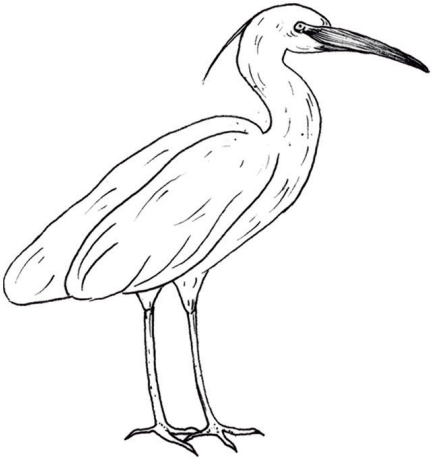

Recomendaciones para el muestreo de aves acuáticas en ambientes lénticos del centro de México

Rubén Pineda-López[1*]
Iriana Zuria[2]

https://doi.org/10.22201/ib.9786073020305e.2019.c19

[1] Ecología y Diversidad Faunística, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

[2] Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

* Autor para correspondencia: rpineda62@hotmail.com

Resumen

Existe una necesidad urgente de tener un conocimiento actual y preciso de las poblaciones de aves acuáticas y de las presiones que soportan, esto con el fin de obtener un buen diagnóstico del estado de conservación de las mismas. Las amenazas principales para las aves acuáticas provienen de la degradación de los humedales a nivel mundial, principalmente en zonas áridas y semiáridas (Junk, 2002), las cuales ocupan el 52% de la superficie del país y son predominantes en el norte y centro de México (Castelán, 1999).

Para obtener información sólida sobre la biología y estado de conservación de las aves acuáticas es necesario definir, con anticipación, los objetivos y métodos que se utilizarán. Existen pocos escritos sobre el muestreo de las aves acuáticas (Koskimies y Pöysä, 1989; Delany, 2005; Camp *et al*., 2014) en comparación con los que tratan este tema para las aves terrestres. El muestreo de las aves acuáticas presenta características especiales debido a cualidades diferentes de las aves acuáticas con respecto a las terrestres, así como a características propias del ambiente acuático de zonas semiáridas y templadas del centro de México. En el presente escrito se abordan, de manera sucinta, estos temas y se aportan recomendaciones para realizar conteos de aves en zonas y épocas de no reproducción, se analizan algunas consideraciones sobre los métodos de muestreo posibles de utilizar, y se consideran aspectos importantes para realizar estudios sobre su biología reproductiva.

Cualidades importantes de las aves acuáticas

Las aves acuáticas presentan comportamientos que deben tomarse en cuenta en el conteo de sus poblaciones. Entre éstos se encuentran los siguientes:

Las especies de aves acuáticas tienen diferentes preferencias ambientales, relacionadas generalmente con la profundidad, la vegetación, la cantidad de nutrientes, el tipo de sustrato presente (*e.g.* arcilla, arena, rocas) o la presencia de peces (Weller, 1999; Pineda-López, 2011); por lo que en cuerpos de agua distintos, o en porciones del mismo cuerpo de agua con diferencias en dichas

características, habrá comunidades de aves distintas (Pineda-López, 2009). En ocasiones se presenta alta abundancia de individuos de ciertas especies en algunos ambientes, como zonas con poca pendiente y profundidad, o con alta cantidad de nutrientes en el agua (eutróficos), o que estén o hayan estado cubiertas por vegetación (en especial por plantas comestibles como *Polygonum mexicanum*), sobre todo si dichos sitios son relativamente amplios (desde pocas decenas de hectáreas; Pineda-López, 2009). Muchas especies tienden a agregarse en grupos grandes multiespecíficos en zonas de alimentación o descanso.

Dentro de una región, las aves acuáticas utilizan un conjunto de cuerpos de agua si es que las condiciones del embalse original cambian y no les favorecen (Weller, 1999), lo cual es común en embalses temporales como los que se presentan en zonas semiáridas con marcada temporada de lluvias (figura 1). Dichos movimientos suceden en menor grado en algunas especies cuando se encuentran anidando, lo cual no es frecuente en zonas semiáridas del centro de México donde se reproducen sólo algunas aves acuáticas (Pineda-López, 2009; Pérez-Elissetche *et al*., 2011).

Figura 1. Presa Santa Catarina, Querétaro en época de estiaje (izquierda), y a final de la época de lluvias (derecha). Fotografía: R. Pineda.

Algunos grupos de aves presentan exigencias ambientales que hacen difícil su detección, como es el caso de aquellas que prefieren o se presentan exclusivamente en zonas con vegetación densa, como tules (*Scirpus*, *Typha*), o diversas plantas herbáceas que pueden sobresalir hasta más de un metro del nivel del agua (*e.g. Polygonum*, *Echinocloa*, figura 2), o restos de cultivos, entre otros. Adicionalmente, algunas especies como los avetoros (Ardeidae) y los rálidos (Rallidae) tienen hábitos crípticos, por lo que su detección es aún más complicada y existen protocolos específicos para ellas (Conway, 2014), que no se tratarán en este escrito.

Figura 2. *Polygonum mexicanum*, planta herbácea semiacuática.
Fotografía: R. Pineda.

Las aves se moverán nadando o volando si perciben la presencia del observador a un límite menor a su "distancia de alerta", empezando generalmente por las de mayor tamaño (Fernández-Juricic y Shroeder, 2003). Cuando un ave nada o vuela, otras también lo harán, por lo que la perturbación puede ser amplia y las parvadas en vuelo numerosas. Las aves que han sido perturbadas pueden moverse a otra zona del mismo embalse, o volar a otro si el embalse es pequeño, por lo que estos movimientos pueden provocar que las aves se cuenten dos veces o no se cuenten si abandonan el cuerpo de agua.

Las aves acuáticas se mueven dentro de un cuerpo de agua de acuerdo a las actividades que llevan a cabo en relación con la hora del día, principalmente descanso o alimentación. En las primeras horas de la mañana algunas especies se alimentan en lugares expuestos y se encuentran relativamente dispersas, mientras que hacia el medio día pueden estar reunidas descansando en las orillas (*e.g.* patos chapoteadores) o hacia el centro del cuerpo de agua (*e.g.* patos buceadores). Esto hace que su observación pueda ser en un horario más amplio que en aves terrestres que se ocultan al medio día, si bien hay que tener cuidado con algunas especies de garzas que pernoctan en árboles generalmente dentro o cercanos a embalses, por lo que hay que buscarlas en estos sitios si es temprano (posiblemente la primer hora de la mañana).

En el centro de México, más del 50% de las especies de aves acuáticas son migrantes neotropicales (que atraviesan el trópico de cáncer en su migración), por lo que su presencia se restringe hacia la época de invierno, aunque en algunos casos pueden permanecer casi todo el año (*e.g. Actitis macularius*; Pineda-López, 2011). También las aves residentes pueden ser menos abundantes en parte de la primavera y el verano (Pineda-López, 2011; Berumen-Solórzano *et al.*, 2017), debido a que en estas épocas los cuerpos de agua se reducen y las aves migran a zonas de reproducción. Todo lo anterior hace que existan cambios considerables entre las comunidades de verano y las de invierno.

Por otro lado, las especies migratorias en tránsito pueden estar presentes sólo algunos días del año (*e.g. Pluvialis dominica* y *Limosa haemastica*) ya que utilizan cuerpos de agua para descanso y alimentación en su ruta migratoria, especialmente en primavera (Pineda-López y Arellano-Sanaphre, 2010). Algunas otras especies presentan comportamiento nómada (*e.g. Dendrocygna autumnalis* y *Mycteria americana*) o su presencia es ocasional en zonas alejadas de las costas (*e.g. Thalasseus maximus* y *Pelecanus occidentalis*; Pineda-López y Arellano-Sanaphre, 2010; Pineda-López *et al.*, 2013).

Algunas aves se encuentran en el embalse sólo por horas durante el día, como es el caso de *Bubulcus ibis*, que puede pernoctar posada en árboles dentro del cuerpo de agua y sale a las primeras horas del día para alimentarse. Esto hace que los conteos de esta especie sean muy variados a distintas horas del día y debe decidirse si puede ser considerada para análisis que involucren su abundancia.

Características de los hábitats lénticos de zonas semiáridas

Los cuerpos de agua continentales pueden presentar características que dificultan la observación de las aves acuáticas.

El tamaño de los cuerpos de agua suelen ser muy variable. Los embalses chicos, de menos de 5 ha, poseen una relativa alta riqueza y abundancia de aves acuáticas si cuentan con vegetación y son poco perturbados (Pineda-López, 2009), ya que perturbaciones repetidas son causa de que las especies abandonen temporal o definitivamente el sitio.

En un embalse, el área cubierta por agua y la vegetación varían a través del ciclo anual (hidroperiodo, *sensu* Bolduc y Afton, 2008), dependiendo de las características climáticas y físicas de la cuenca o microcuenca en que se sitúe, así como del uso que se haga del agua en el caso de las presas (figura 3).

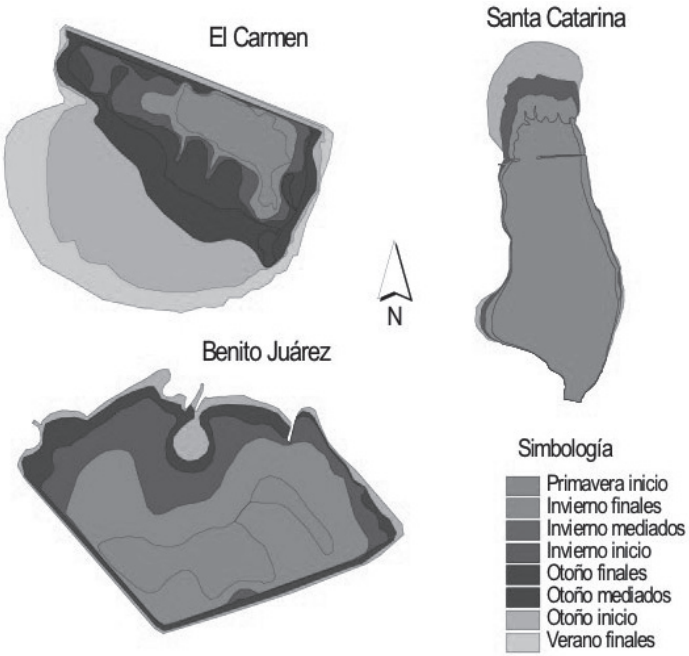

Figura 3. Área cubierta por agua en un hidroperiodo en tres embalses de una zona semiárida del centro de México. Elaboración propia.

El hidroperiodo de muchos de los embalses de zonas tropicales de México, que principalmente tienen lluvias en verano, que no son alimentados por una corriente fluvial permanente, y que se encuentran en zonas semiáridas, por lo general son así: en primavera, por la época de estiaje ocurre una concentración de los nutrientes y la menor extensión y profundidad del embalse, llegando incluso a secarse. En verano, con las lluvias aumenta su extensión y profundidad, y por lo general la vegetación y una mayor cobertura de especies estacionales (figura 1). A finales del verano o principios de otoño se alcanza el tamaño máximo y la mayor cobertura vegetal que puede incluir restos de cultivo inundados. En invierno la vegetación estacional y el tamaño del cuerpo de agua va disminuyendo, si bien las semillas y restos vegetales permanecen y siguen siendo un alimento importante para las aves acuáticas. En presas, este hidroperiodo puede ser alterado de acuerdo a los propósitos para las que fueron creadas, por ejemplo, si se utiliza para riego en invierno-primavera se reduce aún más el embalse. En cuerpos de agua de climas subhúmedos la variación del hidroperiodo puede ser menor.

En algunos embalses la vegetación suele ser abundante en las orillas, lo que oculta a muchas especies dentro de ella y puede impedir que desde la orilla se observen individuos que se encuentren en aguas abiertas detrás de la vegetación. Dependiendo de la pendiente del terreno, la vegetación puede extenderse hacia el interior del embalse (figura 1). Por otro lado, orillas con vegetación muy abierta o escasa ocasionan que el observador sea fácilmente detectado por las aves y la distancia de alerta de las aves sea más amplia, por lo que no es posible que el observador se acerque sin que las aves vuelen. En otros casos, la topografía accidentada del terreno no permite caminar por la orilla de algunos cuerpos de agua.

Recomendaciones generales para el muestreo de aves acuáticas

Con base en lo anterior, se puntualizan las siguientes recomendaciones, las cuales son modificaciones de acuerdo a la experiencia de los autores a partir de lo expuesto por Koskimies y Pöysä (1989) y Delany (2005):

1. Evitar muestrear en condiciones de neblina, lluvia o viento fuerte. Tratar de realizar todo el muestreo en las mismas condiciones climáticas.
2. El muestreo debe hacerse lo más rápido posible para no caer en dobles conteos por el movimiento de las aves. Si se definen dos o más puntos de observación, hay que moverse rápidamente entre ellos.

3. Es importante perturbar lo menos posible a las aves, para que no se alejen nadando o volando. Esto hace necesario el planear la ruta del muestreo, ya que muchas veces los recorridos o los puntos de observación no se encuentran a corta distancia de la orilla. En este caso, es necesario un telescopio para identificar a las especies pequeñas. A los individuos que vuelan hay que seguirles la pista y tratar de no contarlos nuevamente. Si el muestreo se realiza por varios observadores en recorridos diferentes, es recomendable tener comunicación para tratar de evitar dobles conteos. En muchas ocasiones el inicio del vuelo y el alejamiento de las aves ocurre rápidamente, por lo que es útil tomar fotografías de la parvada (figura 4).

Figura 4. Parvada de *Spatula discors* saliendo un manchón de *Polygonum mexicanum*. Fotografía: R. Pineda.

4. Realizar el muestreo con el sol a espaldas del observador, lo cual permite una buena iluminación de las características de las aves. Entonces, es recomendable realizar los conteos desde que sale el sol y hasta antes de que se encuentre en el cenit, cuando la sombra de las mismas aves oculta detalles importantes como

el color de las patas de playeros pequeños (figura 5). Además, tener el sol a espaldas disminuye el riesgo de perturbar a las aves, con lo que la distancia a la cual vuelan es menor (posiblemente las aves no distinguen adecuadamente al observador). Por todo lo anterior, el horario de muestreo puede ser aproximadamente de 7 a 12 h. Posterior a este horario, muchas aves están menos activas y se ocultan o agregan, con lo que se complica su observación y su conteo. También se dificulta la observación a distancia cuando el sol "cae a plomo" y las corrientes de aire ascendente distorsionan las imágenes.

Figura 5. *Calidris minutilla*, el color de sus patas es importante en su identificación. Fotografía: R. Pineda.

5. En ambientes con muchas aves, el método más adecuado para censar toda la comunidad es realizar conteos de los individuos que se encuentren en orillas con poca vegetación y en aguas abiertas, para luego explorar las zonas con vegetación.
6. Contar un sitio relativamente pequeño que albergue hasta dos o tres mil aves de 10 o 20 especies está dentro de las capacidades de un observador de aves

experimentado, pero censar sitios grandes que contienen miles de aves de muchas especies (figura 6) por lo general necesita más personal, experiencia, organización y uso de lanchas para transportarse.

Figura 6. Presa La Llave, Querétaro, con gran cantidad de aves y ambientes. Fotografía: R. Pineda.

7. Si existen muchas aves aglomeradas, debe hacerse una exploración preliminar con binoculares y el número total de aves y la proporción de cada especie debe ser evaluada rápidamente, previendo que pueden alejarse antes de que se termine el conteo detallado. Posteriormente, la bandada puede ser explorada varias veces para realizar el conteo de una o dos especies a la vez y, si el tiempo lo permite, es posible realizar conteos repetidos para obtener una estimación consistente. El escaneo repetido tiene la ventaja adicional de maximizar las posibilidades de encontrar especies pequeñas, poco visibles o raras. Un contador mecánico manual es útil para acelerar este proceso y minimizar errores. También puede dividirse el trabajo entre varios observadores.

   Dependiendo del número de aves, los conteos se pueden llevar a cabo por "bloques" de 10 a 50 individuos. Para practicar esta estimación, es recomenda-

ble utilizar el programa *Wildlife Counts*. Otra ayuda es la obtención de fotografías de alta resolución que permitan hacer el conteo de forma más detenida, para lo cual hay que fotografiar sucesivamente diferentes porciones de la bandada, con lo cual se reduce considerablemente el problema de contar individuos que se encuentran en movimiento. Una gran densidad de aves en las bandadas puede ocasionar otras dificultades, ya que las aves en la parte posterior del grupo son particularmente difíciles de separar e identificar, especialmente cuando se encuentran descansando y están muy juntas. En este caso, también se puede realizar el conteo con ayuda de fotografías.

8. En sitios grandes, o si hay porciones de la orilla inaccesibles, es recomendable hacer uso de telescopios, con los que algunas aves grandes pueden identificarse hasta a 700 m de distancia, con buenas condiciones de observación. Para aves pequeñas que no sean difíciles de identificar, como *Actitis macularius*, la distancia a que pueden ser observadas se reduce a menos de 150 m en orillas sin vegetación. En otras especies más pequeñas como *Calidris minutilla* la distancia se reduce aún más.
9. Si es posible, se deben contar las aves en el área total de cada sitio. Si se necesitan varios observadores, el área contada, la ruta seguida por cada contador y los puntos de observación especiales deben marcarse en copias de un mapa para evitar errores.
10. En sitios grandes o poco accesibles o con zonas donde la vegetación no permite la visibilidad desde tierra firme, los muestreos en lancha pueden ser la mejor manera de registrar y contar las aves acuáticas (figura 7). Lanchas con motor fuera de borda pueden cubrir grandes distancias, si bien el grado de disturbio es mayor y pueden provocar el vuelo de las aves a mayores distancias. Algunas de las dificultades en los muestreos en pequeñas embarcaciones incluyen el punto de vista bajo ofrecido por ellas, pues son plataformas de observación inestables que generalmente impiden el uso de telescopios y la mayor distancia a la cual deben de realizarse las observaciones.

Figura 7. *Gavia immer*, especie que sólo se registró mediante recorridos en lancha. Fotografía: R. Pineda.

11. Para contar las aves que se ocultan en la vegetación, anátidos por ejemplo, es necesario causar alguna perturbación menor para que las aves vuelen. Esto debe evitarse en época de reproducción, pues se puede causar el abandono del nido, sobre todo si se observa la presencia de depredadores y oportunistas, como los cuervos. Para censar las aves de grandes grupos de múltiples especies en vuelo generalmente se cuenta con poco tiempo, y es necesario hacer una exploración rápida del número total y de la proporción en que se encuentran las especies, lo cual puede tener una alta dificultad. Sin embargo, en estos casos ayudan mucho fotografías panorámicas de la parvada para estimar el número total de aves, y otras parciales con mayor acercamiento para estimar la proporción en que se encuentran las especies (figura 8).

Figura 8. Fotografía que permite estimar la proporción de aves en un segmento de la parvada. Fotografía: R. Pineda.

12. El cambio de las poblaciones debido a migraciones y la variación ambiental en los embalses temporales, provocan grandes alteraciones en la comunidad de aves acuáticas en un cuerpo de agua, por lo que es necesario planear adecuadamente los muestreos si el estudio abarca diferentes periodos del año.
13. Las especies con hábitos secretivos pueden detectarse mejor mediante la reproducción de sus cantos y el registro de sus respuestas, para lo cual hay protocolos establecidos (Johnson *et al*., 2009; Conway, 2014).

Métodos a utilizar en el muestreo de aves acuáticas

No hay un método que sea adecuado en toda situación. Diferentes métodos pueden ser aplicados para diferentes especies, ambientes o propósitos (Koskimies y Pöysä, 1989).

Es posible utilizar transectos paralelos a la orilla o conteo por puntos. La distancia de observación dependerá de los grupos de aves acuáticas involucrados en el estudio y del tamaño y características del cuerpo de agua, en algunos de ellos la parte central

quedará demasiado lejos para detectar las especies ahí presentes. La distancia recomendada entre puntos para asegurar la independencia en el conteo de aves en ambientes terrestres (250 m; Ralph *et al.*, 1996), no es válida aquí debido a la amplia movilidad de muchas especies. Ambos métodos describieron de manera equivalente a la comunidad en un estudio dirigido a anátidos, si bien las abundancias de las especies no estuvieron representadas de igual manera (Koskimies y Pöysä, 1989). Esto mismo se observó en una comparación de la comunidad completa de aves acuáticas de la laguna de Zumpango, Estado de México, donde las curvas de rango abundancia para puntos y transectos fueron muy similares; pero las aves vadeadoras o relacionadas con las orillas y su vegetación estuvieron mejor representadas en los transectos, si bien los puntos acumularon más especies raras, probablemente por azar en el muestreo (Rodríguez-Casanova y Pineda-López, comp. pers.)

Si bien algunos estudios muestran que dichos métodos son inadecuados para un alto número de especies (Koskimies y Pöysä, 1989), ambos ofrecen algunas ventajas: los puntos pueden ser más fáciles y rápidos, si es que el traslado es rápido de uno a otro, y en ellos se puede utilizar un telescopio si las orillas son abiertas; mientras que en los transectos algunas aves saldrán de su escondite si nos acercamos lo suficiente, en ocasiones a 1-3 m, y se contarán de mejor manera a las especies vadeadoras y otras ligadas a las orillas (Koskimies y Pöysä, 1989; Rodríguez-Casanova y Pineda-López, comp. pers.)

En caso de utilizar transectos es preferible utilizar varios pequeños en vez de uno grande, lo cual permite utilizar de mejor manera los estimadores de riqueza, asociar los transectos a diferentes condiciones del embalse (orillas sin vegetación, o con vegetación, entre otras), y utilizar la misma unidad de muestreo en embalses de diferente tamaño. Un método recomendado es recorrer la misma ruta en cada visita y parar cada pocos cientos de metros para escanear con binoculares y un telescopio, y contar así las aves (Delany, 2005).

Camp *et al.* (2014) analizaron la abundancia obtenida con métodos de muestreo por recuento directo y por estimaciones de densidad basadas en la distancia a la que se observan los individuos. Concluyeron que la variación que usualmente se presenta entre múltiples conteos significa que el recuento directo incorpora muchas fuentes de incertidumbre que no se tienen en cuenta, incluso si se interpreta como un índice proporcional de abundancia y no como la abundancia absoluta; mientras que las estimaciones basadas en distancia fueron descartadas como una técnica de estimación

viable debido a violación de los supuestos del modelo. Entre los métodos probados por dichos autores, los recuentos en puntos por observadores apareados produjeron las estimaciones más precisas y cumplían con los supuestos del modelo, por lo que sugieren dicho método.

Si el objetivo del estudio hace necesario un seguimiento de las poblaciones de aves acuáticas en el tiempo, una prioridad de los observadores debe ser contar los mismos sitios de igual manera en cada visita. El conteo en humedales de zonas áridas no se puede realizar de esta forma debido a la variación temporal que presentan (estacional e interanual), por lo que en ellos la máxima prioridad de cada temporada debe ser contar la mayor cantidad de aves presentes como sea posible (Delany, 2005), si bien hay que utilizar la misma unidad de muestreo (puntos, transectos, o ambos) aunque en diferente número y posición.

Si en un estudio estacional se tienen repeticiones de los muestreos (*e.g.* tres repeticiones mensuales en verano), la opción para definir un valor para la abundancia de la estación no es sumar las abundancias de las repeticiones, debido a que pudiéramos estar contando repetidas veces a un mismo individuo. Ante esto, una primera alternativa es considerar para cada especie el número máximo observado en alguna de las repeticiones (estimador máximo), que representa el número mínimo de individuos que hay en el punto (Johnson, 2008). Una segunda opción es utilizar el Estimador de Conteo Limitado (Camp *et al.*, 2014): N = 2Xm - Xm-1, donde Xm es el conteo máximo en las repeticiones, y Xm-1 es el segundo conteo mayor obtenido (Johnson *et al.*, 2007). Aunque este estimador está lejos de ser perfecto, tiende a reducir el sesgo asociado con el estimador máximo (Johnson *et al.*, 2007).

Recomendaciones para estudios de biología reproductiva

Existen pocos trabajos dedicados al estudio de la biología reproductiva de aves acuáticas, principalmente para cuerpos de agua en zonas áridas y semiáridas del centro de México (*e.g.* De Sucre *et al.*, 2011; Rodríguez-Casanova, 2017; Rodríguez-Casanova y Zuria, 2016, 2017, 2018), a pesar de que hay un gran número de aves residentes que se reproducen en estos humedales. Por ejemplo, Rodríguez-Casanova (2017) registró 20 especies de aves acuáticas que se reproducen en la Laguna de Zumpango, Estado de México, entre las que destacan *Podiceps nigricollis, Aechmophorus clarkii, Bubulcus ibis, Egretta thula, Nycticorax nycticorax, Plegadis chihi* y *Fu-*

lica americana. Los datos sobre temporadas reproductivas, sitios de anidación y factores que afectan el éxito reproductivo son fundamentales para poder proponer estrategias de manejo y conservación, tanto de las poblaciones de aves, como de sus hábitats (Green, 2004).

Muchas especies de aves acuáticas son sociales durante la reproducción y establecen colonias reproductivas (de una o más especies), mientras que otras anidan de manera solitaria. Algunas establecen y defienden territorios, y existe una gran diversidad de tamaños de territorio y de comportamientos entre las distintas especies. Por ejemplo, especies coloniales como las garzas, comúnmente defienden sólo una pequeña área de un árbol o arbusto donde anidan, pero se alimentan en zonas lejanas al nido; otras especies, como algunos colimbos, llegan a defender sitios que incluyen las áreas de reproducción y de alimentación (Weller, 1999). Una de las características del hábitat que es primordial para la reproducción de aves acuáticas es que exista un sustrato apropiado para la anidación. La vegetación acuática es necesaria en la mayoría de los casos, aunque algunas aves playeras pueden no requerirla y anidar en una pequeña oquedad en el suelo. Durante el periodo reproductivo las colonias de algunas garzas pueden contener miles de nidos con poca separación entre ellos, lo que depende de la disponibilidad de vegetación apropiada.

Antes de iniciar un estudio sobre biología reproductiva es conveniente definir las preguntas que quieren contestarse y tener un plan adecuado para realizar los muestreos (Green, 2004). Los estudios de biología reproductiva pueden enfocarse en diversos aspectos entre los que destacan el conocer las temporadas reproductivas, los sitios de anidación, el tamaño de nidada, el éxito reproductivo y las causas de fracaso. Los métodos para cada uno de estos aspectos se describen a continuación.

Temporada reproductiva

Las temporadas de anidación en aves acuáticas dependen principalmente de las características ambientales e hidrológicas del cuerpo de agua, así como de la temporalidad en la disponibilidad de alimento (Weller, 1999; Zuria y Mellink, 2005), aunque la temporada reproductiva puede extenderse durante casi todo el año en embalses del centro de México. Por ejemplo, en la Laguna de Zumpango la temporada reproductiva de las aves acuáticas en general se extendió entre febrero y noviembre (Rodríguez-Casanova, 2017). La temporada reproductiva de cada especie se determina

realizando observaciones de conducta de los individuos. Entre los aspectos más importantes que indican que las aves inician la reproducción están el cortejo, la cópula, incremento de las vocalizaciones de los machos, la formación de parejas, el establecimiento de territorios, la búsqueda y acarreo de material para la construcción del nido, entre otros (Martin y Geupel, 1993; Sutherland *et al.*, 2004). Otros indicios de reproducción son la presencia de plumaje reproductivo en los adultos, y la presencia de nidos activos y de crías. Todas estas observaciones permiten construir el calendario reproductivo de cada especie, ubicando temporalmente las etapas de cortejo, construcción del nido, periodo de incubación, periodo de eclosión, presencia de juveniles y etapa de volantones, además puede conocerse si hay más de una puesta por temporada. Es importante registrar las fechas de inicio de cada comportamiento para conocer si la temporada reproductiva ha cambiado en el tiempo a causa del cambio climático u otros factores (Visser y Both, 2005).

La determinación de la temporada reproductiva y la construcción del calendario reproductivo dependen de la observación constante de los individuos. Las observaciones deben realizarse desde una distancia que no perturbe a las aves, utilizando binoculares o telescopio. Se debe tomar nota de las características del plumaje y de las conductas que realicen los adultos, haciendo énfasis en las interacciones entre individuos. Además, una vez que se detecten señales de que inició la construcción del nido, debe realizarse una búsqueda exhaustiva de nidos en las zonas con vegetación o donde se haya observado a los individuos acarreando material para el nido. Generalmente estas observaciones se llevan a cabo desde el agua, en lanchas o canoas perturbando los nidos lo menos posible. Para identificar la especie a la que pertenece cada nido, en caso de que no se observe a los adultos, deben utilizarse guías especializadas (*e.g.* Baicich y Harrison, 2005; Goodfellow, 2011; Hauber, 2014). El periodo de incubación corresponde al número de días transcurridos a partir de la puesta del primer huevo y hasta el día de la eclosión de la última cría (Martin *et al.*, 1997).

Sitio y sustrato de anidación

El sitio seleccionado para anidar es un factor determinante en el éxito reproductivo de las aves (Martin, 1993). Los adultos deben considerar una serie de variables bióticas y abióticas cuando eligen el sitio para anidar, ya que de ello depende la sobrevivencia de los pollos y de ellos mismos. El proceso de selección del sitio de anidación

en aves acuáticas está relacionado con el hidroperiodo del embalse, ya que una vez iniciada la temporada de lluvias, los nidos pueden inundarse si la construcción del nido inicia muy temprano en la temporada. Sin embargo, algunas aves acuáticas fabrican nidos flotantes. En aves acuáticas territoriales, la selección del sitio de anidación debe realizase dentro del territorio, tratando de maximizar la cobertura del nido y la protección contra factores abióticos como viento, sol, inundaciones, y factores bióticos como depredadores (Burger, 1985). Existe una gran diversidad de sitios donde anidan las aves acuáticas, lo que varía entre especies, y puede cambiar entre individuos de la misma especie y entre años. En general, debe tomarse nota de los siguientes datos: 1) ubicación del nido, por ejemplo si está entre la vegetación o sobre el suelo, distancia al cuerpo de agua o al borde del humedal, altura del nido sobre el nivel del agua; 2) el tipo de vegetación donde está colocado y sus características: sobre el pasto, en un árbol o arbusto, altura del sustrato sobre el nivel del agua; 3) cobertura de vegetación alrededor del nido, la cual se reporta comúnmente como porcentaje, y 4) otros datos que se consideren relevantes según la especie que se está estudiando. Por ejemplo, entre los anátidos que anidan en la Laguna de Zumpango, *Spatula cyanoptera* anidó sobre el pasto, mientras que *Anas platyrhynchos diazi* anidó sobre un nido abandonado de *Fulica americana* en el tule, y *Oxyura jamaicensis* construyó sus nidos también sobre tule (figura 9; Rodríguez-Casanova y Zuria, 2018). Otros sustratos de anidación utilizados por las aves acuáticas en la Laguna de Zumpango fueron algunos árboles (*e.g. Ardea alba, Bubulcus ibis, Egretta thula, Phalacrocorax brassilianus*; figura 10), hierbas (*e.g. Fulica americana*) y directamente sobre el suelo desnudo (*e.g. Recurvirostra americana, Himantopus mexicanus, Charadrius vociferus*), aunque el tule (*Scirpus validus*) fue el sustrato más común que fue utilizado por 13 de las 20 especies (Rodríguez-Casanova, 2017).

Figura 9. Nido de *Oxyura jamaicensis* entre el tule. Fotografía: I. Zuria.

Figura 10. Nido de *Phalacrocorax brassilianus* sobre un árbol. Fotografía: I. Zuria.

Además de describir el sitio y el sustrato de anidación es importante tomar datos sobre el tamaño del nido (diámetro, profundidad), altura sobre el nivel del agua, así como registrar el material utilizado para la construcción del nido. Generalmente las aves acuáticas utilizan la misma vegetación que sirve como sustrato para la construcción del nido y puede incluir trozos y tallos de tule, ramas y hojas de árboles, etcétera. Se ha visto que algunas especies como *Podilymbus podiceps*, *Aechmophorus clarkii* y *Fulica americana* pueden incorporar material de origen antropógenico (bolsas plásticas, unicel, ligas, globos, etcétera) en el nido (Rodríguez-Casanova, 2017; Rodríguez-Casanova y Zuria, 2017). Esto puede llegar a tener repercusiones en la salud y sobrevivencia de los polluelos como se ha visto para otras aves terrestres (Carbó-Ramírez *et al*., 2015).

Tamaño de nidada y éxito reproductivo

Para cada nido estudiado es importante registrar el tamaño de nidada, es decir, el número de huevos en el nido una vez que la puesta ha sido completada. La inspección a los nidos debe hacerse lo más rápido posible para no provocar el abandono del nido o afectar el éxito reproductivo. Los nidos deben revisarse preferentemente cada tercer día para poder registrar la eclosión de los polluelos, eventos de depredación o pérdida de huevos. En caso de contar con los permisos requeridos, pueden tomarse mediciones de los huevos utilizando calibradores (largo, ancho) y pesolas (peso), así como de los polluelos (peso, presencia de diente de eclosión para determinar edad en los polluelos, etcétera). Estas actividades deben hacerse rápidamente siempre y cuando haya justificación suficiente para hacerlo.

El éxito de eclosión se calcula como el número de polluelos que eclosionaron dividido entre el tamaño de nidada. Posteriormente se puede intentar calcular cuántos de esos polluelos llegan a la etapa de volantones y abandonan el nido, sin embargo en especies nidífugas y en especies coloniales esta labor puede ser muy complicada.

Cuando se observa que se han perdido nidos o polluelos, se debe intentar identificar cuál fue la causa. Es importante notar si hay huellas o señales de depredadores, disturbio por parte de embarcaciones, o si el nido fue abandonado por los adultos, en cuyo caso los huevos estarían intactos en el nido. Otras causas de fracaso reproductivo incluyen inundaciones, robo de huevos para consumo humano, destrucción de la vegetación por actividades de pesca, entre otras.

Literatura citada

Baicich, P. J. y Harrison, C. O. (2005). *Nests, eggs and nestlings of North American birds. Princeton Field Guides*. New Jersey, 347 pp.

Berumen-Solórzano, A., Maimone Celorio, M. R., Villordo Galván, J. A., Olivera Ávila, C. I. y González Oreja, J. A. (2017). Cambios temporales de la avifauna acuática en el sitio Ramsar "Presa de Valsequillo", Puebla, México. *Huitzil, 18*, 202-211.

Bolduc, F. y Afton, A. D. (2008). Monitoring waterbird abundance in wetlands, the importance of controlling results for variation in water depth. *Ecological Modelling, 216*, 412-408.

Burger, J. (1985). Habitat selection in temperate marsh-nesting birds. En M. L. Cody (Ed.), *Habitat selection in birds* (pp. 253-281). New York: Academic Press.

Camp, J. R., Brinck, K. W., Paxton, E. H. y Leopold, Ch. (2014). *Monitoring Hawaiian waterbirds: evaluation of sampling methods to produce reliable estimates*. U. S. Geological Survey/University of Hawaii, Technical Report HCSU-049, 29 pp.

Carbó-Ramírez, P., González-Arrieta, R. A., Zuria, I. (2015). Breeding biology of the Rufous-backed Robin (*Turdus rufopalliatus*) in an urban area outside its original distribution range. *Wilson Journal of Ornithology, 127*, 515-521.

Castelán, C. E. (1999). *Los consejos de cuenca en el desarrollo de las presas en México*. México: Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo/IPN, 12 pp.

Conway, J. C. (2014). Standardized North American marsh bird monitoring protocol. *Waterbirds, 34*, 319-346.

Delany, S. (2005). *Guidelines for participants in the International Waterbird Census (IWC)*. Wageningen, Holanda: Wetlands International. 15 pp.

Fernández-Juricic, E. y Shroeder, N. (2003). Do variation in scanning behavior affects tolerance to human disturbance? *Applied Animal Behavior Science, 84*, 219-234.

Goodfellow, P. (2011). *Avian architechture, how birds desing, engineer and build*. New Jersey: Princeton University Press, 160 pp.

Green, R. E. (2004). Breeding biology. En Sutherland, W. J., Newton, I. y Green, R. E. (Eds.), *Bird Ecology and Conservation, a handbook of techniques* (pp. 57-83). Nueva York: Oxford University Press.

Hauber, M. E. (2014). *The book of eggs: a life-size guide to the eggs of six hundred of the world's bird species*. Reino Unido: The University of Chicago Press, 656 pp.

Johnson, D. H., Gibbs, J. P., Herzog, M., Lor, S., Niemuth, N. D., Ribic, C. A., Seamans, M., Shaffer, T. L., Shriver, W. G., Stehman, S. V. y Thompson, W. L. (2009). A sampling design framework for monitoring secretive marshbirds. *Waterbirds, 32*, 203-362.

Johnson, D. H. (2008). In Defense of Indices: The Case of Bird Surveys. *Journal of Wildlife Management, 72*, 857-868.

Johnson, D. H., Braun, C. E., y Schroeder, M. A. (2007). The bounded-count method for analysis of lek counts. En Reese, K. P. y R. T. Bowyer (Eds.), *Monitoring populations of sage-grouse* (pp. 25-30). Moscow, Idaho: University of Idaho.

Junk, J. W. (2002). Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. *Environmental Conservation, 29*, 414-435.

Koskimies, P. y Pöysä, H. (1989). Waterfowl censusing in environmental monitoring: a comparison between point and round counts. *Annales Zoologici Fennici, 26*, 201-206.

Martin, T. E., Paine, C., Conway, C. J., Hochachka, W. M., Allen, P. y Jenkins, W. (1997). *Breeding Biology Research and Monitoring Database*. Montana: Montana Cooperative Wildlife Research Unit, 64 pp.

Martin, T. E. (1993). Nest predation and nest sites. *BioScience, 43*, 523-532.

Martin, T. E. y Geupel, G. (1993). Nest-monitoring plots: methods for locating nest and monitoring success. *Journal of Field Ornithology, 64*, 507-519.

Pérez-Elissetche, G. K., Pineda-López, R. y Sánchez-Ramos, M. A. (2011). Evaluación del efecto de la actividad humana sobre el comportamiento reproductivo de *Ardea alba* en el parque La Pila, Tequisquiapan. *Revista Mesoamericana de la Conservación, 15*, 41-48.

Pineda-López, R., Arellano-Sanaphre, A. y Vega-Aguirre, C. de la (2013). Registros nuevos y notables de aves acuáticas en Querétaro y estados adyacentes. *Huitzil, 14*, 1-6.

Pineda-López, R. (2011). *Aves acuáticas de la zona semiárida de Querétaro*. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro, 130 pp. Disponible en http://fcn.uaq.mx/docs/pdfs/1_Aves_acuaticas.pdf

Pineda-López, R. y Arellano-Sanaphre, A. (2010). Noteworthy records of aquatic birds in the state of Querétaro, Mexico. *Huitzil, 11*, 49-59.

Pineda-López, R. (2009). *Diversidad y conservación de aves acuáticas en una zona semiárida del centro de México*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante. España, 259 pp.

Rodríguez-Casanova, A. J. (2017). *Ecología de aves en la Laguna de Zumpango, Estado de México*. Tesis de maestría. Hidalgo, México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 75 pp.

Rodríguez-Casanova, A. J. y Zuria, I. (2018). Biología reproductiva de anátidos (Familia Anatidae) en la Laguna de Zumpango, Estado de México. *Huitzil, 19*, 1-13.

Rodríguez-Casanova, A. J. y Zuria, I. (2017). Aspectos reproductivos de la gallineta frente roja (*Gallinula galeata*) y la gallineta americana (*Fulica americana*) en un humedal urbano del centro de México. En Ramírez-Bautista, A. y Pineda-López, R. (Eds.), *Ecología y Conservación de Fauna Nativa en Ambientes Antropizados*. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.

Rodríguez-Casanova, A. J. y Zuria, I. (2016). Biología reproductiva del pedrete corona negra (*Nycticorax nycticorax*) en la Laguna de Zumpango, México. En: Ramírez-Bautista, A. y Pineda-López R. (Eds.), *Fauna Nativa en Ambientes Antropizados* (pp. 203-210). Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.

Ralph, C., Geupel, R., Pyle, P., Martin, E., DeSante, D. y Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany, CA: Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 46 pp.

Sucre, M. A. de, Ramírez, P., Gómez de Silva, H. y Ramírez, S. (2011). Aves. En Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López, R., Muñozcano, A., Collado, E. y San Román, J. (Eds.), *Diversidad Biológica del Estado de México* (pp. 131-144). México: Gobierno del Estado de México.

Sutherland, W., Newton, I. y Green, R. (2004). *Bird ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford: Oxford University Press. 405 pp.

Visser, M. E. y Both, C. (2005). *Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick*. *Proceedings of the Royal Society B 272*, 2561-2569.

Weller, W. M. (1999). *Wetland birds: habitat resourses and conservation implications*. Cambridge: Cambridge University Press. 271 pp.

Zuria, I. y Mellink, E. (2005). Fish abundance and the 1995 nesting season of the Least Tern at Bahía de San Jorge, Northern Gulf of California, México. *Waterbirds, 28*, 172-780.