

NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA VIEJOS TRABAJOS. USO DE GRABADORES AUTOMÁTICOS PARA LA DETECCIÓN Y CENSO DE ESPECIES RARAS Y AMENAZADAS. EL CASO DE LA ALONDRA RICOTÍ EN LLEIDA Y OTRAS POBLACIONES PEQUEÑAS.

INFORME FINAL

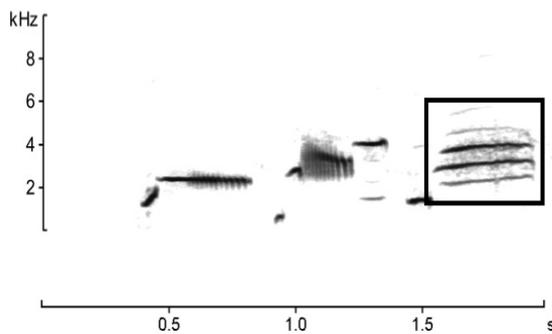
Noviembre 2017

Traba, J.^{1*}; Pérez-Granados, C.¹; Bota, G.²; Giralt, D.²; Albarracín, J.L.²

1 Grupo de Ecología Terrestre. Universidad Autónoma de Madrid (TEG-UAM). c/ Darwin, 2. 28049. Madrid

2 Grup de Biologia de la Conservació (Àrea de Biodiversitat). Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Crta. de Sant Llorenç de Morunys, km. 2. 25280 Solsona

* Investigador Principal



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	5
3. FASE I. TESTADO DE DIFERENTES EQUIPOS DE GRABACIÓN	7
3.1. Sistemas de grabación analizados	7
3.2. Pruebas de campo realizadas	8
3.3. Análisis de las grabaciones	10
3.4. Resultados y discusión de la FASE I	13
3.5. Conclusiones sobre el equipo seleccionado	16
4. FASE II. DISEÑO Y PREPARACIÓN DE LOS EQUIPOS AUTÓNOMOS DE GRABACIÓN	18
5. FASE III PRUEBAS EN CAMPO DEL EQUIPO AUTÓNOMO RECotí	20
5.1. Descripción del procedimiento	20
5.2. Conclusiones sobre la Fase III	22
6. FASE IV. ANÁLISIS EN GABINETE DE LAS GRABACIONES	24
6.1. Capacidad de estimación de abundancia de alondra ricotí mediante el uso de grabadoras	24
6.2. Definir patrones de canto de la especie (tasas de canto, tiempo de canto, etc.) en función de la densidad de la especie, así como tasas de esfuerzo (curvas de tiempo acumulado) para la determinación fiable de la presencia de la especie	26
7. CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO	27
8. REFERENCIAS	28
ANEXO 1. MANUAL DE UTILIZACIÓN DEL EQUIPO AUTÓNOMO DE GRABACIÓN RECotí	31
ANEXO 2. PÓSTERS PRESENTADOS EN EL XXIII CONGRESO ESPAÑOL DE ORNITOLOGÍA (Badajoz, 2-5 de Noviembre de 2017)	32

1. INTRODUCCIÓN

El uso de grabadores automáticos se ha extendido enormemente en los últimos años como una ayuda en el seguimiento de fauna (Alquezar y Machado 2015, Heinicke et al. 2015, Reyes et al. 2017). Esta metodología requiere colocar uno o varios grabadores en el campo para que graben durante el tiempo de mayor interés, seguido del análisis de las grabaciones. Los grabadores automáticos son una alternativa viable y eficiente a los métodos de fauna tradicionales para aquellos animales que producen sonido, tanto si se desea describir la presencia de una determinada especie, estudiar patrones de selección de hábitat o incluso comunidades enteras (ver revisión sobre su aplicación en aves en Leach et al. 2016). Esta metodología subsana una serie de sesgos intrínsecos a los muestreos tradicionales, como son las diferencias entre los observadores en la detección y clasificación de los cantos (Cyr 1981), influencia de la presencia del observador en la actividad de canto o en el comportamiento de las especies a estudiar (Acevedo y Villanueva-Rivera 2006), así como variaciones diarias en la actividad de canto debido a oscilaciones en las condiciones climáticas, fase lunar, etc. (Bibby et al. 2000).

Algunas de las ventajas del uso de equipos de grabación para seguir la fauna salvaje es que es una técnica de seguimiento no invasiva, que permite el monitoreo continuo durante un gran número de días, así como crear un archivo permanente de las grabaciones para su posterior uso. Además, dado que no requiere la presencia *in situ* del observador es una herramienta especialmente útil para el estudio de fauna en zonas inaccesibles o inhóspitas (Hutto y Stutzman 2009), sitios donde la visibilidad es muy reducida (Reyes et al. 2017) o en aquellos casos donde es necesario realizar seguimiento a un gran número de áreas al mismo tiempo (Buxton y Jones 2012). Al no ser necesario la contratación de un gran número de expertos técnicos durante la primavera cuando su disponibilidad es menor, el uso de grabadores puede dar respuesta a este problema logístico sin suponer un coste extra (Mennill et al. 2012).

A pesar de la popularidad que han adquirido los grabadores automáticos en los últimos años, su uso posee una serie de desventajas que no pueden ser pasadas por alto. Especies escasas o con actividad vocal reducida pueden no quedar registradas, y sobre todo requieren una gran cantidad de tiempo, por parte de expertos, para realizar el análisis de las grabaciones (Hutto y Stutzman 2009). En este caso, el uso de técnicas y

programas desarrollados para identificar y clasificar de manera automática señales acústicas son necesarios para procesar las grabaciones obtenidas de manera eficiente (de Oliveira et al. 2015). Los equipos de grabación empleados hasta ahora para realizar seguimiento de fauna han diferido en su precio, sensibilidad, calidad, micrófonos utilizados, etc. (Venier et al. 2011, Rempel et al. 2013), lo que podría explicar en parte las diferencias encontradas en la efectividad de los mismos (Leach et al. 2016). No obstante, y a pesar de la importancia de conocer la efectividad de los diferentes grabadores automáticos, únicamente Rempel et al. (2013) han testado empíricamente la efectividad de seis sistemas de grabación diferentes, encontrando grandes diferencias en la sensibilidad o número de especies grabadas por cada sistema, independientemente de su precio. Yip et al. (2017) también analizaron las diferencias existentes en la detectabilidad de cuatro sistemas de grabación, pero no evaluaron la eficacia de los mismos ni presentaron resultados por separado para cada equipo.

Los grabadores son especialmente útiles para realizar seguimientos de avifauna que requieren de gran esfuerzo humano, especialmente cuando se trata de especies de distribución fragmentada y de detección limitada en el tiempo, como es el caso de la alondra ricotí (*Chersophilus duponti*). La especie presenta muy baja detectabilidad, dado su reducido periodo de canto (solo al amanecer, comenzando aproximadamente una hora antes de la salida del sol y con una duración máxima aproximada de 2 horas), y una distribución extremadamente fragmentada. Esto supone un importante esfuerzo de muestreo concentrado en períodos óptimos del calendario (primavera) y horario (máximo 2 horas de censo por día), lo que imposibilita que se pueda censar más de un parche o mancha de hábitat potencial por jornada. Así pues, en aquellas manchas de hábitat de pequeño tamaño, donde se desconoce si la especie está presente o, si lo hace, su población es muy reducida, la aplicación de la metodología de censo tradicional supone un esfuerzo de muestreo muy elevado, con frecuencia difícil de encajar en una única temporada de reproducción. Además, en situaciones de baja densidad es posible que la especie disminuya su frecuencia de canto, lo que dificulta aún más su detección, incluso mediante censos a pie. En estos casos, la aplicación de métodos de censos complementarios o, incluso alternativos, como el uso de grabadores, que permitan disminuir el esfuerzo de trabajo en campo pueden suponer un gran avance.

En este contexto se sitúa el proyecto “**Nuevas tecnologías para viejos trabajos. Uso de grabadores automáticos para la detección y censo de especies raras y amenazadas. El caso de la alondra ricotí en Lleida y otras poblaciones pequeñas**”, solicitado a la convocatoria del **Programa de Investigación y Conservación del Zoo de Barcelona** en el año 2016. Este proyecto pretendía el desarrollo de un método para determinar la presencia fiable de alondra ricotí mediante el uso de grabadoras automáticas, así como definir las curvas de esfuerzo muestral necesarias para determinar dicha presencia. Este documento corresponde al informe final de dicho proyecto, y en él se da cuenta del estado de la investigación al concluir el plazo de ejecución.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto se ha centrado en el **desarrollo de un método para determinar la presencia fiable** de alondra ricotí (y probablemente de otras especies de difícil o costosa detección), mediante el uso de grabadoras automáticas, así como definir las **curvas de esfuerzo muestral** necesarias para determinar dicha presencia. Adicionalmente, se pretendía **testar este sistema en poblaciones reales**, lo que podría permitir profundizar en la ecología reproductiva de la especie. Para ello se ha realizado una **comparación entre distintos modelos** de grabadoras disponibles en el mercado, y se ha comprobado cuál de ellas ha sido la más efectiva en cuanto a la detección del canto de la alondra ricotí. Además, se han realizado las correspondientes pruebas en campo que han permitido realizar el testado y la verificación de resultados en situaciones reales.

Los objetivos específicos del proyecto, y su grado de ejecución, han sido:

- Establecer la relación entre calidad, esfuerzo y coste para cada grabadora. **EJECUTADO 100%.**
- Desarrollo de un prototipo de grabadora automática que permita la detección de alondra ricotí (y otras especies) en campo, con el menor coste posible. **EJECUTADO 100%.**
- Describir un protocolo estandarizado para la detección y censo de alondra ricotí mediante el uso de grabadoras. **EJECUTADO 100%. EJECUTADO 100%.**

- Establecer el esfuerzo muestral necesario para determinar la presencia de la especie. **EJECUTADO 100%**.
- Determinar la capacidad de estimación de abundancia de alondra ricotí mediante el uso de grabadoras. **EJECUTADO 90%**.
- Definir patrones de canto de la especie (tasas de canto, tiempo de canto, etc.) en función de la densidad de la especie, así como tasas de esfuerzo (curvas de tiempo acumulado) para la determinación fiable de la presencia de la especie. **EJECUTADO 100%** en lo relativo a tasas de esfuerzo.

El desarrollo del proyecto no ha seguido cronológicamente los objetivos anteriormente expuestos, sino que se ha trabajado en cuatro fases temporales diferenciadas:

- FASE I. Testado de diferentes equipos de grabación, para seleccionar el equipo a utilizar en las siguientes fases. Esta Fase ha incluido pruebas de campo de los diferentes equipos.
- FASE II. Diseño y preparación de los equipos autónomos de grabación, a partir del seleccionado en la Fase I.
- FASE III. Pruebas en campo de los equipos autónomos.
- FASE IV. Análisis en gabinete de las grabaciones.

A continuación se exponen se exponen las diferentes fases cronológicas en las que se ha estructurado el proyecto y el presente el documento, así como los objetivos que se han ido cubriendo en cada una de ellas.

3. FASE I. TESTADO DE DIFERENTES EQUIPOS DE GRABACIÓN.

Durante la Fase I se ha desarrollado completamente el Objetivo 1. Establecer la relación entre la calidad, esfuerzo y el coste para cada grabadora. Esta Fase estaba dirigida a seleccionar el equipo a utilizar en las siguientes fases. Esta Fase ha incluido pruebas de campo de los diferentes equipos. El objetivo relacionado ha sido completado al 100%, permitiendo determinar un equipo adecuado para la realización de grabaciones autónomas en campo.

3.1. Sistemas de grabación analizados

Hemos testado la eficacia de cinco equipos de grabación (grabadores de aquí en adelante) cuyos costes (año 2016) oscilaron entre 8 y 1100 euros (Tabla 1). Estos equipos fueron Song Meter SM2, Olympus DM650, Sony ICD-P320, Sytech SY 1707 y USB - SK-001 (Tabla 1). A excepción del equipo Song Meter SM2, que es el equipo de mayor precio (Tabla 1), ninguno de los grabadores analizados posee autonomía, capacidad de programación ni las condiciones necesarias (estanqueidad) para que puedan funcionar de manera autónoma en campo (Fig. 1). Por ello, se realizaron las pruebas de campo que permitieran seleccionar el grabador más eficiente, a partir del cual crear un grabador automático útil a emplear en las fases siguientes (ver más adelante).

Tabla 1. Fabricante, algunas especificaciones técnicas y coste aproximado de los grabadores utilizados en este ensayo.

Modelo	Fabricante	Formato grabación	Capacidad de almacenamiento	Tiempo de grabación *	Programable	Precio aprox. (€)
Song Meter SM2	Wildlife Acoustics	WAV	4x32GB	185,2h	Si	1100
Olympus DM650	Olympus	MP3, varios	16GB	107h	Si	160
Sony ICD-P320	Sony	MP3	2GB	7h20'	Parcialmente	60
Sytech SY1707	Sytech	WAV, MP3	8GB	48h	No	35
USB-SK-001	QFRR009	WAV,MP3	<1GB	6h	No	8

* Considerando máximo almacenamiento y máxima calidad.



WildLife Acoustics Song Meter SM2



Olympus DM650



Sony ICD-P320



Syntech SY1707



USB SK-001

Figura 1. Imágenes de los equipos utilizados en las pruebas de comparación.

3.2. Pruebas de campo realizadas

Las pruebas de campo se desarrollaron durante la mañana del 24 de marzo de 2016 en el Tomillar de Alfés (Lleida, Cataluña), con objeto de trabajar en condiciones similares a las reales de censo (Fig. 2). El Tomillar de Alfés tiene una extensión aproximada de 128 hectáreas, 80 de las cuales están ocupadas por un tomillar (*Thymus vulgaris*, *Sideritis scordioides*, *Helianthemum* spp.), y alberga la única población de alondra ricotí en Cataluña.



Figura 2: Prueba de campo realizada en el Tomillar de Alfés en la que se testaron los cinco grabadores

Los cinco grabadores se colocaron a unos 50 cm sobre el suelo, y separados entre sí por unos 60 centímetros. Los grabadores registraron simultáneamente los playbacks emitidos desde nueve distancias diferentes (1 metro, 32 metros, 64 metros, 96 metros, 128 metros, 160 metros, 192 metros, 224 metros y 256 metros). Las pruebas se realizaron con un número reducido de especies cantando de fondo y un ligero viento que osciló entre 2-3 m/s durante la mañana de estudio. Las pruebas se repitieron tanto a favor como en contra del sentido en el que se emitían los playbacks, con el fin de determinar si el sentido en el que se emite el reclamo (sentido de emisión) influía o no en la eficacia de cada grabador.

El conjunto de cantos y reclamos de alondra ricotí utilizado en las pruebas (el reclamo, en adelante) consistió en una grabación real de alondra ricotí de 70 segundos de duración compuesta por 13 cantos de la especie. La grabación se reprodujo a través de un mp3 y un altavoz a una potencia similar a la emitida por la especie y de manera uniforme (mismo volumen y altura sobre nivel del suelo) en todas las distancias.

3.3. Análisis de las grabaciones

Las grabaciones obtenidas fueron analizadas a través de un software específico que permite aplicar un reconocedor digital que detecta la presencia de la especie, y que permite reducir hasta en un 90% el tiempo de análisis de las grabaciones. En este caso, el procesamiento de las grabaciones se realizó mediante el software *Song Scope* (Wildlife Acoustics Inc., Concord, MA, USA, <http://www.wildlifeacoustics.com>). Las grabaciones obtenidas a través de los sistemas SM2 y Sytech se obtuvieron en formato wav, mientras las grabaciones de las otras unidades se encontraban en formato mp3 y fue necesario una posterior transformación al formato wav, al ser éste el único reconocido por *Song Scope*. Para cada una de las grabaciones realizadas por cada grabador se creó un reconocedor digital único usando para ello el mismo número y tipo de cantos de la especie. En concreto se consideraron tres cantos grabados a 1 metro de distancia, dos cantos emitidos a 32 metros y uno a 64 metros, tanto a favor como en contra del sentido de emisión. No se consideraron cantos grabados a distancias mayores por que la mala calidad de las imágenes en el espectrograma podría dificultar la interpretación de los resultados. El parámetro más importante a tener en cuenta cuando se crean los reconocedores para testar su eficacia es el parámetro “*cross training*”. Este parámetro está considerado una medida útil de la eficacia del reconocedor creado para detectar el canto usado para su creación y muestra el promedio y desviación estándar del modelo creado. Un valor inferior al $< 50\%$ indica que el reconocedor creado podría no ser útil para detectar el canto deseado en una grabación (Wildlife Acoustics 2011). Para la creación de todos los reconocedores se pudieron usar al menos diez de los doce cantos de referencia, y en aquellos casos en los que no fue posible usar uno de dichos cantos (por ejemplo, porque un determinado canto no quedara registrado en la grabación o su calidad fuera muy baja) se seleccionó otro canto de similares características (misma distancia y sentido de la emisión), con el fin de reducir sesgos en la creación de los reconocedores. Los reconocedores se crearon siguiendo siempre la misma configuración donde el aspecto más importante fue restringir el ancho de frecuencia a la banda entre 2,000 y 5,000 kHz con el fin de eliminar el ruido de fondo y reducir la inclusión de cantos de otras especies, y así facilitar el posterior procesado (Waddle et al. 2009).

El canto de la alondra ricotí, y por tanto el reclamo empleado, consiste en una serie de notas discretas generalmente compartidas y repetidas en el mismo orden entre los

machos vecinos que finalizan con una secuencia característica de la especie descrita como ‘whee-ur-wheeee’ (Cramp 1988). Con el fin de simplificar los análisis los reconocedores fueron creados utilizando únicamente esta última nota (nota en adelante, Fig. 3), de la que había en total 13 por reclamo emitido a cada distancia.

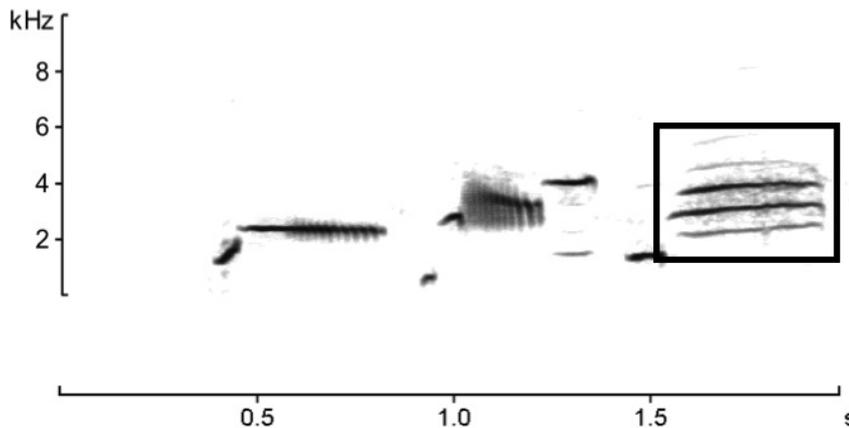


Figura 3. Sonograma de un canto típico de alondra ricotí. El rectángulo indica la parte del canto utilizada en el reclamo y empleada para crear el reconocedor, identificable en la mayoría de cantos de alondra ricotí.

Cada grabación fue escaneada con su propio reconocedor en *Song Scope*. Este escaneo produce una serie de eventos identificados que concuerdan con los cantos de ricotí según el modelo generado tras crear el reconocedor. Para cada grabador, distancia y sentido de emisión se registraron los siguientes valores:

1. Número total de eventos reconocidos (N total; Nt).
2. Número de cantos de alondra ricotí reconocidas (N éxito perfecto; Nep).
4. Número de eventos reconocidos que no coinciden con cantos de alondra ricotí (eventos en blanco, cantos de otras especies, etc.) (N fracaso; Nf).

Los datos obtenidos se emplearon para poder comparar la eficacia entre los distintos modelos de grabadoras. Las variables estimadas para dicha comparación fueron:

- Distancia máxima a favor y en contra del sentido de emisión a la que una grabadora es capaz de detectar notas de alondra ricotí (Dmax).

- Distancia máxima continua a favor y en contra del sentido de emisión a la que una grabadora es capaz de detectar notas de alondra ricotí de forma eficaz (Dmc). Hemos considerado como eficaz aquella distancia a la que siempre se ha detectado la especie en todas las distancias anteriores. Por ejemplo, si una grabadora ha detectado notas de alondra ricotí a 1, 32, 64, 96 y 160 metros, la distancia máxima eficaz es de 96, dado que la grabadora no detectó cantos a la distancia de 128 metros.
- Tasa de acierto (Ta), estimado como el número de notas de de alondra ricotí detectadas respecto al total de eventos reconocidos. Este cálculo se realizó para cada distancia y sentido de emisión, así como para el cómputo general de cada grabador.
- Tasa de éxito en la detección de cantos de cada grabadora (Te), estimado como el número de cantos de alondra ricotí detectadas respecto al total de cantos emitidos. Este cálculo se realizó para cada distancia y sentido de emisión, así como para el cómputo general de cada grabador.
- Tiempo empleado a lo largo de todo el proceso de análisis de cada grabación.

Con el fin de estimar de manera objetiva la eficacia de cada uno de los grabadores empleados a cada distancia y sentido de emisión se les otorgó las siguientes puntuaciones:

- 3 puntos si se detectó más del 50% de cantos emitidas en el reclamo.
- 2 puntos si se detectó entre el 25 y el 50%.
- 1 punto si se detectó menos del 25%.
- 0 puntos si no se detectó ningún canto.
- 3 puntos en el caso de que más del 50% de eventos reconocidos fueron realmente notas de alondra ricotí ($Nep > 50\% \text{ de } Nt$).
- 2 puntos si la tasa de acierto rondaba entre el 25 y el 50% ($25\%Nt < Nep < 50\%Nt$).
- 1 punto si la tasa de acierto era inferior a 25% ($Nep < 25\%Nt$).
- 0 puntos si ninguno de los tramos reconocidos era de alondra ricotí.

Por último, se realizó una evaluación económica atendiendo al coste y número de grabadores necesarios para censar una mancha potencial de 1 km² con cada uno de los grabadores.

3.4. Resultados y discusión de la FASE I

La calidad de los reconocedores (considerando como tal el valor de *cross training* estimado por *Song Scope*) creados fue muy similar para cada una de las grabadoras, oscilando entre 72 y 78. Este valor es muy elevado, superando claramente el valor del 50% necesario según *Song Scope* para poder utilizar con fiabilidad un reconocedor (Wildlife Acoustics 2011), y muy superior a los valores considerados como óptimos por otros autores que han usado la misma metodología para censar aves (ver Agranat 2007, Cragg et al. 2015). Esta elevada similitud en el valor de *cross training* de los reconocedores creados para cada grabadora concuerda con el hecho de que la creación de los reconocedores fue siempre realizada siguiendo la misma configuración y usando al menos 10 de las 12 notas de referencia. De igual manera, este resultado se puede deber en parte a que las notas de referencia consideradas para crear los reconocedores tienen un patrón temporal y un sonograma muy característico (Fig. 3), lo que facilita el trabajo del reconocedor. Esto pone de manifiesto que las posibles diferencias entre grabadoras no pueden explicarse por la creación de los reconocedores y debería achacarse a una diferente calidad en la grabación o eficacia de las mismas (Rempel et al. 2013).

Respecto del análisis de eficiencia, todas las variables medidas han mostrado grandes diferencias entre las cinco grabadoras consideradas, así como entre las pruebas realizadas a favor y en contra del sentido de emisión (Tabla 2).

Tabla 2. Tiempo requerido total para realizar el análisis de las grabaciones de cada sistema. Número de eventos reconocidos, número de cantos de alondra ricotí y número de eventos reconocidos que no pertenecían a cantos de alondra ricotí. También se muestra la tasa de acierto (Ta), estimado como el número de notas de alondra ricotí detectadas respecto al total de tramos reconocidos tras escanear la grabación; la tasa de éxito en la detección de cantos de cada grabadora, estimado como el número de notas de alondra ricotí detectadas respecto al total de notas emitidas (Te); la distancia máxima a favor y en contra del sentido de emisión del reclamo a la que una grabadora es capaz de detectar notas de alondra ricotí (Dmax), y la distancia máxima continua a favor y en contra del sentido de la emisión a la que una grabadora es capaz de detectar notas de alondra ricotí de forma eficaz (Dmc).

	Tiempo	Nt	Nep	Nf	Ta	Te	Dmax a favor	Dmc a favor	Dmax en contra	Dmc en contra
SM2	451	76	51	25	67,11	21,79	256	192	96	96
Olympus	235	30	17	13	56,67	7,26	128	64	128	1
Sony	910	115	29	86	25,22	12,39	256	192	96	96
Sytech	226	32	28	4	87,50	11,97	224	224	64	64
USB	525	94	52	42	55,32	22,22	256	256	128	128

En las pruebas realizadas con el reclamo emitiendo en dirección a las grabadoras la distancia máxima de detección ha variado entre los 256 m de SM2, Sony y USB, y los 128 m de Olympus, siendo de 224 m para el grabador Sytech (Tabla 2). La mayor distancia máxima continua fue de 224 m y se registró con los grabadores USB y Sytech, siendo la menor de todas de 64 m, registrada con el grabador Olympus (Tabla 2). La tasa de éxito se redujo a la par que aumentaba la distancia (Fig. 4), al igual que sucedió con la tasa de acierto, aunque esta se mantuvo elevada en todas las distancias.

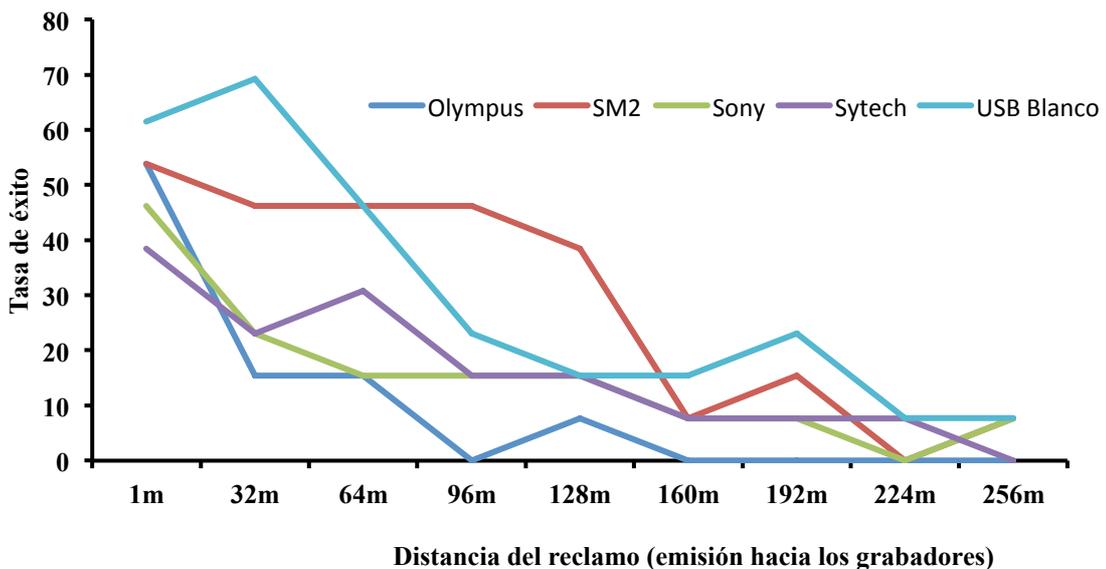


Figura 4. Tasa de éxito (porcentaje de notas de alondra ricotí detectadas por el reconocedor) para cada grabador y distancia a la que se realizaron las pruebas con el reclamo emitiendo en dirección a las grabadoras.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con el reclamo emitiendo en dirección contraria a las grabadoras han diferido. La distancia máxima de detección se redujo a 128 m para el mejor de los casos, obtenido por Olympus y el USB, siendo igual o inferior a 96 m para los otros tres grabadores (Tabla 2). Hemos encontrado un patrón similar para el caso de la distancia máxima continua, que ha sido de 128 m para USB en comparación con el valor máximo continuo de 228 m registrado también por este grabador cuando el reclamo emitía en dirección a la grabadora (Tabla 2). En este caso la reducción en la tasa de éxito con la distancia es aún mayor, siendo prácticamente nulo para todos los grabadores en distancias superiores a 128 m (Fig. 5), y, de igual manera, aunque la tasa de acierto también decreció con la distancia, este valor se mantuvo elevado en todos los casos.

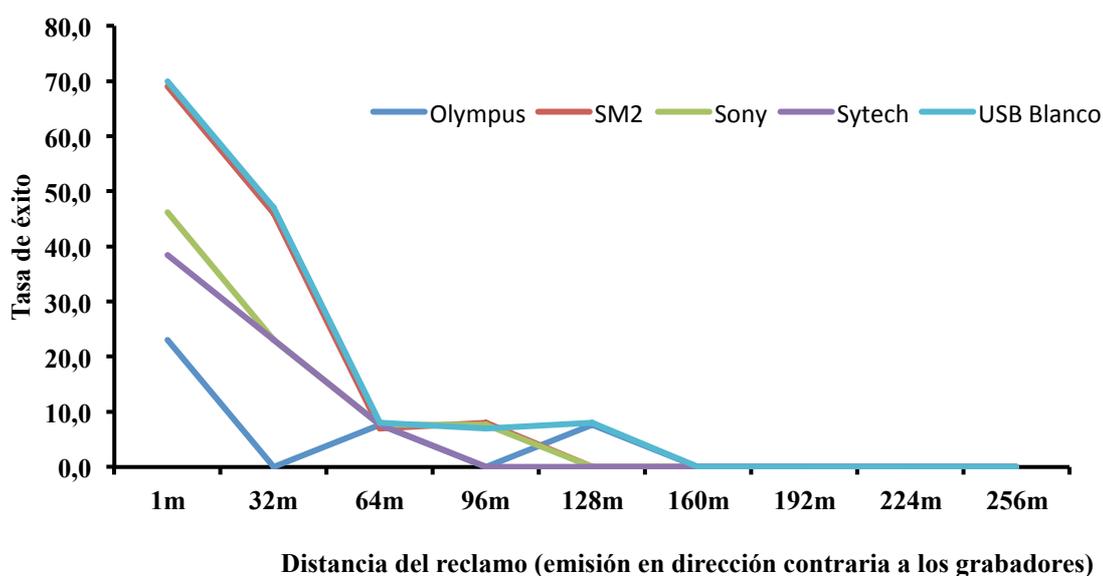


Figura 5. Tasa de éxito (porcentaje de notas de alondra ricotí detectadas por el reconocedor) para cada grabador y distancia a la que se realizaron las pruebas con el reclamo emitiendo en dirección contraria a las grabadoras.

Si atendemos a las puntuaciones dadas a cada grabador según las tasas de acierto y de detección para cada distancia, los grabadores USB y SM2 serían los dos mejores con 57 y 56 puntos, respectivamente. El tercer mejor grabador con una puntuación de 47 sería Sytech, mientras Sony y Olympus ocuparían el cuarto y quinto lugar, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Puntuación de cada grabador, obtenido a través de la suma de las puntuaciones otorgadas a cada distancia en función de su tasa de acierto y de detección (ver métodos). Se puede considerar una clasificación objetiva de la eficacia de cada grabador.

Grabador	Puntuación
USB	57
SM2	56
Sytech	47
Sony	35
Olympus	31

Dadas las grandes diferencias encontradas entre las pruebas realizadas a favor y en contra del sentido de emisión, hemos considerado la distancia máxima continua en sentido contrario de cada grabador como la distancia más adecuada para realizar la valoración económica, dado que esta es la distancia limitante a la hora de considerar un radio efectivo de detección. Por ello hemos considerado el valor de 128 metros para USB, 96 metros para SM2 y Sony, 64 metros para Sytech y de un metro para Olympus. No obstante, dado que los dos de los tres grabadores con menor distancia de detección eficaz, y por tanto que requerirían un mayor número de grabadores y posterior análisis, son también dos de los grabadores con menor puntuación global, hemos realizado la valoración económica únicamente para USB, SM2 y Sony.

En concreto para cubrir la totalidad de una mancha potencial de 1 km², sería necesario la colocación de 16 grabadores de USB o de 25 grabadores de SM2 o Sony, lo que considerando el coste de cada uno de ellos daría un total de 48 euros para el caso de utilizar el grabador USB, de 1.500 euros si se optara por utilizar el grabador Sony y de 27.500 euros si el grabador seleccionado fuera SM2.

3.5. Conclusiones sobre el equipo seleccionado

Por todo ello, dado que **USB es el grabador con mayor puntuación global**, con mayor distancia de detección eficaz del reclamo emitiendo en sentido opuesto (distancia limitante) y menor coste económico, consideramos que este grabador es el más adecuado para realizar las pruebas de campo y evaluar las diferencias obtenidas entre

los censos de alondra ricotí realizados por un observador y los valores obtenidos tras el análisis de los datos obtenidos a través del uso de grabadores.

4. FASE II. DISEÑO Y PREPARACIÓN DE LOS EQUIPOS AUTÓNOMOS DE GRABACIÓN

Tras seleccionar finalmente el equipo USB, y dadas las limitaciones para utilizarlo como equipo autónomo de grabación, por carecer de capacidad suficiente de batería y por no ofrecer opciones de programación que permitan grabar solamente en determinados momentos del día, se decidió proceder al diseño y construcción de un prototipo que integrara los componentes necesarios. Esta Fase ha sido desarrollada en el CTFC durante los primeros 3 meses de 2017 y dado por resultado la construcción del prototipo denominado RECotí, cuyo diseño básico se expone en la Figura 6.

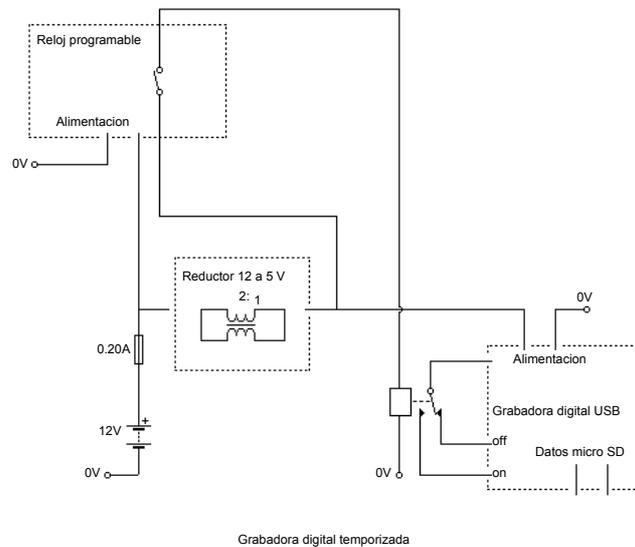


Figura 6. Diseño básico de los componentes incluidos en el equipo autónomo de grabación RECotí.

Durante la fase de desarrollo se ha optimizado el mismo mediante el diseño de un circuito integrado (Fig. 7).

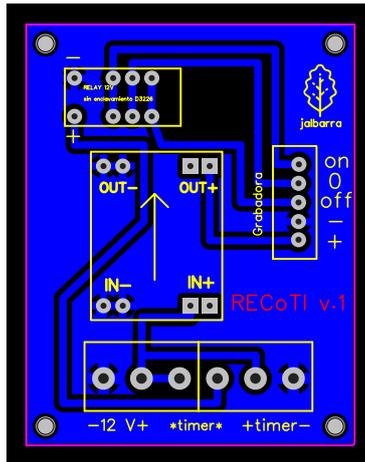


Figura 7. Circuito integrado de los componentes incluidos en el equipo autónomo de grabación RECotí.

El equipo ha sido equipado con componentes que le garantizan duración de batería de hasta 14 días, con grabación automática de 1,5 horas/día, programable, además de integrar fusible, sistema de encendido/apagado y el grabador USB. Todo ello se ha insertado en una caja resistente para trabajo en exterior (Fig. 8).

Además, se ha desarrollado un manual de utilización del equipo (Anexo 1).

El precio total de los componentes del equipo está por debajo de los 70€. A ellos debe sumarse el coste de personal para su montaje. El precio final está alrededor de los 200€.

Por último, tras comprobar su funcionamiento correcto, se ha procedido a la construcción de 7 equipos similares, con los que se ha pasado a la ejecución de la Fase III.

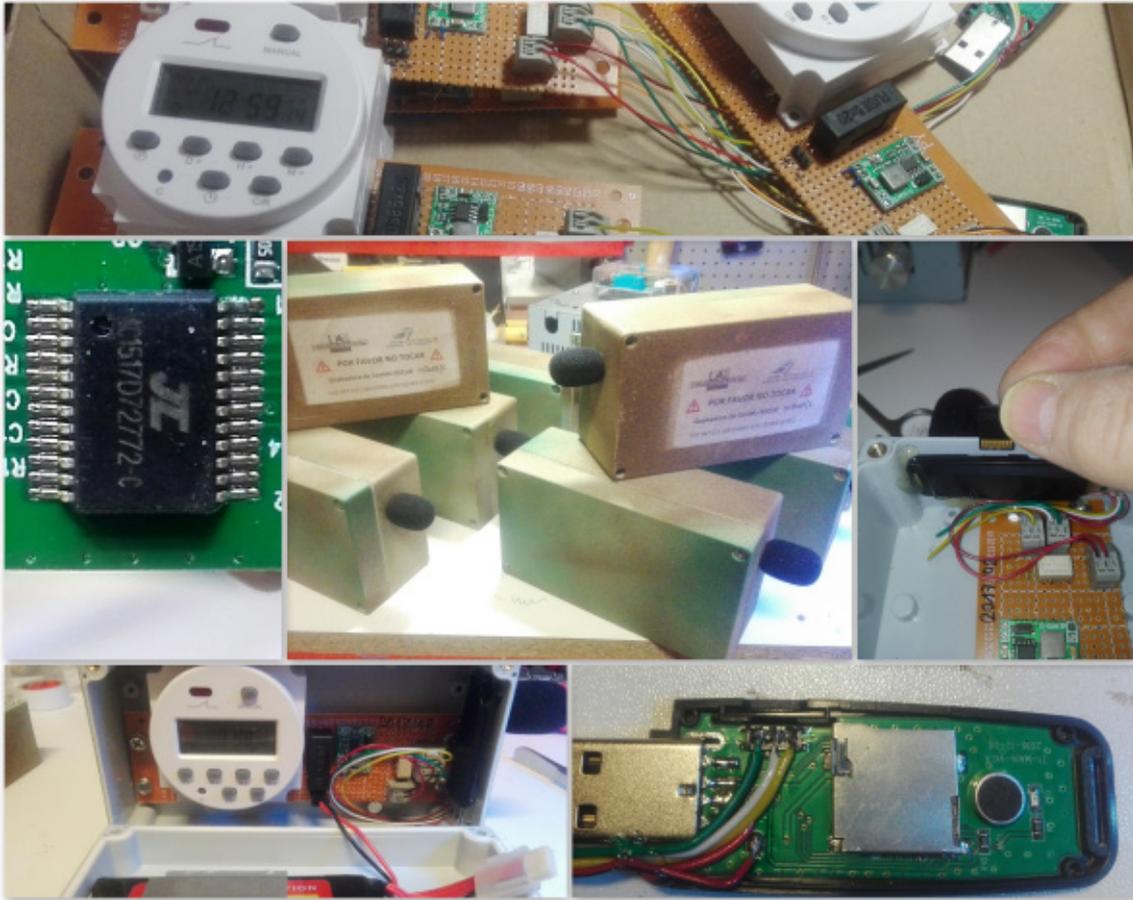


Figura 8. Collage de fotos mostrando los componentes y la integración en caja de los componentes incluidos en el equipo autónomo de grabación RECotí.

5. FASE III PRUEBAS EN CAMPO DEL EQUIPO AUTÓNOMO RECotí

5.1. Descripción del procedimiento

Las pruebas de campo se han desarrollado durante la primavera de 2017 en 3 zonas con densidad conocida y variable de alondra ricotí (Fig. 9). La zona de densidad baja fue Alcubilla de las Peñas (Soria), con 1-2 machos/70ha (0,21 machos/10ha). La zona de densidad intermedia fue el Tomillar de Alfés (Lleida), con 8-10 machos/100 ha (0,9 machos/10ha). La zona de densidad alta fue Barcones (Soria), con 30 machos/80 ha (3,75 machos/10ha). Estas densidades fueron estimadas mediante transectos (Garza et al., 2003; Pérez-Granados & López-Iborra, 2017) pocos días antes de realizar las pruebas de campo de las grabadoras. En cada zona se instalaron 6 grabadores durante 4 días consecutivos, en los que se realizaron 3 grabaciones consecutivas de 30' cada madrugada (hora de inicio dependiente de la hora solar, siempre previo al amanecer,

momento de máxima actividad canora de las aves), salvo en el Tomillar de Alfés donde solo se colocaron 4 grabadores por cuestiones logísticas.

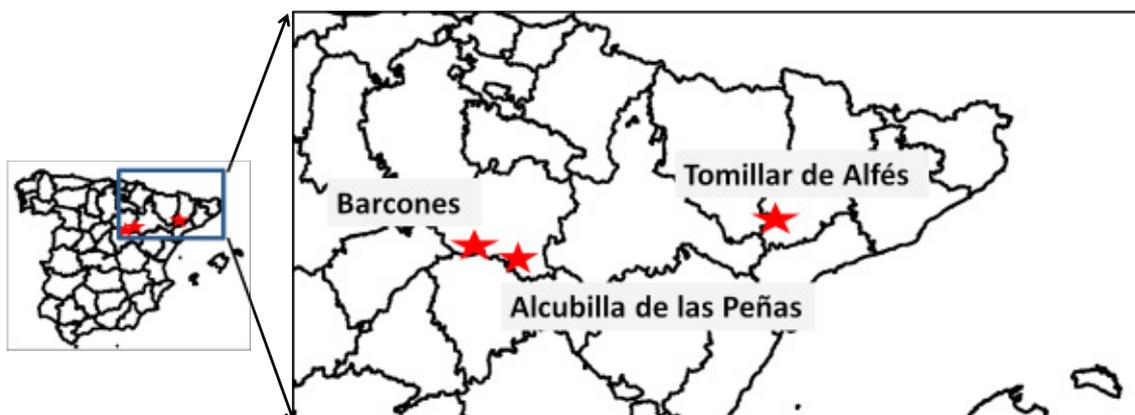


Figura 9. Localización de las zonas de estudio donde se realizaron pruebas de campo con los equipos autónomos de grabación RECotí.

El análisis de las grabaciones ha permitido estimar el **tiempo y número de equipos** necesarios para determinar con alta probabilidad de éxito la presencia de la especie ante diferentes escenarios de densidad conocida. Con todo ello, hemos definido el siguiente protocolo de muestreo:

En 37 de las 39 noches (94,8%) donde se detectó la especie se registró algún canto de alondra ricotí durante la primera media hora de grabación (entre 60 y 30 minutos antes del amanecer) y en el 100% de los casos se registró la presencia de la especie durante la primera hora de grabación (desde 60 minutos antes hasta el amanecer), independientemente de la densidad de ejemplares. Esto pone de manifiesto que **no es necesario extender la duración de la grabación más allá de los 60 minutos antes del amanecer**. Igualmente, en las pruebas realizadas bajo escenarios de alta y media densidad de alondra ricotí fue suficiente un muestreo de una noche para detectar la presencia en todos aquellos lugares donde se registró algún canto de alondra ricotí a lo largo de las cuatro noches de grabación. No obstante, en el caso del escenario de baja densidad en dos de los tres grabadores que detectaron presencia de alondra ricotí, ésta no fue detectada hasta el segundo día. En resumen, en todos los escenarios de diferentes densidades ha resultado suficiente **prolongar el muestreo durante dos noches** para determinar en el 100% de los casos la presencia de la especie, dado que en ninguno de

las pruebas realizadas se detectó la presencia de la especie por primera vez tras el segundo día de grabación.

La principal diferencia a la hora de muestrear la especie en localidades con diferentes densidades, como cabría esperar, la hemos encontrado en el número de grabadores necesarios para detectar seguridad la presencia de la misma. Para este estudio se analizó probabilidad de detección de la especie bajo las tres diferentes condiciones de densidad en función del número de grabadores que se colocasen. Para ello, se crearon todas las posibles combinaciones de 1 a 6 grabadores y se anotó la detección o no de alondra ricotí para cada una de las mismas.

En el caso de la población de mayor densidad (Barcones, Soria) se detectó la presencia de la especie en todos los grabadores que fueron colocados, lo que nos permite señalar que en condiciones de **elevada densidad** la **colocación de un grabador al azar** debiera ser suficiente para detectar con total seguridad la presencia de la especie (Fig. 10). En la población de Alfés (Lleida, densidad media), donde por cuestiones logísticas solo se pudieron colocar 4 grabadores, uno de los grabadores nunca detectó la presencia de la especie, por lo que **dos grabadores son necesarios en condiciones de densidad media** para asegurar la detección de la especie (Fig. 10). No obstante, en la **población de baja densidad** (Alcubilla de las Peñas) solo se detectó la presencia de la especie en 3 de los 6 grabadores colocados, por lo que **serían necesarios 4 grabadores** para asegurar al 100% la detección de alondra ricotí bajo estas condiciones (Fig. 10).

5.2. Conclusiones sobre la Fase III

Con los resultados obtenidos durante esta Fase III, hemos podido generar un protocolo estandarizado para la detección y censo de alondra ricotí mediante el uso de grabadoras, así como definir el esfuerzo muestral necesario para determinar la presencia de la especie

Concretamente, proponemos el siguiente **protocolo de muestreo** para detectar la presencia de alondra ricotí. En lo relativo al horario y número de noches necesarias el protocolo es independiente de la densidad de ejemplares. El número de grabadores necesarios para muestrear poblaciones de diferente densidad varía, no obstante en el

caso de querer muestrear manchas de hábitat potencial recomendamos que se siga el protocolo descrito para las poblaciones de menor densidad, dado que es muy factible que la densidad de la especie en dichas poblaciones sea baja.

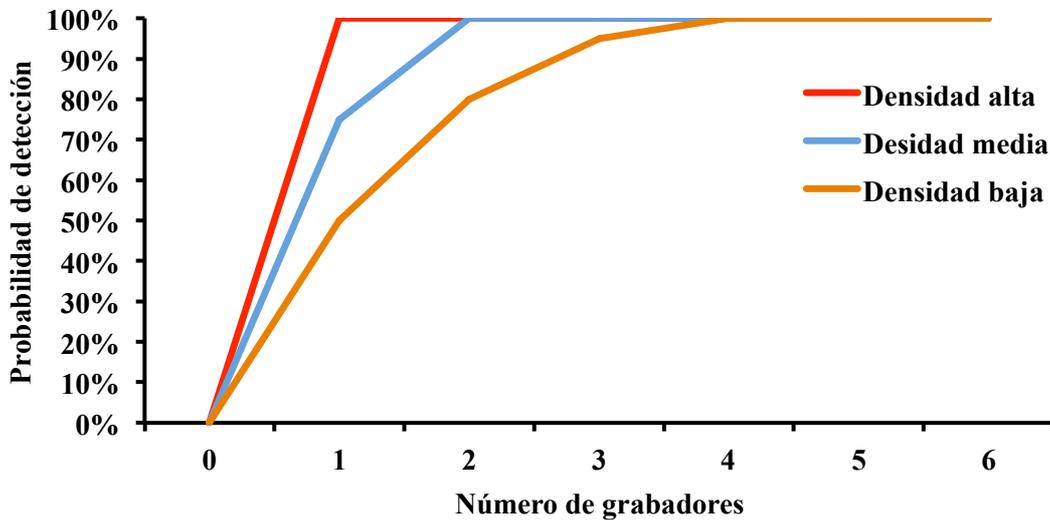


Figura 10. Probabilidad de detección de alondra ricotí en un parche de hábitat hipotético en función del número de grabadores colocados y de la densidad que presente la especie.

- Grabar de manera continua durante un mínimo de una hora por noche, coincidiendo con el periodo que va desde una hora antes del amanecer hasta el amanecer.
- Los grabadores han de permanecer en el campo durante un periodo mínimo de dos noches.
- El número de grabadores mínimo para detectar la presencia varía grandemente en función de la densidad de la especie. En el caso de poblaciones de densidades elevadas alrededor de 4 machos/10ha) debería ser suficiente la colocación de un único grabador por 100 hectáreas. En poblaciones con densidad media de la especie (alrededor de 1 macho/10ha) se recomienda la colocación de un mínimo de dos grabadores por 100 hectáreas, mientras en poblaciones de densidades muy bajas (alrededor o inferiores a 0,5 machos/10ha) podría ser necesaria la colocación de hasta cuatro equipos por 100 hectáreas para detectar la presencia de la especie.

Este protocolo ha sido descrito pensando en manchas potenciales con una extensión media alrededor de las 100 hectáreas, coincidiendo con el tamaño de parche de las localidades donde se realizó el estudio. Por ello, el número de grabadores a colocar debiera multiplicarse o dividirse en función del tamaño de la mancha a estudiar.

6. FASE IV. ANÁLISIS EN GABINETE DE LAS GRABACIONES

6.1. Capacidad de estimación de abundancia de alondra ricotí mediante el uso de grabadoras

Esta Fase se ha dedicado a tratar de determinar la capacidad de estimación de abundancia de alondra ricotí mediante el uso de grabadoras. Este objetivo ha sido realizado en un 90%. Los análisis de las grabaciones han permitido determinar que en la mayoría de las ocasiones los grabadores sólo recogían aparentemente un individuo cantando. En una de las grabaciones en las que se detectó con seguridad más de un individuo cantando de forma simultánea se han realizado técnicas de extracción de información (generación de variables bioacústicas, a través del programa Raven Pro 1.5, Bioacoustics Research Program 2014) de los eventos reconocidos por Song Scope, siguiendo las recomendaciones de Laiolo et al. (2007) para identificar individualmente ejemplares de la especie. Posteriormente, se clasificaron dichos eventos en función de su similitud respecto de dichas variables.

Se ha trabajado sobre una grabación realizada en Barcones (zona de densidad alta) en la que se ha estimado que deberían aparecer entre 4-6 machos, a partir de la densidad y ubicación conocidas de dichos machos por censos con mapeos realizados por el equipo investigador. El reconocedor determinó 181 eventos, para los que se han generado variables bioacústicas en Raven. Tras clasificar los 181 eventos en función de sus variables bioacústicas, el resultado no permite determinar con claridad diferentes grupos de eventos que pudieran pertenecer a diferentes machos, cuyos cantos quedarán agrupados por similitud bioacústica (Fig. 11). Así pues, por el momento se considera que los grabadores no permiten determinar la abundancia de individuos recogidos en una grabación, aunque análisis posteriores con técnicas estadísticas de clasificación avanzadas deberán aclarar definitivamente este aspecto.

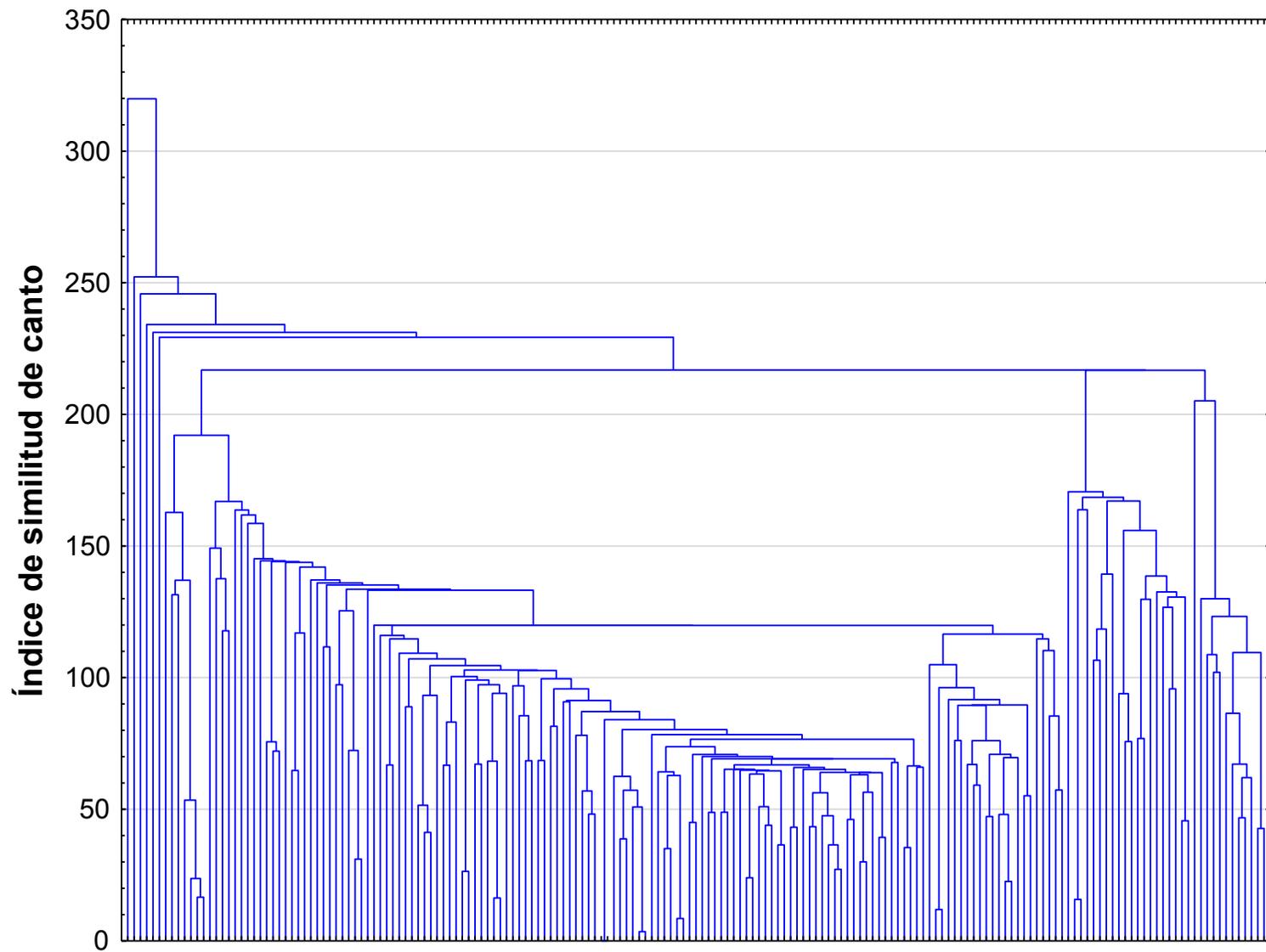


Figura 11. Dendrograma generado sobre las variables bioacústicas calculadas en Raven para los 181 eventos detectados en Song Score.

6.2. Definir patrones de canto de la especie (tasas de canto, tiempo de canto, etc.) en función de la densidad de la especie, así como tasas de esfuerzo (curvas de tiempo acumulado) para la determinación fiable de la presencia de la especie

Durante la Fase IV además, se ha trabajado en la definición de patrones de canto y determinación fiable de la especie. Este objetivo ha sido posible realizarlo al 100% en lo relativo a las tasas de esfuerzo, ya que coincide básicamente con lo expuesto en el punto 5. Adicionalmente, los mismos equipos se han utilizado en 49 localidades de la provincia de Guadalajara, donde la presencia de la especie se consideraba descartada o desconocida. En estos casos se ubicó 1 grabador por zona durante 2 noches consecutivas, con el mismo protocolo de 3 grabaciones de 30 minutos cada madrugada. El análisis de las grabaciones nos ha permitido confirmar la presencia de la especie en 8 de las 49 localidades muestreadas. En 7 de estas zonas se procedió a realizar censos a pie de la alondra ricotí a través del transecto lineal con ancho de banda de 500 m (Pérez-Granados y López-Iborra 2017), los cuales confirmaron la presencia de la especie en todas las áreas y nos permitieron estimar en 34 el número total de machos presentes en dichas localidades. Además, también se hicieron censos en 14 de las 41 manchas donde el análisis de las grabaciones resultó negativo, y en todos los casos se confirmó la ausencia de la especie y, por tanto, el funcionamiento correcto de los equipos y análisis de los datos. Un único observador hubiera empleado 49 días laborales en detectar la presencia o ausencia de la especie en las 49 localidades potenciales, dado el breve periodo de canto de la especie que solo permite censar una localidad por día. Sin embargo, un observador que dispusiera de 10 grabadores del tipo RECotí podría muestrear las 49 localidades en tan solo seis días laborales, incluyendo el tiempo necesario para la colocación, recogida y análisis de las grabaciones. Por lo tanto, el uso de grabadores RECotí, junto al análisis automático de las grabaciones, ha demostrado ser una herramienta útil, viable y barata para realizar muestreos a gran escala de especies de difícil detección.

La parte del objetivo relacionada con la definición de patrones de canto de la especie no ha sido posible completarla por una cuestión de tiempo de dedicación, ya que requiere un análisis particularizado de las grabaciones realizadas en zonas de alta, media y baja densidad. Los resultados preliminares sugieren que existe una amplia variación en la tasa de canto en función de la densidad de individuos. Así, en zonas de alta densidad la

especie canta prácticamente durante la totalidad de la grabación, mientras en las zonas de baja densidad sólo se detecta en una de las tres grabaciones de media hora. Análisis posteriores deberán determinar las tasas de canto y el efecto de la densidad de coespecíficos.

7. CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO

El equipo investigador considera que el proyecto ha cumplido ampliamente sus objetivos dado que:

- Ha seleccionado un equipo de grabación de bajo coste y alta eficiencia, comparable en su eficiencia a los modelos comerciales más caros.
- Ha diseñado y construido un equipo autónomo de grabación de alta eficiencia, testando su eficiencia en campo.
- Ha realizado pruebas de campo para determinar las tasas de éxito en la detección de alondra ricotí en situaciones conocidas.
- Ha permitido determinar el número y tiempo de grabación necesario para garantizar altas tasas de detección de la especie en situaciones de baja, media y alta densidad.
- Ha comprobado su eficiencia en situaciones reales de campo, permitiendo detectar ocho localidades para la especie no conocidas previamente.

Debe destacarse además que este proyecto ha permitido consolidar una relación científica de largo alcance entre el CTFC y el TEG-UAM, los dos equipos de investigación implicados en el mismo. Los resultados pueden considerarse de extraordinaria relevancia, tanto desde el punto de vista técnico-aplicado (diseño y construcción de un prototipo de alta eficiencia) como desde la visión puramente científica (permitirá realizar mejores estimas de la distribución de especies de difícil seguimiento; hará más cómodo y asequible el seguimiento a largo plazo, etc.). Pero el proyecto también ha reportado interesantes resultados desde el punto de vista estricto de la conservación, ya que ha contribuido al descubrimiento de nuevas localidades de una especie tan escasa y gravemente amenazada como la alondra ricotí.

Los resultados de este proyecto ya han sido presentados preliminarmente en el XXIII Congreso Español de Ornitología (ver Anexo 2).

Por último, en este momento los dos equipos investigadores se encuentran implicados en el desarrollo de un modelo de utilidad para la RECotí.

8. REFERENCIAS

- Acevedo, M.A., Villanueva-Rivera, L.J. (2006). Using automated digital recording systems as effective tools for the monitoring of birds and amphibians. *Wildlife Society Bulletin*, 34(1): 211-214.
- Agranat, I. D. (2007). *Automatic detection of cerulean warblers using autonomous recording units and Song Scope Bioacoustics Software*. Wildlife Acoustics, Concord, Massachusetts, USA.
- Alquezar, R.D., Machado, R.B. (2015). Comparisons between autonomous acoustic recordings and avian point counts in open woodland savanna. *Wilson Journal of Ornithology*, 127(4): 712-723.
- Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A. Mustoe, S. (2000). *Bird Census Techniques*. Academic Press. London.
- Bioacoustics Research Program. (2014). *Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software* (Version 1.5) [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Available from <http://www.birds.cornell.edu/raven>.
- Buxton, R.T., Jones, I.L. (2012). Measuring nocturnal seabird activity and status using acoustic recording devices: applications for island restoration. *Journal of Field Ornithology*, 83(1): 47-60.
- Cragg, J.L., Burger, A.E., Piatt, J.F. (2015). Testing the effectiveness of automated acoustic sensors for monitoring vocal activity of marbled murrelets *Brachyramphus marmoratus*. *Marine Ornithology*, 43: 151-160.
- Cramp, S. (1988). *The birds of the western Palearctic. Vol V*. Oxford Univ. Press, Oxford, U.K.
- Cyr, A. (1981). Limitation and variability in hearing ability in censusing birds. *Studies in Avian Biology*, 6: 327-333.
- de Oliveira, A.G., Ventura, T.M., Ganchev, T.D., de Figueiredo, J.M., Jahn, O., Marques, M.I., Schuchmann, K.L. (2015). Bird acoustic activity detection based on morphological filtering of the spectrogram. *Applied Acoustics*, 98: 34-42.

Garza , V., Traba, J. & Suárez, F. 2003. Is the European population of Dupont's Lark *Chersophilus duponti* adequately estimated? *Bird Study*, 50:309-311, DOI: 10.1080/00063650309461325

Heinicke, S., Kalan, A.K., Wagner, O.J., Mundry, R., Lukashevich, H., Kühl, H.S. (2015). Assessing the performance of a semi-automated acoustic monitoring system for primates. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(7): 753-763.

Hutto, R.L., Stutzman, R.J. (2009). Humans versus autonomous recording units: a comparison of point-count results. *Journal of Field Ornithology*, 80(4): 387-398.

Laiolo, P., Vögeli, M., Serrano, D., Tella, J.L. (2007). Testing acoustic versus physical marking: two complementary methods for individual-based monitoring of elusive species. *Journal of Avian Biology*, 38(6): 672-681.

Leach, E.C., Burwell, C.J., Ashton, L.A., Jones, D.N., Kitching, R. L. (2016). Comparison of point counts and automated acoustic monitoring: detecting birds in a rainforest biodiversity survey. *Emu*, 116(3): 305-309.

Mennill, D.J., Battiston, M., Wilson, D.R., Foote, J.R., Doucet, S.M. (2012). Field test of an affordable, portable, wireless microphone array for spatial monitoring of animal ecology and behaviour. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(4): 704-712.

Pérez-Granados, C., López-Iborra, G.M. (2017). Assessment of Counting Methods Used for Estimating the Number of Territorial Males in the Endangered Dupont's Lark. *Ardeola*, 64(1): 75-84.

Rempel, R.S., Francis, C.M., Robinson, J.N., Campbell, M. (2013). Comparison of audio recording system performance for detecting and monitoring songbirds. *Journal of Field Ornithology*, 84: 86-97.

Reyes, A.K., Caicedo, J.C., Camargo, J.E. 2017. Identifying Colombian bird species from Audio Recordings. In, Beltrán-Castañón, C., Nyström, I., Family, F. (Eds.). Proceedings of the 21st Iberoamerican Congress, pp. 274-281. Lima, Peru.

Waddle, J.H., Thigpen, T.F., Glorioso, B.M. (2009). Efficacy of automatic vocalization recognition software for anuran monitoring. *Herpetological Conservation and Biology*, 4(3): 384-388.

Wildlife Acoustics. 2011. *Song Scope User Manual: Bioacoustics Software* (Version 4.0) Documentation. USA: Wildlife Acoustics, Inc. Maynard, MA.

Yip, D.A., Leston, L., Bayne, E.M., Sólymos, P., Grover, A. (2017). Experimentally derived detection distances from audio recordings and human observers enable integrated analysis of point count data. *Avian Conservation and Ecology*, 12(1):11.

ANEXO 1. MANUAL DE UTILIZACIÓN DEL EQUIPO AUTÓNOMO DE GRABACIÓN RECotí

Instrucciones

1. Respetar la polaridad de la batería, enchufar el conector negro a la placa orientando el cable negro al negativo y el rojo al positivo. Mantener la batería desconectada, siempre que la grabadora no se esté utilizando. Respetar la autonomía máxima de 15 horas de grabación. La batería nunca se habrá de descargar por debajo de los 10V, o esta quedará inservible
2. Colocar la tarjeta de memoria con mucho cuidado en su alojamiento, con los contactos hacia el interior de la caja, hasta sentir un “clic”. Para extraerla, presionarla y esta será expulsada. Se recomienda utilizar unas pinzas. Nunca realizar esta operación con la grabadora encendida
3. El programador del reloj se bloquea automáticamente cada 15 segundos, apareciendo un “6” abajo derecha cuando está bloqueado. Para desbloquear hay que pulsar 4 veces la tecla “C/R”, y para bloquearlo igual. Actualizar el día, hora y minuto, pulsando la tecla “D/H/M”.
4. Para programar el reloj hay que pulsar la tecla “P” y en primer lugar se programa el horario de encendido para la primera de las grabaciones. Una vez programada la hora que se quiere de encendido, hay que presionar de nuevo la tecla “P” para programar la hora a la que quieres que se acabe la primera grabación. Se pueden programar hasta 16 programas diferentes, lo que permite obtener grabaciones más cortas o grabaciones en días alternos.
5. Para desprogramar el reloj, has de meterte dentro del menú de programación con la letra “P” y presionar la tecla “C/R”, la cual lo pone todo a cero. Hay que desprogramar tanto la hora de encendido como de apagado.
6. Por último, una vez está la batería conectada y el reloj programado, hay que dejar el programador en modo “Automático” tras pulsar la tecla “Manual” y ya estaría listo para su uso.

ANEXO 2. PÓSTERS PRESENTADOS EN EL XXIII CONGRESO ESPAÑOL DE ORNITOLOGÍA (Badajoz, 2-5 de Noviembre de 2017)

Pérez-Granados, C.; Garza, V., Abril-Colón, I.; Bustillo-de la Rosa, D.; Barrero, A.; Gómez-Catasús, J.; Bota, G.; Giralt, D. & Traba, J. 2017. Nuevas herramientas para trabajos de siempre: Uso de grabadores automáticos para el seguimiento de poblaciones de alondra ricotí (*Chersophilus duponti*). Póster. Actas del XXIII Congreso Español de Ornitología. Pp. 121. 2-5 Noviembre, Badajoz, España.

Bota, G.; Pérez-Granados, C.; Garza, V.; Giralt, D.; Rojo, M. & Traba, J. 2017. ¿Quién graba mejor? Comparación de la eficacia de cinco grabadores de audio ante diferentes condiciones acústicas y distancia. Póster. Actas del XXIII Congreso Español de Ornitología. Pp. 122. 2-5 Noviembre, Badajoz, España.

¿Cuál graba mejor? Comparación de la eficacia de cinco grabadores de audio ante diferentes condiciones acústicas y distancia

Gerard Bota^{1*}, Cristian Pérez-Granados², Vicente Garza², David Giral¹, Manuel Rojo³, Juan Traba²

1 Grup de Biologia de la Conservació. Àrea de Biodiversitat. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya * gerard.bota@ctfc.cat
 2 Grupo de Ecología Terrestre. Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid
 3 Área de Biodiversidad y Conservación, Departamento de Biología y Geología. Universidad Rey Juan Carlos

INTRODUCCIÓN Y MÉTODOS

El uso de grabadores y reconocedores automáticos de cantos para realizar seguimientos de fauna se ha extendido en los últimos años. Nuestro objetivo fue **evaluar el efecto de la distancia y dirección de emisión del canto en la eficacia de cinco grabadores convencionales y bioacústicos**, para su posterior utilización en el estudio de la alondra ricotí (*Chersophilus duponti*) (ver póster 69)



Fig 1: Experimento de campo con los distintos grabadores

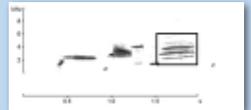


Fig 2: Sonograma típico del canto de la alondra ricotí. El rectángulo señala la parte empleada para crear el reconocedor de la especie.

Para ello, los grabadores registraron simultáneamente una grabación de 13 cantos de alondra ricotí **emitida a nueve distancias fijas entre 1 y 256 metros** y a volumen constante, tanto **en dirección a los grabadores como en dirección contraria**. Las grabaciones obtenidas fueron analizadas automáticamente a través del programa *Song Scope*, con un reconocedor específico de alondra ricotí creado para cada grabación (Figura 2).

Tasa de acierto: estimada como el número de notas de alondra ricotí reconocidos correctamente respecto al total de eventos reconocidos por *Song Scope*. Este cálculo se realizó para el cómputo general de cada grabador para todas las distancias y direcciones (Tabla 1).

Tasa de éxito: estimada como el número de cantos de alondra ricotí reconocidos correctamente respecto al total de cantos emitidos. Este cálculo se realizó para cada distancia y dirección de emisión (Figura 3), así como para el cómputo general de cada grabador para todas las distancias y direcciones (Tabla 1).

RESULTADOS

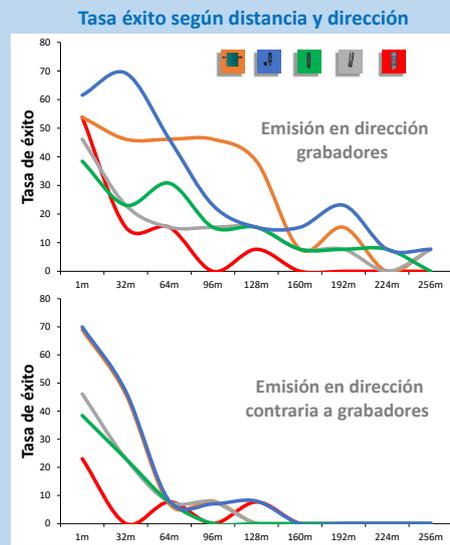


Fig 3: Tasa éxito de cada grabador según distancia y dirección de emisión

Grabadores	Coste (€)	Tasa acierto	Tasa éxito
WildLife Acoustics SM2	1.100	67 %	21 %
USB -SK-001	8	55 %	22 %
Sytech SY 707	35	87 %	12 %
Sony ICD-P320	60	25 %	12 %
Olympus DM650	160	57%	7%

Tabla 1: Coste grabadores, tasa de acierto y tasa de éxito para el conjunto de las distancias (de 1 a 256m) y direcciones (a favor y en contra)

CONCLUSIONES

No en todos los casos el equipo más caro resultó ser el de mayor eficacia (tanto en tasa de acierto y tasa éxito).

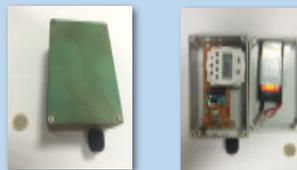
Así mismo, estas pruebas son útiles para conocer el radio de detección de los grabadores y mejorar el diseño de los futuros muestreos.

Los buenos resultados del grabador USB han permitido el diseño de un grabador autónomo programable de bajo coste (Grabador RECotí).



Modelo grabador RECotí

Ver resultados en campo póster 69



Con el apoyo de la Fundación Barcelona Zoo y el Ayuntamiento de Barcelona. Beca PRIC "Nuevas tecnologías para viejos trabajos. Uso de grabadores automáticos para la detección y censo de especies raras y amenazadas. El caso de la alondra ricotí en Lleida y otras poblaciones pequeñas".



Nuevas herramientas para trabajos de siempre: Uso de grabadores automáticos para el seguimiento de poblaciones de alondra ricotí (*Chersophilus duponti*)



Pérez-Granados, C^{1*}; Garza, V¹; Abril-Colón, I¹; Bustillo-de la Rosa, D¹; Barrero, A¹; Gómez-Catasús, J¹; Bota, G²; Giral, D²; Traba, J¹.

¹ Grupo de Ecología Terrestre. Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid * cristian.perezg@uam.es
² Grup de Biologia de la Conservació. Àrea de Biodiversitat. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

- Los seguimientos de avifauna requieren de gran esfuerzo humano, especialmente cuando se trata de especies de distribución fragmentada y de detección limitada en el tiempo, como es el caso de la alondra ricotí (*Chersophilus duponti*).
- Comprobar si el uso de grabadores automáticos puede ser útil para detectar especies de difícil detección y así permitir un muestreo de un mayor número de áreas a reducido coste.

METODOLOGÍA

- Durante la primavera de 2017 se colocaron grabadores RECoti (ver póster 68) en 49 localidades potenciales, nunca antes muestreadas, de albergar alondra ricotí en la provincia de Guadalajara.
- Los grabadores se dejaron durante dos noches en cada localidad, grabando de manera continua durante 60-90 minutos antes del amanecer.
- Las grabaciones se analizaron de manera automática con el programa *Song Scope*, usando un reconocedor específico creado para la especie de estudio (Figura 1).
- En algunas localidades se realizaron censos mediante transectos lineales para verificar la presencia o ausencia de la especie

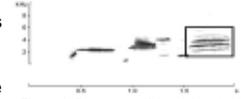


Figura 1. Sonograma típico del canto de la alondra ricotí. El rectángulo señala la parte empleada para crear el reconocedor.

RESULTADOS



CONCLUSIONES

- El uso de grabadores automáticos, junto al reconocimiento automático de las grabaciones, se puede considerar un método viable y barato para realizar muestreos a gran escala (temporal y espacial) de la alondra ricotí.
- Su uso conllevaría una reducción en el coste a los proyectos y permitiría centrar esfuerzos en otros objetivos.
- Esta metodología podría aplicarse al seguimiento de un gran número de especies, especialmente aquellas escasas y/o que se distribuyan de manera parcheada y que a menudo requieren un gran esfuerzo de muestreo.

Queremos dar las gracias a Josep Albarracín por su colaboración inestimable en el diseño y construcción de los grabadores, sin la cual no podría haber salido adelante este proyecto.

Con el apoyo de la Fundación Barcelona Zoo y el Ayuntamiento de Barcelona. Este proyecto ha sido financiado por el Programa de Investigación y Conservación del Zoo de Barcelona a través del proyecto "Nuevas tecnologías para viejos trabajos. Uso de grabadores automáticos para la detección y censo de especies raras y amenazadas. El caso de la alondra ricotí en Lleida y otras poblaciones pequeñas".

