

CAPÍTULO 3. CAPTURA Y MARCAJE

A. Resumen

Los estudios científicos en aves a menudo requieren que las aves sean capturadas para obtener datos morfométricos y coleccionar muestras para análisis patológicos, genéticos y biogeoquímicos. Estos datos y muestras pueden ser utilizados para entender las relaciones evolutivas, genéticas, de estructura y dinámica poblacional, anatomía y fisiología comparada, adaptación, comportamiento, parásitos y enfermedades, distribución geográfica, migración, y la ecología general de poblaciones silvestres de aves. Este conocimiento nos informa acerca de la biología e historia natural de las aves y es necesario para implementar conservación basada en ciencia y planes de manejo para especies cinegéticas, no-cinegéticas, amenazadas, económicamente importantes, y para conservación de hábitat (White y Garrott 1990).

La captura generalmente es necesaria para marcar a las aves, lo que permite a los científicos investigar la demografía, patrones de migración o movimientos, o identificar individuos después de su liberación (Day et al. 1980). Se han desarrollado muchas técnicas para la captura y marcaje de aves (Nietfeld et al. 1994; Bub 1995). La suposición que el marcaje no afecta a las aves es muy importante porque es la base para generalizar los datos a las aves no marcadas (Murray y Fuller 2000).

El propósito de esta sección no es describir las técnicas de captura y marcaje, sino discutir los efectos que las diferentes técnicas de captura y marcaje tienen sobre el bienestar fisiológico y sobrevivencia de las aves a corto y largo plazo. Los métodos más comunes se cubren y describen brevemente, pero el enfoque es en los impactos potenciales del método. Por lo tanto, incluso cuando un método en particular no esté cubierto, se alerta a los investigadores sobre dudas que puedan surgir y cuestiones que se deben considerar para refinar los métodos de manera que se reduzcan los impactos. Se proporcionan citas bibliográficas para ilustrar cada punto, pero éste documento no pretende ser una revisión exhaustiva de la literatura fundamental. El Consejo Norteamericano de Anillado ([North American Banding Council](#)) publica manuales arbitrados específicos para especies, que describen los métodos de captura y marcaje en detalle y ofrece programas de entrenamiento y certificación. Las referencias estándar para la captura y marcaje de aves de Bub (1995) y McClure (1984) son exhaustivas.

El entrenamiento es la clave para evitar lesiones y mortalidad en aves. Incluso cuando se dispone de excelentes materiales de referencia, tales como los manuales publicados por el Consejo Norteamericano de Anillado, nadie debe intentar capturar aves o extraerlas de los

nidos, redes u otras trampas, sin entrenamiento. La supervisión de un instructor u otro investigador con experiencia puede discontinuarse una vez que se haya demostrado la destreza necesaria. Bajo las leyes de los Estados Unidos, “Se requiere un permiso de anillado o marcaje antes que cualquier persona capture aves migratorias con propósitos de anillar o marcar, o utilice anillos oficiales expedidos por el Servicio para anillado o marcaje de cualquier ave migratoria.” (50 CFR 21.22). Las solicitudes de permiso deben de ser acompañadas por recomendaciones expedidas por anilladores autorizados que testifiquen la destreza del solicitante. Sin embargo 50 CFR 13.25 (d) permite a los anilladores autorizados a instruir y supervisar a otros que todavía no tienen sus permisos: “Excepto cuando se especifica de otra manera en el permiso, cualquier persona que esté bajo el control directo de la persona autorizada, o quien sea empleado de, o bajo contrato de la persona autorizada por el permiso, puede efectuar la actividad autorizada en el permiso.”

La [Guía de Estudio del Anillador de Norteamérica](#) (NABC 2003) provee una lista exhaustiva de causas de lesión y mortalidad, así como los métodos para asegurar que estos casos sean aislados. Incluso los anilladores con experiencia pueden beneficiarse de la revisión periódica de este material, y aquellos que estén aprendiendo a anillar o que tengan poca experiencia, deben de estudiar este manual de manera minuciosa. Algunas de las mejores prácticas básicas se discuten aquí.

B. Consideraciones Generales

El método de captura de aves que se elija, debe minimizar la posibilidad de lesión o muerte de los individuos capturados y minimizar el estrés. Los investigadores necesitan considerar la hora del día, estación en el año (etapa de muda o reproducción de las aves), clima, número de aves a ser capturadas, número y entrenamiento del personal requerido, y la posibilidad de depredación. Deben de familiarizarse con la biología y comportamiento de las especies que están capturando, y planificar las capturas y liberaciones de acuerdo a esto. Por ejemplo, algunas especies no pueden volar durante la muda y deben de ser capturadas y liberadas de manera que no se afecte su sobrevivencia durante esta etapa vulnerable. Las aves reproductivas (p.e. hembras incubando) deben de ser liberadas tan pronto sea posible para evitar su ausencia prolongada del nido (menos de una hora, dependiendo de la especie). Las aves diurnas nunca deben de ser liberadas después del ocaso, ya que pueden tener dificultad de encontrar una percha adecuada para la noche y ser vulnerables a los depredadores nocturnos. El tejido de la red o el tamaño de la trampa deben de ser apropiado para las especies de interés, de manera que las aves no escapen, se enreden o lesionen. Las trampas no deben de tener orillas agudas que puedan lesionar a las aves o

investigadores. La trampa debe ser posicionada de manera tal que el investigador pueda alcanzar todo el interior de la trampa y extraer al ave fácilmente. Para las unidades con trampas de puerta o partes móviles, todos los mecanismos deben de funcionar correctamente y ser seguros para las aves capturadas y los investigadores. Evite la perturbación a la vegetación, excepto la necesaria para colocar la red o trampa, ya que aplanar la vegetación puede afectar su disimulo y resultar en un aumento en la depredación.

Antes que inicie el trampeo, los investigadores deben tener planes de manejo de aves que se lesionen o perezcan durante la captura. El plan debe de incluir información en la evaluación de la condición del ave, determinación de cuando es apropiado la eutanasia, y asegurar que las personas que llevarán a cabo el procedimiento estén entrenadas adecuadamente, tengan el material apropiado a la mano, y cuando se requiera por ley, tengan los permisos apropiados. Si hay un rehabilitador de fauna con licencia o veterinario cercano, considere llevarle el ave para una evaluación, tratamiento o eutanasia. Intente donar el cadáver a museos o colecciones didácticas. Vea la Hoja Técnica del Consejo de Ornitología (Anexo A) con instrucciones para conservar cadáveres de aves con propósitos científicos.

Al igual que todos los métodos de investigación, habrá lesiones o mortalidad independientemente de qué tan hábil o cuanta experiencia tenga el investigador, y aun cuando se toman precauciones para prevenir daños. Es difícil, si es que no imposible, saber la tasa de mortalidad ya que algunas aves mueren en el periodo entre captura y liberación, o poco después, por motivos no relacionados con la captura y manejo. Más aun, las aves rara vez vuelven a ser avistadas después de su liberación, excepto durante un corto periodo si se anillaron en su territorio de reproducción. La mortalidad que resulta de la captura y marcaje no será detectada. Por tanto, intente determinar las causas de lesión y mortalidad y ajuste sus prácticas de acuerdo a esto.

Los investigadores y otros anilladores deben de registrar las lesiones y mortalidad y compartir su información con otros, ya sea mediante publicaciones, presentaciones en encuentros científicos, o a través del Consejo Norteamericano de Anillado u otra organización profesional. Los problemas que surjan por el uso específico de algún tipo de marcaje o método de captura, o en ciertas especies, son de particular importancia.

C. Métodos de captura

Redes de Niebla

Las redes de niebla modernas están fabricadas de nylon y varían en el tamaño de la malla y longitud. Las redes de niebla tienen de tres a cuatro paneles que se traslapan formando bolsas; cuando un ave golpea la red, cae dentro de la bolsa y se enreda (Bub 1995).

Las lesiones y muertes de las aves en ocasiones ocurren por la captura y manejo, incluso cuando manejadores y anilladores con mucha experiencia siguen los procedimientos necesarios, sin embargo las lesiones y/o muerte de aves capturadas con redes de niebla no son frecuentes. Actualmente no se requiere, ni existe el mecanismo para reportar de manera rutinaria las lesiones y mortalidad. El Laboratorio Norteamericano de Anillado de Aves y la Oficina Canadiense de Anillado de Aves no requieren que las lesiones o mortalidad sean reportadas rutinariamente, aunque la Oficina Canadiense de Anillado solicitará reportes de lesiones algunas veces, principalmente para nuevos métodos de captura o marcaje. Sin embargo, muchas estaciones de anillado e investigadores mantienen registros de estos datos. En 2009, Spotswood et al. (2012) colectaron datos de organizaciones de anillado en los Estados Unidos y Canadá, y determinaron que las tasas de lesiones variaban entre el 0.06 y 2.37%, mientras que las tasas de mortalidad variaban del 0.07 al 1.15%. De las más de 20 organizaciones que proporcionaron sus datos de lesiones y mortalidad, cinco también proporcionaron registros detallados de las lesiones y mortalidad individuales. Estos datos revelan que el 66% de todos los incidentes fueron lesiones y el 25% muertes relacionados al uso de redes. Las causas más comunes de mortalidad y lesiones fueron el manejo, depredación, trauma en la red, esguinces y heridas.

La determinación de tasas de mortalidad relacionadas a la captura y marcaje es difícil porque la captura, manejo y marcaje pueden estar próximas al momento del deceso, pero no ser la causa de éste. Un ave que muere en la red o durante el manejo, puede tener una lesión, enfermedad o condición previa tal como parasitismo severo que ocasione la muerte. En ausencia de evidencias de lesión o depredación, la causa de muerte puede no ser evidente sin una necropsia. Si se puede hacer y se dispone de fondos y personal, considere llevar a cabo necropsias bajo esas circunstancias, las necropsias proporcionan información que puede identificar prácticas que puedan ser modificadas para reducir o eliminar los riesgos de lesión y mortalidad. Por el contrario, la mortalidad puede ser subestimada ya que es común que aves anilladas no vuelvan a ser vistas, particularmente cuando son anilladas durante la migración. Debido a la dificultad (imposibilidad) de estudiar aves sin marcar, es

difícil evaluar la tasa normal de mortalidad en aves silvestres, y por lo tanto es difícil saber si la mortalidad asociada con la captura y marcaje difiere significativamente de esa tasa de mortalidad de fondo (normal).

Recher et al. (1985) analizaron la tasa y causas de mortalidad en dos estaciones de anillado en Australia, una de vegetación boscosa y una arbustiva, entre 1979 y 1981. En total murieron 53 de 4184 aves. De estas, el 68% murió en las redes y 32% durante el manejo. La disparidad entre las tasas de mortalidad en las dos estaciones de anillado – un 2.8% en la estación boscosa, pero solo 0.5% en la arbustiva – fue atribuida a que en el sitio boscosos había más redes abiertas y menos anilladores con experiencia. Como resultado las aves permanecieron por demasiado tiempo en las redes durante la parte más caliente del día.

Algunas medidas básicas y simples pueden prevenir la mayor parte de las lesiones y mortalidad con el uso de redes de niebla. Las redes instaladas para especies diurnas deben de ser cerradas o desinstaladas al ocaso para evitar captura accidental de especies nocturnas, y viceversa. Cuando las redes se cierran, se deben de colocar pinzas para ropa o algún otro seguro para evitar que el viento las despliegue de nuevo; las secciones sueltas pueden atrapar murciélagos o aves nocturnas, o aves activas en las primeras horas del día. Cuando las redes de niebla se instalan cerca del suelo, es importante limpiar el área de vegetación y otros residuos de manera que las aves no sean pasadas por alto cuando se revisan las redes. Aunado a esto, es más difícil extraer un ave de la red cuando esta se encuentra enredada en la vegetación.

Las redes de niebla deben de ser revisadas con frecuencia; el número de redes instaladas debe reflejar el número de mano de obra capacitada que está disponible para revisarlas (Recher et al. 1985). Las aves son susceptibles al calor, frío, sed y hambre y no deben permanecer en las redes más tiempo del necesario (Recher et al. 1985). Si el sustrato debajo de una red se calienta por el sol, pueden alcanzarse temperaturas letales para aves pequeñas en corto tiempo. Igualmente, el frío extremo plantea un problema similar, especialmente para especies pequeñas. Las redes deben de estar sombreadas o posicionadas de manera que eviten la exposición directa al sol. El trampeo o atrapado con red debe de ser evitado en temperaturas menores a los 0° o superiores a los 35°C, o en climas ventosos o lluviosos. Las redes y trampas deben de ser observadas o revisadas por lo menos cada 20 minutos durante la temporada de anidación, migración, o si está más caliente o frío debido a las condiciones microclimáticas del área y cada 30 minutos (por lo menos una vez por hora) durante el resto del año.

Instale medidas contra la depredación. Si los depredadores en el área parecen estar observando las redes, las redes deben de ser plegadas. Si un ave es capturada por un depredador, revise las redes más frecuentemente o pliéguelas. Los depredadores terrestres –inclusive las ranas – pueden extraer aves del panel más bajo de una red, así que puede ser adecuado levantarla un poco para prevenir este problema. La eliminación de depredadores no es una opción aceptable, y eliminar aves rapaces es un delito federal al Tratado de Aves Migratorias (16 U.S.C. 703 *et seq.*). Antes de liberar aves, hay que buscar si hay depredadores en el área y revisar la condición del ave. Las aves que han sido capturadas pueden estar desorientadas, débiles o más lentas, dificultando así que evadan a los depredadores. Las hormigas de fuego y otros insectos pueden ser problemáticos. Despejar la vegetación por debajo de las redes y levantarlas para evitar contacto con vegetación o suelo es necesario en estos casos. Adicionalmente es bueno saber si hay mamíferos mayores en el área, tales como alces, ciervos y venados, que son conocidos por ocasionar problemas a las redes de niebla.

La extracción de aves de las redes de niebla requiere de entrenamiento y destreza adquirida por experiencia. Un gancho para tejer delgado puede ser utilizado para ayudar a extraer aves enredadas de una red. Unas tijeras pequeñas o navaja pueden ser utilizadas para cortar la red en los casos más difíciles. No es frecuente que un ave se enrede de la lengua en la red, pero en estos casos hay que tener sumo cuidado al retirarla.

Algunas veces ocurren lesiones entre la red y la estación de anillado. Los anilladores emplean varios métodos para el transporte de aves incluyendo bolsas de nylon, tela o malla. Pequeñas cubetas modificadas pueden ser útiles para transportar especies tales como toqués y otras paseriformes de patas largas que pueden ser susceptibles a las dislocaciones de articulaciones. Transportarlas en una cubeta les permite mantenerse en pie, lo que reduce este riesgo (Cox, com. pers.).

Redes de Cañón y de Proyectil.

Las redes de cañón y de proyectil son disparadas sobre áreas predeterminadas, generalmente para capturar aves playeras o acuáticas. Las redes de cañón y de proyectil se extienden rápidamente utilizando cargas explosivas. Las redes Phutt, se disparan utilizando aire comprimido y no tienen el rango o área de las redes de cañón o proyectil. La captura con redes de cañón y proyectil pueden ser efectivas para captura de adultos de aves acuáticas lejos de los nidos. A estas aves se les atrae con cebos o señuelos al área de captura (Parrish et al. 1994; Heath y Fredercik 2003). Debido a que las redes de cañón y proyectil

utilizan cargas explosivas, se requieren permisos y entrenamiento especial, así como un equipo con experiencia para coordinar la colocación y disparo, y para extraer y procesar las aves de manera rápida y eficiente. Si las redes y los explosivos no son colocados y detonados de manera correcta, puede resultar en lesiones o muerte de aves y/o personas (Bub 1995).

Las lesiones y fatalidades parecen no ser comunes, de acuerdo a lo que reportan las pocas investigaciones publicadas sobre éste tema. King et al. (1998) reportaron un ave muerta y un ala quebrada al capturar con red de proyectil a 142 pelicanos blancos (*Pelecanus erythrorhynchos*), debido al golpe del proyectil y del borde de la red disparada. Cox y Afton (1994) reportaron una tasa de mortalidad de 1% en 18 disparos de red en que capturaron 1,116 aves acuáticas. Once de las 12 muertes fueron por ahogamiento cuando las aves resultaron atrapadas entre la plataforma de donde se hizo el lanzamiento, y las estacas que detenían la red. A lo largo de varios años de captura de aves playeras con redes de proyectil, la tasa de mortalidad varió de 0 a 2.1%, excepto por el primer lanzamiento de red, en el cual la carencia de suficiente número de anilladores y contenedores apropiados, resultó en una mortalidad e 10.7% de las aves capturadas (Jurek 1974). Entre más tiempo permanecieron las gaviotas de pico anillado bajo la red, fue menor las veces que se volvieron a observar y se asumió que habían desertado la colonia. Sin embargo, aquellas que permanecieron en la colonia, no parecieron verse afectadas por el tiempo bajo la red y reanudaron su proceso reproductivo. Este estudio en particular no reportó mortalidad en adultos o polluelos, pero tres nidos fueron afectados por la red (Southern y Southern 1983).

Trampas de Embudo

Las trampas de embudo consisten en un embudo que lleva a una trampa. Las aves caminan a través del embudo atraídas por un cebo hacia la trampa, de donde la mayoría de las veces no pueden salir. Estas trampas se utilizan comúnmente con aves que caminan o se alimentan sobre el suelo (Bub 1995). Buck y Craft (1995) reportaron lesiones menores (tipo escoriaciones) asociadas con la captura de búho cornudo (*Bubo virginianus*) y aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*) en trampas de embudo, pero ninguna de consideración o que pusiera en riesgo sus vidas. Kearns et al. (1998) reportó 48 muertes asociadas a la trampa (1.6% del total de capturas) utilizando una trampa de embudo en trébol modificada; de estas, 22 (46%) fueron debido a mamíferos depredadores, 16 (33%) por ahogamiento debido al cambio de mareas, y 10 (21%) por causas desconocidas.

Trampeo en los Sitios de Anidación

La captura en los sitios de anidación es una práctica común cuando el investigador espera marcar a los polluelos, y también porque es seguro encontrar a las aves adultas en estos sitios. El método se emplea a menudo en aves vadeadoras de patas largas (zancudas), tales como cigüeñas o íbices. Sin embargo, el trampeo en los nidos y las visitas repetidas a las colonias de aves vadeadoras puede tener efectos adversos en el éxito de la nidada (Jewel y Bancroft 1991), y puede constituir un sesgo en estudios de reproducción y población. Además, las técnicas de trampeo en el nido pueden limitar a los investigadores al capturar solo aves que están incubando o criando. Como en todas las especies, pueden necesitarse varias técnicas de captura, particularmente cuando se necesitan tamaños de muestra grandes. King et al. (1998) utilizaron trampas acojinadas para las patas, sumergidas en campos inundados. De las 52 aves capturadas, ninguna sufrió lesiones mayores a una ligera abrasión en la pata de un ave. Fuertes et al. (2002) utilizó una trampa para peces modificada, llamada “manga Holandesa de una banda” para capturar polluelas, rascones y gallinetas. Se reportó una muerte debido a depredación por mamífero y cuatro aves mostraron lesiones en la piel de la base del pico. Mehl et al. (2003) utilizó tapetes con lazos para las patas para atrapar tildíos (*Charadrius vociferus*), playero dorso rojo (*Calidris alpina*) y chorlo chiflador (*Charadrius melodus*) en Texas y California. Mehl et al. (2003) reportó tres lesiones a las patas y una muerte por depredación por rapaz en 2410 aves capturadas. Finalmente Herring et al. (2008) utilizó trampas maroma modificadas y fusiles de red para capturar garza blanca (*Ardea alba*) e ibis blanco (*Eudocimus albus*). La trampa de maroma ocasionó que dos aves sufrieran abrasiones menores y un pequeño hematoma, pero no hubo decesos. Al utilizar el fusil de red ocurrieron cuatro decesos (3 garzas blancas y 1 ibis blanco) cuando las pesas de la red golpearon a las aves. Las medidas contra depredadores son muy importantes cuando se trampean aves en los sitios de anidación, tanto para las aves atrapadas, como para los polluelos en el nido.

Rapaces

El anillado de rapaces requiere de un permiso especial del Laboratorio Norteamericano de Anillado del Instituto Norteamericano de Cartografía, y en Canadá de la Oficina de Anillado de Aves al igual que permisos provinciales o territoriales. Recientemente ha sido actualizada una revisión exhaustiva de las técnicas de investigación y manejo de rapaces (Bird y Bildstein 2008).

Podría parecer una medida de sentido común el utilizar guantes gruesos para protegerse de los picos y garras de las rapaces. Sin embargo el Consejo Norteamericano de Anillado advierte contra el uso de guantes en la mayoría de las situaciones de manejo de rapaces. Los guantes pueden evitar sentir si el ave está siendo sujeta con demasiada presión, lo que lesionaría al ave, o muy suelta, permitiendo que libere las alas y patas o el ave completa (Hull y Bloom 2001). Algunos anilladores le dejan a la rapaz un guante para que pique y agarre mientras manejan al ave con la mano desnuda. Este método es útil al extraer polluelos de rapaces del nido. Adicionalmente se puede utilizar una capucha para mantener a la rapaz tranquila.

La mayor parte del anillado en rapaces incluye la utilización de un animal señuelo. El animal se sujeta por un arnés a una cubierta protectora y es atada con correas detrás de la red, dentro de arco o de la trampa. Cuando la rapaz se aproxima, las correas se estiran, ocasionando que el señuelo se mueva. El manual de técnicas de anillado de rapaces del Consejo Norteamericano de Anillado detalla el cuidado adecuado del animal señuelo, manifestando que “es de gran importancia tratar a todos los animales vivos con cuidado y consideración, de manera humanitaria en todo momento.” Los datos específicos incluyen proporcionar refugio, alojamiento limpio, y una dieta apropiada en cantidad y tipo de alimento. En el campo, los animales que sirven de señuelo deben de tener alimento y agua, así como refugio del calor, frío y lluvia. La cubierta protectora debe de ser lo suficientemente grande para permitir que el ave respire y aletee libremente y no debe tener orillas ásperas ni afiladas. Utilice solo animales sanos y no utilice un mismo individuo por más de 1 a 2 horas en buenas condiciones climáticas. Los animales señuelo deben de ser rotados y dejados descansar por uno o más días para permitirles recuperarse del estrés. Se debe revisar a cada uno para descartar lesiones cuando se regresan a su encierro, y las lesiones deben de ser tratadas de manera inmediata (Hull y Bloom 2001). Las trampas Balchatri utilizadas a lo largo de caminos generalmente no se dejan por más de una hora en cada lugar, de manera que a los animales señuelos se les puede proporcionar alimento y agua cuando se extraigan de las trampas. Los animales señuelos deben tener algún tipo de refugio para escapar del pico y garras de las rapaces.

En algunos casos contados, se puede utilizar como señuelo un animal muerto para captura de rapaces. Las águilas y zopilotes son atraídas por carroña. Los búhos preparados por taxidermia, ya sea solos o en combinación con vocalizaciones grabadas, podrían atraer otros búhos hacia las redes de niebla. Nero (1980) tuvo éxito arrastrando un ratón relleno sobre el suelo con una vara e hilo de nylon de pescar. Éste método se ha usado tanto para

búho lapón (*Strix nebulosa*) como para búho manchado (*Strix occidentalis*). Sin embargo, el trampeo de rapaces diurnas requiere del uso de señuelos vivos. El Observatorio de Rapaces de Golden Gate dedicó 15 años de esfuerzo y más de \$150,000.00 dólares para tratar de desarrollar un señuelo mecánico. Aunque tuvieron éxito en crear un robot con suficiente energía almacenada y sistema de control remoto, al igual que movimientos y apariencia realista, fue difícil de utilizar y no fue muy confiable para capturar a la mayoría de rapaces a las cuales fue presentado (Hull, com. pers. 2010). Otros han utilizado señuelos mecánicos consistiendo en una cabeza motorizada dentro de un búho de juguete o disecado, con éxito limitado (Jacobs y Proudfoot 2002; Jacobs 1996), pero los señuelos mecánicos pueden fallar en momentos críticos. Una revisión amplia y detallada de los principales métodos de captura de rapaces efectuada por destacados biólogos de rapaces con varias décadas de experiencia, sugiere la posibilidad de utilizar señuelos no vivos en solo dos métodos (Bloom et al. *en Bird y Bildstein* 2008).

Miopatía de captura

La mayoría de la investigación que requiere la captura de un animal silvestre, supone que el individuo será regresado a su hábitat en condiciones lo más cercanas a su condición original. La miopatía de captura, también conocida como calambre o rabdomiólisis inducida por esfuerzo, que puede ser resultado de la manipulación y captura, retrasa o puede evitar la liberación, y puede llegar a ocasionar la muerte. La miopatía de captura, es un estado de degradación del tejido muscular que puede hacer que un ave sea incapaz de ponerse en pie, caminar o volar (Purchase y Minton 1982; Rogers et al. 2004). La condición es más común en aves acuáticas zancudas pero puede ocurrir frecuentemente, sin ser reconocida, en otras especies como pato de collar, guajolote norteño (*Meleagris gallopavo*), y codorniz cotuí (*Colinus virginianus*) (Minton 1993). La susceptibilidad a la miopatía de captura varía entre especies y entre individuos, debido a que los niveles normales de creatinquinasa y aspartato transaminasa varían con la nutrición, condición física, estatus reproductivo y estación (Dabbert y Powell 1993; Hulland 1993; Mueller 1999; Viña et al. 2000). Como causa de mortalidad, la miopatía frecuentemente impide los programas de reproducción en cautiverio (Biley et al. 1996a; Bailey et al. 1996b) e influencia los resultados de experimentos de campo (Abbot et al. 2005; West et al. 2007).

El efecto causante de la miopatía de captura, es la necrosis muscular ocasionada por la incapacidad del sistema vascular de eliminar productos de desecho y reoxigenar el tejido después de una contracción (Wight et al. 1979). En casos críticos, un ave puede sufrir disnea, hipertermia, debilidad, rigidez muscular y colapso, pero otros síntomas menos

obvios pueden durar más tiempo, incrementando la susceptibilidad a la depredación o contribuyendo a su muerte semanas o meses después de la captura.

Para evitar la incidencia de miopatía de captura, el método de captura necesita estar bien planeado de manera que se atrape, procese y libere a las aves de manera rápida. Esto implica tener suficiente personal con suficiente experiencia y preparación para reducir el tiempo de manejo. Las aves no deben de ser sorprendidas y el tiempo en que las persigue al utilizar trampas de embudo debe ser el mínimo. Reduzca el forcejeo del ave cubriendo los ojos o colocándolas en una caja o jaula oscura, ya que se cree que éste es una causa de miopatía de captura. Cuando no puedan evitarse las altas temperaturas, asegúrese que la temperatura de las aves estará bien controlada con ventilación. Podría ser necesario también sombrear a las aves en las redes tanto antes como mientras están siendo extraídos de ésta. Las cajas de confinamiento deben de ser ubicadas en arena o suelo húmedos, ya que el calor de la arena seca incrementa considerablemente la temperatura dentro de las cajas. Si solo hay arena seca disponible, la capa superior y caliente debe de ser removida, antes de erigir las cajas de confinamiento. Se puede proporcionar sombra y fresco por medio de trapos húmedos colocados fuera del alcance de las aves (Clark y Clark 1992).

Algunos métodos de captura son más susceptibles de ocasionar miopatía de captura que otros. Para la captura de sisón común (*Tetrax tetrax*), las redes de cañón (comparadas con lazos a las patas o trampas de embudo), junto con tiempos más largos de manejo y retención, resultan en un 41% de la varianza en la probabilidad de ocurrencia de padecimientos motrices después de la liberación (Ponjoan et al. 2008). Sin embargo, Minton (1993) encontró que para las aves playeras mayores, las redes de niebla resultaron en más casos de miopatía de captura de lo que ocasionaron las redes de cañón. Se encontró que algunos procedimientos fueron más efectivos en reducir la incidencia de esta condición, incluyendo la extracción de las redes de especies susceptibles en primer lugar, llevarlas a jaulas de confinamiento permitiendo que las patas colgaran al transportarlas, y el procesar en primer lugar a las especies más susceptibles.

Al planear la captura de aves que se conocen como susceptibles de contraer miopatía de captura, aprenda a reconocer los síntomas. Algunos de estos síntomas tales como jadeo ligero, o respiración con pico abierto, pueden también ser signos del estrés normal ocasionado por la captura. Otros son temperatura corporal elevada, debilidad o temblor en extremidades, incapacidad para mantenerse en pie o caminar, ataxia (pérdida de coordinación muscular), depresión y estado de shock.

Observe a las aves si sospecha que existe miopatía de captura. Es posible tratar un calambre que comienza sumergiendo las patas del ave en agua. Los anilladores observaban que los playeros canutos, liberados con síntomas de ligero calambre, inmediatamente se metían al agua. Después de unos momentos se movían, aparentemente sin síntomas de calambres o habiendo mejorado mucho. Dando seguimiento a esta observación, trataron a las aves que mostraban inicio de calambres en las patas, llevándolas a la orilla del mar y sumergiéndoles las patas en el agua, previo a su liberación. Este tratamiento pareció ser efectivo con todas las aves tratadas, probablemente por la reducción rápida en la temperatura del ave. Esta técnica fue utilizada solamente en aves con inicio de calambre y puede no ser efectiva si la condición está avanzada (Clark y Clark 1922). Los relajantes musculares han demostrado capacidad de aliviar los calambres. El Diazepam administrado a los playeros canutos y ostreros euroasiáticos (*Haematopus ostralegus*) abatió completamente los síntomas clínicos (Piersma et al. 1991). Por supuesto, debe consultar con un veterinario antes de tratar a las aves con cualquier tipo de medicamento para asegurar la dosis apropiada. Las aves tratadas con diazepam o sustancias similares deben de ser mantenidas en un lugar seguro, tranquilo y oscuro mientras se recuperan.

Si se planea capturar especies que se consideran susceptibles, obtenga la recomendación de un veterinario y, si fuera posible, organice que haya un veterinario en el sitio; determine las opciones de cuidados veterinarios y de rehabilitación antes de la captura planeada. Si no hay disponibilidad de cuidados veterinarios o de rehabilitación, y los tratamientos en campo –tales como los descritos anteriormente—fallan, organice que haya un método de eutanasia humanitaria que sea administrado por alguna persona calificada (y si se requiere por ley, que tenga un permiso válido para esto). La liberación de un ave discapacitada se considera una medida cruel.

El tratamiento para la miopatía de captura potencialmente incluye medicamentos, suplementos nutritivos y minerales (vitamina E y selenio), al igual que terapia física y masaje. Tres grullas grises fueron tratadas entre 2 y 8 veces/día, de 8 a 12 días hasta que pudieron mantenerse de pie (Businga et al. 2007), un grupo de canutos (*Calidris spp.*) requirieron dos semanas de rehabilitación (Rogers et al. 2004), y un ñandú (*Rhea americana*) recuperó la habilidad de caminar hasta después de 4 semanas de “terapia física persistente y agresiva, relajantes musculares y ansiolíticos...” (Smith et al. 2005).

Con el tratamiento apropiado, la sobrevivencia y liberación pueden ser posibles. En las grullas grises mencionadas anteriormente, las tres sobrevivieron, ambos adultos fueron observados con polluelos durante los siguientes 3-7 años. El juvenil fue observado volando

con un grupo dos días después de su liberación (Businga 2007). A los canutos que sufrían los efectos de la miopatía de captura se les colocaron cabestrillos y se les proporcionaron ejercicios de rehabilitación. De estos, el 80% sobrevivió; cuando tuvieron la posibilidad de caminar y aletear eficientemente, fueron liberados. La mitad de estas aves fueron avistadas el siguiente año, lo cual se compara favorablemente con la tasa de reavistamiento del 52% de aves que no sufrieron miopatía (Rogers et al. 2003).

La necropsia realizada por un veterinario es la única manera de confirmar una muerte por miopatía de captura. Si esto sucede, las técnicas de captura y confinamiento, y los protocolos deben de ser revisados y modificados.

D. Marcaje

Consideraciones generales

Los estudios que utilizan técnicas de marcaje operan bajo la suposición de que la ésta no afecta al individuo, o que los impactos negativos del marcaje son insignificantes. Es esencial para el bienestar de las aves y de la integridad de los investigadores, que el proceso de marcaje no afecte adversamente la conducta, fisiología, o sobrevivencia de los individuos. Debido a la dificultad de proveer controles apropiados para el método de marcaje, y la dificultad de observar y medir los impactos en campo, donde los individuos pueden ser avistados una sola vez, los estudios sistemáticos de efectos adversos potenciales son pocos y a menudo sufren de tamaños de muestra pequeños que concluyen en inferencias estadísticas débiles (Murray y Fullera 2000). Sin embargo, el número de estudios publicados que reportan los efectos de las técnicas de marcaje en la sobrevivencia, reproducción y conducta de animales cautivos y poblaciones silvestres va en aumento, y se reporta aquí para su consideración en el diseño e implementación de estudios de marcaje en aves. Los investigadores no deben de asumir que los procesos de marcaje no tendrán efectos adversos en sus sujetos y deben de hacer un esfuerzo por evaluar y reportar cualquier influencia de ese tipo.

Para que un procedimiento de marcaje sea efectivo, debe de satisfacer la mayoría de los criterios citados a continuación (Marion y Shamis 1977).

- a. El ave no debe padecer impedimentos o molestias inmediatas o a largo plazo.
- b. El marcaje debe de ser rápido y fácil de aplicar.
- c. El código de marcaje (dígitos o colores) debe de ser visible y distinguible.

- d. Las marcas deben de permanecer en el ave hasta que los objetivos de la investigación sean alcanzados.
- e. El ave no debe de sufrir efectos adversos en su conducta, longevidad, o vida social.
- f. Deben de llevarse registros cuidadosos de todos los aspectos del procedimiento de marcaje.

A pesar de los efectos que la técnica de marcaje pueda tener en las aves, el marcaje es una técnica de investigación necesaria. Al seleccionar el método de marcaje, intente satisfacer tantos de estos criterios como sea posible, dando una consideración especial a los efectos adversos atribuibles a la técnica de marcaje que escoja, los efectos que puede tener en la especie bajo estudio, los efectos que puede tener en los datos que serán generados, y su conveniencia para el estudio propuesto.

El [Código de Ética del Consejo de Anilladores de Norteamérica](#) resume las normas básicas que constituyen las prácticas éticas de anillado y marcaje. Un problema en particular surge con respecto a la precisión de los datos. Las aves varían en apariencia entre individuos, entre sexos, entre etapas de la vida y a lo largo de las estaciones. La identificación de especies y determinación de edad y sexo del ave, junto con la colecta de otras medidas morfométricas puede consumir mucho tiempo. Este tiempo puede ser reducido utilizando un formato de tabulador que condense los criterios de diagnóstico (Sakai y Ralph 2002). Ésta publicación cubre una gran variedad de taxones, incluyendo rapaces, paseriformes, colibríes y carpinteros, y puede ser ordenada del [Klamath Bird Observatory](#).

Todos los tipos de marcaje requieren permisos del U.S. Bird Banding Laboratory, la Bird Banding Office, o el Canadian Wildlife Service. Se requiere obtener permiso especial para colocar marcaje “auxiliar” en un ave –esencialmente cualquier cosa diferente de la que emite el gobierno; anillos metálicos numerados.

En casos especiales, puede ser posible identificar a los individuos de algunas especies en base a marcas únicas o vocalizaciones (ver Pennycuick 1978; Gilbert et al. 1994) sin necesidad de manipular o marcarlos, y donde sea posible estos métodos deben de ser considerados como alternativa a la marca física de los investigadores.

Anillos Metálicos

Antes de la utilización del anillado, la mayoría de la historia natural de las aves era un completo misterio (Bairlein 2001). Para principios del siglo XX, el anillado de aves se organizó y los anilladores sometieron sus datos a la American Bird Banding Association, la

cual compilaba y almacenaba la información. El U. S. Banding Lab ha tenido estas funciones desde 1920. Debido a los avances que el anillado ha contribuido al estudio de las aves, el anillado ha sido considerado el mayor avance en el estudio de las aves en el siglo XX. Los investigadores han utilizado el anillado para estudiar a las aves con mucho éxito por varias décadas (Coulson 1993).

En Norteamérica, los anillos metálicos numerados (generalmente de aluminio, con varias aleaciones para propósitos especiales) son expedidos a los anilladores aprobados por el Bird Banding Lab del U. S. Geological Survey, o por la Bird Banding Office o el Canadian Wildlife Service, y utilizados en gran variedad de especies. Las aves anilladas con anillos metálicos casi siempre necesitan ser recapturadas para poder leer los números del anillo, y para generar los datos. Los anillos grandes colocados en aves mayores, tales como rapaces o algunas acuáticas, pueden ser leídos en campo con la utilización de binoculares o telescopios.

Es de suma importancia que se utilicen anillos del tamaño correcto. La colocación de anillos demasiado pequeños para la especie en cuestión, que no toman en cuenta el crecimiento en aves juveniles, o que no consideran el dimorfismo en talla cuando se determina el tamaño del anillo, puede resultar en anillos muy grandes que se salen del pié. De igual manera si se determina incorrectamente el número de anillos que pueden ser colocados en una pata, se puede ocasionar lesiones graves o la pérdida de la pata anillada (Calvo y Furness 1992; Reed y Oring 1993; Gratto-Trevor 1994; Sedgwick y Klus 1997; Amat 1999). El tamaño de anillo recomendado para todas las especies de Norteamérica puede ser encontrado en el [Manual de Anillado de Norteamérica](#) (Gustafson et al. 1997) y en la Guía de Identificación de Aves de Norteamérica (Pyle 1997, 2008).

Cuando se utilizan anillos de tamaño correcto, la ocurrencia y tasa de efectos adversos en los sujetos es generalmente muy baja. Reed y Oring (1993) en sus 19 años de estudio de playero alzacolita (*Actitis macularia*), documentaron pérdida de dedos o patas en ocho de 267 aves anilladas y vueltas a ver después del anillado. Durante ese mismo tiempo, los investigadores observaron tres aves sin anillo que habían perdido una pata o dedos. Gratto-Trevor (1994) reportó resultados similares: en un estudio de ocho años con playero semipalmeado (*Calidris pusilla*) no observó lesiones en ninguna de las 278 aves anilladas avistadas en años subsecuentes. Sin embargo en algunos casos se han reportado tasas de lesión mucho mayores. Amat (1999) reportó una tasa de lesiones de 1.9% en un estudio de siete años con chorlo nevado (*Charadrius alexandrinus*). Tanto Reed y Oring (1993) como Amat (1999) reportaron que las lesiones no afectaron la reproducción. Sedgwick y Klus

(1997) reportaron una incidencia inusualmente alta de lesiones en las patas en mosquero saucero (*Empidonax traillii*). La tasa total de lesiones de 9.6% de las aves anilladas que se avistaron en años siguientes, varió de lesiones leves (irritación) a pérdida de la pata en 33.9% de los casos. La sobrevivencia de esas aves fue significativamente menor que en el resto de la población. Los problemas aparentemente son atribuibles en su mayor parte a la utilización de dos anillos de color, o un anillo de aluminio y un anillo de color en una pata. No deben utilizarse dos o más anillos de aluminio en una pata, ya que las orillas pueden traslaparse y lesionarla (Berggren y Low 2004).

Una revisión de la literatura compilada por Marion y Shamis (1977) cubre una amplia variedad de reportes específicos para especies, incluyendo un reporte de impactos adversos o pérdida de anillos. Las lesiones por anillos incluyen desde una simple irritación o molestia, dedos atorados en el anillo (Berggren y Low 2004), lodo, hielo o excretas acumuladas entre el anillo y la piel (MacDonald 1961; Amat 1999), y pérdida de la pata (Calvo y Furness 1992; Reed y Oring 1993; Gratto-Trevor 1994; Amat 1999; Pierce et al. 2007). Las observaciones de polluelos anillados enredados en la vegetación, llevaron a Bart et al. (2001) a estudiar el impacto de los anillos de color en polluelos de playero semipalmado anillados al eclosionar; de hecho no se encontró diferencia en masa o sobrevivencia de los polluelos anillados, aun cuando se colocaron de dos a tres anillos en cada polluelo. Las aves que llevaban tres anillos fueron vueltos a ver más frecuentemente que las aves sin anillo o con uno o dos anillos. Las causas de las lesiones a menudo parecen ser específicos para la especie. Henckel (1976) reportó lesiones en las patas de zopilote aura (*Cathartes aura*), aparentemente resultado de la acumulación de materia fecal bajo el anillo; estas aves defecan sobre sus patas para refrescarse con la evaporación. Las aves de patas largas que tratan de retirarse los anillos o acicalarse las patas, pueden atorar el pico en los anillos; la colocación del anillo por arriba de la articulación del tarso previene este problema (Salzert y Schelshorn 1979).

Anillos de Colores

La colocación de anillos de color ha demostrado ser una técnica útil para reconocer aves individuales sin necesidad de recaptura. La habilidad de rastrear aves individuales ha aumentado nuestro conocimiento de sus movimientos y comportamiento (Hole et al. 2002). Uno o dos anillos de colores se colocan sobre una o las dos patas del ave. Se utilizan cada vez con más frecuencia en estudios de comportamiento y ecología, y a menudo involucran a gran número de individuos (Cresswell et al. 2007; Pierce et al. 2007). El uso de anillos de color requiere permiso especial del U.S. Bird Banding Lab o la Canadian Bird Banding Office.

Cuando se utilizan en combinación con anillos de aluminio, los de plástico deben de ser de la misma talla, pues de otra manera el anillo más pequeño puede deslizarse bajo el más grande y producir lesión o pérdida de la pata (Berggren y Low 2004). La mayoría de las lesiones parecen ocurrir con más frecuencia cuando el anillo metálico o combinaciones de anillos metálicos y plásticos de color se utilizan sobre la misma pata (Sedgwick y Klus 1997). Berggren y Low (2004) descubrieron que el 2.5% de los petirrojos de la Isla del Norte (*Petroica longipes*) mostraron efectos adversos a los anillos de color. La lesión más común que tuvieron fue que el dedo posterior se atoraba entre el anillo y el tarso. Esta lesión particular se cree que fue ocasionada por que el ave se posa de lado en ramas verticales. La acumulación de escamas de piel entre el anillo y la pata en el maluro soberbio (*Malurus cyaneus*) resultó en la contracción del espacio que ocasionó la pérdida de función de los dedos de la pata, e inflamación por arriba del anillo (Splittgerber y Clarke 2006). Armstrong et al. 1999 descubrieron que el 54% de las aves hihi (*Notiomystis cincta*) anilladas sufrieron lesiones debido a el rompimiento de los anillos de color, y experimentaron la pérdida parcial de funciones de las patas. La función de las patas y la sobrevivencia se incrementaron cuando los anillos rotos fueron sustituidos con bandas plásticas de tipo envolvente. Pierce et al. (2007) observaron lesiones producidas por anillos plásticos (de celuloide o PVC) en 13.2 – 35.3% de especies de mosqueros recapturados, e incluían la acumulación de escamas, inflamación por arriba y debajo del anillo, así como pérdida de la pata. No se observaron mas lesiones cuando los anillos fueron cambiados por anillos de aluminio anodizado con color. Los autores recomendaron el uso de un solo anillo de aluminio anodizado con color, lo cual reducía el número de combinaciones de colores disponibles. Sin embargo Koronkiewicz et al. (2005) desarrollaron un método para hacer anillos de aluminio anodizado con franjas de colores. De manera alternativa, si se utiliza un anillo de plástico de color, puede ser colocado por arriba el anillo de metal numerado. Los autores también señalaron que la conducta o la morfología de los mosqueros de las familias Muscicapidae y Monarchidae, que están relacionadas, y posiblemente los mosqueros de la familia Tyrannidae del continente Americano, podría explicar el por qué estas especies aparentan sufrir lesiones ocasionadas por los anillos plásticos de color, que no se ven en otras especies.

Se debe poner atención particular cuando se anillan polluelos, antes de que se les pueda colocar un anillo permanente. Harper y Neill (1990) proponen una técnica para anillar polluelos con pajillas de plástico de color; lo que requiere que el polluelo se vuelva a capturar antes de que vuele, para quitarle esa marca temporal. Cuando los polluelos son anillados cerca de cuando abandonan el nido, estos podrían volar y sería difícil

recapturarlos. Por esta razón es importante estimar la edad del polluelo a través del tamaño, apariencia, y comportamiento si no se sabe la fecha exacta de eclosión, y saber la duración del periodo en nido (obtenido de las descripciones de la especie, o por experiencia previa).

Los anillos de color pueden también afectar el comportamiento. Los estudios han demostrado que ciertos colores de anillo, especialmente aquellos que son similares al plumaje, o a los colores de partes suaves utilizadas como señales sociales, pueden afectar el atractivo para apareamiento, estatus de dominancia, incluso agresión en algunas especies. Las primeras investigaciones se enfocaron en el uso de anillos del color de las marcas ornamentales, tales como parches en la garganta, en las alas (tipo charreteras), anillos oculares, o coloración del pico. Como era de esperarse, los resultados fueron mixtos. En varios experimentos se observó la preferencia de apareamiento entre pinzones cebrá (*Taeniopygia guttata*) en cautiverio (Burley 1981; Burley et al. 1982; Burley 1985, 1986a, 1986b). Beletsky y Orians (1991) descubrieron que los anillos de color rojo no tenían impacto en la mortalidad de los machos o el éxito reproductivo del tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*). Weatherhead et al. (1991) colocaron anillos plásticos o de aluminio anodizado de color rojo a tordos sargentos y descubrieron efectos menores, positivos o negativos con el uso de cualquiera de los dos tipos de anillo, con respecto a pérdida de territorio o tamaño del harem. El éxito reproductivo no fue determinado y se sugirió que se necesitaba un análisis genético para determinar la paternidad fuera de la pareja, antes de determinar el éxito reproductivo en especies polígamas o poliandras. Holder y Montgomerie (1993) descubrieron que los machos de lagópodo alpino (*Lagopus mutus*) anillados en color rojo o naranja, no tuvieron mayor éxito reproductivo, en contraste al estudio de la misma población en años anteriores. Sin embargo, si observaron una tasa más alta de intrusión territorial. Hannon y Eason (1995) no encontraron evidencia de que los anillos de color rojo o naranja afectaran la elección de pareja, éxito reproductivo, ni sobrevivencia en lagópodo común (*Lagopus lagopus*). Johnsen et al. (1997) descubrieron que los anillos de colores iguales a los colores de ornato, no afectaron el éxito de apareamiento, pero los machos que tenían anillos en estos colores dedicaron menos tiempo a cuidar a sus parejas y más tiempo exhibiéndose e invadiendo territorios vecinos. Johnson et al. (1993) descubrieron lo mismo en jilguero canario (*Carduelis tristis*). Hansen et al. (1999) utilizaron anillos de color para crear asimetría artificial en hembras de pechiazul (*Luscinia svecica*) para determinar si los machos preferían pareja simétrica; los efectos positivos sugieren que la asimetría, más que los colores específicos pueden ser responsables de los impactos observados de los anillos de color en la selección de la pareja.

Otra consideración al anillar, es si esto puede incrementar la depredación debido a lo conspicuo del anillo. En un estudio con playero común (*Tringa totanus*), Cresswell et al. (2007) no observaron incremento en el riesgo de depredación debido a la presencia de anillos de color.

Dependiendo de la duración del estudio, puede ser importante considerar que algunos colores de anillos de celuloide disponibles a la venta, se decoloran. Después de dos años aproximadamente, pueden volverse irreconocibles (Hill 1992; Lindsey et al. 1995). Varios proveedores ofrecen anillos estables a los rayos UV. La mayoría de los colores de plástico estables a UV, permaneces brillantes por varios años a menos de que sean cubiertos por sustancias que los oscurezcan, tales como tierra o algas. Los anillos azules se decoloran relativamente pronto.

En años recientes, algunos estudios en aves migratorias de largas distancias, especialmente playeras, han empleado banderillas plásticas con colores únicos que representan los diferentes países y posiciones para representar los puntos de origen. Este sistema está coordinado por el Shorebird Banding Project. Las banderillas son más grandes y conspicuas que los anillos, así que pueden ser observadas a mayores distancias. Para evitar la interferencia entre los múltiples estudios con playeros, se debe consultar siempre con el [International Shorebird Banding Project](#) antes de colocar banderillas a las aves.

La pérdida de anillos de color también puede afectar los estimados de mortalidad y tamaño de la población, y esto debe ser considerado al seleccionar el tipo de anillo (Nelson et al. 1980). Una alternativa a los anillos de color y de bajo costo es descrita por Hill (1992).

Colorantes y Marcadores Ultravioleta

Los colorantes aplicados al plumaje se utilizan de manera generalizada en aves, especialmente en aves acuáticas y vadeadoras coloniales. Puede ser muy difícil observar los anillos en estas aves ya que tienen las patas frecuentemente bajo el agua. Algunos marcadores útiles de corto plazo, son los rotuladores de tinta resistentes al agua, las tintas para tatuar, crayones de cera para marcar ganado, y la pintura libre de plomo. Algunos pigmentos utilizados frecuentemente son el ácido pícrico, rodamina B, y verde de malaquita. El ácido pícrico (ácido picronítrico; trinitrofenol; ácido nitroxántico; ácido carbazótico; trinitrofenol) tiene un alto riesgo de explosión. Durante periodos largos de almacenaje, puede perder agua y volverse inestable. Nunca toque o abra una botella de ácido pícrico seco o contaminado, ya que la fricción podría hacerlo explotar. El ácido pícrico cristalizado tiene un riesgo severo de explosión, es especialmente reactivo con metales o

sales metálicas, y también es tóxico si se absorbe por la piel o inhala. Por estas razones, se recomienda enfáticamente no utilizarlo. Los métodos de coloración son tratados en varios estudios (Kennar 1961; Taber 1969; y Day et al. 1980). Las recomendaciones para el uso de fijadores que mejoren la retención del colorante en las plumas, se puede encontrar en Belant y Seamans (1993). Se debe tener precaución al aplicar el colorante, especialmente cuando el contorno de las plumas es muy marcado de color. El alcohol o la base detergente pueden remover el aceite de las plumas del ave y la humedad puede ocasionar pérdida de calor. Se debe tener cuidado para asegurar que las aves procesadas estén completamente secas antes de su liberación. Un método para marcar con color a aves incubadoras, aplicando el colorante a sus huevos (Paton y Pank 1986; Cavanagh et al. 1992) puede resultar en tasas más altas de mortalidad en huevo y debe ser utilizado solamente con las precauciones apropiadas (Belant y Seamans 1993). Las aves marcadas con colorante en algunas ocasiones son tratadas por sus conspecíficos de manera diferente, y pueden estar en mayor riesgo de depredación (Frankel y Baskett 1963). El esmalte de uñas puede ser utilizado en las uñas de los polluelos en el nido para marcar a los individuos antes de que se puedan anillar. Los investigadores deben tratar de efectuar evaluaciones sistemáticas de los efectos posibles que esto puede tener ya que puede influenciar no solo el bienestar de los sujetos bajo investigación, sino los resultados de la misma. La pintura de cualquier tipo sobre las plumas debe de ser utilizada con moderación debido a los impactos en la estructura de la pluma y su función.

Las técnicas de aspersión aérea o en tierra, desarrolladas para marcaje en masa de aves en dormideros o colonias de anidación, emplean varios colores de partículas fluorescentes (suspendidas en un líquido adhesivo) que se asperjan con sistemas de aspersión agrícolas (Jaeger et al. 1986; Otis et al. 1986). La marca es visible bajo luz UV de onda larga, cuando el ave es examinada en mano y perdura varios meses o hasta la muda. No se han encontrado efectos adversos, y los cambios de comportamiento no se consideran resultado del marcador ya que este no es visible a la luz de día. Al igual que con cualquier aplicación asperjada, la naturaleza del hábitat y la composición de la formula asperjada debe de ser analizada para efectos potenciales al medio ambiente. Los colorantes fluorescentes también son útiles para localizar y rastrear aves de colores crípticos (Steketee y Robinson 1995).

Collares

Las bandas plásticas para el cuello, o collares, han sido utilizadas de manera extensiva para marcar aves acuáticas. Aldrich y Steenis (1955) concluyeron que los collares colocados apropiadamente son marcas efectivas con pocos efectos adversos en gansos. En general, los

collares parecen ser superiores a los discos nasales para marcar aves acuáticas en términos de visibilidad y retención de la marca, así como para evitar lesiones (Sherwood 1966), y tienen muy poco impacto en el comportamiento o sobrevivencia de los gansos, pero pueden no ser aceptables en patos, los cuales pueden atorar su pico en los collares (Helm 1955) y pueden interferir con el éxito reproductivo de hembras de ganso de collar (*Branta bernicla nigricans*) (Lensink 1968). Ankney (1975) descubrió que hembras de ganso blanco (*Chen caerulescens*) a las que se les colocó collar, murieron de inanición a una tasa desproporcionada a la observada en la población en general, lo cual se confirmó con datos adicionales el siguiente año (Ankney 1976). Un cisne de tundra (*Cygnus columbianus*) asió el collar de otro para retenerlo durante un encuentro agresivo, previniendo que el segundo cisne se defendiera (Hawkins y Simpson 1985). MacInnes y Dunn (1988) examinaron la recuperación y tasas de recaptura para gansos canadienses con collar a lo largo de siete años, y descubrieron que la tasa de recaptura era aproximadamente la mitad que la de las aves con anillos tarsales, aunque no pudieron determinar si la causa fue el incremento en la mortalidad, migración o ambos. Cuando ambos miembros de un par tenían collar, o el macho lo tenía, la iniciación del nido fue retrasada ligeramente, pero no hubo diferencias significativas en el número de huevos, ni en el éxito de la nidada en tres de cuatro años. El ganso careto-mayor (*Anser albifrons frontalis*) pasó significativamente más tiempo acicalando sus plumas en las áreas de alimentación, pero no en los dormitorios, y pareció compensar esto permaneciendo menos tiempo en posición de alerta, pero en general no se observó afectado (Ely 1990). En un estudio riguroso para abordar los daños potenciales de los collares en ganso emperador (*Chen canagica*), Schmutz y Morse (2000) descubrieron que las hembras adultas marcadas con anillos tarsales, tenían una sobrevivencia anual 17% más alta que las marcadas con collar, y especulan que los efectos negativos del collar emanan de un incremento crónico en la demanda energética.

El hielo presenta un asunto especial. Ballou y Martin (1964) colocaron collares a 1,564 gansos canadienses (*Branta canadensis*) durante un periodo de cuatro años. Ellos observaron dos muertes resultantes de fuertes heladas. En otro estudio, la totalidad de 68 gansos canadienses que portaban collares sufrieron algún tipo de congelamiento; 12 acumularon medio kilogramo de hielo, mientras que otros desarrollaron una capa delgada de hielo. Todas las aves pudieron volar y el hielo cayó de manera espontánea al aumentar la temperatura. En un segundo incidente, 10 aves acumularon aproximadamente 1kg de hielo; uno murió y cuatro fueron incapaces de volar. El hielo en el collar del ave muerta tenía 1 cm de espesor por dentro del collar y aparentemente oprimió el cuello (Greenwood y Bair 1974). Dos incidentes involucrando hielo en el collar ocurrieron con 164 gansos de patas

rosadas (*Anser branchyrhynchus*). Durante el primero se formó hielo ligero en los collares de 25 individuos y hielo grueso (5-10 cm) en los collares de 25 individuos. En el segundo incidente, cinco (de 123) aves, acumularon hielo ligero mientras 13 acumularon hielo grueso. En todos los casos las aves fueron avistadas alimentándose y no hubo gran diferencia en los índices del perfil abdominal de las aves con acumulación de hielo con aquellas que no acumularon hielo. No se observó mortalidad y no hubo una diferencia significativa en la tasa de reavistamientos (Madsen et al. 2001). En una investigación sin publicar, Hestbeck (com. pers.) encontró que los collares de plástico en forma cónica colectaban hielo pero se acomodaban más bajo, de manera que el cuerpo, y no el cuello, era el que cargaba el peso del hielo y del collar. Los collares de aluminio parecen menos susceptibles a acumular hielo que los de plástico (MacInnes et al. 1996) pero algunas especies atorán sus picos en ellos si los bordes no se traslapaban para eliminar el hueco. Al igual que todas las demás técnicas de marcaje, las respuestas difieren entre especies, y los investigadores deben evaluar sistemáticamente cualquier posible influencia del marcador. Debido a que los collares afectaron la sobrevivencia, Schmutz y Morse (2000) sugirieron que los collares son útiles para proporcionar información sobre distribución, pero pueden no ser deseables cuando se requieren parámetros demográficos.

Discos y Sillas Nasales

Son discos o placas de plástico de color o numeradas, que se colocan a cada lado del pico del ave y se sujetan a través de la apertura nasal por varios métodos (Bartonek y Dane 1964; Sugden y Poston 1968; Doty y Greenwood 1974). Estos marcadores se aplican principalmente en aves acuáticas. Se han reportado varios resultados indeseables, incluyendo la tasa mayor de pérdida de la marca, a menudo con lesión a los orificios nasales (Sherwood 1966), tasas de mortalidad más alta atribuibles al enredamiento con vegetación subacuática (Sugden y Poston 1968), mortalidad debido a la acumulación de hielo (Byers 1987), y un menor éxito en el apareamiento (Kook 1981; Regehr y Rodway 2003). Debido a la posibilidad de enredarse con vegetación o con redes de pesca sumergidas, los discos nasales no se recomiendan para especies de aves que se sumergen, y no deben de ser utilizados para estudios de éxito de apareamiento en aves (Alison 1975).

Pelayo y Clark (2000) no encontraron evidencia de que los marcadores nasales tenían influencia adversa en los patrones de anidación antes de, ni durante la postura de hembras de pato tepalcate (*Oxyura jamaicensis*). Aunque las lesiones del pico fueron más comunes, los marcadores nasales no parecen tener influencia general en la conducta reproductiva

durante el anidamiento y cría de la nidada. Regehr y Rodway (2003) tampoco encontraron impactos del disco nasal en la conducta, tiempo de apareamiento, o éxito en el apareamiento de las hembras de pato arlequín (*Histrionicus histrionicus*). Sin embargo, sí encontraron que los machos con discos nasales tenían menor éxito en el apareamiento, y las hembras con discos nasales eran menos frecuente que se unieran a sus parejas anteriores. Un estudio exhaustivo sobre los efectos de las sillas nasales en patos chapoteadores (Anatinae) fue completado por Gillemain et al. (2007) quien estudió los impactos de estos marcadores en pato de collar (*Anas platyrhynchos*), cerceta ala verde (*Anas crecca*), pato golondrino (*Anas acuta*), pato silbón (*Anas penelope*) en campo y en cautiverio. Él encontró que las sillas nasales no tenían efecto en la masa corporal, el manejo del tiempo y otros aspectos del comportamiento, fuera de una reducción en la probabilidad de apareamiento en cercetas, y la ligera reducción en el número de interacciones agresivas en pato golondrino después del marcaje.

Marcadores Patagiales (Ala) y Etiquetas en Patas

Las etiquetas alares son muy visibles, pueden codificarse para la identificación individual, y se mantienen en el ave por períodos de tiempo largos (Marion y Shamis 1977). Al igual que otros marcadores utilizados para identificar aves individuales, los marcadores patagiales son útiles en estudios de comportamiento social, migración y fidelidad a los sitios de anidación e hibernación. La descripción de los tipos de etiqueta y evaluación de su efectividad puede ser encontrada en Anderson (1963), Hester (1963), Hewitt y Austin-Smith (1966), Southern (1971), Curtis et al. (1983), Stiehl (1983), y Sweeney et al. (1985). Algunos reportes indican que la mayoría de las aves aceptan fácilmente las etiquetas patagiales, y que los efectos adversos parecen ser mínimos (p.e., Maddock 1994). El cernícalo americano (*Falco sparverius*) marcado con etiquetas patagiales, mostro un éxito reproductivo mayor que el de el grupo control sin marca (Smallwood y Natale 1998). Sin embargo, por otro lado, Kinkel (1989) reportó que la sobrevivencia, el comportamiento y habilidades reproductivas de la gaviota de pico anillado (*Larus delawarensis*) tuvo repercusiones negativas por hasta cuatro años después del marcaje. Los efectos desaparecieron cuando las etiquetas fueron reemplazadas por anillos de color. Howe (1979) reportó un impacto significativo en la sobrevivencia, determinado mediante la tasa interanual de retorno, cuando ninguno de los 27 playeros pihuiú (*Catoptrophorus semipalmatus*) marcados y anillados regresaron al año siguiente, comparado con una tasa de retorno de un 64% de las aves anilladas pero sin marcadores en ala. Howe supuso que para estos migrantes de largas distancias, la fuerza de resistencia que pueda ocasional la

marca en ala, o la reposición anormal de las plumas de las alas durante la muda, puede haber perjudicado el vuelo durante la migración. Las etiquetas en algunas ocasiones producen callos en el ala (Curtis et al. 1983, Kochert et al. 1983).

Una etiqueta de Velcro™ para las patas, ha sido desarrollada para el marcaje de polluelos de gaviota (Willstead y Fetterolf 1986), pero puede no ser apropiada para todas las especies, por las diferencias en tasa de crecimiento que requieran ajustes frecuentes de la etiqueta (Cavanagh y Griffin 1993).

Transmisores de Radio o Satélite

Los transmisores de radio y satélite representan una gran ventaja para el estudio de las aves en el siglo XXI. Los radiotransmisores emiten radiofrecuencias que pueden ser detectadas por el investigador utilizando un equipo manual especial. Los transmisores de satélite envían señales a satélites que orbitan la tierra y que transmiten los datos a una computadora central de donde los investigadores pueden descargar los datos.

Los estudios que utilizan transmisores de radio o satélite, asumen que los datos colectados de animales etiquetados refleja el estado natural del organismo bajo estudio. Este no es siempre el caso. Los investigadores que utilizan transmisores de radio o satélite para el estudio de las aves, deben considerar los efectos que el transmisor puede tener en el comportamiento natural del ave, y medir estos efectos durante el estudio.

Impactos Generales

Muchos estudios han examinado los impactos que los radiotransmisores externos o implantados pueden tener sobre la sobrevivencia, éxito reproductivo, varios aspectos del comportamiento, e indicadores fisiológicos de estrés de gran variedad de especies en cautiverio o en libertad. Una pequeña muestra de la extensa literatura demuestra la importancia de buscar información específica en la literatura para las especies que se planea investigar, y para reportes de posibles problemas particulares y soluciones, tales como el diseño del transmisor. Para cualquier especie, algunos artículos de investigación no reportan efectos, otros describen cambios de corto plazo en el comportamiento, pero otros más reportan disminución del éxito reproductivo o disminución en la sobrevivencia. Casper (2009) diseñó guías para la instrumentación de aves y mamíferos silvestres. Después de revisar la literatura, ella concluyó que existe una falta de evidencia con la cual justificar la aplicación generalizada de reglas estrictas de instrumentación que incluyen a una gran variedad de especies de aves, con diferentes tamaños y comportamientos. Más aun, las

causas de impactos adversos, cuando ocurren, son multifactoriales y no se relacionan solo a la masa, tamaño y forma del transmisor, sino también al método de captura, tiempo de manejo, método de asegurar el transmisor, disponibilidad de alimento y duración de la implementación.

Un meta-análisis reciente efectuado por Barron et al. (2010) de 84 artículos de investigación que reportaron el uso de transmisores encontró, que en general, las aves sufren efectos negativos significativos en 12 características, menos en la capacidad de vuelo. Dos de estas 12 características, gasto de energía y propensión a anidar, fueron sustanciales, mientras que el impacto en calidad de los polluelos, condición corporal, comportamiento inducido por el transmisor, éxito del nido y comportamiento de forrajeo fueron menores.

Los estudios de impactos en Paseriformes –el orden que incluye a muchas aves pequeñas y muchas que migran entre los hemisferios norte y sur cada año—son pocos, probablemente porque los transmisores pequeños y ligeros que se pueden utilizar en estas especies, requieren la utilización de baterías muy pequeñas y de corta vida. Los datos solo se pueden tomar por un periodo de tiempo corto. Al irse reduciendo los tamaños y peso tanto de baterías como de transmisores, es muy probable que surjan nuevos estudios en paseriformes que incluyan el uso de satélites o radiotelemetría. Las reacciones negativas de los padres a los transmisores de mochila en juveniles de chipe arroyero (*Seiurus motacilla*) puede haber contribuido a la mortalidad de las aves marcadas, o a la eliminación de los transmisores; el éxito de rastreo de volantes marcados solo con anillos de color fue mucho mayor y consumió menos tiempo que el necesario para encontrar y recuperar los transmisores que habían sido perdidos (Mattsson et al. 2006). Dos estudios no encontraron diferencia en la tasa de retorno al siguiente año en zorzal maculado (*Hylocichla mustelina*) y en chipe corona café (*Limnothlypis swainsonii*) (Powell et al. 1998; Anich et al. 2009). Las evaluaciones de indicadores hematológicos de estrés (relación heterocit: linfocitos [H/L]) en zorzal cola rufa (*Catharus guttatus*) que tuvieron un transmisor de mochila por mes, no cambiaron ni fueron diferentes que las de aves que no tenían el transmisor (Davis et al. 2008). Sykes et al. (1990) compararon tres métodos de fijación (arnés, velcro, y adhesivo) y observaron una pérdida de peso tanto en hembras como en machos de mascarita común (*Geothlypis trichas*), aunque ésta pérdida fue significativa comparada con las aves control, solo en el caso de las aves que portaban arnés.

Un dispositivo similar conocido como geolocalizador, colecta información que se obtiene cuando el ave es recapturada. Ya que los geolocalizadores no transmiten señales, son más

pequeños que los transmisores y pueden ser utilizados en aves pequeñas, sin embargo, la capacidad de coleccionar los datos depende de que el ave sea recapturada.

Aunque algunos cambios de conducta, tales como el exceso de acicalamiento y/o reducción del tiempo de alimentación, pueden impactar la sobrevivencia, los cambios de comportamiento tienden a ser pasajeros. Gilmer et al. (1974) observaron numerosos cambios de comportamiento, particularmente en las conductas de confort tales como el acicalamiento, en patos de collar y arcoíris (*Anas platyrhynchos* y *Aix sponsa*) con transmisores externos, aunque los cambios decrecieron en intensidad con el tiempo. Hill y Talent (1990) reportaron que ni el charrán mínimo (*Sterna antillarum athalassos*) ni el chorlo nevado occidental (*Charadrius alexandrinus nivosus*) mostraron cambios de comportamiento relacionados con los radiotransmisores, y que no detectaron diferencia entre aves con transmisores y aves control en cuanto a sobrevivencia diaria del nido y huevos, depredación o abandono del nido.

Greenwood y Sargeant (1973) observaron una pérdida de peso significativamente mayor en patos de collar y cercetas ala azul con radiotransmisores, que en las aves control (el nivel de la pérdida estuvo directamente relacionado al peso del transmisor en la cerceta pero no en el pato de collar). La sobrevivencia, determinada por la tasa de retorno del halcón sacre (*Falco cherrug*), no fue afectada cuando los arneses fueron adaptados a la edad (basados en el largo del ala), diferencias de tamaño por dimorfismo sexual, y masa y forma corporal que aseguraron un ajuste apropiado (Kenward et al. 2001).

Los reportes de la sobrevivencia y éxito reproductivo también han sido mixtos y en ocasiones contradictorios, aun dentro de un mismo estudio. En un estudio previo a emprender un estudio de telemetría de alto costo, con pardela gris (*Puffinus griseus*) a las que se les colocaron imitaciones de transmisores satelitales para estudiar los efectos de éstos, se encontró una pérdida de peso significativa comparado con las aves sin transmisor durante el periodo previo a la anidación, pero no durante ésta. No hubo diferencia en la presencia en la colonia durante el periodo reproductivo, pero si en medio de este periodo cuando las aves fueron manipuladas. La presencia en la colonia también bajó en aves que fueron manipuladas pero no se les colocó transmisor. Sin embargo, en contraste con otros estudios, los transmisores parecieron no tener efecto en la cría de los polluelos. Las crías de aves con transmisores salieron del nido al mismo tiempo que todos los demás, y no mostraron disminución en su tasa de crecimiento (Söhle 2003). Paton et al. (1991) documentaron una sobrevivencia significativamente menor entre hembras de búho manchado (*Strix occidentalis caurina*) que portaban un transmisor de mochila, al igual que

tasas menores de anidación y cría. En contraste, Foster et al. (1992) no encontraron diferencias en la sobrevivencia o masa corporal en búho manchado con transmisores, aunque estas aves produjeron mucho menos crías. Dos aves murieron al enredarse con el arnés, y otra murió por abrasiones subcutáneas ocasionadas por el arnés. Dieciséis aves que fueron recapturadas para remover o reemplazar los arneses, tenían abrasiones; en tres de estos casos se consideró que las lesiones ponían en peligro la vida. Estos problemas aparentaban estar ocasionados por un mal ajuste del arnés. Pietz et al. (1993) encontraron que las hembras de pato de collar con radio transmisor se acicalaban y descansaban más, y se alimentaban menos que otras aves sin transmisor, lo que pareció resultar en una anidación tardía, posturas menores, y volumen reducido del huevo. Sin embargo, Houston y Greenwood (1993) no encontraron diferencias en número de nidadas, masa del huevo o tiempo entre nidadas en un estudio en cautiverio con hembras de pato de collar, cuyos transmisores pesaban entre 4 y 18 gr, ya sea adheridos con pegamento quirúrgico o con arnés. Los resultados obtenidos por Rotella et al. (1993) fueron similares a los reportados por Pietz et al. (1993) en cuanto a que las hembras de pato de collar con arnés anidaban menos veces y permanecían menor tiempo incubando los huevos, comparado con hembras sin transmisor o cuyos transmisores estaban suturados o implantados; adicionalmente, más de la mitad de los arneses suturados se soltaron en los primeros dos meses.

El incremento en la depredación de aves marcadas también es motivo de preocupación. Todos los 38 urogallos de las praderas (*Tympanuchus phasianellus columbianus*) con radiotransmisor de collar murieron dentro del primer año (Marks y Marks 1987). Basados en la tasa de retorno de aves sin marcar, 17 aves marcadas debiesen haber regresado al año siguiente. Un examen de los restos de 22 de 23 cadáveres recuperados mostró que la mortalidad fue debido a la depredación. Los investigadores sugieren que las aves marcadas eran más conspicuos o probablemente renuentes a volar debido al golpeteo de la antena (Marks y Marks 1987). Sin embargo, Wheeler (1991) reportó que la depredación en hembras de cerceta ala azul (*Anas discors*) marcadas con transmisores, no parecía anormalmente alta, aunque no tenía un grupo control para comparación.

Los transmisores también pueden afectar a los polluelos y volantones. Los adultos que tienen transmisores, pueden alimentar menos a los polluelos y más aun, se ha reportado el abandono absoluto del nido, aunque estos impactos pueden reducirse si los transmisores son colocados cuando los polluelos son mayores. Tres de cuatro hembras de chocha americana (*Scolopax minor*) marcadas con transmisores cuando sus polluelos tenían entre uno y dos días, abandonaron sus nidos, pero otras cuatro hembras marcadas con

radiotransmisores cuando sus polluelos tenían cuatro o más días, no los abandonaron; ninguna de las 22 hembras anilladas cuando sus polluelos tenían uno o dos días, abandonó el nido (Horton y Causey 1984). Los transmisores afectaron negativamente la sobrevivencia de crías de ganso canadiense occidental (*Branta canadensis occidentalis*) durante los primeros 28 días de vida, pero no después, y el efecto se redujo considerablemente para las crías que sobrevivieron los primeros dos o tres días de vida (Fondell et al. 2008). Se han reportado tasas de crecimiento y éxito de vuelo reducidos para polluelos de alcuela oscura (*Ptychoramphus aleuticus*) (Ackerman et al. 2004) y de frailecillo crestado (*Fratercula cirrhata*) (Whidden et al. 2007) criados por padres portadores de transmisores.

Impactos de los métodos de fijación

Los impactos de las marcas pueden en algunas ocasiones atribuirse a los métodos de fijación. Tanto los radiotransmisores, como los transmisores satelitales pueden ser fijados de muchas maneras cada uno, con sus propias limitaciones debido a la durabilidad y tiempo de uso (Mong y Sandercock 2007). Estos incluyen arneses de mochila (Kenward et al. 2001; Taylor et al. 2001; Gervais et al. 2006), transmisores de collar (Haug y Oliphant 1990; Leupin y Low 2001; Sissons et al. 2001; Gervais et al. 2003; Rosier et al. 2006), fijación a la piel o plumas con adhesivo (Farmer y Parent 1997), montados en la rabadilla (Gioux et al. 1990; Irvine et al. 2007), e implantes abdominales o subcutáneos (Korschgen et al. 1984; Mauser y Jarvis 1991; Wheeler 1991; Pietz et al. 1995; Korschgen et al. 1996; Hupp et al. 2006; Fondell et al. 2008).

Dependiendo del tipo de transmisor implantado, la conducta de anidamiento puede ser afectada de manera negativa por los implantes, tal como se descubrió en dos especies de araos (*Uria* spp.) en reproducción (Meyers et al. 1998). Sin embargo no se encontró que los transmisores que utilizan antenas internas enrolladas (Korschgen et al. 1984; Olsen et al. 1992) implantados en el celoma de patos de collar (*Anas platyrhynchos*) tuvieran efectos negativos en la reproducción (Rotella et al. 1993). Los transmisores que son implantados en su totalidad, sufren pérdida en la ruta de transmisión, lo que reduce la fuerza de la señal y los límites del rango de detección. Un tubo cubierto de tela que forma un collar en la base de la antena puede ayudar a estabilizar la antena y minimizar la contaminación del celoma, pero no controla la migración de bacterias a lo largo del pasaje de la antena y por la pared del cuerpo. Mulcahy et al. (2007) no encontraron problemas de salud significativos un año después del implante, sin embargo Mulcahy et al. (1999) advierten que los investigadores que utilicen radios con antenas percutáneas, deben saber del problema potencial de la

extrusión del radio y minimizar el problema utilizando transmisores que no tengan bordes agudos, y que sean más bien anchos que delgados.

Hill y Talent (1990), preocupados por reportes anteriores de conducta aberrante en charranes que portaban radiotransmisores, evitaron colocar los transmisores en la región interescapular, la cual se flexiona durante el vuelo, y en lugar de eso adhirieron el radio en la parte baja del dorso, lo cual mantuvo también el centro de gravedad de las aves. Las palomas domesticas (*Columba livia*) sufrieron pocos efectos cuando les fueron colocados transmisores en la cola, pero las aves que tuvieron el transmisor montado sobre el sacro, sufrieron lesiones, volaron más lento, y perdieron peso y condición comparadas con el grupo control (Irvine et al. 2007). Reynolds et al. (2004) encontraron que los transmisores montados en la cola de machos de gavilán azor (*Accipiter gentilis*) redujeron significativamente la sobrevivencia anual aparente de 0.75 (sin transmisor) a 0.29 (con transmisor). Sin embargo, los transmisores de mochila que pesaban más que los montados en la cola, no tuvieron efecto significativo en los adultos.

Demeters et al. (2003) probaron collares como una alternativa a los arneses en ganso blanco, y encontraron que la conducta que indicaba molestia o incomodidad, eventualmente cesaba, pero que todos los parámetros reproductivos se vieron afectados de manera negativa, incluyendo la fecha de postura y el tamaño de la nidada. Las hembras con radio transmisores de collar se separaban de sus parejas a una tasa ocho veces mayor que la de las hembras con collares ordinarios. Gervais et al. (2006) trabajando con tecolote llanero (*Athene cunicularia*) encontraron que los arneses para radio transmisores tenían un efecto mayor sobre la sobrevivencia que los collares, los cuales no variaban mucho en masa.

Los implantes evitan los impactos en vuelo, pero incluyen cirugía, lo que puede tener otras consecuencias. Tal como encontraron Barron et al. (2010) en un meta análisis de 84 reportes sobre el uso de transmisores, ya sea fijados o implantados lo cual requiere anestesia en ambos casos, tuvieron la tasa de mortalidad más alta inducida por el transmisor. Sin embargo la implantación en abdomen, con antena percutánea puede evitar los impactos negativos tales como reducción de la sobrevivencia, incremento en la depredación, mengua en la condición fisiológica, y reducción en la fecundidad. En un estudio en hembras de ganso canadiense, los transmisores implantados no tuvieron impacto en las fechas de migración, un pequeño efecto en la tendencia a anidar, pero ninguno en otras medidas del éxito reproductivo ni en la sobrevivencia después de un año. Las tasas de sobrevivencia de dos a cuatro años fueron ligeramente menores, pero no estadísticamente significativas, entre aves con transmisores mas grandes (Hupp et al.

2006). Los implantes subcutáneos en hembras de pato arcoíris no afectaron su reproducción, incubación, o sobrevivencia medidas por las tasas de retorno interanual en un periodo de dos años (Hepp et al. 2002). La tasa interanual de retorno medida por dos años en hembras de pato arlequín con implantes abdominales, no fue diferente que la de otras aves sin implante, a pesar de la reducción en masa a corto plazo (Esler et al. 2000). En un estudio con grulla gris de Florida (*Grus canadensis pratensis*) en cautiverio, que fueron implantadas con dispositivos de biotelemedicina para medir pulso y temperatura, éstas no mostraron cambios de comportamiento atribuibles a los transmisores o a la cirugía, comparados con las aves control que no tuvieron ni cirugía, ni fueron implantadas (Klugman y Fuller 1990). Los transmisores colocados de manera interna (p. e. en la cavidad abdominal) parecen tener menos efectos en la reproducción (Rotella et al. 1993; Garrettson y Rohwer 1998), en la sobrevivencia (Dzus y Clark 1996; Paquette et al. 1997), y en el comportamiento (Garrettson et al. 2000) que los transmisores externos. Una desventaja de ésta técnica es que la antena también está contenida dentro de la cavidad corporal, reduciendo así el rango de recepción. En un trabajo reciente de Hupp et al. (2006) se demostró que si un transmisor implantado se utiliza con una antena que sobresale del cuerpo, el rango de transmisión aumenta.

Peso del Transmisor

Los investigadores deben de considerar cuidadosamente por cuánto tiempo necesitan coleccionar datos, al determinar el tamaño del transmisor necesario. En resumen, los transmisores necesitan de baterías más grandes para permitirles transmitir datos por un periodo más largo de tiempo.

Una guía típica para el uso de radio transmisores satelitales, es que el transmisor no debe de representar más del 5% de la masa del ave (Cochran 1980). Caccamise y Hedin (1985) sugirieron que el porcentaje de la masa corporal no es la mejor determinación para el límite superior. En su lugar propusieron una formula basada en los requerimientos de fuerza necesarios para el vuelo, para estimar el costo agregado de transportación debido al transmisor. Al hacer esto, ellos demostraron que las aves pequeñas pueden portar cargas mucho más grandes relativas a la masa corporal comparadas con aves más grandes. Caccamise y Hedin (1985) también proporcionaron un método general basado solo en masa corporal, con un proceso para refinar ese estimado para especies individuales tomando una medida simple de morfología del ala y frecuencia de aleteo. Naefdaenzer (1993) probó los efectos de radiotransmisores en varias especies paseriformes pequeñas en la década de los 90. Concluyó que incluso los más pequeños, como un sastrecillo, pueden portar hasta el 5%

de su peso sin impactar su comportamiento o sobrevivencia. Wikelski et al. (2007) resaltan que los transmisores satelitales más pequeños disponibles en el mercado en el 2006, pesaban 9.5 g y eran demasiado grandes para aproximadamente el 81% de todas las especies de aves con peso conocido, siguiendo la guía del 5% de la masa corporal. Warner y Etter (1983) encontraron que tanto el éxito reproductivo como la sobrevivencia en hembras de faisán de collar (*Phasianus colchicus*) estaban inversamente relacionados al peso del transmisor (incluyendo arnés, batería y antena), con los transmisores representando del 1.98 a 3.22% de la masa corporal. En contraste, Hines y Zwickel (1985) no pudieron encontrar ningún efecto del transmisor en la sobrevivencia de esta misma especie con transmisores que representaban de 1.46 a 2.58% de la masa corporal. Casper (2009) concluyó que la guía del 5% es esencialmente arbitraria y que la guía del 3% menos citada, parecía haber sido extrapolada de la revisión de estudios en albatros y petreles donde se correlacionaba la carga del dispositivo con la duración de las salidas a forrajear y la deserción del nido.

En un meta-análisis de 84 artículos donde se evalúan los impactos de los radio transmisores, Barron et al. (2010) no encontraron relación entre la masa proporcional del dispositivo y la magnitud del efecto que tuvieron, al incluir a todos los estudios en una regresión. Esto sugiere que los dispositivos relativamente pequeños tienen un efecto similar a los más grandes. Pocos estudios utilizaron transmisores que representaran más del 5% de la masa corporal y el meta-análisis no comparó la magnitud de los efectos entre estudios que utilizaron dispositivos mayores con menores del 5%. El que exista poca evidencia que indique que los dispositivos proporcionalmente más grandes tienen mayores efectos, sugiere que se requiere poner más atención al diseño, así como al método y sitio de fijación del dispositivo.

El peso parece ser menos importante que el diseño del transmisor. En un estudio de tipos de arneses, Steenhof et al. (2006) encontraron que las hembras de halcón mexicano (*Falco mexicanus*) que eventualmente desechaban sus arneses y transmisores, tenían muchas más posibilidades de sobrevivir que aquellas que retenían el dispositivo. Los autores detectaron que los transmisores no parecían tener impacto durante el año que las aves eran marcadas; la mortalidad aparentemente ocurría después de que las aves dejaban el rango reproductivo, sugiriendo que los transmisores y arneses pueden haber dificultado las migraciones de larga distancia. El peso combinado del equipo era menos del 5% de la masa corporal, lo que llevó a los autores a sugerir que un diseño de transmisor más aerodinámico que redujera la resistencia del aire, podría ser más importante que el peso, y que la

morfología del ala y las características del vuelo podrían ser más importantes que la masa corporal. Obrecht et al. (1988) sugirieron básicamente lo mismo basados en los resultados de un estudio en un túnel de viento, sobre la fuerza de resistencia que ocasionaban algunos modelos de transmisores de varios tamaños y formas. Encontraron que la resistencia era suficiente para reducir el rango de vuelo, lo cual es un factor importante para el éxito de la migración, y que la resistencia se reducía si el transmisor era alargado con los extremos aerodinámicos.

REFERENCIAS

- ABBOTT, C. W., C. B. DABBERT, Y D. R. LUCIA. 2005. Does muscular damage during capture and handling handicap radiomarked northern bobwhites? *Journal of Wildlife Management* 69:664-670.
- ACKERMAN, J. T., J. ADAMS, J. Y. TAKEKAWA, H. R. CARTER, D. L. WHITWORTH, S. H. NEWMAN, R. T. GOLIGHTY, Y D. L. ORTHMEYER. 2004. Effects of radiotransmitters on the reproductive performance of Cassin's auklets. *Wildlife Society Bulletin* 32:1229-1241.
- ALDRICH, J. W., Y J. G. STEENIS. 1955. Neck banding and other colormarking of waterfowl: its merits and shortcomings. *Journal Wildlife Management* 19:317-318.
- ALISON, R. M. 1975. Capturing and marking Oldsquaws. *Bird Banding* 46:248-250.
- AMAT, J. A. 1999. Foot losses of metal banded snowy plovers. *Journal of Field Ornithology* 70:555-557.
- ANDERSON, A. 1963. Patagial tags for waterfowl. *Journal of Wildlife Management* 27:284-288.
- ANICH, N. M., T. J. BENSON, Y J. C. BEDNARZ. 2009. Effect of radio transmitters on return rates of Swainson's Warblers. *Journal of Field Ornithology* 80:206-211.
- ANKNEY, C. D. 1975. Neck bands contribute to starvation in female lesser snow geese. *Journal of Wildlife Management* 39:825-826.
- ANKNEY, C. D. 1976. Response by C.D. Ankney. *Journal of Wildlife Management* 40:572.
- ARMSTRONG, D. P., I. CASTRO, J. C. ALLEY, B. FEENSTRA, Y J. K. PERROTT. 1999. Mortality and behaviour of hihi, an endangered New Zealand honeyeater, in the establishment phase following translocation. *Biological Conservation* 89:329-339.
- BAILEY, T. A., P. K. NICHOLLS, J. H. SAMOUR, J. NALDO, U. WERNEY, Y J. C. HOWLETT. 1996b. Postmortem findings in bustards in the United Arab emirates. *Avian Diseases* 40:296-305.

- BAILEY, T. A., J. H. SAMOUR, J. NALDO, J. C. HOWLETT, Y M. TARIK. 1996a. Causes of morbidity in bustards in United Arab emirates. *Avian Diseases* 40:121-129.
- BAIRLEIN, F. 2001. Results of bird ringing in the study of migration routes. *Ardea* 89:1-19.
- BALLOU, R. M.y F. W. MARTIN. 1964. Rigid plastic collars for marking geese. *Journal of Wildlife Management* 28:846-847.
- BARRON, D. G., J. D. BRAUN, Y P. J. WEATHERHEAD. 2010. *Methods in Ecology and Evolution* 1:180-187.
- BART, J., D. BATTAGLIA, Y N. SENNER. 2001. Effects of color bands on Semipalmated Sandpipers banded at hatch. *Journal of Field Ornithology* 72:521-526.
- BARTONEK, J., Y C. DANE. 1964. Numbered nasal discs for waterfowl. *Journal of Wildlife Management* 28:688-692.
- BELANT, J., Y T. SEAMANS. 1993. Evaluation of dyes and techniques to color-mark incubating Herring Gulls. *Journal of Field Ornithology* 64:440-451.
- BELETSKY, L. D., Y G. H. ORIAN. 1991. Red bands and red-winged blackbirds. *Condor* 91:993-995.
- BERGGREN, A., Y M. LOW. 2004. Leg problems and banding-associated leg injuries in a closely monitored population of North Island robin (*Petroica longipes*). *Wildlife Research* 31:535-541.
- BIRD, D. M., Y K. L. BILDSTEIN. 2008. *Raptor Research and Mangement Techniques*. Hancock House Publishing, Surrey, BC, Canada.
- BRITTEN, M. W., P. L. KENNEDY, Y S. AMBROSE. 1999. Performance and accuracy evaluation of small satellite transmitters. *Journal of Wildlife Management* 63:1349-1358.
- BUB, H. 1995. *Bird Trapping and Bird Banding: A Handbook for Trapping Methods All Over the World*. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- BUCK, J. A., Y R. A. CRAFT. 1995. Two walk-in trap designs for great-horned owls and red-tailed hawks. *Journal of Field Ornithology* 66:133-139.
- BURLEY, N. 1981. Sex ratio manipulation and selection for attractiveness. *Science* 211:721.
- BURLEY, N. 1985. Leg-band color and mortality patterns in captive breeding populations of zebra finches. *The Auk* 102:647-651.
- BURLEY, N. 1986a. Comparison of the band-colour preferences of two species of estrildid finches. *Animal Behaviour* 34:1732-1741.

- BURLEY, N. 1986b. Sexual selection for aesthetic traits in species with biparental care. *American Naturalist* 127:415.
- BURLEY, N., G. KRANTZBERG, Y P. RADMAN. 1982. Influence of colour-banding on the conspecific preferences of zebra finches. *Animal Behaviour* 30:444-455.
- BUSINGA, N. K., J. LANGENBERG, Y L. CARLSON. 2007. Successful treatment of capture myopathy in three wild greater sandhill cranes (*Grus canadensis tabida*). *JOURNAL OF AVIAN MEDICINE AND SURGERY* 21:294-298.
- BYERS, S. 1987. Extent and severity of nasal saddle icing on Mallards. *Journal of Field Ornithology* 58:499-504.
- CACCAMISE, D. F., Y R. S. HEDIN. 1985. An aerodynamic basis for selecting transmitter loads in birds. *Wilson Bulletin* 97:306-318.
- CASPER, R. M. 2009. Guidelines for the instrumentation of wild birds and mammals. *Animal Behaviour* 78:1477-1483.
- CALVO, B., Y R. FURNESS. 1992. A review of the use and the effects of marks and devices on birds. *Ringing and Migration* 13:129-151.
- CAVANAGH, P., Y C. GRIFFIN. 1993. Suitability of Velcro leg tags for marking herringy great black-backed gull chicks. *Journal of Field Ornithology* 64:195-198.
- CAVANAGH, P., C. GRIFFIN, Y E. HOOPEES. 1992. A technique to color-mark incubating gulls. *Journal of Field Ornithology* 63:264-267.
- CLARK, J., Y N. CLARK. 2002. Cramp in captured waders: suggestions for new operating procedures in hot conditions and a possible field treatment. *Wader Study Group Bulletin* 98:49.
- COCHRAN, W. 1980. Wildlife telemetry. Pages 507-520 in *Wildlife management techniques manual*, 4th ed.(SD Schemnitz, Ed.). The Wildlife Society, Washington, DC.
- COULSON, J. 1993. Bird ringing: the greatest advance in the study of birds in the 20th century. *Alauda* 61:5-8.
- COX, R. R., JR.Y A. D. AFTON. 1994. Portable platforms for setting rocket nets in open-water habitats. *Journal of Field Ornithology* 65:551-555.
- CRESSWELL, W., J. LIND, J. L. QUINN, J. MINDERMAN, Y D. P. WHITFIELD. 2007. Ringing or colour-banding does not increase predation mortality in redshanks *Tringa totanus*. *Journal of Avian Biology* 38:309-316.
- CURTIS, P., C. BRAUN, Y R. RYDER. 1983. Wing markers: visibility, wear, and effects on survival of band-tailed pigeons. *Journal of Field Ornithology* 54:381-386.

- DABBERT, C. B., Y K. C. POWELL. 1993. Serum enzymes as indicators of capture myopathy in mallards (*Anas platyrhynchos*). *Journal of Wildlife Diseases* 29:304-309.
- DAVIS, A. K., N. E. DIGGS, R. J. COOPER, Y P. P. MARRA. 2008. Hematological stress indices reveal no effect of radio-transmitters on wintering Hermit Thrushes. *Journal of Field Ornithology* 79:293-297.
- DAY, G., S. SCHEMNITZ, Y R. TABER. 1980. Capturing and Marking Wild Animals. Pages 61-88 in *Wildlife Management Techniques Manual*. Fourth Edition. The Wildlife Society, Washington, DC.
- DEMERS, F., J. F. GIOUX, G. GAUTHER, Y J. BETY. 2003. Effects of collar-attached transmitters on behaviour, pair bond, and breeding success of snow geese, *Anser caerulescens atlanticus*. *Wildlife Biology* 9:161-170.
- DOTY, H., Y R. GREENWOOD. 1974. Improved nasal-saddle marker for Mallards. *Journal of Wildlife Management* 38:938-939.
- DZUS, E. H., Y R. G. CLARK. 1996. Effects of harness-style and abdominally implanted transmitters on survival and return rates of Mallards. *Journal of Field Ornithology* 67:549-557.
- ELY, C. 1990. Effects of neck bands on the behavior of wintering greater white-fronted geese. *Journal of Field Ornithology* 61:249-253.
- ESLER, D., D. M. MULCAHY, Y R. L. JARVIS. 2000. Testing assumptions for unbiased estimation of survival of radiomarked harlequin ducks. *Journal of Wildlife Management* 64:591-598.
- FARMER, A. H., Y A. H. PARENT. 1997. Effects of the landscape on shorebird movements at spring migration stopovers. *Condor* 99:698-707.
- FONDELL, T. F., J. B. GRAND, D. A. MILLER, Y R. M. ANTHONY. 2008. Predators of dusky Canada goose goslings and the effect of transmitters on gosling survival. *Journal of Field Ornithology* 79:399-407.
- FOSTER, C., E. FORSMAN, E. MESLOW, G. MILLER, J. REID, F. WAGNER, A. CAREY, Y J. LINT. 1992. Survival and reproduction of radio-marked adult spotted owls. *Journal of Wildlife Management* 56:91-95.
- FRANKEL, A., Y T. BASKETT. 1963. Color marking disrupts pair bonds of captive Mourning Doves. *Journal of Wildlife Management* 27:124-127.
- FUERTE, B., J. GARCIA, Y J. M. COLINO. 2002. Use of fish nets as a method to capture small rails. *Journal of Field Ornithology* 73.

- GARRETTSON, P. R., Y F. C. ROHWER. 1998. Reproductive effort and survival of wild Blue-winged Teal, *Anas discors*, with backpack harness and implant transmitters. *Canadian Field-Naturalist* 112:212-216.
- GARRETTSON, P. R., F. C. ROHWER, Y E. B. MOSER. 2000. Effects of backpack and implanted radiotransmitters on captive blue-winged teal. *Journal of Wildlife Management* 64:216-222.
- GERVAIS, J. A., D. H. CATLIN, N. D. CHELGREN, Y D. K. ROSENBERG. 2006. Radiotransmitter mount type affects burrowing owl survival. *Journal of Wildlife Management* 70:872-876.
- GERVAIS, J. A., D. K. ROSENBERG, Y R. G. ANTHONY. 2003. Space use and pesticide exposure risk of male burrowing owls in an agricultural landscape. *Journal of Wildlife Management* 67:155-164.
- GILMER, D., I. BALL, L. COWARDIN, Y J. RIECHMANN. 1974. Effects of radio packages on wild ducks. *Journal of Wildlife Management* 38:243-252.
- GIROUX, J., D. BELL, S. PERCIVAL, Y R. SUMMERS. 1990. Tail-mounted radio transmitters for waterfowl. *Journal of Field Ornithology* 61:303-309.
- GRATTO-TREVOR, C. 1994. Banding and foot loss: An addendum. *Journal of Field Ornithology* 65:133-134.
- GREENWOOD, R. J. y W. C BAIR. 1974. Ice on waterfowl markers. *Wildlife Society Bulletin* 2:130-134.
- GREENWOOD, R., Y A. SARGEANT. 1973. Influence of radio packs on captive mallards and blue-winged teal. *Journal of Wildlife Management* 37:3-9.
- GUILLEMAIN, M., M. POISBLEAU, L. DENONFOUX, M. LEPLEY, C. MOREAU, G. MASSEZ, G. LERAY, A. CAIZERGUES, C. ARZEL, D. RODRIGUES, Y H. FRITZ. 2007. Multiple tests of the effect of nasal saddles on dabbling ducks: combining field and aviary approaches. *Bird Study* 54:35-45.
- GUSTAFSON, M. E., J. HILDENBRAND, Y L. METRAS. 1997. *The North American Bird Banding Manual (Electronic Version)*. Version 1.0 North American Bird Banding Laboratory.
- HANNON, S. J., Y P. EASON. 1995. Colour bands, combs, and coverable badges in willow ptarmigans. *Animal Behaviour* 49:53-62.
- HANSEN, L. T. T., T. AMUNDSEN, Y E. FORSGREN. 1999. Symmetry: attractive not only to females. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 266:1235-1240.

- HARPER, R., Y A. NEILL. 1990. Banding technique for small nestling passerines. *Journal of Field Ornithology* 61:212-213.
- HAUG, E. A., Y L. W. OLIPHANT. 1990. Movements, activity patterns, and habitat use of burrowing owls in Saskatchewan. *Journal of Wildlife Management* 54:27-35.
- HAWKINS, L., Y S. SIMPSON. 1985. Neckband a handicap in an aggressive encounter between tundra swans. *Journal of Field Ornithology* 56:182-184.
- HEATH, J. A., Y P. C. FREDERICK. 2003. Trapping white ibises with rocket nets and mist nets in the Florida Everglades. *Journal of Field Ornithology* 74:187-192.
- HELM, L. 1955. Plastic collars for marking geese. *Journal of Wildlife Management* 19:316-317.
- HENCKEL, R. 1976. Turkey vulture banding problem. *North American Bird Bander* 1:126.
- HEPP, G. R., T. H. FOLK, Y K. M. HARTKE. 2002. Effects of subcutaneous transmitters on reproduction, incubation behavior, and annual return rates of female wood ducks. *Wildlife Society Bulletin* 30:1208-1214.
- HERRING, G., D. E. GAWLIK, Y J. M. BEERENS. 2008. Evaluating two new methods for capturing large wetland birds. *Journal of Field Ornithology* 79:102-110.
- HESTBECK, J. B., D. H. RUSCH, Y R. A. MALECKI. 1990. Estimating population parameters for geese from band-recovery and mark-recapture data. - *Transactions of the 55th North American Wildlife and Natural Resources Conference*: 350-373.
- HESTER, A. E. 1963. A plastic wing tag for individual identification of passerine birds. *Bird-Banding* 34:213-217.
- HEWITT, O., Y P. AUSTIN-SMITH. 1966. A simple wing tag for field-marking birds. *Journal of Wildlife Management* 30:625-627.
- HILL, G. 1992. An inexpensive source of colored leg bands. *Journal of Field Ornithology* 63:408-410.
- HILL, L. A., Y L. G. TALENT. 1990. Effects of capture, handling, banding, and radio-marking on breeding least terns and snowy plovers. *Journal of Field Ornithology* 61:310-319.
- HINES, J. E., Y F. C. ZWICKEL. 1985. Influence of radio packages on young blue grouse. *Journal of Wildlife Management* 49:1050-1054.
- HOLDER, K., Y R. MONTGOMERIE. 1993. Red colour bands do not improve the mating success of male rock ptarmigan. *Ornis Scandinavica* 24:53-58.
- HOLE, D. G., M. J. WHITTINGHAM, R. B. BRADBURY, G. Q. A. ANDERSON, P. L. M. LEE, J. D. WILSON, Y J. R. KREBS. 2002. Widespread local house-sparrow extinctions -

Agricultural intensification is blamed for the plummeting populations of these birds. *Nature* 418:931-932.

- HORTON, G. I., Y M. K. CAUSEY. 1984. Brood abandonment by radio-tagged American woodcock hens. *Journal of Wildlife Management* 48:606-607.
- HOUSTON, R. A., Y R. J. GREENWOOD. 1993. Effects of radio transmitters on nesting captive mallards. *Journal of Wildlife Management* 57:703-709.
- HOWE, H. 1979. Evolutionary aspects of parental care in the common grackle, *Quiscalus quiscula* L. *Evolution* 33:41-51.
- HOWE, M. 1980. The problem with wing tags: Evidence of harm to willets. *Journal of Field Ornithology* 51:72-73.
- HULL, B., Y P. BLOOM. 2001. *The North American Banders' Manual for Raptor Banding Techniques*. (North American Banding Council, Ed.). North American Banding Council, Point Reyes, CA.
- HULLAND, T. J. 1993. Muscle and Tendon. Pages 183-265 in *Pathology of Domestic Animals*, vol. 1 (K. V. F. Jubb, P. C. Kennedy, Y N. Palmer, Eds.). Academic Press, New York.
- HUPP, J. W., J. M. PEARCE, D. M. MULCAHY, Y D. A. MILLER. 2006. Effects of abdominally implanted radiotransmitters with percutaneous antennas on migration, reproduction, and survival of Canada geese. *Journal of Wildlife Management* 70:812-822.
- IRVINE, R. J., J. LECKIE, Y S. M. REDPATH. 2007. Cost of carrying radio transmitters: a test with racing pigeons, *Columba livia*. *Wildlife Biology* 13:238-243.
- JACOBS, E. A. 1996. A mechanical owl as a trapping lure for raptors. *Journal of Raptor Research* 30:31-32.
- JACOBS, E.A. Y G.A. PROUDFOOT. 2002. An elevated net assembly to capture nesting raptors. *Journal of Raptor Research* 36:320-323.
- JAEGER, M. M., R. L. BRUGGERS, B. E. JOHNS, Y W. A. ERICKSON. 1986. Evidence of itinerant breeding of the Red-billed Quelea *Quelea quelea* in the Ethiopian Rift Valley. *IBIS: The International Journal of Avian Science* 128:469-482.
- JEWELL, S. D., Y G. T. BANCROFT. 1991. Effects of nest-trapping on nesting success of egretta herons. *Journal of Field Ornithology* 62:78-82.
- JOHNSEN, A., J. T. LIFJELD, Y P. A. ROHDE. 1997. Coloured leg bands affect male mate-guarding behaviour in the bluethroat. *Animal Behaviour* 54:121-130.

- JOHNSON, K., D. ROSETTA, Y D. BURLEY. 1993. Preferences of female American goldfinches (*Carduelis tristis*) for natural and artificial male traits. *Behavioral Ecology* 4:138-143.
- JUREK, R. M. 1974. California Shorebird Study. *Transactions Western Section the Wildlife Society*. No volume given:49-57. Accessed 3 February 2010 from www.tws-west.org/transactions/Jurek.pdf.
- KEARNS, G. D., N. B. KWARTIN, D. F. BRINKER, Y G. M. HARAMIS. 1998. Digital playback and improved trap design enhances capture of migrant Soras and Virginia Rails. *Journal of Field Ornithology* 69:466-473.
- KENNARD, J. H. 1961. Dyes for color marking. *Bird-Banding* 32:228-229.
- KENWARD, R. E., R. H. PFEFFER, M. A. AL-BOWARDI, N. C. FOX, K. E. RIDDLE, E. A. BRAGIN, A. LEVIN, S. S. WALLS, Y K. H. HODDER. 2001. Setting harness sizes and other marking techniques for a falcon with strong sexual dimorphism. *Journal of Field Ornithology* 72:244-257.
- KING, D. T., J. D. PAULSON, D. J. LEBLANC, Y K. BRUCE. 1998. Two capture techniques for American white pelicans and great blue herons. *Colonial Waterbirds* 21:258-260.
- KINKEL, L. 1989. Lasting effects of wing tags on ring-billed gulls. *The Auk* 106:619-624.
- KLUGMAN, S. S., Y M. R. FULLER. 1990. Effects of implanted transmitters on captive Florida sandhill cranes. *Wildlife Society Bulletin* 18:394-399.
- KOCHERT, M. N., K. STEENHOF, Y M. Q. MORITSCH. 1983. Evaluation of patagial markers for raptors and ravens. *Wildlife Society Bulletin* 11:271-281.
- KOOB, M. 1981. Detrimental effects of nasal saddles on male Ruddy Ducks. *Journal of Field Ornithology* 52:140-143.
- KORONKIEWICZ, T. J., E. H. PAXTON, Y M. K. SOGGE. 2005. A technique to produce aluminum color bands for avian research. *Journal of Field Ornithology* 76:94-97.
- KORSCHGEN, C. E., K. P. KENOW, A. GENDRON-FITZPATRICK, W. L. GREEN, Y F. J. DEIN. 1996. Implanting intra-abdominal radiotransmitters with external whip antennas in ducks. *Journal of Wildlife Management* 60:132-137.
- KORSCHGEN, C. E., S. J. MAXSON, Y V. B. KUECHLE. 1984. Evaluation of implanted radio transmitters in ducks. *Journal of Wildlife Management* 48:982-987.
- LENSINK, C. 1968. Neckbands as an inhibitor of reproduction in black brant. *Journal of Wildlife Management* 32:418-420.

- LEUPIN, E. E., Y D. J. LOW. 2001. Burrowing Owl reintroduction efforts in the Thompson-Nicola region of British Columbia. *Journal of Raptor Research* 35:392-398.
- LINDSEY, G., K. WILSON, Y C. HERRMANN. 1995. Color change in Hughes' s celluloid leg bands. *Journal of Field Ornithology* 66:289-295.
- MACDONALD, R. N. 1961. Injury to birds by ice-coated bands. *Bird Banding* 32:309-323.
- MACINNES, C., Y E. DUNN. 1988. Effects of neck bands on Canada geese nesting at the McConnell River. *Journal of Field Ornithology* 59:239-246.
- MACINESS, C. E., J. P. PREVETT, Y H. A. EDNEY. 1969. A versatile collar for individual identification of geese. *Journal of Wildlife Management* 33:330-335.
- MADDOCK, N. M., Y D.J. GEERING. 1994. Effects of patagial tags on cattle egrets. *Corella* 18:1-7.
- MADSEN, J., A. KUIJKEN, C. KUIJKEN-VERSCHEURE, F. HANSEN, Y F. COTTAAR. 2001. Incidents of neckband icing and consequences for body condition and survival of pink-footed geese *Anser brachyrhynchus*. *Wildlife Biology* 7:49-53.
- MARION, W., Y J. SHAMIS. 1977. An annotated bibliography of bird marking techniques. *Bird-Banding* 48:42-61.
- MARKS, J. S., Y V. S. MARKS. 1987. Influence of radio collars on survival of sharp-tailed grouse. *Journal of Wildlife Management* 51:468-471.
- MATTSSON, B. J., J. M. MEYERS, Y R. J. COOPER. 2006. Detrimental impacts of radiotransmitters on juvenile Louisiana Waterthrushes. *Journal of Field Ornithology* 77:173-177.
- MAUSER, D. M., Y R. L. JARVIS. 1991. Attaching radio transmitters to 1-day-old mallard ducklings. *Journal of Wildlife Management* 55:488-491.
- MCCLURE, E. H. 1984. *Bird Banding*. Boxwood Press, Pacific Grove.
- MEHL, K. R., K. L. DRAKE, G. W. PAGE, P. M. SANZENBACHER, S. M. HAIG, Y J. E. THOMPSON. 2003. Capture of breeding and wintering shorebirds with leg-hold noose-mats. *Journal of Field Ornithology* 74:401-405.
- MEYERS, P. M., S. A. HATCH, Y D. M. MULCAHY. 1998. Effect of implanted satellite transmitters on the nesting behavior of murre. *Condor* 100:172-174.
- MINTON, C. D. T. 1993. Stress myopathy in captured waders. *Wader Study Group Bulletin* 70:49-50.

- MONG, T. W., Y B. K. SANDERCOCK. 2007. Optimizing radio retention and minimizing radio impacts in a field study of upland sandpipers. *Journal of Wildlife Management* 71:971-980.
- MUELLER, J. M. 1999. Effect of red imported fire ants on reproduction, health, and survival of northern bobwhites. Dissertation, Texas Technical University, Lubbock.
- MULCAHY, D. M., K. A. BUREK, Y D. ESLER. 2007. Inflammatory reaction to fabric collars from percutaneous antennas attached to intracoelomic radio transmitters implanted in harlequin ducks (*Histrionicus histrionicus*). *Journal of Avian Medicine and Surgery* 21:13-21.
- MULCAHY, D. M., D. ESLER, Y M. K. STOSKOPF. 1999. Loss from harlequin ducks of abdominally implanted radio transmitters equipped with percutaneous antennas. *Journal of Field Ornithology* 70:244-250.
- MURRAY, D. L., Y R. FULLER. 2000. A critical review of the effects of marking on the biology of vertebrates. Pages 15-64 in *Research Techniques in Animal Ecology* (L. Boitani, y T. K. Fuller, Eds.). Columbia University Press, New York, NY.
- MEYERS, P. M., Y D. M. MULCAHY. 1998. Effect of implanted satellite transmitters on the nesting behavior of murre. *Condor* 100:172-174.
- NAEFDAENZER, B. 1993. A new transmitter for small animals and enhanced methods of home-range analysis. *Journal of Wildlife Management* 57:680-689.
- NELSON, L. J., D. R. ANDERSON, Y K. P. BURNHAM. 1980. The effect of band loss on estimates of annual survival. *Journal of Field Ornithology* 51:30-38.
- NIETFELD, M. T., M. W. BARRETT, Y N. SILVY. 1994. Wildlife Marking Techniques. Pages 140-168 in *Research and management techniques for wildlife and habitats* (T. A. Bookhout, Ed.). Wildlife Society, Bethesda, MD.
- OBRECHT, H. H., C. J. PENNYCUICK, Y M. R. FULLER. 1988. Wind-tunnel experiments to assess the effect of back-mounted radio transmitters on bird body drag. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY* 135:265-273.
- OLSEN, G. H., F. J. DEIN, G. M. HARAMIS, Y D. G. JORDE. 1992. Implanting radio transmitters in wintering canvasbacks. *Journal of Wildlife Management* 56:325-328.
- OTIS, D., C. KNITTLE, Y G. LINZ. 1986. A method for estimating turnover in spring blackbird roosts. *Journal of Wildlife Management* 50:567-571.
- PAQUETTE, G. A., J. J. DEVRIES, R. B. EMERY, D. W. HOWERTER, B. L. JOYNT, Y T. P. SANKOWSKI. 1997. Effects of transmitters on reproduction and survival of wild mallards. *Journal of Wildlife Management* 61:953-961.

- PARRISH, J. D., M. L. WHITMAN, Y S. B. COMINGS. 1994. A facilitated method for collection of fecal samples from mist-netted birds. *North American Bird Bander* 19:49-51.
- PATON, P., Y L. PANK. 1986. A technique to mark incubating birds. *Journal of Field Ornithology* 57:232-233.
- PATON, P., C. ZABEL, D. NEAL, G. STEGER, N. TILGHMAN, Y B. NOON. 1991. Effects of radio tags on spotted owls. *Journal of Wildlife Management* 55:617-622.
- PELAYO, J.T.Y R.G. CLARK. 2000. Effects of a nasal marker in behavior of breeding female ruddy ducks. *Journal of Field Ornithology* 71:484-492.
- PIERCE, A. J., D. K. STEVENS, R. MULDER, Y V. SALEWSKI. 2007. Plastic colour rings and the incidence of leg injury in flycatchers (Muscicapidae, Monarchidae). *Ringling & Migration* 23:205-210.
- PIERSMA, T., A. M. BLOEMERT, Y M. KLAASSEN. 1991. Valium against leg cramp in waders. *Water Study Group Bulletin* 63:39-41.
- PIETZ, P., D. BRANDT, G. KRAPU, Y D. BUHL. 1995. Modified transmitter attachment method for adult ducks. *Journal of Field Ornithology* 66:408-417.
- PIETZ, P. J., G. L. KRAPU, R. J. GREENWOOD, Y J. T. LOKEMOEN. 1993. Effects of harness transmitters on behavior and reproduction of wild mallards. *Journal of Wildlife Management* 57:696-703.
- PONJOAN, A., G. BOTA, E. L. G. D. L. MORENA, M. B. MORALES, A. WOLFF, I. MARCO, Y S. MANOSA. 2008. Adverse effects of capture and handling little bustard. *Journal of Wildlife Management* 72:315-319.
- POWELL, L. A., D. G. KREMENTZ, J. D. LANG, Y M. J. CONROY. 1998. Effects of radio transmitters on migrating Wood Thrushes. *Journal of Field Ornithology* 69:306-315.
- PURCHASE, D., Y C. D. T. MINTON. 1982. Possible capture myopathy in Bar-tailed Godwits *Limosa lapponica* in Australia. *Wader Study Group Bulletin* 34:24-26.
- PYLE, P. 1997. *Identification Guide to North American Birds, Part I: Columbidae to Ploceidae*. Slate Creek Press, Bolinas, CA.
- PYLE, P. 2008. *Identification Guide to North American Birds. Part II: Anatidae to Alcidae*. Slate Creek Press, Bolinas, CA.
- RECHER, H. F., G. GOWING, Y T. ARMSTRONG. 1985. Causes and frequency of deaths among birds mist-netted for banding studies at two localities. *Australian Wildlife Research* 12:321-326.

- REED, J., Y L. ORING. 1993. Banding is infrequently associated with foot loss in spotted sandpipers. *Journal of Field Ornithology* 64:145-148.
- REGEHR, H. M., Y M. S. RODWAY. 2003. Evaluation of nasal discs and colored leg bands as markers for Harlequin Ducks. *Journal of Field Ornithology* 74:129-135.
- REYNOLDS, R. T., G. C. WHITE, S. M. JOY, Y R. W. MANNAN. 2004. Effects of radio transmitters on northern goshawks: Do tailmounts lower survival of breeding males? *Journal of Wildlife Management* 68:25-32.
- ROGERS, D. I., P. F. BATTLE, J. SPARROW, A. KOOLHAAS, Y C. J. HASSELL. 2004. Treatment of capture myopathy in shorebirds: a successful trial in northwestern Australia. *Journal of Field Ornithology* 75:157-164.
- ROSIER, J. R., N. A. RONAN, Y D. K. ROSENBERG. 2006. Post-breeding dispersal of burrowing owls in an extensive California grassland. *American Midland Naturalist* 155:162-167.
- ROTELLA, J. J., D. W. HOWERTER, T. P. SANKOWSKI, Y J. H. DEVRIES. 1993. Nesting effort by wild mallards with 3 types of radio transmitters. *Journal of Wildlife Management* 57:690-695.
- SAKAI, W., Y C. J. RALPH. 2002. A tabular format of Pyle's ageing and sexing methods for landbirds. *North American Bird Bander* 27:77-90.
- SALZERT, W., Y D. SCHELSHORN. 1979. Maintaining and breeding avocets at the Rheine Zoo. I. *International Zoo Yearbook* 13:143-145.
- SCHMUTZ, J. A., Y J. A. MORSE. 2000. Effects of neck collars and radiotransmitters on survival and reproduction of emperor geese. *Journal of Wildlife Management* 64:231-237.
- SEDGWICK, J. A., Y R. J. KLUS. 1997. Injury due to leg bands in Willow Flycatchers. *Journal of Field Ornithology* 68:622-629.
- SHERWOOD, G. 1966. Flexible plastic collars compared to nasal discs for marking geese. *Journal of Wildlife Management* 30:853-855.
- SISSONS, R. A., K. L. SCALISE, Y T. I. WELLCOME. 2001. Nocturnal foraging and habitat use by male Burrowing Owls in a heavily-cultivated region of southern Saskatchewan. *Journal of Raptor Research* 35:304-309.
- SMALLWOOD, G. A., Y C. NATALE. 1998. The effect of patagial tags on breeding success in American kestrels. *North American Bird Bander* 23:73-78.
- SMITH, K. M., S. MURRAY, Y C. SANCHEZ. 2005. Successful treatment of suspected exertional myopathy in a rhea (*Rhea americana*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 36:316-320.

- SÖHLE, I. S. 2003. Effects of satellite telemetry on sooty shearwater, *Puffinus griseus*, adults and chicks. *Emu* 103:373-379.
- SOUTHERN, W. 1971. Evaluation of a plastic wing-marker for gull studies. *Bird Banding* 42:88-91.
- Southern, L.K. Y W.E. Southern. 1983. Responses of Ring-Billed Gulls to Cannon-Netting and Wing-Tagging. *Journal of Wildlife Management* 47:234-237.
- SPLITTGERBER, K., Y M. F. CLARKE. 2006. Band-related leg injuries in an Australian passerine and their possible causes. *Journal of Field Ornithology* 77:195-206.
- SPOTSWOOD, E.N., K.R. GOODMAN, J. CARLISLE, R.L. CORMIER, D.L. HUMPLE, J. ROUSSEAU, S.L. GUERS Y G.G.BARTON. 2012. How safe is mist netting? Evaluating the risk of injury and mortality to birds. *Methods in Ecology and Evolution* 3:29-38.
- Steenhof, K., K.K. Bates, M.R. Fuller, M.N. Kochert, J.O. McKinley, Y P.M. Lukacs. 2006. Effects of radio marking on Prairie Falcons: attachment failures provide insights about survival. *Wildlife Society Bulletin* 34:116-126.
- STEKETEE, A., Y W. ROBINSON. 1995. Use of fluorescent powder for tracking American woodcock broods. *The Auk* 112:1043-1045.
- STIEHL, R. B. 1983. A new attachment method for patagial tags. *Journal of Field Ornithology* 54:326-328.
- SUGDEN, L., Y H. POSTON. 1968. A nasal marker for ducks. *Journal of Wildlife Management* 32:984-986.
- SWEENEY, T., J. FRASER, Y J. COLEMAN. 1985. Further evaluation of marking methods for black and turkey vultures. *Journal of Field Ornithology* 56:251-257.
- SYKES, P. W., J. W. CARPENTER, S. HOLZMAN, Y P. H. GEISSLER. 1990. Evaluation of 3 miniature radio transmitter attachment methods for small passerines. *Wildlife Society Bulletin* 18:41-48.
- TABER, R. D., Y I.MCT. COWAN. 1969. Capturing and marking wild animals. Pages 277-317 in *Wildlife management techniques*, 3rd ed. (R. H. Giles, Ed.). The Wildlife Society, Washington.
- TAYLOR, J. S., K. E. CHURCH, Y D. H. RUSCH. 2001. Effects of necklace- versus backpack-mounted radiotransmitters on northern bobwhite (*Colinus virginianus*) survival and reproduction. *Game and Wildlife Science* 18:573-579.
- TAYLOR, N. 1994. A technique for the treatment of capture myopathy. *Stilt* 25:33-34.

- VIÑA, J., M. C. GOMEZ-CABRERA, A. LLORET, R. MARQUEZ, J. B. MINANA, F. V. PALLARDO, Y J. SASTRE. 2000. Free radicals in exhaustive physical exercise: mechanism of production, and protection by antioxidants. *International Union of Biochemistry Molecular Biology Life* 50:271-277.
- WARNER, R. E., Y S. L. ETTER. 1983. Reproduction and survival of radio-marked hen ring-necked pheasants in illinois. *Journal of Wildlife Management* 47:369-375.
- WEATHERHEAD, P. J., D. J. HOYSAK, K. J. METZ, Y C. G. ECKERT. 1991. A retrospective analysis of red-band effects on red-winged blackbirds. *Condor* 93:1013-1016.
- WEST, G., D. HEARD, Y N. CAULKETT. 2007. *Zoo Animal and Wildlife Immobilization and Anesthesia*. Blackwell Publishers, Ames.
- WHEELER, W. 1991. Suture and glue attachment of radio transmitters on ducks. *Journal of Field Ornithology* 62:271-278.
- WHIDDEN, S. E., C. T. WILLIAMS, A. R. BRETON, Y C. L. BUCK. 2007. Effects of transmitters on the reproductive success of Tufted Puffins. *Journal of Field Ornithology* 78:206-212.
- WHITE, G. C., Y R. A. GARROTT. 1990. *Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data*. Academic Press, San Diego.
- WIGHT, P. A. L., W. G. SILLER, L. MARTINDALE, Y J. H. FILSHIE. 1979. The induction by muscle stimulation of a deep pectoral myopathy in the fowl. *Avian Pathology* 8:115-121.
- WIKELSKI, M., R. W. KAYS, N. J. KASDIN, K. THORUP, J. A. SMITH, Y G. W. SWENSON. 2007. Going wild: what a global small-animal tracking system could do for experimental biologists. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY* 210:181-186.
- WILLSTEED, P. M., Y P.M. FETTEROLF. 1986. A new technique for individually marking gull chicks. *Journal of Field Ornithology* 57:310-313.