

## ¿Cómo hacerlo?

# ¿Cómo medir la diversidad de aves presentes en los sistemas agroforestales?

Rachel Taylor<sup>1</sup>

**Palabras claves:** Abundancia de las aves; puntos de conteo; redes de niebla; trampas; transectos.

### INTRODUCCIÓN

En años recientes, se ha reconocido que los patrones globales de la utilización del suelo por parte del ser humano están cambiando la disponibilidad de los hábitats naturales para todos los organismos vivos. En el 2003, el 7,9% del área global de la Tierra fue clasificada como áreas protegidas y el 33% como regiones agrícolas (BirdLife International 2004). La deforestación y conversión de hábitats naturales en áreas agrícolas resulta en cambios dramáticos en la cobertura arbórea y en un aumento en el uso de pesticidas, herbicidas, fertilizantes y otros insumos agrícolas que pueden tener efectos negativos en la diversidad de las especies vegetales y animales.

Hay evidencias de que las áreas protegidas del mundo no son lo suficientemente grandes como para preservar la biodiversidad estando aisladas y afectadas directa e indirectamente por los cambios en la utilización del suelo que suceden a su alrededor. Dado que el área del planeta bajo sistemas agropecuarios se incrementa para sostener a la creciente población humana, el uso de los sistemas agropecuarios sostenibles amigables con la biodiversidad cobrará cada vez mayor importancia. Los sistemas agroforestales —incluyendo los sistemas silvo-pastoriles— se pueden diseñar y manejar para apoyar la conservación de la biodiversidad, pero solamente si los efectos de estas prácticas de manejo pueden ser determinados correctamente.

En este documento, se describen algunos de los métodos más comunes para caracterizar las comunidades de aves terrestres en sistemas agroforestales. Las aves terrestres (grupo que no incluye las aves del mar ni otros

pájaros acuáticos o los que raramente tocan tierra, como por ejemplo las golondrinas) son uno de los grupos de organismos apropiados para evaluar la biodiversidad en los sistemas agroforestales por varias razones: primero, son un grupo relativamente bien estudiado, fácil de identificar y trabajar, numeroso y visible en el paisaje; segundo, este grupo presenta comunidades flexibles, que incluyen una gama de especies con una movilidad diferenciada, requisitos de hábitat y adaptabilidad a los cambios; en tercer lugar, son sensibles a los cambios rápidos y acumulativos de las prácticas de manejo del suelo, y además pueden indicar cambios en otros grupos de organismos (por ejemplo, las plantas o los insectos); finalmente, son un grupo accesible, popular y atractivo para su uso en discusiones con finqueros, propietarios y el público en general, y pueden servir como especie de vanguardia para los esfuerzos de conservación.

### MÉTODOS

Existen muchos métodos diferentes para caracterizar la diversidad y abundancia de las aves, y la elección de uno u otro depende de los objetivos de la evaluación y de los datos específicos requeridos. Los métodos se pueden dividir en aquellos que requieren solamente la observación de las aves —tales como transectos y puntos de conteo— y en los que requieren la captura de los pájaros —con redes de niebla, por ejemplo—. Cada método tiene ventajas y desventajas y está sujeto a tipos particulares de sesgo en los muestreos. Su selección dependerá del propósito del estudio, de los tipos de datos requeridos, de la disponibilidad de tiempo, equipo, recursos financieros y humanos, entre otros.

<sup>1</sup> Candidata Doctoral del programa conjunto CATIE-Universidad de Gales (Bangor). Correo electrónico: fidhw@yahoo.com (autor para correspondencia).

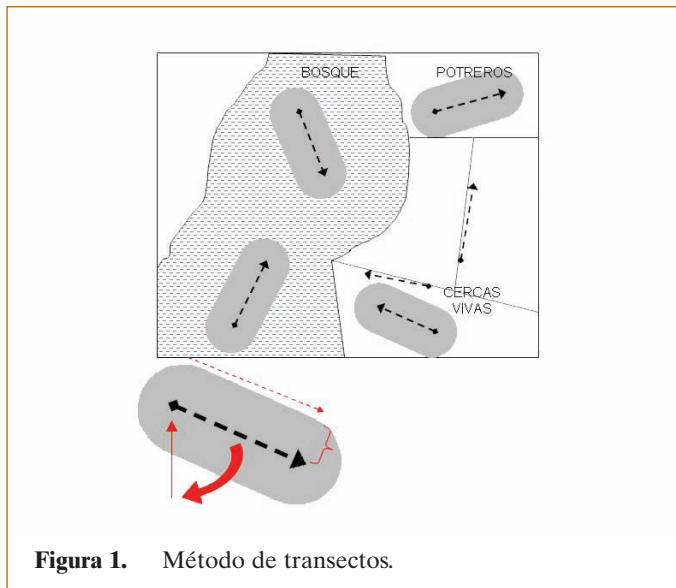
Los párrafos siguientes introducen brevemente los métodos más comunes y el tipo de datos que pueden proporcionar. Estos métodos se dividen en dos grandes grupos: *métodos sin captura de aves y métodos que sí involucran captura*.

### 1. Métodos sin captura de aves: transectos y puntos de conteo

Existen dos métodos principales para medir la biodiversidad de aves a través de observaciones directas: el uso de *transectos* y el uso de *puntos de conteo*. Ambos métodos consisten en una búsqueda de aves en un área definida en el campo y/o por un tiempo definido; por ejemplo, buscar y registrar activamente todas las aves vistas en un período de 20 minutos o en un potrero de 2 ha.

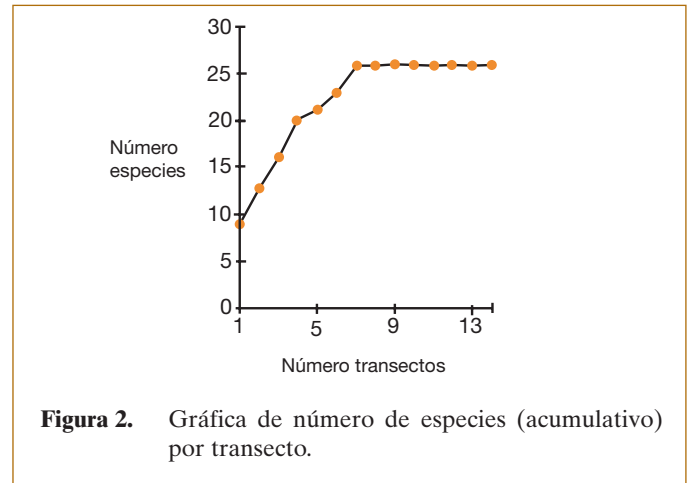
#### El método de transectos

El método de transectos consiste en recorrer una distancia en una dirección determinada en el hábitat o sitio (generalmente a una distancia estándar del observador, por ejemplo, 25 m) registrando todos los pájaros observados (Figura 1). El número de transectos —muestras del hábitat— necesario para cada hábitat puede ser estimado con una gráfica de número de especies (acumulativa) por transecto (Figura 2); cuando la gráfica está casi horizontal, se obtiene el número de transectos requerido por hábitat (en este ejemplo se necesitan por lo menos siete).



El punto y la dirección de partida pueden ser seleccionados al azar. Los sitios para los transectos por ser seleccionados deben ser lo más representativos posible del hábitat y, de preferencia, encontrarse fuera de la in-

fluencia de otros hábitats cercanos (por ejemplo, en el centro de un parche de bosque o de pasto, o la parte central de una cerca viva). Asimismo, los métodos deben estandarizar el número de transectos por hábitat y el tiempo de observación (o la velocidad del paso del observador) para facilitar la comparación entre sitios o hábitats.



#### El método de puntos de conteo

El método de puntos de conteo consiste en la observación de aves en puntos de observación predeterminados y estáticos, con tiempos definidos, en el cual el observador registra las aves visibles y/o audibles dentro de un área circular de un radio definido, donde se efectuará la búsqueda y el registro de las aves (v. gr. 25 m) durante un tiempo estandarizado (generalmente de 10 a 15 minutos). Por supuesto, resulta mejor estimar también el número de puntos necesarios con la gráfica de acumulación de especies (Figura 2) por hábitat, y utilizar el mismo esfuerzo de muestreo (con la misma metodología) para todos los hábitats.

En ambas metodologías, los investigadores deben anotar las especies de aves presentes, utilizando guías de identificación y el número de individuos de cada especie. Además, podrán recolectar información sobre el comportamiento de aves individuales, el sexo (en el caso de especies dimórficas), y la ubicación exacta del ave en el hábitat (sotobosque, dosel, etc.).

Ambos métodos son técnicas comúnmente utilizadas para comparar la diversidad de las aves en distintos hábitats. Tienen la ventaja de simplificar la selección al azar de los puntos en el espacio, de estar bien documentados y de facilitar el análisis de los datos (existen programas de cómputo creados específicamente para estos tipos de datos, como BioDiversity Pro, por ejemplo) y

no requieren de capacitaciones largas o costosas. Además, estos métodos son generalmente más baratos en términos de costos del equipo, ya que el observador requiere únicamente de sus ojos y oídos, y posiblemente de un par de binoculares para la identificación de las especies, un cronómetro y un cuaderno. Se puede utilizar un GPS en casos donde es necesario anotar la ubicación exacta de la posición del observador o del transecto, o un punto de conteo para su uso posterior en un sistema de información geográfica (SIG).

Otra ventaja de las observaciones directas de las aves en el campo es el potencial que ofrecen para registrar los datos del comportamiento de las aves en cada lugar (¿qué están haciendo las aves en el sistema agroforestal?). Aunque el registro del comportamiento en el campo puede ser muy difícil y consumir mucho tiempo, puede dar lugar a información interesante, como por ejemplo si los pájaros pasan realmente la mayoría de su tiempo en el sitio o lo visitan simplemente para alimentarse, y cuántas horas del día pasan allí. Los registros del comportamiento de las aves deben hacerse por categorías de actividades fácilmente identificables, como la alimentación, el canto, la búsqueda de insectos en las ramas, la edificación, etc. Además de registrar el comportamiento de las aves, es posible obtener información sobre qué parte del sistema están utilizando (sobosque, copa de los árboles, dosel, etc.) y de qué manera. En estas observaciones, se debe evitar molestar a las aves con el movimiento o el ruido del observador, además de planificar la presencia del observador durante cierto tiempo (aproximadamente unos 10 minutos) antes de comenzar a registrar el comportamiento. También puede ser apropiado realizar las observaciones desde un refugio para el caso de aves muy tímidas o dentro de hábitats muy abiertos, con el fin de no molestarlas.

A pesar de ser metodologías útiles y fáciles de implementar, el uso de puntos de conteo y transectos está sujeto a los siguientes errores sistemáticos, que deben ser tomados en cuenta:

— *Habilidad y subjetividad del observador*: la identificación confiable de las especies de las aves, de sus cantos o llamadas y su observación en el campo requieren de experiencia y familiaridad con la comunidad local de estas. Los observadores principiantes necesitan tiempo para familiarizarse con las especies presentes y deberán ensayar los métodos por un período prudencial antes de tomar los datos definitivos.

— *Las diferencias entre los hábitats*: estos métodos son los más apropiados para comparar hábitats similares en diversas horas del día o del año, o en diversos paisajes, porque los hábitats con estructuras vegetativas muy diversas (potreros y bosque, por ejemplo) presentan varios desafíos, ya que las aves despliegan distintas gamas audibles en los cantos o llamadas. Por lo tanto, la estandarización y la comparación entre las comunidades de diversos hábitats son difíciles.

— *Las diferencias en la detección de especies diferentes de aves*: ciertas especies pueden ser muy fáciles de observar, gracias a sus comportamientos de caza y de exhibición, o por sus cantos o llamadas ruidosas; otras pueden ser mucho más tímidas, con plumaje críptico o con vocalizaciones muy tenues. También se requiere de práctica para contar de manera confiable y exacta las aves que viajan en grupos sociales grandes. Así, las tasas de detección se predisponen hacia las aves coloreadas con tonos más brillantes, las especies altamente vocales y las de comportamiento obvio.

— *Las aves no pueden ser identificadas individualmente*, por lo que un mismo individuo puede ser contabilizado más de una vez, particularmente si el período de la observación es largo en referencia a los movimientos del pájaro. Por eso, el período de observación es generalmente de 20 minutos o menos, para evitar que se cuente la misma ave dos veces.

— *Disturbio*: ciertas especies reaccionarán inmediatamente a la presencia del observador, desocupando el área de observación, mientras que otras (u otros individuos) pueden ser menos cautelosas. El efecto del disturbio en sitios con puntos de conteo puede ser estandarizado dando un período de al menos 5 minutos entre la llegada del observador al punto y el comienzo del conteo.

*¿Cuándo utilizar puntos de conteo o transectos?*

Estos métodos son los más apropiados para comparar la diversidad de la comunidad de aves (o el uso del hábitat por especies particulares) entre sitios similares, por ejemplo en sistemas silvopastoriles con distinta carga de ganado, o para comparar la riqueza de especies de aves en un sistema agroforestal en estaciones diferentes.

En cambio, si la investigación propuesta requiere una comparación entre hábitats con estructuras muy diversas (bosques o plantaciones de árboles y un potrero más abierto), los métodos que permiten el reconocimiento de individuos previamente contados y las técnicas de

muestreo más estandarizadas pueden ser más apropiados. Generalmente, éstos requieren la captura de las aves.

## 2. Métodos que involucran la captura de las aves: trampas y redes de niebla

La diversidad de las aves puede ser registrada al capturarlas temporalmente, en redes de niebla u otros tipos de trampas, para identificarlas y contarlas. Hay muchos diseños diferentes de trampas para aves, pero en este artículo, por falta de espacio, solamente se menciona la trampa Heligoland.

### Redes de niebla

Estas redes son el equipo más utilizado para capturar aves en Europa y los Estados Unidos. Consisten en una red de poliéster, muy fina y delgada, sostenida por líneas más fuertes (también de poliéster) y estirada entre postes de metal o bambú (Figura 3). Las aves son capturadas cuando vuelan hacia la red y quedan atrapadas dentro de ella. Cuando están atrapadas en las redes, las aves son muy sensibles a las condiciones climáticas, como la temperatura del aire, la lluvia o el viento. Por lo tanto, es importante no mantenerlas por mucho tiempo en la red después de la captura: los colibríes deben ser liberados después de 20 minutos (o menos en la mañana) y para otras aves el tiempo máximo recomendado es menor a una hora. Se recomienda revisar las redes cada 15 minutos, para poder las liberar las aves rápidamente. Además, si las condiciones climáticas son adversas (mucho lluvia con viento), se recomienda cerrar las redes hasta que mejoren.



Figura 3. Red de niebla.

### Trampas

Hay muchos tipos diferentes de trampas usadas para capturar aves. Uno de los tipos más populares se llama trampa Heligoland. Estas trampas están hechas de un alambre fino, construidas en forma de cono muy grande, de aproximadamente 3 m de alto y 10 de ancho, con una caja para capturar y sacar las aves por el lado más estrecho (Figura 4). Las aves pueden entrar por el lado grande y abierto, pero no logran escapar. Para capturarlas, los operadores caminan por ese lado y pueden mover las aves hacia la caja. Este tipo de trampa se utiliza a menudo para capturar aves migratorias en lugares permanentes (como estaciones de monitoreo), debido a la inversión de materiales, el tiempo y la perturbación de la vegetación. La ventaja más importante es que puede usarse en todo tipo de condiciones climáticas.

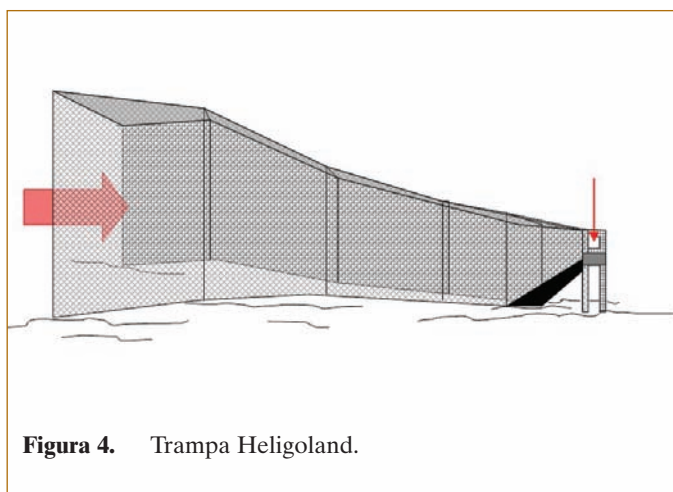


Figura 4. Trampa Heligoland.

Con las redes y trampas se pueden obtener muestras de las aves sin importar la experiencia de los operadores. Muchas especies difíciles de identificar en el campo pueden ser identificadas en la mano y, también, hay oportunidades para conseguir más información sobre los individuos. Para comparar entre hábitats, es importante desarrollar un trabajo igual en ellos, con el mismo número, altura y longitud de redes y el mismo número de horas monitoreadas.

El procedimiento estandarizado con redes o trampas ofrece algunas ventajas sobre los de transectos o puntos de conteo: es más objetivo, ya que todos los pájaros capturados se identifican y se cuentan, y es relativamente poco sesgado por diferencias entre las capacidades de los operadores. Las redes y trampas también producirán una muestra al azar dentro de cada especie, lo cual hace que este método sea más eficaz que los métodos de observación, principalmente en sitios con una estructura

densa de la vegetación o en otras situaciones en donde los pájaros no se observan ni se cuentan fácilmente.

Los individuos capturados anteriormente (si son marcados) pueden ser identificados como individuos y ser analizados por separado de ser necesario, por ejemplo, para calcular poblaciones de aves en hábitats distintos. Esta información proporciona una demografía detallada respecto a la edad y el sexo, así como datos del estado reproductivo (y otras condiciones de las aves, como la grasa subcutánea y la muda de las plumas) que pueden ser utilizados para formular hipótesis sobre causas de cambios de la población.

Sin embargo, estos métodos de captura también presentan desventajas:

— *Diferencias entre especies*: son métodos relativamente selectivos con respecto a las especies, y no capturarán muchos individuos presentes en el área que pudieran ser incluidos en un conteo visual (por ejemplo, especies que viven en las copas de los árboles y no bajan al nivel de las redes).

— *Clima y tiempo*: la eficacia de las redes es afectada por las condiciones atmosféricas severas (viento, lluvia, temperatura), y el clima adverso puede impedir la recolección completa de datos en pocos días.

— *Diferencias físicas del hábitat*, como la altura del dosel, pueden afectar los totales de la captura más que en los métodos de observación. Podría ser necesario el registro de la estructura física del hábitat e incluso su mantenimiento en los sitios en el largo plazo.

— *Variación diaria en el uso de hábitats*: las aves son un grupo de organismos muy móviles. La gran variación diaria en cuanto al número de pájaros en algunos sitios o en algunos hábitats puede dificultar el uso de redes o trampas en números o localizaciones constantes.

— *Disposición de los agricultores*: las redes son delicadas y son dañadas fácilmente por el ganado, limitando su uso en los hábitats agrícolas porque pueden poner en peligro las aves.

— *Costo*: La captura y la manipulación de pájaros pueden ser amenazantes para ellos y se requieren habilidades especiales para no maltratarlos. Antes de empezar a utilizar redes de niebla o trampas, es necesario estar capacitado y adquirir los permisos necesarios. El costo del equipo y del entrenamiento para los operadores será más alto que en los estudios de observación.

*¿Cuándo se deben utilizar redes de niebla o trampas para muestrear aves?*

Se recomienda utilizar redes de niebla o trampas si el trabajo proyectado requiere información sobre la po-



Hembra de *Ramphocellus passerinii* con anillos de colores, capturada en Río Frío, Costa Rica.

blación de aves y no es solo para comparar su uso del hábitat, o si se está registrando la biométrica individual (peso corporal) y, por lo tanto, se necesita evitar la medición del mismo individuo dos veces. Además, son útiles para estudiar los movimientos de aves entre hábitats, porque estas se pueden marcar con diferentes anillos que permiten reconocer individuos y saber si se han movido de un sitio a otro.

#### *¿Cómo marcar las aves con anillos?*

La mayoría de la especies de pájaros se pueden marcar de manera segura utilizando cuidadosamente los anillos que se colocan en el tarso (pata). El tipo de anillo más conocido es probablemente el anillo de metal numerado, utilizado en esquemas nacionales en todo el mundo para anillar aves. Su tamaño es específico para cada especie de pájaro y dura toda la vida del ave; cada una se numera singularmente. En ciertas condiciones, estos anillos pueden conseguirse gratis o más baratos de organizaciones nacionales e internacionales que trabajan con pájaros, aunque estas imponen restricciones a su uso para las especies residentes en países sin esquemas nacionales. Sin embargo, los números no se pueden leer en el campo (aunque se puede observar el pájaro que está anillado) y el individuo debe ser recapturado para la identificación, lo cual aumenta el estrés y la posibilidad de lesionar el pájaro.

Otra opción son los anillos de plástico de colores y/o numerados. Los colores y/o los números de esos anillos se pueden leer en el campo mediante los binoculares, y se puede identificar cada individuo sin necesidad de recapturarlo. La identificación individual depende de una combinación del color del anillo y de su posición respecto a las patas. La mayoría de las aves "pasarinas" pueden usar dos anillos por cada pata, arrojando una combinación de cuatro anillos (Figura 5). Estos anillos de colores no tienen la misma duración que los anillos de metal y se pueden perder o el mismo pájaro se los puede quitar. También pueden decolorarse o mancharse y así ser más difíciles de leer con el transcurso del tiempo y el uso. Hay varios tipos de plásticos que son más resistentes a los rayos ultravioleta y están disponibles para estudios en el largo plazo o en hábitats con luz muy intensa. Para las especies más grandes, o con las que hay mayor dificultad de acercamiento (como los zopilotes), pueden utilizarse etiquetas de ala numeradas, que son visibles durante el vuelo, pero su uso está sujeto a un entrenamiento previo.

Finalmente, hay algunos grupos (como los colibríes) que son tan pequeños y físicamente delicados que no existen

sistemas permanentes de marcas para ellos. Los individuos pueden ser marcados temporalmente con los anillos numerados, realizados con una hoja de metal, o con marcas temporales, como un punto de líquido corrector blanco en las plumas de la corona. Otra opción es usar el corte de una muesca o de un patrón muy pequeño de muescas en la paleta de una pluma específica de la cola. Estas técnicas se pueden utilizar también para marcar una especie más grande, pero son terminantemente temporales, pudiéndose perder por muda y pérdida accidental de las plumas, o disminuir la capacidad de vuelo o las señales visuales del plumaje, y por lo tanto la supervivencia y éxito de la crianza.

#### **¿A qué hora del día y en cuáles épocas se deben estudiar las aves?**

La mayoría de los pájaros diurnos son más activos durante las primeras horas del día, cuando sus altas tasas metabólicas los obligan a alimentarse para sustituir la energía perdida por la termorregulación o la inhabilidad de alimentarse durante la noche. Esto significa que la observación y el muestreo de la actividad de los pájaros deben estandarizarse con respecto a la hora del día relativa a la salida del sol, para evitar la predisposición a la comparación. Las redes de niebla son generalmente mejor manejadas desde el amanecer hasta un corto tiempo después (para reducir la captura indeseada de los murciélagos, que puede ser peligrosa para los operadores y para los pájaros capturados, además de dañar las redes). Este período es a menudo el más fresco del día, y en los países, los hábitats o las estaciones con altas temperaturas durante el día brinda la ventaja adicional de ayudar a reducir el estrés de los pájaros. Las redes de niebla también se pueden colocar antes de que oscurezca, mientras los pájaros se retiran a descansar por la noche, pero este período puede ser más peligroso para los pájaros diurnos, ya que no pueden ver bien en la oscuridad y pueden confundirse y descansar en lugares inadecuados y estar expuestos a una alta depredación si se los libera. El método de puntos de conteo o transectos también debe realizarse en estas horas de máxima actividad, pero la época de la visita debe ser registrada y un sitio individual se visita varias veces a diferentes horas del día para incluir datos sobre especies con patrones de actividad diferentes en el hábitat.

La composición de comunidades de aves cambia durante el año, debido a la llegada y salida de especies migratorias. Hay aves migratorias con sitios de reproducción en Norteamérica que pasan el invierno en América del Sur o Central. Hay otras que se reproducen en Centroa-

mérica y pasan el verano en Sudamérica. Hay especies que tienen movimientos migratorios con altitud, entre las montañas y áreas más bajas. Por ejemplo, en Costa Rica, las aves migratorias de Norteamérica están presentes entre octubre y mayo, con diferencias sutiles entre especies. En los meses de octubre y mayo también hay un alto número de especies que migran hacia Sudamérica. Si un estudio requiere datos sobre estos grupos (tantos de aves residentes como migratorias), entonces es importante muestrear las aves en todas estas épocas. Además, para obtener datos sobre la dinámica de las comunidades a través del tiempo, es necesario repetir los muestreos de la población o comunidad de aves en varias épocas o años.

### AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a Patricia Hernández la traducción del artículo, y a Celia Harvey los comentarios a los primeros borradores.

Esta investigación se realizó como parte del proyecto FRAGMENT (“Developing Methods and Models for Assessing the Impacts of Trees on Farm Productivity and Regional Biodiversity in Fragmented Landscapes”), financiado por el European Community Fifth Framework Programme (INCO-Dev ICA4-CT-2001-10099). Los autores son responsables del material reportado en este trabajo; esta publicación no representa la opinión de la Comunidad Europea y la Comunidad Europea no es responsable del uso de los datos que aquí aparecen

### BIBLIOGRAFÍA

- Bibby, CJ; Burgess, ND; Hill, DA; Mustoe, SH. 2000. Bird census techniques. 2 ed. London, UK, Academic Press. 250 p.
- BirdLife International. 2004. State of the world's birds 2004: indicators for our changing world (en línea). Cambridge, UK, BirdLife International. Disponible en: <http://www.birdlife.org.uk/action/science/species/sowb/p32-33.pdf>.
- Bub, H. 1995. Bird trapping and bird banding: A handbook for trapping methods all over the world. Trans. F. Hamerstrom; Wuertz- Schaefer, K. Estados Unidos, Cornell University Press. 330 p.
- McAleece, N. 2004. Biodiversity Pro (en línea). Consultado 29 jun. 2004. Disponible en <http://www.sams.ac.uk/>
- NORAC (North American Ornithological Atlas Committee). 2004. Handbook for atlasing North American breeding birds (en línea). Consultado 29 jun. 2004. Disponible en <http://www.americanbirding.org/norac/atlasintro.htm>.
- Pyle, P. 1997. Identification guide to North American birds. Bolinas, CA, US, Slate Creek Press. pt. 1, 732 p.
- Redfern, CPF; Clark, JA (comp.). 2001. BTO ringers' manual. 4 ed. Thetford, UK, British Trust for Ornithology. 269 p.
- Sibley, DA. 2001. The Sibley guide to bird life and behaviour. National Audubon Society, Chanticleer Press. 544 p.
- USGS (US Geological Survey). 2004. Bird banding laboratory. The North American bird banding program (en línea). Consultado en 29 jun. 2004. Disponible en <http://www.pwrc.usgs.gov/bbl>.
- \_\_\_\_\_. 2004. Procedures for collection, analysis, and display of data collected at several geographic scales (en línea). Consultado en 29 jun. 2004. Disponible en <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/scale.html>.
- \_\_\_\_\_. 2004. PWRC software archive (en línea). Consultado en 29 jun. 2004. Disponible en <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software.html>.