y .38 esta concentración se da en la banda de 350 a 1.500 Hz, aproximadamente. En el caso de un arma calibre .12 el estruendo concentra su potencia a menores frecuencias, aproximadamente entre los 100 y 600 Hz. El caso más particular es para el calibre .22, que al ser un arma de menor tamaño posee un estruendo con un espectro más esparcido y comprendido entre los 600 y los 3.000 Hz. En relación a la potencia emitida en el estruendo de cada calibre, puede verse que la pistola 9 mm, al igual que los calibres .32 y .38 son similares. La escopeta calibre .12 posee el estruendo más potente y finalmente la carabina .22 tiene un estruendo de potencia muy inferior al resto de las armas.

III. SISTEMA DE DETECCIÓN DE DISPAROS

El sistema de detección de disparos de armas de fuego presentado en este trabajo está basado en el procesamiento digital en Matlab[®] de la señal proveniente de equipos de grabación de audio colocados en la selva durante campañas de grabación. Estos equipos almacenan gran cantidad de horas de grabación en archivos estéreo y en formato wave de longitud programable, los cuales deben procesarse en búsqueda de disparos de armas de fuego efectuados en las cercanías del lugar donde se colocó el grabador. El esquema general del sistema se muestra en la Fig. 2.

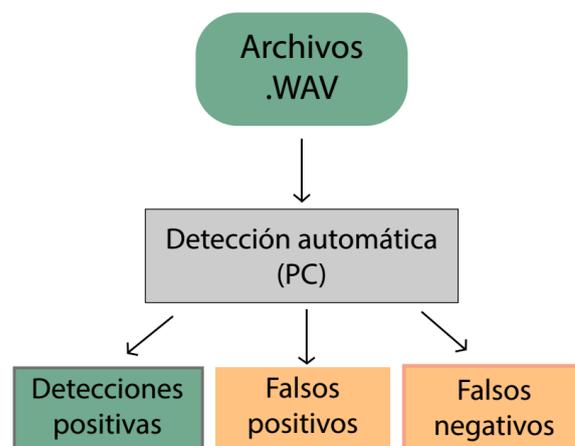


Fig. 2. Esquema general del sistema de detección de disparos en base a grabaciones de audio.

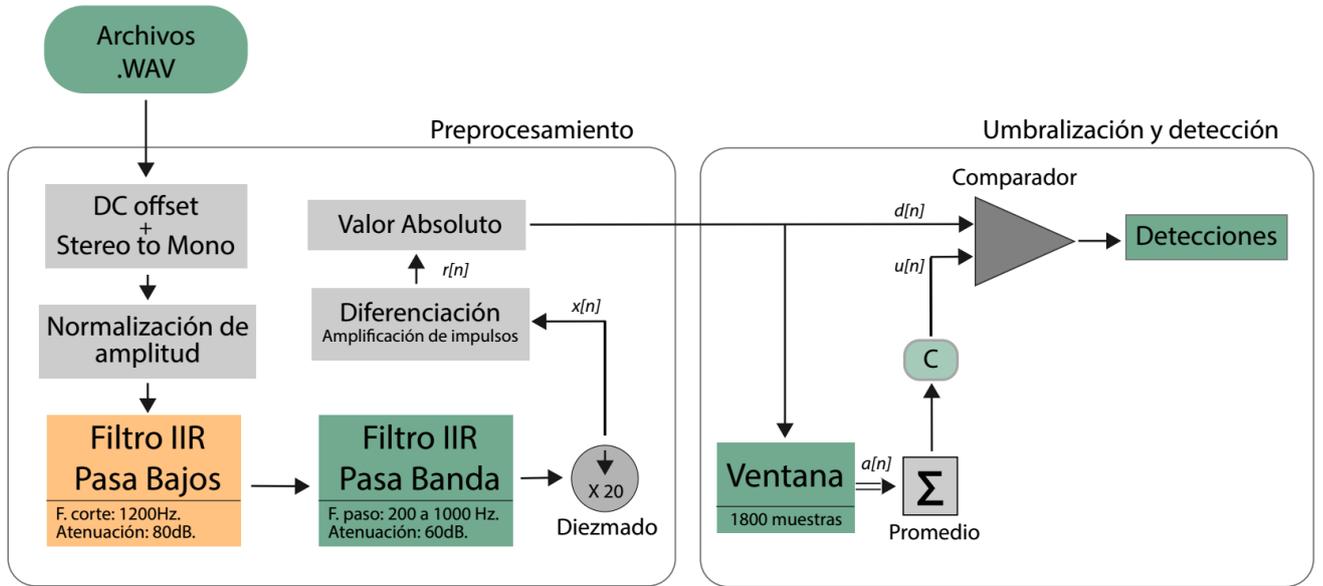


Fig. 3. Diagrama de bloques del algoritmo de detección de disparos utilizado.

Luego del procesamiento de la señal, el sistema reporta las detecciones efectuadas en los audios, las cuales pueden ser detecciones positivas, falsos positivos, o falsos negativos. Debido a que el objetivo principal del sistema de detección es acelerar o posibilitar el procesamiento de cientos de horas de audio en un tiempo razonable, los falsos positivos no son un problema debido a que pueden ser verificados a posterior. El principal inconveniente ocurre con los falsos negativos, es decir, disparos de armas de fuego presentes en los audios pero que no fueron detectados por el algoritmo, ya que su detección por una persona es muy poco probable teniendo en cuenta la gran cantidad de tiempos de grabación disponibles.

IV. ALGORITMO DE DETECCIÓN DE DISPAROS

La Fig. 3 muestra el diagrama de bloques del algoritmo de detección de disparos propuesto en este trabajo y basado en [11] e implementado en una PC de escritorio y el software Matlab®. Como se puede observar, el algoritmo recibe como variable de ingreso un archivo de audio estéreo en formato .wave proveniente de los equipos de grabación SM4 de Wildlife Acoustics. En la etapa de pre procesamiento, se realiza una extracción de componentes de continua y el pasaje a mono de la señal. Previo a las etapas del filtrado de la señal se realiza una normalización en amplitud y se ingresa la señal al primer filtro, el cual es del tipo pasa bajos y se encarga de eliminar todas las componentes de alta frecuencia que puedan generar falsas detecciones. Esta etapa es importante debido a que en los ambientes selváticos relevados existe una enorme cantidad de sonidos impulsivos y de gran amplitud en frecuencias superiores a los 2 KHz. Posterior al filtro pasa bajos, se filtra nuevamente la señal mediante un filtro pasa banda con frecuencias de corte inferior en 200 Hz. y superior en 1.000 Hz. Este filtro tiene la finalidad de dejar pasar solamente el ancho de banda correspondiente a la mayoría de los sonidos de disparos de arma de fuego, que como se ve en la Fig. 1,

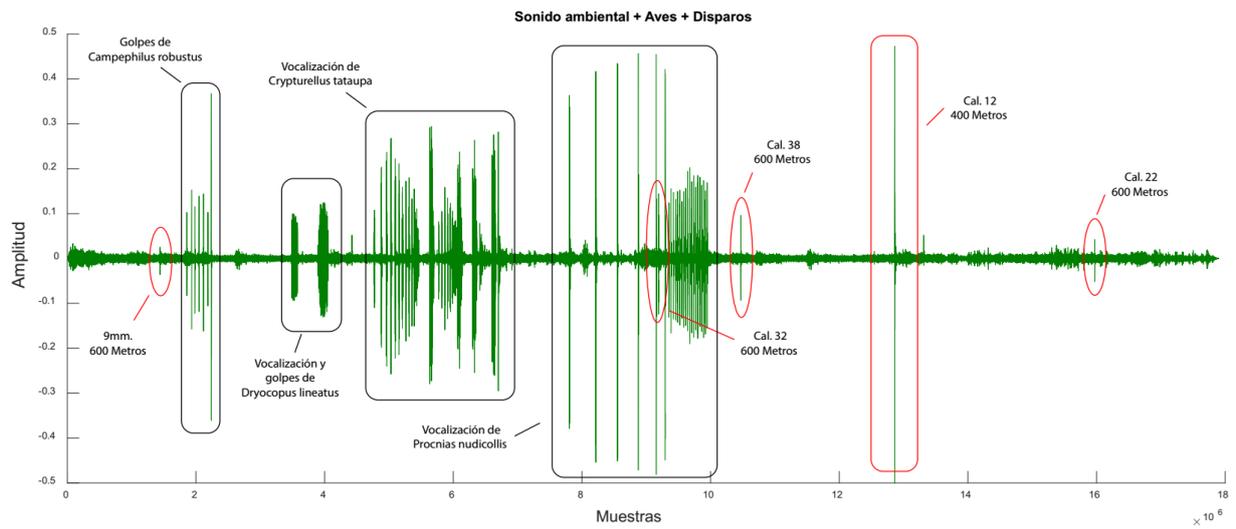
se encuentran en esta banda. A su vez, el segundo filtro digital atenúa aún más las altas frecuencias que puedan afectar la detección. El siguiente paso del algoritmo consiste en un diezmado de la señal por un factor de 20 con la finalidad de aumentar la velocidad del procesamiento. Posterior a esto, se realiza un proceso de diferenciación de la señal con el objetivo de amplificar los eventos del tipo impulsivo, facilitando de este modo la posterior detección de los disparos. Esta etapa consiste en una diferenciación de primer orden expresada en (1).

$$r[n] = x[n+1] - x[n] \quad (1)$$

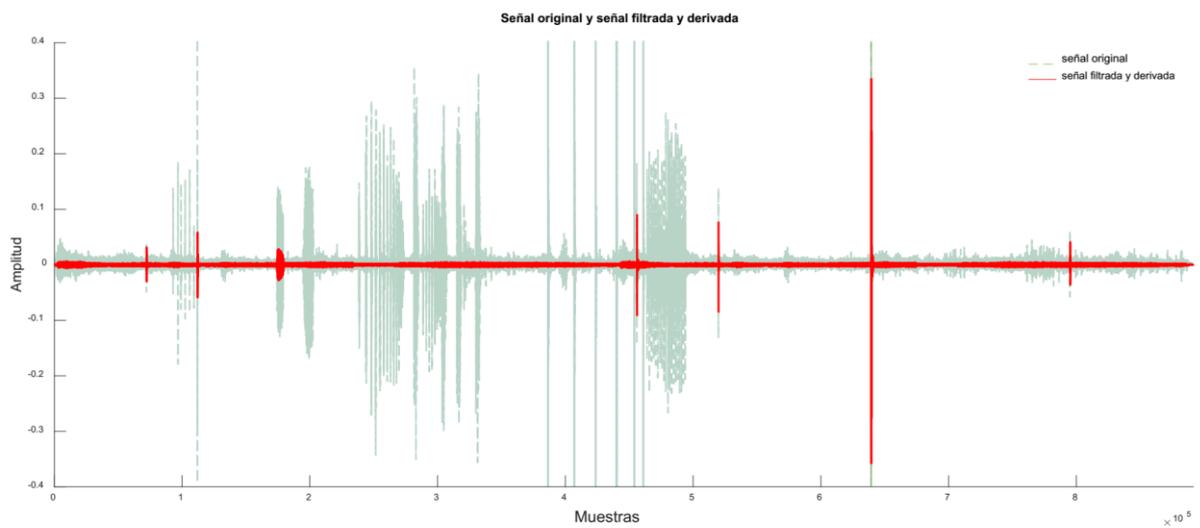
donde $r[n]$ representa la señal de salida del bloque de diferenciación y $x[n]$ su entrada. Seguidamente de la diferenciación, se calcula el valor absoluto de la señal para de esta forma ingresar a la etapa de umbralización y detección. La umbralización consiste básicamente en una ventana móvil del tipo FIFO (*first in – first out*) y de “M” muestras a la cual se le calcula el promedio ponderado por una constante experimental “C” y definida en función al tamaño de la ventana. Debido a que la ventana modifica su promedio muestra a muestra, la señal $u[n]$ es un valor variable con el tiempo, y representa el umbral dinámico utilizado para compararlo con la señal $d[n]$ (ver Fig. 3). Matemáticamente el umbral dinámico se calcula como:

$$u[n] = C \sum_{k=\frac{M}{2}-1}^{\frac{M}{2}+1} |a[n]| \quad (2)$$

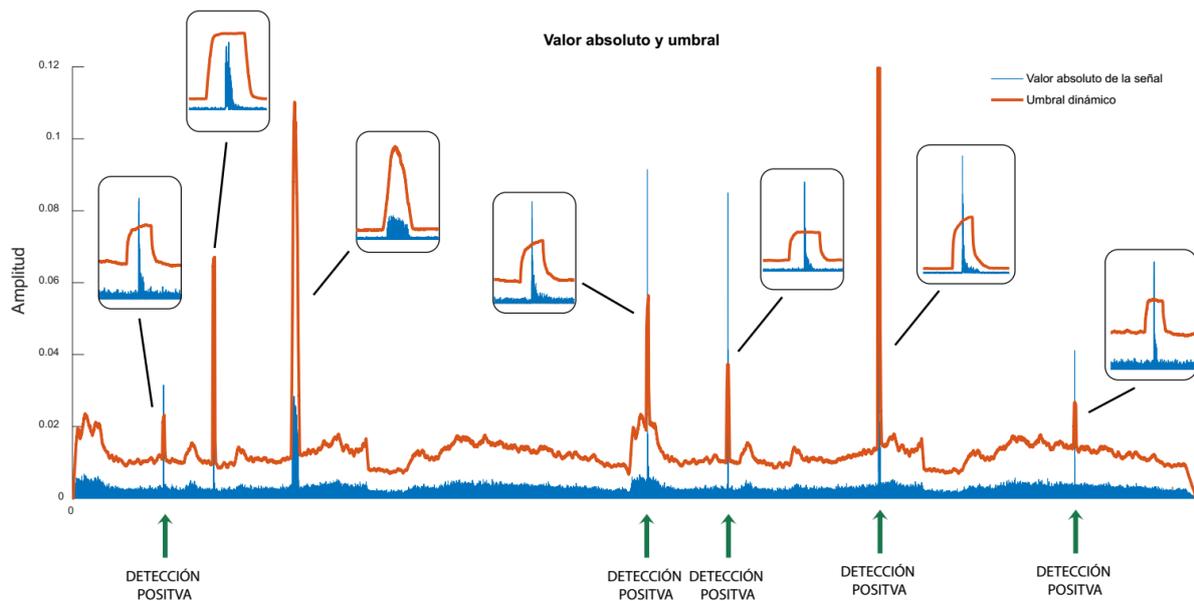
Donde $a[n]$ es la señal a la salida de la ventana. Finalmente, de la comparación muestra a muestra de la señal $d[n]$ con $u[n]$ resultan las detecciones del algoritmo, es decir, cuando el valor de señal ($d[n]$) supera al umbral de ese momento, se genera una detección positiva.



a)



b)



c)

Fig. 4. Representación de las señales importantes del algoritmo de detección de disparos. a) Señal sintetizada de ruido de ambiente selvático más vocalización de aves del tipo impulsivo y disparos. b) Señal original contrastada con señal filtrada y derivada. c) Señal con el umbral calculado donde se observan las detecciones en los casos de los disparos.

V. RESULTADOS CON SEÑALES SINTETIZADAS

Para evaluar la efectividad y robustez del algoritmo de detección de disparos, se sintetizó una señal de audio simulando las peores condiciones de funcionamiento posibles que puedan ocurrir durante las grabaciones reales. Estas condiciones pueden ser, por ejemplo, la vocalización de aves cuyos cantos son particularmente impulsivos y se encuentren muy próximas a los micrófonos, lluvia, rotura de gajos, golpes en troncos secos de pájaros carpinteros de gran tamaño, etc. Para simular estas situaciones, se hizo uso de grabaciones del ambiente selvático en donde se mezclaron sonidos de cantos de aves, lluvia, y demás eventos del tipo impulsivo que puedan afectar las detecciones. A su vez, en base a [10] se mezclaron sonidos de disparos de armas de distintos calibres y a distintas distancias con el objetivo de determinar la capacidad del algoritmo de diferenciar aquellos eventos impulsivos propios de los sonidos selváticos de aquellos provenientes de disparos de armas de fuego.

La Fig. 4a muestra la forma de onda de una señal de audio de aproximadamente 7 minutos de duración en donde a simple vista se pueden observar diversos eventos impulsivos, los cuales en el mayor de los casos son debidos a vocalizaciones de aves y en menor medida a disparos de armas de fuego. En total hay 5 disparos ocurridos a distintas distancias (aproximadas) y de calibres 9mm, 22, 12, 32 y 38. En la Fig. 4b se puede observar la forma de onda de la señal original (en el fondo) superpuesta por la señal filtrada y derivada es decir $r[n]$ (Fig.3), en donde se aprecia con claridad como gran parte de los impulsos provenientes de cantos de aves fueron eliminados, restando solamente

aquellos eventos impulsivos provenientes del disparo de un arma de fuego y algunas vocalizaciones de aves como el caso del Carpintero Garganta Estriada (*Dryocopus lineatus*), cuya vocalización es potente y con contenido en la banda de frecuencias de paso del filtro IIR pasa banda. En particular, debe notarse el caso del golpe en madera del Carpintero Grande (*Campephilus robustus*) el cual no es filtrado e incluso es amplificado por la etapa de derivación. Es interesante notar el caso de la vocalización del Pájaro Campana (*Procnias nudicollis*), una de las aves de vocalización más potente e impulsiva de la avifauna Argentina. Muy próxima a una de sus vocalizaciones se mezcló el sonido de un disparo del calibre 32 efectuado aproximadamente a 600 metros. Como se puede observar en la Fig. 4b, todas las vocalizaciones de *Procnias nudicollis* fueron filtradas, dejando solamente el evento impulsivo correspondiente al disparo.

En la Fig. 4c se observa el valor absoluto de la señal superpuesta por el umbral dinámico $u[n]$, efectuándose detecciones positivas en aquellos casos en que la señal sobrepase el umbral. Como se puede ver, el algoritmo detecta correctamente todos los disparos presentes en el audio, descartando aquellos impulsos debido a la vocalización de aves o el golpe en maderas de los pájaros carpinteros.

En la Fig. 5a se muestra la forma de onda de 5 minutos de grabación de audio real obtenida en ambiente selvático en horas de media mañana y en donde se mezclaron dos disparos a 600 y 800 metros aproximadamente. Se puede observar que existen gran cantidad de eventos impulsivos de distintas amplitudes.

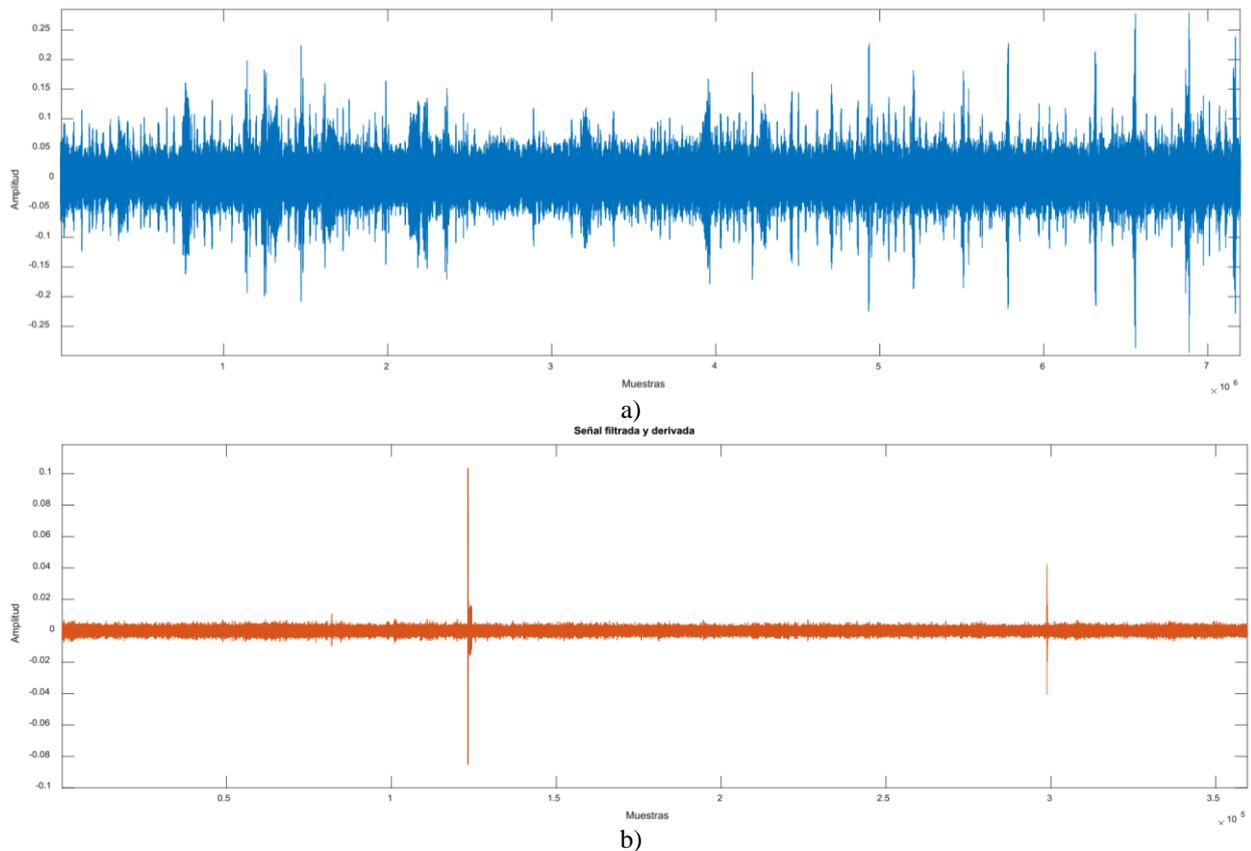


Fig. 5. Señal de audio real con dos disparos mezclados. Superior: Señal sin procesar. Inferior: señal procesada. El primero de los disparos corresponde a un rifle calibre 12 a 800 metros aproximadamente y el segundo una 9mm a 600 metros.

Estos eventos impulsivos son mayormente debidos a la vocalización de diversas especies de aves. En la Fig. 5b se puede observar la señal procesada, en la que se han eliminado la mayor parte de los impulsos debido a la vocalización de aves y solamente se aprecian los dos impulsos debidos a los disparos de las armas de fuego, y su detección mediante la etapa de umbralización es sencilla. Debe notarse que estos eventos impulsivos provenientes de los disparos y que se ven claramente en la Fig. 5b se encuentran prácticamente absorbidos por el ruido ambiente en la señal original (Fig. 5a).

VI. RESULTADOS CON SEÑALES REALES

Una vez conocido que el desempeño del algoritmo de detección de disparos es adecuado incluso en situaciones extremas de ruido ambiente, el sistema de detección se evalúa utilizando grabaciones reales obtenidas durante campañas de grabación en reservas naturales de la provincia de Misiones por parte del Instituto de Biología Subtropical (IBS) de CONICET. Se procesaron aproximadamente 10 horas de grabación en total, las cuales están separadas en audios de 5 minutos de longitud y obtenidas en distintos horarios. La Tabla 1 detalla la cantidad de audios procesados mediante el algoritmo de detección de disparos como así también los horarios y tiempos de grabación en cada horario. Debe mencionarse que durante estas 10 horas de audio no existen disparos de armas de fuego.

Tabla I
Grabaciones procesadas

Madrugada	100 minutos
Media mañana	80 minutos
Siesta	100 minutos
Atardecer	150 minutos
Noche	75 minutos
Lluvia o tormentas	100 minutos

En la Fig. 6a se aprecia con claridad una señal de audio grabada en horas de la madrugada, horario en el cual la actividad animal (fundamentalmente de aves) es importante. Se puede ver que la cantidad y potencia de los eventos impulsivos grabados es importante, los cuales podrían traer inconvenientes a la hora de realizar la detección de disparos de armas efectuados en ese horario. Sin embargo, al aplicar el algoritmo, el resultado es óptimo, es decir, no se detectan disparos en toda la grabación. Esto se puede ver en la Fig. 6b, en donde se observa el umbral que permanece constantemente por encima de la señal, por más que existan momentos en donde la señal crezca bruscamente.

Otro ejemplo real es el mostrado en la Fig. 7. En ella se muestra la forma de onda de una grabación realizada en horas de la tarde y durante una tormenta.

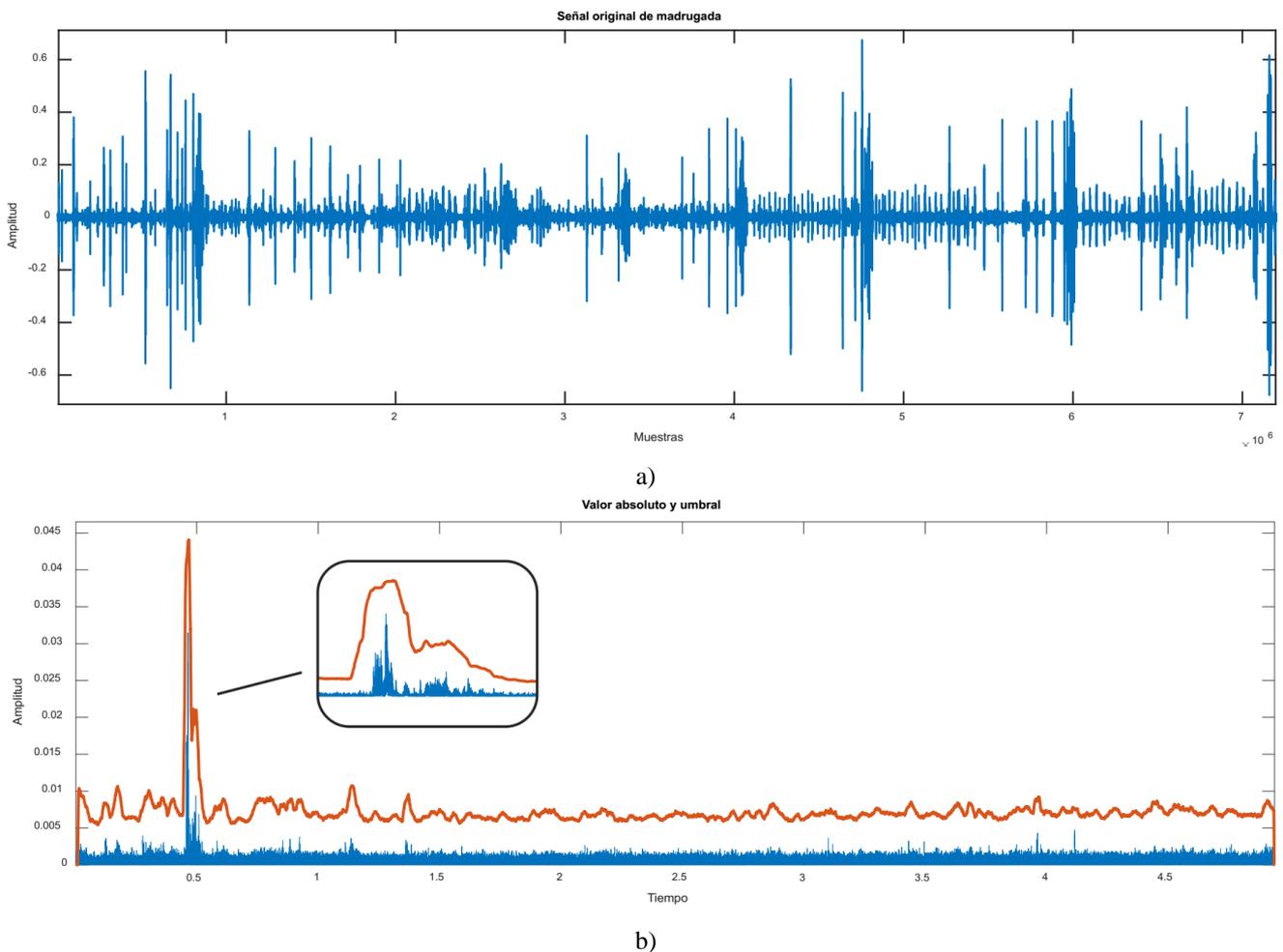


Fig. 6. Señal de audio real sin disparos mezclados. Superior: Señal sin procesar. Inferior: señal procesada y umbralizada (sin detecciones).

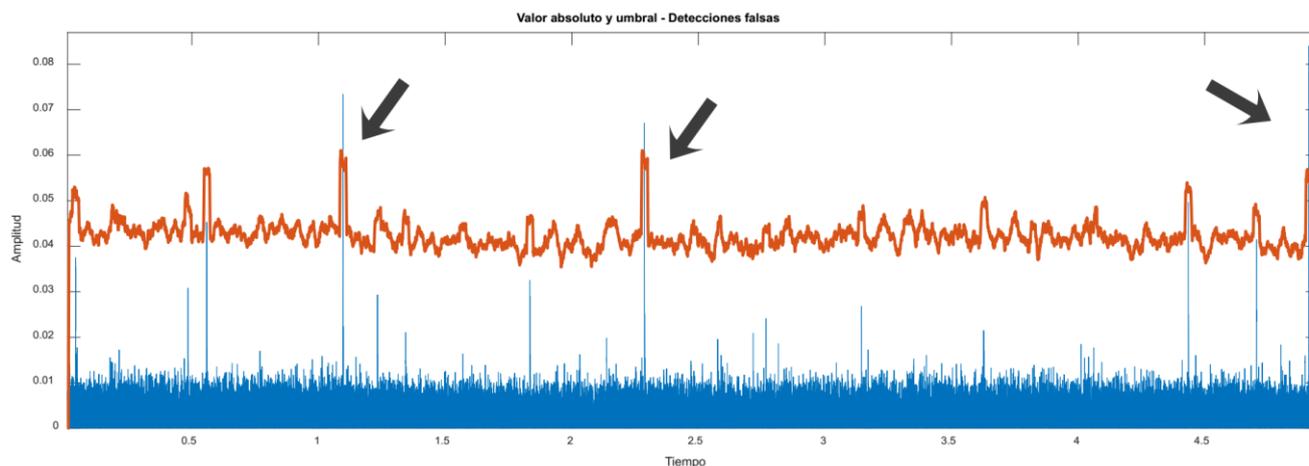


Fig. 7. Señal de audio real obtenida durante una tormenta. Se observan tres detecciones falsas que corresponden a caída de gotas sobre el micrófono.

Como se puede ver, indicado por las flechas de la Fig. 7, en este caso se detectan tres falsos positivos, los cuales se generan por la caída de gotas en el micrófono.

Una vez que se procesaron todos los audios de la Tabla I, el resultado del algoritmo otorgó 52 detecciones del tipo falso positivo, es decir, sonidos muy similares a disparos de armas de fuego pero que provienen de otras fuentes. De estas 52 detecciones erróneas, 28 fueron causadas por impactos sobre el micrófono, ya sea por gotas de agua o por insectos. El resto de las detecciones erróneas fueron causadas por diversas fuentes muy próximas al micrófono, como ser el vuelo de moscas u otros insectos, animales (posiblemente mamíferos) e incluso en algunos casos el viento proveniente del vuelo de aves que aparentemente se posaron sobre el equipo de grabación.

Respecto a detecciones positivas de disparos, el sistema no reportó ninguna, lo cual es correcto ya que como se mencionó anteriormente, en ninguna de las grabaciones analizadas se escucharon disparos de armas de fuego. De igual manera, el número de falsos negativos fue nulo.

VII. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un sistema de detección de disparos de arma de fuego en ambientes selváticos basado en un algoritmo de procesamiento digital de señales compuesto principalmente por dos etapas de filtrado y una umbralización dinámica de la señal proveniente de micrófonos colocados en la selva. El objetivo del diseño de este sistema es facilitar la detección de los disparos en grabaciones de audio que pueden tener decenas de horas de longitud.

En primer lugar, el funcionamiento del algoritmo se verificó utilizando una señal de audio sintetizada en la cual se exageraron todos los eventos audibles que puedan generar falsas detecciones, como ser vocalizaciones de especies de aves particulares, golpes en madera de pájaros carpinteros, viento y lluvia. Además, en dicho audio se mezclaron disparos de 5 calibres distintos de arma efectuados a distancias que rondaron entre los 400 a 600 metros. En esta prueba, el algoritmo de detección fue capaz de filtrar todos los eventos impulsivos que no correspondían a disparos y detectar de manera correcta todos los disparos

de la grabación, mostrando así un funcionamiento robusto ante los sonidos ambientales que pueden ocurrir en la selva.

En caso de las grabaciones reales, las mismas fueron obtenidas utilizando grabadores remotos del tipo SM4 de Wildlife Acoustics, los cuales generan archivos .wave estéreo de 5 minutos de longitud. En total se procesaron más de 10 horas de grabación obtenidas a distintos horarios, tanto de día como de noche y en las cuales se verificó que no existen disparos reales de cazadores furtivos. Como resultado, el sistema de detección reportó 52 detecciones, por lo que éstas corresponden a falsos positivos. Estas detecciones fueron causadas mayormente en momentos de lluvia o tormenta y fueron debido al impacto de gotas de agua en los micrófonos, lo cual puede ser fácilmente corregido in situ. Si bien 52 detecciones falsas pareciera éste ser un número elevado, debe tenerse en cuenta que las mismas pueden ser verificadas por una persona en un tiempo muy inferior al que tomaría escuchar las 10 horas de grabación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es posible gracias al aporte de los audios y colaboración del Instituto de Biología Subtropical (IBS) de la ciudad de Iguazú (Misiones) y dependiente del CONICET, Asociación Civil Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico (CeIBA) y al Proyecto Yaguareté (CeIBA). Observatorio de Biodiversidad del Bosque Atlántico, Proyecto de Unidades Ejecutoras (PUE) financiado por CONICET. También se agradece al Instituto Tecnológico de Costa Rica, particularmente al Dr. Ing. Alfonso Chacon Rodriguez por facilitarnos las grabaciones de disparos referenciada en este trabajo. A su vez se agradece a la Facultad de Ingeniería de Oberá (Misiones) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

REFERENCIAS

- [1] Fabiana Escobar, "Zonificación Preliminar Parque Provincial Puerto Península," Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, 2010.
- [2] D. M. Olson, Dinerstein, E., "The Global 200: Priority ecoregions for global conservation," *Annals of the Missouri Botanical Garden*, vol. 89, pp. 199-224, 2002.

- [3] Planificación De Las Áreas Protegidas Del Núcleo Norte De La Provincia De Misiones. (2010). *Plan de manejo del Parque Provincial Puerto Península*. Available: <http://www.losquesevan.com/plan-de-manejo-del-parque-provincial-puerto-peninsula.1517c>
- [4] World Wildlife Fund. (2002). *The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation*. Available: <https://www.worldwildlife.org/publications/the-global-200-priority-ecoregions-for-global-conservation>
- [5] Ministerio De Ecología Gobierno De La Provincia De Misiones. (2012). *Monumentos Naturales*. Available: <http://www.ecologia.misiones.gov.ar/ecoweb/index.php/anp-descgen/clasificacion/monumentos-naturales>
- [6] Juan Carlos Chebez, *Los que se van*. Buenos Aires: Ed. Albatros, 2010.
- [7] Agustín Paviolo, Carlos De Angelo, Katia M. P. M. B. Ferraz, *et al.*, "A biodiversity hotspot losing its top predator: The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America," *Scientific Reports*, vol. 6, p. 37147, 2016.
- [8] Subcomisión Selva Paranaense Para El Plan Estratégico Nacional De Conservación Del Yaguareté. Plan de Acción para la Conservación de la Población de Yaguareté (*Panthera onca*) del Corredor Verde de Misiones [Online]. Available: <http://proyectoyaguarete.com.ar/plan-de-accion/>
- [9] Wildlife Acoustics, "Kaleidoscope Pro Analysis Software," ed.
- [10] N. Hernández, P. Alvarado, and M. G. Sáenz, "Collection of gun and chainsaw sounds in a tropical forest - CD ROM," *Escuela de Ingeniería Electrónica Instituto Tecnológico de Costa Rica*, 2006.
- [11] De Almeida Gonzalo, Kelm Marcelo, Moya Sergio, *et al.*, "Detección de Disparos de Armas de Fuego en Ambientes Selváticos," presented at the Congreso Regional de Inicialización Científica y Tecnológica en Ingeniería, Brasil, 2017.