



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

FACULTAD DE BIOLOGÍA

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

***“ESTUDIO POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL
DE TRES ESPECIES DE RÁLIDOS (RALLIDAE: AVES) EN
EL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN, MÉXICO”***

TESIS

QUE PRESENTA

JUAN PABLO TENORIO GUZMÁN

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS EN EL ÁREA DE ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN**

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ALEJANDRO PÉREZ ARTEAGA

CO-DIRECTOR DE TESIS:

DR. EDUARDO PALACIOS CASTRO

MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DEL 2012



Contenido

Resumen	2
1. Introducción.....	3
2. Marco Teórico	4
2.1. Análisis poblacional	4
2.2. Preferencia de hábitat.....	5
2.3. El Lago de Cuitzeo como hábitat para aves acuáticas.....	6
2.4. La Familia Rallidae	7
2.4.1. Características de las especies objeto de estudio del presente trabajo	8
2.4.2. Historia de vida.....	9
2.5. Uso de vocalizaciones para estimar poblaciones en rálidos	12
2.6. Estudios de rálidos en el Lago de Cuitzeo	13
3. Objetivos.....	13
3.1. Objetivo general.....	14
3.2. Objetivos particulares	14
4. Hipótesis	14
5. Área de Estudio	14
5.1. Ubicación.....	15
5.2. Fisiografía	15
5.3. Geología	16
5.4. Orografía	16
5.5. Hidrología	16
5.6. Suelos	17
5.7. Clima.....	17
5.8. Fauna de vertebrados	17
5.9. Vegetación.....	18
5.10. Actividades humanas productivas.....	18
6. Métodos	19
6.1. Procedimiento de Muestreo	19
6.1.1. Rutas y estaciones.....	20
6.2. Estimación de la población.....	22
6.3. Clasificación del hábitat	22
6.4. Distribución	23

6.5. Amplitud de Nicho.....	23
6.6. Análisis Estadístico	24
7. Resultados.....	24
7.1. Abundancia poblacional de las tres especies de ráldos	24
7.2. Variación temporal de la abundancia relativa	25
7.3. Abundancia poblacional por clase de hábitat	27
7.4. Variación estacional de la abundancia de ráldos por tipo de hábitat.....	30
7.5. Amplitud de nicho	35
8. Discusión	35
8.1. Abundancia poblacional	35
8.2. Variación temporal de la abundancia poblacional.....	37
8.3. Preferencia de hábitat.....	39
8.4. Interacción de los ráldos con el hábitat a través del tiempo	44
8.5. Amplitud de Nicho.....	46
9. Conclusiones.....	48
10. Referencias	50
Apéndice 1	56

Resumen

En el Lago de Cuitzeo, Michoacán se distribuyen tres especies de ráldos: *Rallus elegans tenuirostris*, especie endémica de los humedales del centro de México, *R. limicola* y *Porzana carolina*. Sin embargo estas especies han sido poco estudiadas en México, debido a su alta dependencia por la vegetación emergente de los humedales, lo cual las hace difíciles sujetos de estudio. Por tanto se requieren estudios que permitan contar con datos de sus poblaciones y su preferencia de hábitat, para su conservación y manejo. Se muestrearon 51 puntos fijos en el Lago de Cuitzeo implementando el método de conteo de llamado-respuesta emitiendo vocalizaciones pregrabadas. Se identificaron los hábitats más representativos de cada punto de muestreo, los cuales se clasificaron de acuerdo a la vegetación emergente que los conformaba (*Typha sp.*, *Schoenoplectus sp.*, *Phragmites sp.*, y libres flotadoras: lechuguilla y lirio acuático) y la combinación entre estas. La especie más abundante fue *P. carolina*; las abundancias de *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris* no presentaron diferencias significativas entre ambas, pero si con *P. carolina*. Esta última especie migratoria, se encuentra presente de agosto a abril, mientras que el resto son residentes, encontrándose presentes todo el año. Las tres especies muestran fluctuaciones en su abundancia poblacional a través del tiempo. *P. carolina* prefiere hábitats más abiertos (*Typha* con pastos inundados y *Schoenoplectus*), mientras que *Rallus limicola* y *R. elegans tenuirostris* prefieren hábitats dominados por *Typha spp.* *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris*, son especialistas de *Typha*, y *P. carolina* es especialista de dos hábitats (*Typha* y *Schoenoplectus*). *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris* son especialistas de hábitat con una mayor distribución en el hábitat dominado por tule (*Typha spp.*), mientras que *P. carolina* es una especie generalista, con una distribución más amplia. La distribución y abundancia de las tres especies se sugiere está en función de la estructura del hábitat. Las tres especies muestran abundancias constantes para ciertos hábitats a través del tiempo, lo cual podría ser reflejo de una constante producción de recursos en los hábitats que estas especies prefieren.

1. Introducción

Las aves acuáticas son un componente importante de la biodiversidad de los humedales y pueden representar “especies indicadoras” para evaluar la calidad de los sistemas de humedales (U.S. Fish and Wildlife Service 1999, Conway *et al.* 2003). Desafortunadamente, las poblaciones de muchas especies de aves acuáticas dependientes de los humedales, aparentemente están disminuyendo (Eddleman *et al.* 1988, Conway *et al.* 1994), siendo un caso particular las especies de la Familia Rallidae (comúnmente conocidos como rálidos). Una de las principales causas de la declinación de sus poblaciones ha sido la reducción de la cantidad de hábitats disponibles (Conway *et al.* 1994), siendo los cambios extremos en la estructura de los humedales lo que las ha afectado, principalmente por la alteración en la hidrología, que resulta en la degradación del hábitat favorable (Ward *et al.* 2010). Estos efectos promueven cambios en la distribución y abundancia de las poblaciones de aves que dependen de los ambientes que proporcionan los humedales (Conway *et al.* 1994). Por tal razón diferentes especies de la familia Rallidae se encuentran enlistadas como de mayor preocupación en Norteamérica (BirdLife International 2000, Conway *et al.* 2003). En los humedales de México se distribuye un total de 16 especies de esta familia (Dickerman 1971, Howell & Webb 1995, Sibley 2000). El Lago de Cuitzeo en Michoacán, se encuentra entre los humedales que albergan poblaciones de especies de esta familia, siendo hábitat para siete especies (Villaseñor 1994, Aguilar 1998, Tenorio-Guzmán 2010), tres de estas objeto de estudio del presente trabajo, de las cuales dos se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: el rascón real (*Rallus elegans tenuirostris*) subespecie endémica de los humedales del centro de México y enlistada como en Peligro de Extinción (P), y el rascón picudo (*R. limicola*), especie Amenazada (A). Además la polluela sora, que aunque no está incluida en esta Norma Oficial Mexicana, es una especie visitante de invierno en este lago.

Pero aun y cuando muchas de estas especies están disminuyendo, pocos estudios se han desarrollado para conocer su abundancia, tendencias poblacionales o necesidades de manejo (U.S.Fish and Wildlife Service 1999) y uso de hábitat principalmente en sus sitios de migración (Meanley 1956), ya que se caracterizan por depender obligadamente

de la vegetación emergente de los humedales y ser poco conspicuas (Eddleman *et al.* 1988, Conway *et al.* 1994, Conway & Gibbs 2005, Perrins 2006), razón por la cual no se cuenta con suficiente conocimiento de ellas. Por lo anterior los muestreos con la emisión de vocalizaciones son un método confiable, efectivo y útil para el monitoreo de ráldos en Norteamérica, porque incrementa la probabilidad de detección de aves de humedales con hábitos secretivos (Tomlimson & Todd 1973, Glanh 1974, Repking & Ohmart 1977, Zembal & Massey 1981, Mancini & Rusch 1988, Gibbs & Melvin 1993, Hinojosa-Huerta *et al.* 2002, Jenkins & Osmerod 2002, Allen *et al.* 2004, Conway & Gibbs 2005), al provocar a las aves a responder con facilidad (Conway & Gibbs 2005), principalmente a través de la emisión de vocalizaciones de conoespecíficos (Tomlimson & Todd 1973, Glanh 1974, Johnson & Dinsmore 1986a). Este tipo de muestreo facilita el monitoreo de aves acuáticas de humedales (Ward *et al.* 2010).

Dada la importancia del hábitat que proporciona los humedales a los ráldos, como sitios de refugio y alimentación e importantes por cumplir funciones ecológicas como sitios de nidificación, alimentación, cría o muda de plumaje (López & Blanco 2005), no se cuenta con datos suficientes sobre sus requerimientos y preferencias de hábitat (Taylor & Van Perlo 1998), ni de la situación actual de sus poblaciones, principalmente para los humedales del centro de México. Por tal razón el propósito del presente trabajo es determinar la distribución espacial y abundancia poblacional de las tres especies de ráldos anteriormente mencionadas, como base para actividades de conservación de estas especies en la zona. Esta información podrá ser utilizada para proponer programas de monitoreo a largo plazo, que permitan contar con información más precisa sobre las tendencias poblacionales de estas especies y desarrollar medidas alternativas en futuros planes de manejo y/o de conservación en este humedal.

2. Marco Teórico

2.1. Análisis poblacional

La determinación de la abundancia de las especies es de singular importancia para el manejo de fauna silvestre; es un atributo poblacional variable en el tiempo y el espacio,

que indica el estado de una población en un momento dado, y es empleada como criterio para evaluar la calidad del hábitat (Ojasti 2000). Es definida como el número de individuos en un área dada, y es reflejo de la cantidad de recursos que asegura la especie (Brower & Zar 1977, Collins & Glenn 1991). La abundancia de las especies está relacionada con varios factores tanto bióticos y abióticos (Pianka 1982, Root 1988, Begon *et al.* 1997), además de factores antropogénicos (Lobel *et al.* 2006). Un censo es con frecuencia la materia prima para el estudio de la abundancia, el cual consiste en una lista de presencias y ausencias en áreas de muestreo definidas (Begon *et al.* 1997).

Para el propósito de este estudio, la abundancia es el número de aves dentro de un área de interés definida. Durante el conteo estandarizado, el número de aves que vocaliza o responde, puede proporcionar un índice de la abundancia, permitiendo realizar comparaciones entre zonas de humedales y tipos de hábitat (Conway *et al.* 2003). El valor de este índice radica en una correlación positiva constante entre el número de individuos detectados durante un conteo y el número de individuos que realmente se encuentran presentes en el área muestreada (esto es una baja variabilidad espacial y temporal en la probabilidad de detección) (Conway *et al.* 2003).

La distribución geográfica de las especies es definida por Collins y Glenn (1991) como el límite espacial en que se localizan las poblaciones que la componen, y definida por las interacciones de características del medio, tales como las bióticas y las abióticas (Krebs 1972, Odum 1984, Krebs 1985). Otras especies pueden determinar la distribución de una especie, además de otros factores como los físicos o químicos, también porque el organismo no tiene acceso al área o porque no la identifica como un espacio vital adecuado (Krebs 1985).

2.2. Preferencia de hábitat

Los ecólogos definen el hábitat como el conjunto de biotopos que reúnen las condiciones adecuadas para la vida de un organismo. Para fines de manejo de fauna, se considera el hábitat como el área donde un animal obtiene los recursos necesarios para cubrir todas sus necesidades de vida como especie (Gysel & Lyon 1980).

Dentro de la ecología animal es fundamental conocer el uso que un animal hace de su ambiente: específicamente los alimentos que este consume y la variedad de hábitats que ocupa (Johnson 1980). La preferencia de un consumidor por un componente particular es el reflejo de la probabilidad del componente a ser escogido si es dado en una base igual con otros (Johnson 1980). La preferencia de hábitat evaluada a nivel poblacional, es la consecuencia de la selección o uso asimétrico de ciertos recursos sobre otros de manera aleatoria, que tiene un individuo de la población, entre los hábitats potenciales (Krausman 1999, Morris 2003, *cit.* en Montenegro y Acosta 2008). El definir esta preferencia, nos permite identificar qué especies toleran los cambios en la dinámica espacial y temporal de los hábitats existentes, así como definir aquellas que necesariamente requieren de las mejores condiciones para su sobrevivencia (Hutto 1980).

2.3. El Lago de Cuitzeo como hábitat para aves acuáticas

En el centro de México existen una gran cantidad de pequeños lagos que se extienden a lo largo de las tierras altas, que fueron y siguen siendo importante sitios de descanso e invernación de muchas especies de aves acuáticas, así como importantes sitios de reproducción de muchas especies residentes (Alcántara & Escalante 2005).

El Lago de Cuitzeo se encuentra en el centro de México, y se considera como una zona prioritaria para la investigación y conservación de las aves migratorias, reportándose 81 especies de aves acuáticas y terrestres residentes y 75 especies migratorias (Villaseñor 1994). Tenorio-Guzmán (2010) reporta 68 especies de aves acuáticas, de las cuales 23 especies son residentes y el resto son migratorias (algunas con individuos residentes), 14 son anátidos y 54 son otros grupos de aves acuáticas.

Es considerado un Área de Importancia para la Conservación de Aves en México (AICA C-02), ya que en la zona se encuentran las especies endémicas *Geothlypis speciosa* y *Vireo nelsoni* (especies globalmente amenazadas) (Arizmendi & Márquez-Valdelamar 2000). Además este humedal mantiene poblaciones de importancia internacional del pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*), del pato Mexicano (*Anas diazi*) y del pato coacoxtle (*Aythya valisineria*) (Pérez-Arteaga.A. *et al.* 2002). El Lago de Cuitzeo se encuentra entre los 28 humedales importantes para la invernación de

las aves acuáticas en México y dentro de los 6 humedales que albergan más del 40% de las aves acuáticas migratorias invernantes en México, y es el humedal de mayor importancia para el pato cucharón (*Anas clypeata*) en términos de abundancia (Carrera & de la Fuente 2003). Pérez-Arteaga *et al.* (2005), considera un total de 31 sitios prioritarios para la conservación de las aves acuáticas en México, entre estos el Lago de Cuitzeo, por mantener más del 69% del conteo total de aves acuáticas en México (conteos de medio invierno). También es considerado un lago muy importante para poblaciones invernantes de *Anas americana*, *Anas discors* y *Aythya collaris*, por sus altos valores de densidad (Tenorio-Guzmán 2010).

Según criterios de la Convención Ramsar sobre Humedales de Importancia Internacional, el Lago de Cuitzeo se encuentra dentro del Grupo B (criterio que especifica que sustenta de manera regular una población de 20,000 o más aves acuáticas y/o el 1% de la población biogeográfica de al menos una especie de aves acuáticas), además se considera que posee una proporción significativa de especies autóctonas de peces, etapas del ciclo biológico, interacciones de especies y/o poblaciones que son representativas de los beneficios y/o los valores de los humedales, contribuyendo de manera importante a la diversidad biológica mundial.

2.4. La Familia Rallidae

La Familia Rallidae pertenece al Orden Gruiformes y se divide en tres grandes grupos (no taxonómicos), demasiado próximos como para separarlos en subfamilias o tribus: los rascones, las polluelas y gallinetas, y las fochas. Los rascones son de tallas pequeñas a medianas, mayormente solitarios y tímidos (Sibley 2001); son aves de pico generalmente largo, adaptadas para correr por la vegetación de las marismas o la maleza. Las polluelas y gallaretas tienen una conformación similar, pero su pico es más corto y cónico. El grupo de las fochas pasan el mayor tiempo en aguas abiertas (Perrins 2006). Esta Familia contiene alrededor de 150 especies vivientes o recientemente extintas, y se encuentran entre los vertebrados de mayor distribución en la Tierra, pero han recibido menos estudios que algún otro grupo mayor de aves (Olson 1973). Este grupo tiene mucha dependencia por la densa vegetación y raramente vuelan, por lo que a la mayoría de las especies es más frecuente escucharlas que verlas (Kaufmann 1983),

lo que explica el gran desconocimiento que se tiene de estas (Perrins 2006), y poco es conocido acerca de su ecología y comportamiento (Kaufmann 1983). Es el grupo que ha sido menos monitoreado, debido a la falta de accesibilidad dentro de los humedales y sus hábitos anteriormente mencionados (Kaufmann 1983, Eddleman *et al.* 1988, Gibbs & Melvin 1993, Sibley 2001). Las vocalizaciones frecuentes se deben a que son muy territoriales, valiéndose de estas para demarcar sus territorios, los cuales se encuentran entre la densa vegetación en la que viven (Perrins 2006). Son muy vocales durante la época de cortejo para atraer a las hembras, y sus llamados también funcionan para el contacto entre miembros de una pareja (Meanley 1969, Kaufmann 1983), siendo estos llamados probablemente el mejor indicador de su presencia en un área (Glanh 1974), ya que al no poder observarse entre individuos, emiten mayor cantidad de vocalizaciones. La mayoría de las especies son crepusculares (aunque muchas especies también vocalizan por las noches), siendo más activas al amanecer y en la puesta del sol (Perrins 2006). Para Norteamérica se tiene conocimiento que algunas especies son escuchadas durante todo el año, con la mayor frecuencia en época reproductiva (Tomlimson & Todd 1973, Glanh 1974, Repking & Ohmart 1977, Kaufmann 1983, Sibley 2001), incrementando las vocalizaciones al inicio de esta época y cuando los territorios están formados como advertencia de defensa del territorio (Meanley 1969, Kaufmann 1983). Sin embargo la organización y conducta social de muchas especies sigue siendo un misterio (Perrins 2006). Los rascones y polluelas soras son de hábitos más secretivos que los otros grupos (Howell & Webb 1995, Sibley 2001).

En los humedales de México se distribuyen un total de 16 especies de la Familia Rallidae (Dickerman 1971, Howell & Webb 1995, Sibley 2000), los cuales son de gran importancia para la conservación de estas especies. Dichas especies pertenecen a los Géneros *Coturnicops* con una especie, *Laterallus* (tres especies), *Rallus* (cuatro especies), *Aramides* (dos especies), *Amaurolimnas* (una especie), *Porzana* (tres especies), y *Gallinula*, *Porphyryla* y *Fulica* con una especie cada Género (Howell & Webb 1995).

2.4.1. Características de las especies objeto de estudio del presente trabajo

Meanley (1969) describe a *Rallus limicola* y *R. elegans* como dos especies de rálidos con cuerpos lateralmente comprimidos que les facilita poder moverse entre la densa

vegetación de los humedales; su pico es delgado, largo y ligeramente curvado, siendo estos tan largos como su tarsos y más largos que su cabeza; sus piernas son largas y fuertes, con dedos largos y delgados; sus alas cortas y redondeadas (con garras vestigiales); colas cortas y puntiagudas dirigidas hacia arriba, con flancos conspicuamente barrados con blanco; regiones dorsales grisáceas u oliváceas, las cuales están ralladas de negro o marcas oscuras; su pecho es de color ante o rojizo. *Rallus elegans* es de mayor tamaño que *R. limicola*.

2.4.2. Historia de vida

Porzana carolina: es un ave pequeña y secretiva de los humedales, además de ser la especie más común y de mayor distribución en Norteamérica (Melvin & Gibbs 1996). Es una especie con habilidades para volar y visitante de invierno en México (Howell & Webb 1995, Sibley 2000), sin dimorfismo sexual. Habita en humedales de agua dulce o salobre, especialmente con vegetación emergente, áreas de cultivo o pastizales inundados, también en el mangle (Ehrlich *et al.* 1988, Howell & Webb 1995). Se alimenta recogiendo su alimento del suelo, frecuentemente en áreas abiertas de los márgenes de los humedales, en canales, bordos, etc. (Howell & Webb 1995). Su principal dieta son las semillas, insectos e invertebrados acuáticos como caracoles (Horak 1970, Ehrlich *et al.* 1988). Su nido es construido entre 3 o 4 días, a 15 cm de la superficie del agua, construyen un buen nido en forma de tazón, de vegetación acuática muerta, soportados por tallos o brotes circundantes (Ehrlich *et al.* 1988, Howell & Webb 1995, Lor & Malecki 2006) sobre la densa vegetación emergente no muy alta y en aguas relativamente poco profundas (Lor & Malecki 2006). Ponen de 6 a 12 huevos y son monógamos (Ehrlich *et al.* 1988). Las soras cuentan con un largo repertorio de vocalizaciones, bien diferenciadas, asociadas al fuerte comportamiento territorial de la especie, y estas vocalizaciones están asociadas con la hostilidad y alarma, y son de manera descendente, en función de la defensa del territorio y como llamado de contacto con la pareja (Kaufmann 1983). Sus vocalizaciones descendentes frecuentemente las emiten durante su migración de otoño y durante toda la época reproductiva en respuesta a las vocalizaciones de *Rallus limicola* y otros individuos de *Porzana carolina*. Las vocalizaciones de las hembras son más cortas, más variables y más altas en frecuencia que la de los machos (Kaufmann 1983).

Rallus limicola: es un ave secretiva de los humedales de agua dulce, frecuentemente se encuentra oculto entre la densa vegetación emergente (Conway 1995, Howell & Webb 1995). Habita humedales de agua dulce, especialmente con vegetación emergente, menos frecuente en humedales de agua salobre (Ehrlich *et al.* 1988, Howell & Webb 1995). Se alimenta con su largo pico caminando y acechando a su presa entre el agua y el fango. Su principal dieta son invertebrados acuáticos como caracoles e insectos, además de semillas (Ehrlich *et al.* 1988). Ambos sexos construyen sus nidos en forma de tazones (Ehrlich *et al.* 1988, Lor & Malecki 2006), sobre plataformas de vegetación acuática o herbáceas, ocultos debajo de la vegetación emergente casi acostada (Sibley 2001), en la base de la densa vegetación emergente acuática, principalmente *Typha spp.* (Lor & Malecki 2006), además anidan en matas de hierba, montones de vegetación emergente enmarañada; usualmente en áreas secas, sobre agua, lodo o fango (Ehrlich *et al.* 1988). Ponen de 4 a 13 huevos y son monógamos (Ehrlich *et al.* 1988, Conway 1995). Las vocalizaciones que emiten están asociadas a la hostilidad y alarma. Tienen vocalizaciones descendentes las cuales aparecen en función de la defensa del territorio o por la comunicación o contacto entre miembros de una pareja (Kaufmann 1983). Las vocalizaciones descendentes de la especie son usualmente de 1.5 – 2 segundos en duración y consisten de 9-12 notas. El llamado descendente de la hembra es más alto en frecuencia que el del macho. El llamado descendente de la especie es dado en respuesta a las vocalizaciones de otros ráldos, ruidos altos, y el sonido o golpeteo del agua. Las hembras responden a su pareja con una vocalización descendente, comenzando a vocalizar antes de que el macho termine. Las hembras incubando frecuentemente vocalizan de manera descendente con un sencillo *kuk* (Kaufmann 1983).

Rallus elegans: es una especie completamente de humedales de agua dulce (Meanley 1969), aunque ha sido visto durante las migraciones de invierno en las aguas saladas de la Costa de Norteamérica, y aun después prefiere agua dulce (Bent 1926). Este rascón probablemente ocurre en una mayor variedad de hábitats que otros ráldos en Norteamérica (Meanley 1969), habita en las zonas inundadas de los humedales de agua dulce, cultivos de arroz y en humedales costeros de agua salobre con vegetación emergente alta (Meanley 1992). En Norteamérica su distribución coincide con la distribución de la rata almizclera (*Ondatra zinethicus*), ya que esta rata crea el hábitat óptimo para los ráldos en hábitats abiertos, al crear un sistema de túneles que son los favoritos como guaridas para el principal alimento de los ráldos (cangrejos, ver más

adelante). Existen tres subespecies de *R. elegans*, que son reconocidas de acuerdo a su distribución: la que se distribuye en Norteamérica es *R. elegans elegans* (Meanley 1969), la que se distribuye en Cuba es *R. elegans ramsdeni* (Bent 1926, Meanley 1969) y la que ocurre en los humedales de agua dulce del Centro de México es *R. elegans tenuirostris* (Warner & Dickerman 1959, Meanley 1969). Su dieta consiste en invertebrados acuáticos como insectos y crustáceos; algunas ranas; algunas semillas y granos (especialmente en invierno) de plantas acuáticas, sin embargo su principal alimento consiste en cangrejos de río (Meanley 1969). Se han encontrado fragmentos de exoesqueletos regurgitados. Ocasionalmente, algunos individuos forrajear en agua abierta campos de cultivo adyacentes a los hábitats de humedal (Meanley 1992). No existe dimorfismo sexual (Meanley 1969, Howell & Webb 1995) y son monógamos (Ehrlich *et al.* 1988). Anidan en plataformas de herbáceas, usualmente cerca del suelo (Howell & Webb 1995), ya sea en sitios inundados o secos como cultivos de avena cercanos a humedales (Meanley 1969). El periodo reproductivo cubre de siete a ocho meses, de finales de enero a mediados de julio o de marzo a septiembre, y comienza con los primeros llamados de apareamiento, los periodos más largos pueden resultar en una gran producción de pollos y quizás podrían reanidar, ya que una pareja reproductiva invierte alrededor de dos meses en la actividad de anidación (aproximadamente 10 días para la postura, de 21-22 días para la incubación, y la duración de cuidado parental es de 24 a 30 días) (Meanley 1969). El sitio del nido es escogido por el macho y es quien asume la responsabilidad de la construcción de este. La presencia de matas de hierba y masas o conjuntos de vegetación en el territorio, es un factor clave para la localización del nido. Los nidos están usualmente ubicados en zonas poco profundas y generalmente tienen una bóveda de vegetación y una rampa de acceso de vegetación (Meanley 1969). Los nidos son bien contruidos en forma de cesto sobre vegetación acuática seca, en huecos profundos ocultos entre la vegetación (Meanley 1969, Ehrlich *et al.* 1988). La nidada consta de 10 a 12 huevos y son incubados por ambos sexos (Meanley 1969), aunque llegan a poner hasta 13 (Baillie 1940). El periodo de incubación va de 21 a 22 días (Meanley 1969). Después de la incubación y la eclosión de los huevos, los pollos abandonan el nido y con algunos días de nacidos pueden seguir a los padres una distancia considerable (Meanley 1969, Reid 1989). Los adultos alimentan a los pollos de 1-3 semanas de edad; a las 4-6 semanas de edad los pollos obtienen o levantan por lo menos el 60% de su alimento; de las 7-9 semanas los adultos rara vez alimentan a los pollos (Reid 1989). Los adultos frecuentemente regresan a anidar en la misma área en

años sucesivos (Meanley 1969). Defienden el territorio contra conespecíficos e interespecíficos emitiendo llamados y realizando “displays”, volviéndose más agresivos durante la época de apareamiento por la defensa del territorio (Meanley 1969, Ehrlich *et al.* 1988). Los llamados más comunes emitidos van desde llamados de cortejo al inicio del periodo reproductivo (*kek-kek-kek o kik-kik-kik*) (las hembras no emiten llamados de cortejo), y llamados de advertencia por la defensa del territorio (*jupe-jupe-jupe-jupe o cheup-cheup-cheup-cheup*) o emitidos también para tranquilizar a la pareja, este llamado es escuchado durante todo el periodo reproductivo. Los adultos de *R. elegans* tienen una muda completa, pierden lo que los imposibilita para volar durante un mes; aves que están renovando las plumas el cuerpo durante la anidación podrían ser sometidas a mudas prenupciales o postnupciales tempranas, en las cuales tampoco se pierden las plumas de la cola y alas; aunque en la época reproductiva tienen muda parcial, sólo remplazan las plumas del cuerpo, las plumas de las alas y cola no se remplazan sino hasta que concluye la anidación; los jóvenes de un año se someten a una muda parcial (Meanley 1969). Se han reportado diferentes depredadores para la especie, tales como culebras de agua que se alimentan de sus huevos, además hay serpientes que se alimentan de individuos adultos, el gato montés es otro depredador (Bent 1926, Meanley 1969).

2.5. Uso de vocalizaciones para estimar poblaciones en ráldos

Los llamados o vocalizaciones de los ráldos podrían ser el mejor indicador de su presencia en un área (Glanh 1974), por lo que un método comúnmente empleado en humedales para los censos de aves acuáticas de hábitos tímidos es la emisión o reproducción de vocalizaciones pregrabadas para incitar a las aves a emitir vocalizaciones (Conway & Gibbs 2005). Diversos estudios con el uso de grabaciones de vocalizaciones de ráldos han venido implementándose para determinar distribución y abundancia poblacionales (Tomlimson & Todd 1973, Griese *et al.* 1980, Zembal & Massey 1981, Massey *et al.* 1984, Zembal *et al.* 1985, Johnson & Dinsmore 1986b, Mancini & Rusch 1988, Hinojosa-Huerta *et al.* 2001, Allen *et al.* 2004, Hinojosa-Huerta *et al.* 2007, Rehm & Baldassarre 2007, Bolaños-García 2008, Darrah & Kremetz 2009, González-Bernal 2009, Conway *et al.* 2010), uso y preferencia de hábitat (Meanley 1956, Repking & Ohmart 1977, Anderson & Ohmart 1985, Jenkins & Osmerod 2002, Safratowich *et al.* 2008, Banning *et al.* 2009, Darrah & Kremetz 2009), ecología

reproductiva (Glanh 1974, Massey *et al.* 1984, Lor & Malecki 2006, Tozer *et al.* 2010), captura de rálidos (Kearns *et al.* 1998). En muchos estudios se menciona que la técnica de emisión de vocalizaciones fue efectiva, útil y recomendable para el estudio de aves que cantan pero que son inconspicuas en humedales emergentes (Tomlimson & Todd 1973, Glanh 1974, Repking & Ohmart 1977, Zembal & Massey 1981, Mancini & Rusch 1988, Hinojosa-Huerta *et al.* 2001, Jenkins & Osmerod 2002, Allen *et al.* 2004). La emisión de vocalizaciones pregrabadas incrementa substancialmente la detección de todas las especies en comparación con el muestreo pasivo (Gibbs & Melvin 1993). Conway y Gibbs (2005) recomiendan un protocolo para monitorear las aves de humedales con hábitos secretivos, que incluye un periodo pasivo inicial seguido con un periodo en el que se reproducen las vocalizaciones pregrabadas.

2.6. Estudios de rálidos en el Lago de Cuitzeo

Warner y Dickemar (1959), mencionan a *Rallus elegans tenuirostris* como una subespecie que se distribuye en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Además esta especie se encuentra distribuida en otros humedales del Estado de Michoacán como el Lago de Pátzcuaro (Tzintzunzan), Zacapu (al norte de Panindícuaro), e incluye también su distribución en los Estados de Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí, México, Tlaxcala y el Distrito Federal. Entre las especies de aves acuáticas y terrestres que Villaseñor (1994) reporta para el lago, se encuentran rálidos de especies como *Rallus elegans*, *R. limicola*, *Porzana carolina*, *Porphyo martinica*, *Fulica americana* y *Gallinula chloropus*. Tenorio-Guzmán (2010) realizó un estudio para determinar la distribución espacial y temporal de las aves acuáticas en el Lago de Cuitzeo, Michoacán, registrando siete especies pertenecientes a la Familia Rallidae, entre estas las antes citadas por Villaseñor (1994) y reporta un nuevo registro para la Familia en el Lago de Cuitzeo, *Rallus longirostris*. Además de los dos estudios referidos anteriormente, los cuales no fueron diseñados específicamente para rálidos, no existen trabajos que permitan determinar de manera precisa cuál es la distribución y abundancia de este grupo en el Lago de Cuitzeo, Michoacán.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Determinar la distribución espacial y abundancia poblacional de tres especies de la familia Rallidae en el Lago de Cuitzeo (*Porzana carolina*, *Rallus elegans* y *R. limicola*), como base para actividades de conservación de las especies en la zona.

3.2. Objetivos particulares

- Determinar abundancias poblacionales de las tres especies de rálidos en el Lago de Cuitzeo y sus variaciones temporales.
- Conocer la preferencia del hábitat utilizado por parte de las diferentes especies de rálidos y su variación temporal.
- Determinar la amplitud de nicho de las tres especies de estudio.

4. Hipótesis

- Las abundancias de las tres especies de rálidos presentarán variaciones temporales durante el periodo de estudio.
- Las tres especies de rálidos seleccionaran aquellos hábitats dominados por tule (*Typha spp.*), siendo su mayor distribución en los hábitats que presenten principalmente una cobertura de este tipo de vegetación emergente.
- Las tres especies de rálidos presentarán amplitudes de nicho indicadoras de hábitos especializados en tipos de hábitat particulares.

5. Área de Estudio

5.1. Ubicación

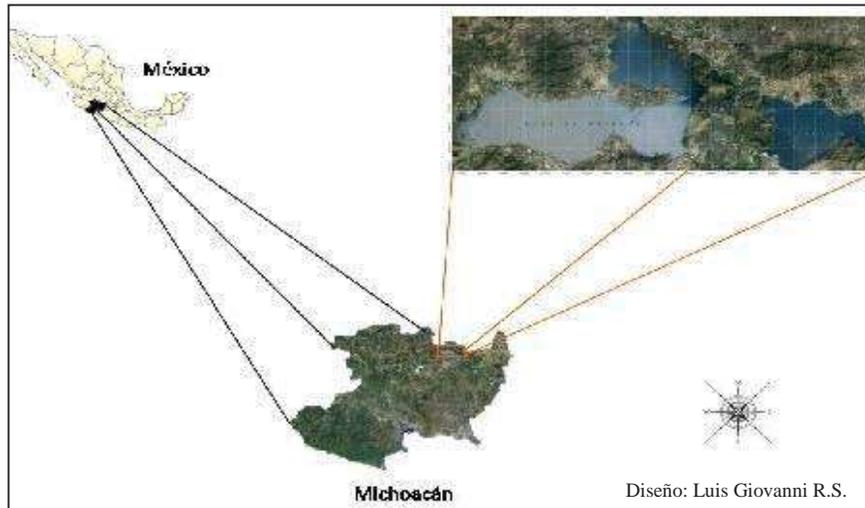
El Lago de Cuitzeo se encuentra situado entre los Estados de Michoacán y Guanajuato, en la Sierra Volcánica Transversal o Eje Neovolcánico, en el Centro Occidente de México (Rojas & Novelo 1995). Abarca los municipios Michoacanos como Huandacareo, Copándaro, Cuitzeo y Chucándiro en la parte Oeste; Santa Ana Maya, Zinapécuaro y Álvaro Obregón en la parte Este; del Estado de Guanajuato el Municipio de Acámbaro también en la parte Este del lago. Presenta las siguientes coordenadas geográficas: 19° 52' 20'' a 20° 02' 11'' de latitud Norte y 100° 39' 11'' a 100° 59' 10'' de longitud Oeste. Se ubica a los 1820 msnm.

El lago tiene una forma alargada, ocupa un área total que no excede las 45,000 Ha (Carrera & de la Fuente 2003) y una longitud de 51.3 km de oeste a este y 13.3 km de ancho de norte a sur, posee 11 islas (ver Mapa 1); el volumen almacenado es de 700 millones de metros cúbicos; la profundidad media es de 2m. Es considerado uno de los más extensos de México, superado por el lago de Chapala (De la Lanza 2002).

5.2. Fisiografía

Se encuentra rodeado por serranías de origen volcánico, conformando la parte más baja de una cuenca endorréica, producto de fenómenos tectónicos y volcánicos, sucedidos en el Plioceno (Rojas & Novelo 1995).

Mapa 1. Ubicación del Lago de Cuitzeo



5.3. Geología

El Lago de Cuitzeo es de origen natural, está tectónicamente delimitado por semigrabens constituidos principalmente por rocas volcánicas y productos fluvio-lacustres Cuaternarios (Israde-Alcántara 1999). En sus alrededores inmediatos prevalecen rocas ígneas del Terciario y Cuaternario (Tamayo 1962).

5.4. Orografía

Se encuentra situado en la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico Transversal, el cual es una franja volcánica del Cenozoico, en esta franja la actividad volcánica dio lugar a un gran número de cuencas endorreicas, las cuales originaron el desarrollo de lagos, formados por el bloqueo del drenaje original. Ya que existen evidencias geológicas y biológicas que demuestran que las cuencas endorreicas de los lagos de Michoacán fueron abiertas en sus orígenes, formando un sistema hidrológico continuo desde el Lago de Zirahuén, el Lago de Pátzcuaro y el Lago de Cuitzeo (Villaseñor-Gómez *et al.* 1999, Arriaga *et al.* 2002)

5.5. Hidrología

Es un lago en una cuenca cerrada, que pertenece a la Región Hidrológica de Lerma-Chapala. La sección del lago que se encuentra al poniente solo recibe pequeñas aportaciones de agua, las cuales provienen fundamentalmente de pequeños manantiales;

mientras que la porción oriental tiene aportaciones muy considerables, las cuales se deben fundamentalmente a las aguas del drenaje del distrito de riego No. 20 Morelia y Queréndaro, al Río Viejo de Morelia, al Río Grande de Morelia y al río rectificado de Queréndaro (Aguilar 1998). El principal tributario del Lago es el Río Grande de Morelia (De la Lanza 2002).

5.6. Suelos

En el área del espejo de agua se encuentran diferentes tipos de suelos, los cuales se clasifican como Solonchaks, siendo estos suelos los que se encuentran en las zonas invadidas por el tule (*Thypha sp.*) y que regularmente se inundan. En las zonas más cercanas al lago se encuentran suelos como Vertisoles y Feozems. Los Vertisoles son suelos jóvenes, profundos y algunos de ellos pedregosos y salinos, tienen altos contenidos de arcilla con poca permeabilidad y drenaje muy lento, con alta fertilidad; los Feozems son suelos maduros, delgados, de media permeabilidad y altas cantidades de materia orgánica, ligeramente ácidos con salinidad baja (Fitzpatrick 1984, *cit.* en Aguilar 1998).

5.7. Clima

Se clasifica como el más seco de los templados con lluvias en verano CB (w) w (e) g de acuerdo a Köeppen y modificado por García (1988). Presenta una temperatura media anual de 22°C y una precipitación total de 713.2 mm.

5.8. Fauna de vertebrados

Se tiene el registro de 165 especies de aves (Villaseñor 1994, Aguilar 1998). Tenorio-Guzmán (2010) reporta 68 especies de aves acuáticas migratorias y residentes. El grupo de los peces es el más estudiado por la importancia que tienen para la actividad pesquera, existen muchas especies, entre las más importantes para su explotación se encuentran el charal (*Poeciliop infans*, *Menidia jordani*, *M. compress* y *M. bartani*), carpa (*Cyprinus carpio*) y la chehua (*Godea atripinum*) (Ceballos *et al.* 1994, *cit.* en Aguilar 1998). Se han registrado entre los mamíferos: tlacuaches (*Didelphys virginiana*), zorras (*Urocyon cinereoargenteus*), mapaches (*Procyon lotor*), tejones (*Nasua narica*), ardillas (*Spermophilus sp.*), ratas de campo (*Neotoma sp.*), zorrillos, conejos (*Sylvilagus sp.*), murciélagos, y comadreas (*Mustela frenata*) (observación

personal). Entre la herpetofauna se han observado rana toro (*Rana moctezumae*), culebra de agua (Fam. Colubridae) y lagartijas *Sceloporus sp* (observación personal).

5.9. Vegetación

La riqueza de plantas acuáticas es sorprendentemente alta, representada por 40 familias, 70 géneros y 92 especies, de las cuales 25 especies acuáticas estrictas y 30 subacuáticas, que se pueden dividir en emergentes pertenecientes al género *Typha* (chúspata), *Schoenoplectus* (tule), *Eichornia* (lirio acuático), *Eleocharis* y *Phragmites*, además de plantas sumergidas como la especie *Potamogeton pectinatus* (coture), la cual se encuentra en la superficie de una gran parte del lago y *Chara canescens* (alga) (Rojas & Novelo 1995). En la ribera del Lago se encuentra un tipo de vegetación combinado por árboles y arbustos en combinación con cactáceas y vegetación halófito que de acuerdo a Rzedowski (1978), corresponde a un tipo de matorral xerófito, donde domina la asociación de huizache-mezquite. El estrato inferior está constituido por agrupaciones de cactáceas del género *Opuntia*, halófitas del género *Distichtlis*, verdolaga (*Portulacca aleracea*) y romerito (*Suaeda nigra*).

5.10. Actividades humanas productivas

En el lago se desarrollan distintas actividades productivas, siendo la pesca comercial la principal actividad. Las especies mayormente capturadas son el charal, mojarra, carpa, chehua y acocil; la captura de rana toro y la caza de aves acuáticas (principalmente patos y gallaretas); además se colecta mosco y culebra de agua para su comercialización (Aguilar 1998). En la ribera del lago se realizan otras actividades productivas que dependen de este para su desarrollo, como la agricultura y la ganadería. Entre los cultivos se encuentran maíz, sorgo, frijol, alfalfa, cebolla, calabaza, chile, cacahuete, jitomate, coliflor, brócoli, repollo, rábano, garbanzo, flores de ornato, entre otros; en relación a las actividades ganaderas se han observado el pastoreo de ganado bovino, caprino, ovino y equino, además de granjas de cerdo en operación y muchas otras abandonadas (observación personal). Además el lago provee de otro recurso importante para la elaboración de artesanías, el tule (*Typha sp*), el cual se extrae de la ribera y de la parte central del lago; el tule es secado y comercializado o trabajado por artesanos y artesanías locales, además de ser utilizado por algunos ganaderos como forraje.

6. Métodos

6.1. Procedimiento de Muestreo

Se realizaron muestreos de llamado-respuesta (Johnson *et al.* 1981) dando seguimiento al Protocolo Estandarizado para el monitoreo de las aves de marisma de Norteamérica (Conway *et al.* 2003), empleando la emisión de vocalizaciones para estimular respuestas durante los conteos (Gibbs & Melvin 1993). Este método es una medida indirecta del número de individuos presentes en un área determinada, basado en la respuesta del ave a las grabaciones (Ribic *et al.* 1999). Dicho muestreo consistió en una grabación de cinco minutos de muestreo pasivo (sin emisión de vocalizaciones, previo a la emisión de vocalizaciones) seguido de la emisión de vocalizaciones pregrabadas de las especies de objeto de estudio del presente trabajo (*P. carolina*, *Rallus limicola* y *R. elegans*), empleando la emisión de vocalizaciones de conoespecíficos e interespecíficos para provocar respuestas durante los conteos (Gibbs & Melvin 1993). Se registró la respuesta de cada especie a cada tipo de vocalización emitida (aves registradas en el muestreo pasivo sólo eran registradas una sólo vez, no eran registradas en el muestreo con emisión de vocalizaciones). La secuencia de las vocalizaciones fue la siguiente: *P. carolina* - *Rallus limicola* - *R. maculatus* - *R. longirostris* - *R. elegans* - *Ixobrychos exilis* - *Tachybaptus dominicus* - *Botaurus lentiginosus*. Las vocalizaciones de especies incluidas no pertenecientes a la familia Rallidae y también dependientes de la vegetación emergente y presentes en el Lago de Cuitzeo, fueron empleadas a manera de control. La grabación incluye exactamente 30 segundos de vocalizaciones de cada una de las especies, intercalados con 30 segundos de silencio entre cada especie. Los 30 segundos de vocalizaciones de cada especie están intercaladas con cinco segundos de silencio para percibir las respuestas, dicha secuencia se reproducía completamente (poniendo todas las grabaciones) en cada uno de los puntos de muestreo, para registrar el mayor número de individuos de las especies objeto de estudio que respondían a conoespecíficos o interespecíficos. Las vocalizaciones incluyeron el llamado principal de advertencia de cada especie y los llamados asociadas con la reproducción, ya que estos aumentan la probabilidad de detección a través de la época reproductiva (Conway *et al.* 2003). Las vocalizaciones se obtuvieron de la página de xeno-canto (http://www.xeno-canto.org/all_species.php) y de la página de The Cornell Lab of Ornithology (<http://www.allaboutbirds.org/guide>). Para la emisión de las vocalizaciones se empleo

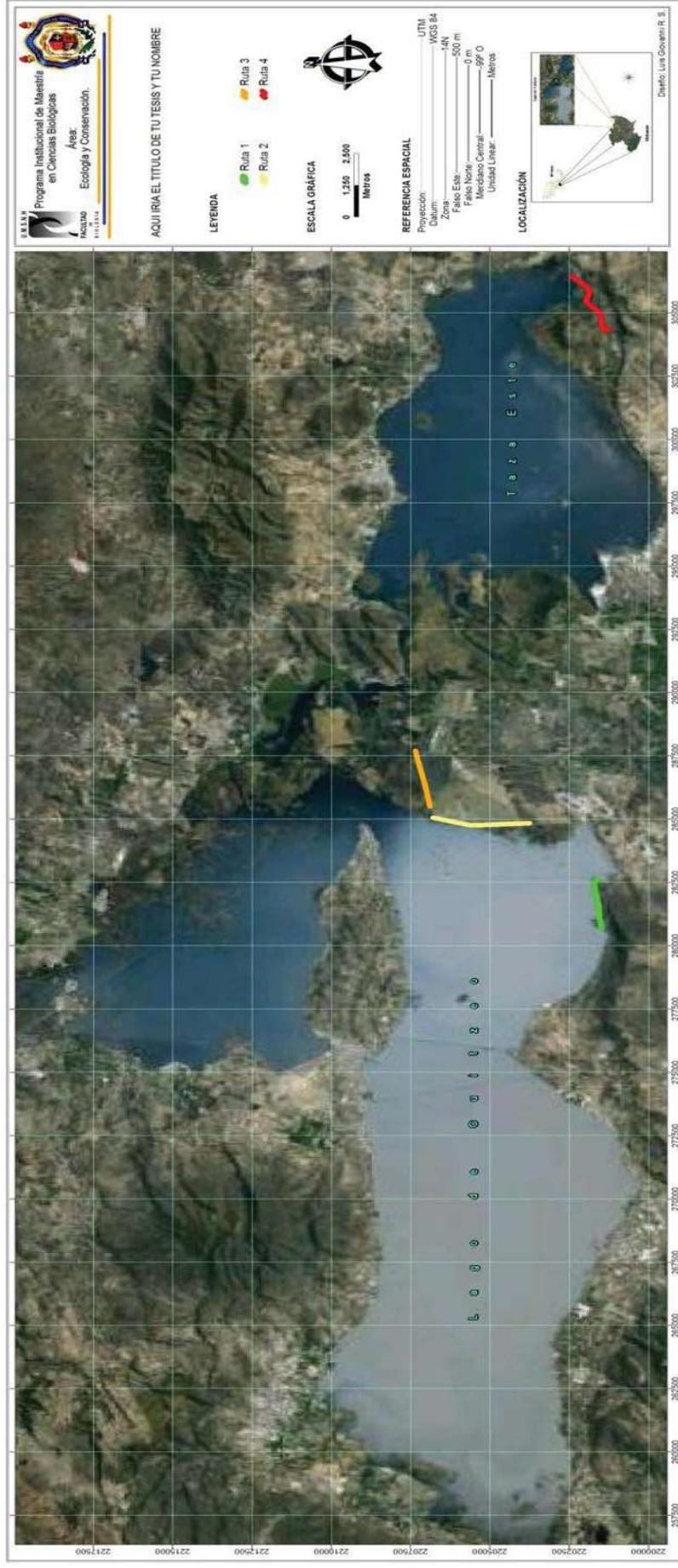
un equipo reproductor de Ipod que consta de dos bocinas. Los muestreos se iniciaron al amanecer hasta no más tarde de las 12:30 h.

6.1.1. Rutas y estaciones

Se establecieron cuatro rutas de muestreo, tres en las localidades de Chehuayo y Chehuayito del Municipio de Álvaro Obregón y una en la Localidad de San Bartolomé Coro, del Municipio de Zinapecuaro, Michoacán (Mapa 2). Las rutas se establecieron en áreas de vegetación emergente (hidrófitas enraizadas emergentes Rojas y Novelo 1995). En cada una de estas rutas se establecieron 51 puntos de muestreo fijos de radio ilimitado, separados unos de otro por lo menos 200 m y agrupadas en rutas de 10-15 puntos por ruta (Hinojosa-Huerta *et al.* 2001), esto fue con la finalidad de abarcar el mayor número de cobertura de humedal. Cada punto fue visitado mensualmente durante diez meses (Febrero-Noviembre de 2011). Los puntos de muestreo se establecieron en la interface entre la zona de vegetación emergente y la zona terrestre principalmente (Conway *et al.* 2003), en zonas de interface de aguas abiertas con vegetación emergente (aguas abiertas) y en el interior de la vegetación emergente (vegetación emergente) de acuerdo a Hinojosa-Huerta *et al.* (2001). Los muestreos se hicieron a pie en hábitats presentes en la interface entre la vegetación emergente y la parte terrestre, y en bote en la interface de espejo de agua y vegetación emergente y en el interior de la vegetación emergente (Hinojosa-Huerta *et al.* 2001).

Cada uno de los puntos de muestreo o estaciones se marcaron físicamente, registrando además la localización de todos los puntos en el mapa de cada humedal y registrando las posiciones UTM de cada punto usando un receptor GPS.

Mapa 2. Distribución de los puntos de muestreo en las diferentes rutas.



6.2. Estimación de la población

La abundancia es el número de aves dentro de un área de interés definida. Durante el conteo estandarizado, el número de aves que vocaliza o nos responde, puede proporcionar un índice de la abundancia, que nos permite realizar comparaciones entre zonas de humedales y tipos de hábitat (Conway *et al.* 2003). Por lo que la abundancia poblacional se determinó a partir del número de registros obtenidos por punto de muestreo durante los meses de muestreo. La abundancia poblacional total se estimó a partir del acumulado de todos los registros durante el periodo de muestreo, mientras que las abundancias mensuales se estimaron a partir del número de registros por punto de muestreo durante cada mes.

6.3. Clasificación del hábitat

Se realizó la caracterización del ambiente, identificando los hábitats más representativos a partir de nuestros 51 puntos de muestreo. Los diferentes puntos fueron clasificados de acuerdo al tipo de vegetación emergente que los conformaba (*Typha sp.*, *Schoenoplectus sp.*, *Phragmites sp.*, libres flotadoras como lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), *Heteranthera reniformis*, y lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*) y la combinación entre estas. Se obtuvieron cuatro clases de hábitats:

- 1) *Typha* continua (T): manchones continuos dominados por *Typha spp.* en algunos casos no muy cerrada, altura aproximada de 1.5-2.5m, con algunos bancos de lodo; en interfase entre la zona terrestres y el lago, profundidad del agua de aproximadamente 10 – 80 cm;
- 2) *Typha* con pastos inundados (TPI): pastos inundados durante los meses de lluvia, bordeando los limites de *Typha spp.*, altura de los pastos de 10-30cm, vegetación no muy cerrada, profundidad aproximada de 5-20cm;
- 3) *Schoenoplectus* (S): dominancia de *Schoenoplectus californicus* formando manchones con áreas abiertas entre estos (hemi-marsh; Weller y Spatcher 1965), altura de la vegetación aproximada de 15cm-2.0 m, profundidad del agua de 20cm a 1 m.
- 4) Libres flotadoras con emergentes (LFE): canales de navegación con interacciones de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), *Heteranthera reniformis*, y lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*) en las orillas del canal o cubriendo gran parte de este, con vegetación

acuática emergente como tule (*Typha spp.*), tulinillo (*Schoenoplectus americanus*) o carrizo (*Fragmites sp.*), profundidad de 20cm a 1.5m.

6.4. Distribución

La distribución se determinó con base en los registros en cada punto de muestreo lo que permitió establecer la preferencia de hábitat de cada especie y su distribución a través del tiempo.

6.5. Amplitud de Nicho

El Nicho fue definido por Hutchinson (1957) como el rango total de las variables ambientales a las cuales una especie está adaptada y en las cuales vive y se substituye a sí misma. Mientras que la amplitud es definida como la suma total de la variedad de recursos utilizados por una especie (Giller 1984).

Las tres especies de ráldos consideradas para el presente estudio se relacionaron con cada uno de los hábitats clasificados, con base en la proporción de registros de individuos para cada clase de hábitat. La amplitud de nicho se obtuvo a partir de estos porcentajes de registros, para lo cual se empleo el índice de amplitud de nicho de Levins (1968), con la finalidad de ordenar a las especies en base a su especialización. Para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$IL = 1 / \sum P_j^2$$

Donde:

IL= Índice de amplitud de nicho de Levins

P_j^2 = cuadrado de la proporción de la especie x en cada hábitat

Para determinar los rangos de amplitud de uso de hábitat por cada una de las especies de ráldos se realizó una clasificación de acuerdo a Hutto (1992), donde se consideraron como especialistas de hábitat a aquellas especies confinadas a uno de los cuatro tipos de hábitats clasificados, indicándose con los valores <1.22; generalista de dos hábitats las especies con índices entre 1.22 a 2.43, y amplios generalistas de más de tres hábitats con índices entre 2.34 a 3.57.

6.6. Análisis Estadístico

Los datos mensuales se capturaron en una base de datos en Excel, en la cual las diferentes variables ordenadas fueron: Punto de muestreo- Hábitat- Mes- Especie- Tipo de Muestreo- Número de individuos. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa JMP 8. Para estimar la abundancia poblacional de cada especie se obtuvieron las medias de individuos por punto de muestreo (como unidad de muestreo), mediante un análisis de varianza, para lo cual se hizo una prueba no paramétrica (por la distribución de los datos) (Kruskal-Wallis test), y poder comparar las medias de las muestras relacionadas y determinar diferencias entre ellas. Para obtener la abundancia mensual de cada especie se realizó el mismo análisis de varianza teniendo como variable independiente el mes y el número de individuos por mes por hábitat como variable dependiente.

Para la preferencia de hábitat se obtuvieron medias de abundancia de individuos por tipo de hábitat, además de la interacción que cada especie tiene con cada tipo de hábitat a través del tiempo. Para esto también se realizaron análisis de varianza (Kruskal-Wallis test), para determinar diferencias entre la abundancia de cada especie en cada hábitat, y diferencias entre la abundancia de cada especie en cada hábitat a través del tiempo.

7. Resultados

7.1. Abundancia poblacional de las tres especies de rálidos

Porzana carolina, fue significativamente más abundante que *Rallus limicola* y *R. elegans tenuirostris* ($\chi^2=206.78$ gl=2 $P=<.0001$), sin haber diferencias entre estas dos últimas especies (Fig. 1).

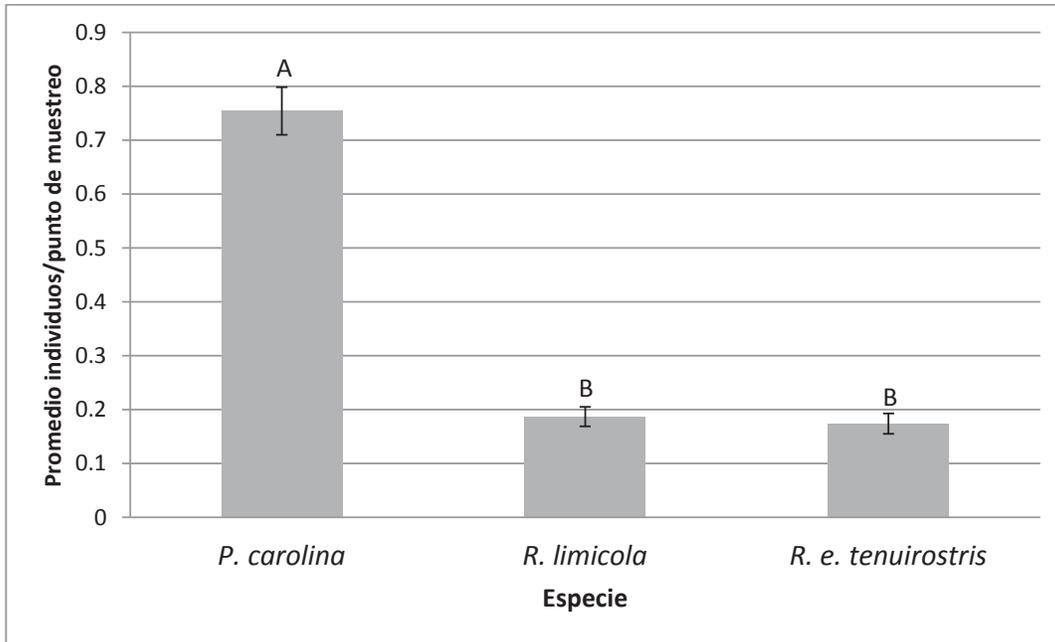


Figura 1. Abundancia promedio por punto de muestreo de las tres especies de ráldos durante todo el periodo de muestreo (febrero-marzo 2011). Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre la abundancia de cada especie.

7.2. Variación temporal de la abundancia relativa

Las tres especies de ráldos presentan diferencias significativas en su abundancia poblacional a través del tiempo (*Porzana carolina*: $\chi^2=273.38$ gl=9 $P < .0001$, *Rallus limicola*: $\chi^2=101.80$ gl=9 $P < .0001$, *R. .e. tenuirostris*: $\chi^2=39.76$ gl=9 $P < .0001$). *Porzana carolina* obtuvo su menor abundancia poblacional en agosto (comienzo de arribo de la especie) manteniendo una abundancia poblacional sin diferencias significativas a lo largo de su estancia en el Lago de Cuitzeo (Fig. 2), durante los meses de mayo, junio y julio no presentan registros debido a que es una especie migratoria, y está ausente en el lago.

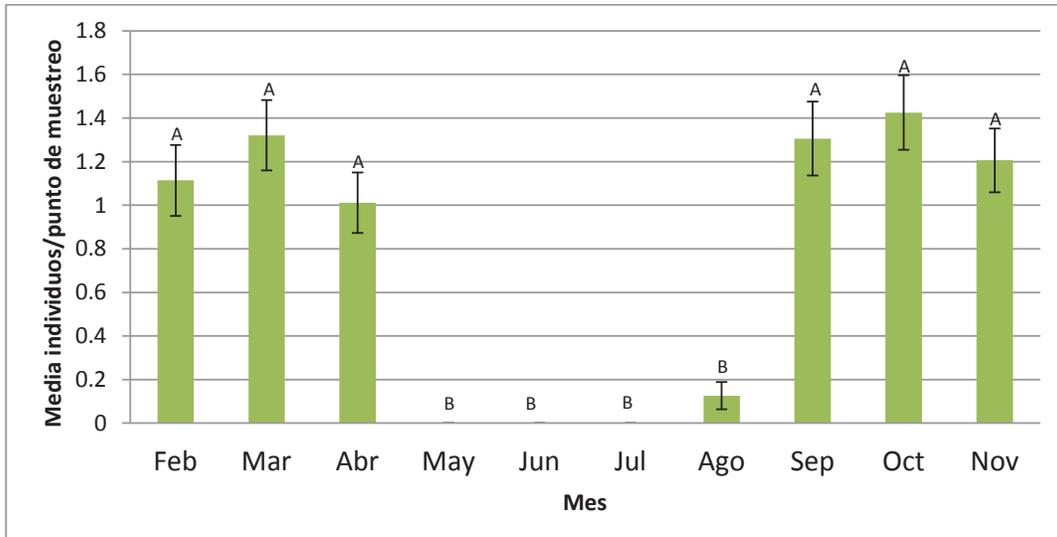


Figura 2. Abundancia promedio mensual por punto de muestreo de *Porzana carolina* en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Los meses de mayo, junio y julio no fueron tomados en cuenta para el análisis estadístico, debido a que no hubo registros de la especie por ser migratoria. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre la abundancia mensual.

Rallus limicola no varió en abundancia durante los meses de febrero a octubre, sin embargo en el mes de noviembre muestra un claro aumento en su población (media=0.586 individuos/punto de muestreo) (Fig. 3).

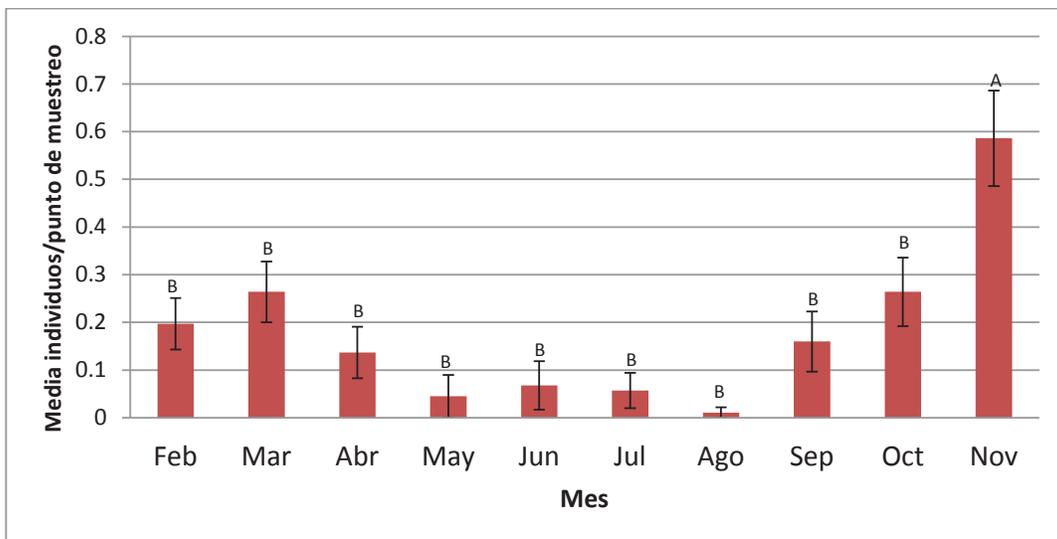


Figura 3. Abundancia promedio mensual por punto de muestreo de *Rallus limicola*. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre la abundancia mensual.

Para el caso de *R. elegans tenuirostris* la abundancia varió significativamente en el tiempo (estadística), siendo menor en los meses de junio y julio, respecto al mes de marzo (Fig. 4).

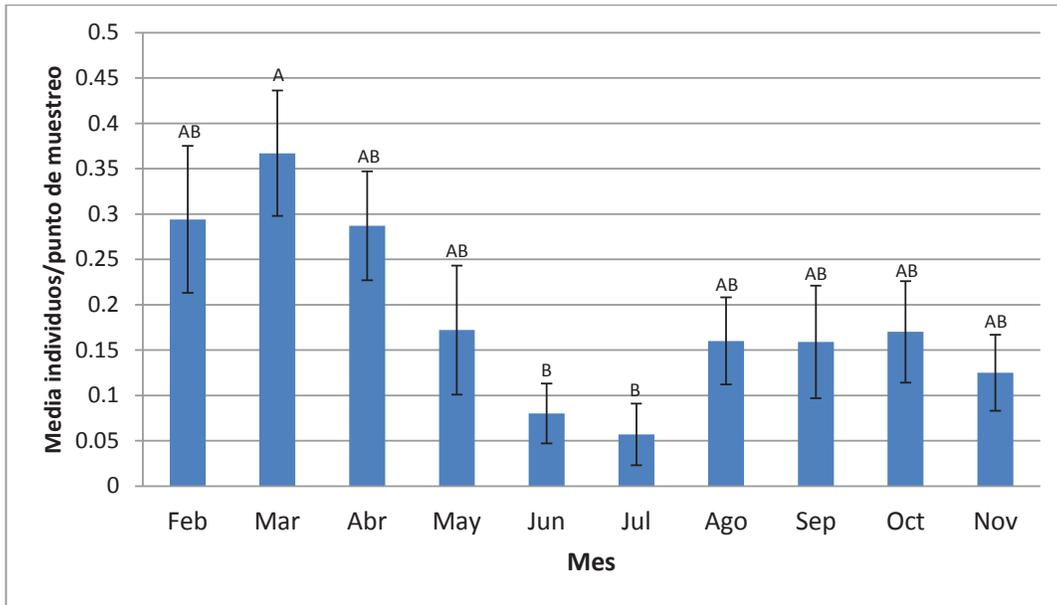


Figura 4. Abundancia promedio mensual por punto de muestreo de *Rallus elegans tenuirostris*. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre la abundancia mensual.

7.3. Abundancia poblacional por clase de hábitat

A partir de las cuatro clases de hábitat derivadas de cada uno los puntos de muestreo, obtuvimos que las tres especies tienen preferencia por determinados tipos de hábitat. *Porzana carolina* tuvo, mayor abundancia en *Schoenoplectus* (S), y *Typha* con pastos inundados (TPI), con diferencias significativas (Kruskal-Wallis test: $\chi^2=46.34$ gl=3 $P < .0001$) con respecto a los hábitats restantes (Fig. 5). El hábitat con menor abundancia fue en el denominado Libres flotadoras con emergentes (LFE).

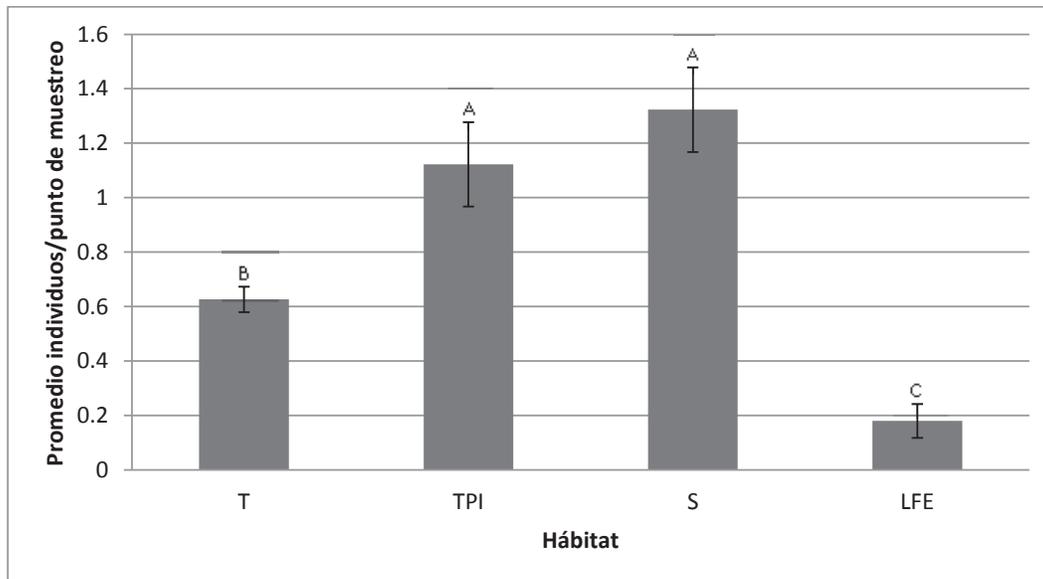


Figura 5. Abundancia promedio por punto de muestreo de *Porzana carolina* en los diferentes hábitats identificados en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre tipo de hábitat. Hábitats: T (*Typha spp.*), TPI (*Typha* con pastos inundandos), S (*Schoenoplectus sp.*) y LFE (Libres flotadoras con emergentes).

Para el caso de *Rallus limicola* y *R. e. tenuirostris* la abundancia fue mayor en hábitat de *Typha* (T) (promedio = 0.265 y 0.277 individuos/por punto de muestreo respectivamente) obteniéndose diferencias significativas en la abundancia en este hábitat con respecto al resto (*R. limicola*: Kruskal-Wallis test $\chi^2=46.41$ gl=3 $P < .0001$; *R. e. tenuirostris*: $\chi^2=58.52$ gl=3 $P < .0001$) (Figs. 6 y 7 respectivamente). El hábitat de Libres flotadoras con emergentes (LFE) no fue usado por ambas especies (Figs. 6 y 7 respectivamente).

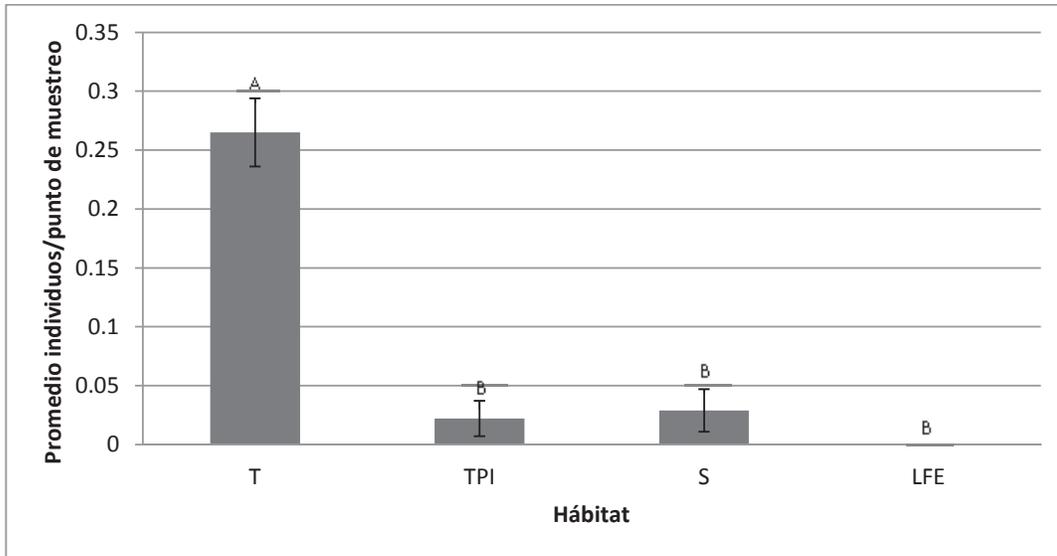


Figura 6. Abundancia promedio por punto de muestreo de *Rallus limicola* en los diferentes hábitats identificados en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre tipo de hábitat. Hábitats: T (*Typha spp.*), TPI (*Typha* con pastos inundandos), S (*Schoenoplectus sp.*) y LFE (Libres flotadoras con emergentes).

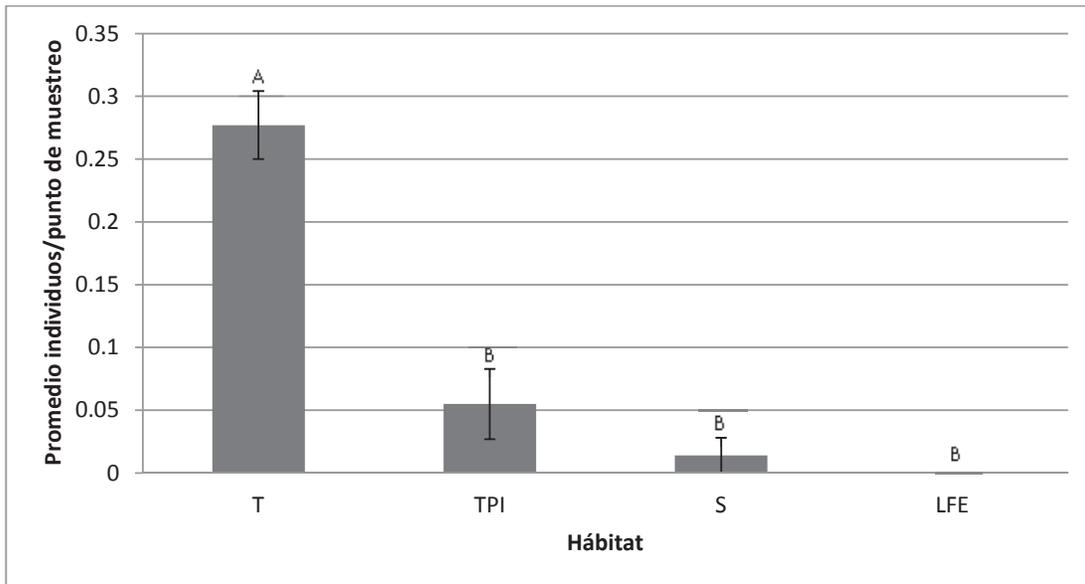


Figura 7. Abundancia promedio por punto de muestreo de *Rallus e. tenuirostris* en los diferentes hábitats identificados en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre tipo de hábitat. Hábitats: T (*Typha spp.*), TPI (*Typha* con pastos inundandos), S (*Schoenoplectus sp.*) y LFE (Libres flotadoras con emergentes).

7.4. Variación estacional de la abundancia de rápidos por tipo de hábitat

Porzana carolina tiene su mayor abundancia a través del tiempo en los hábitats T, TPI y S durante toda su estancia en el Lago de Cuitzeo. Sin embargo existen diferencias significativas en la abundancia poblacional en cada una de las clases de hábitat a través del tiempo (Kruskal-Wallis tests, **T**: $\chi^2=174.15$ gl=9 $P<.0001$, **TPI**: $\chi^2=59.15$ gl=9 $P<.0001$, **S**: $\chi^2=74.32$ gl=9 $P<.0001$, **LFE**: $\chi^2=28.32$ gl=9 $P=.0.0008$) (Fig. 8). El hábitat Libres flotadoras con emergentes (LFE) es el que muestra la menor abundancia a través del tiempo (sólo tres meses) (Fig.8). En el mes de agosto (mes de arribos de la especie) sólo se registró en el hábitat denominado *Typha* continua (T). En este mismo hábitat existe una menor abundancia en el mes de febrero, mientras que los hábitats “TPI” y “S” presentan una mayor abundancia comparada con el hábitat “T”. En el hábitat *Typha* con pastos inundados (TPI) presento menores abundancias en los meses de abril y noviembre (Fig. 8).

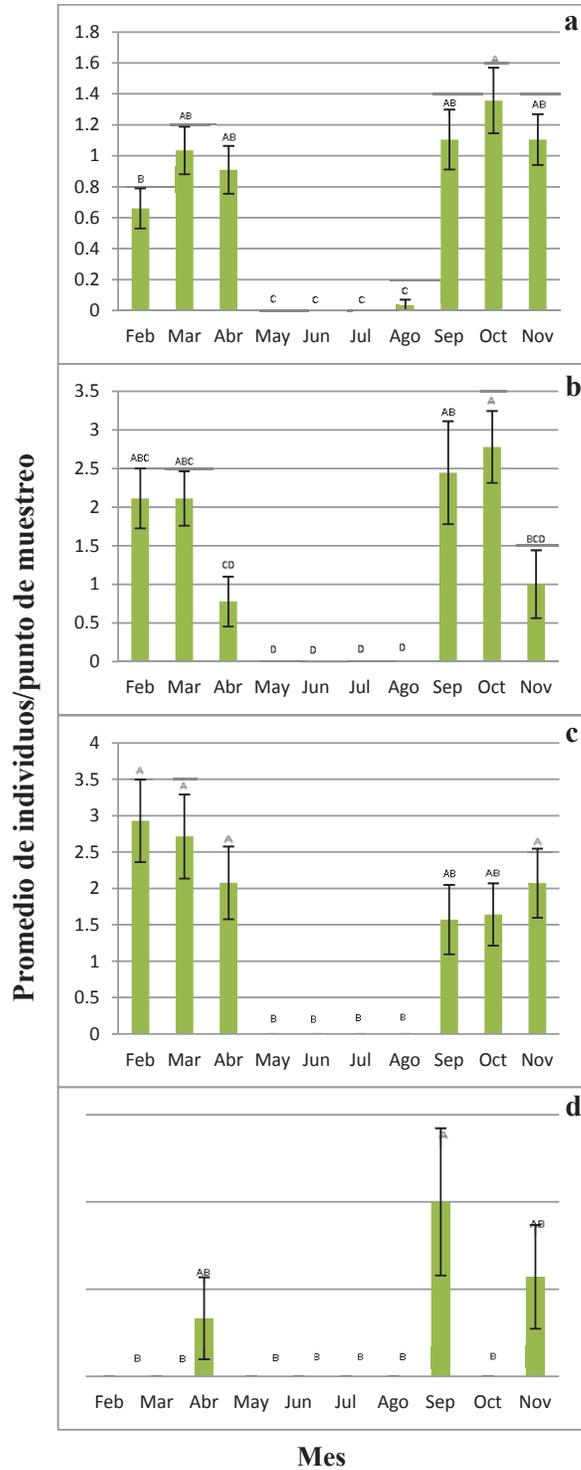


Figura 8. Abundancia promedio mensual por punto de muestreo de *P. carolina* en los diferentes hábitats muestreados. Hábitats: a) *Typha* continua (T), b) *Typha* con pastos inundados (TPI), c) *Schoenoplectus* (S), y d) Libres flotadoras con emergentes (LFE). Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre abundancias por mes en cada tipo de hábitat. .

De acuerdo a los análisis estadísticos existen diferencias significativas en la abundancia poblacional de *Rallus limicola* en los hábitats “T” y “TPI” (Kruskal-Wallis test $\chi^2=95.18$ gl=9 $P<.0001$, $\chi^2=18.20$ gl=9 $P=0.0329$, respectivamente), sin embargo no existen diferencias significativas en la abundancia a través del tiempo para el hábitat “S” (Kruskal-Wallis test $\chi^2=7.24$ gl=9 $P=0.611$) (Fig. 9). El hábitat “T” es el hábitat usado por esta especie durante todo el periodo de muestreo, mientras que en el hábitat “LFE” no hubo registros. En los meses de marzo, septiembre, y noviembre se tiene la mayor distribución de la especie, ya que fue registrado en los hábitats “TPI” (marzo) y “S” (marzo, septiembre, noviembre) (en la temporada pre y post reproductiva), mientras que en el resto de los meses se restringió su distribución al hábitat “T” (Fig. 9).

R. elegans tenuirostris, también es una especie con la mayor abundancia a través del tiempo con el hábitat “T”, mientras que en el hábitat “TPI” únicamente fue registrada los meses de febrero, marzo y noviembre, y en el hábitat “S” únicamente se registró en el mes de octubre (Fig. 10).

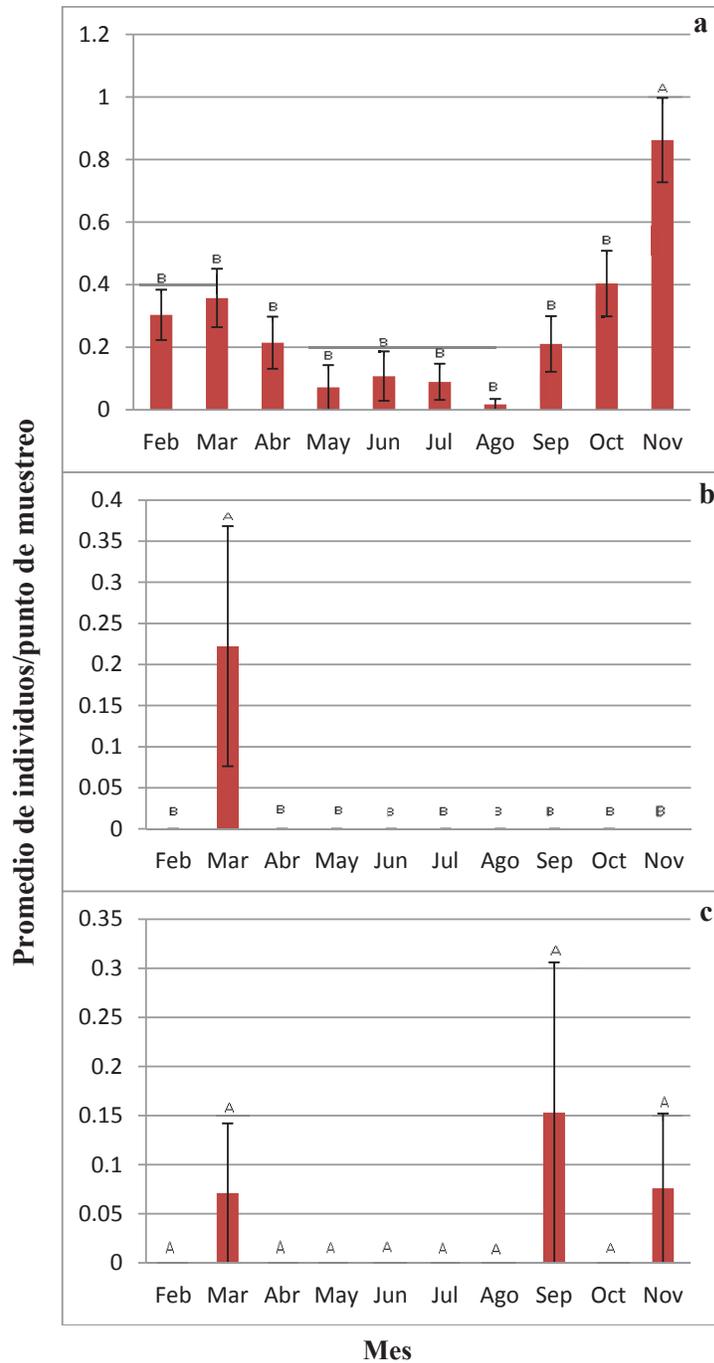


Figura 9. Interacción de *R. limicola* con el hábitat a través del tiempo. Hábitats: a) *Typha* continua (T), b) *Typha* con pastos inundados (TPI), y c) *Schoenoplectus* (S). Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$) entre abundancias por mes en cada tipo de hábitat.

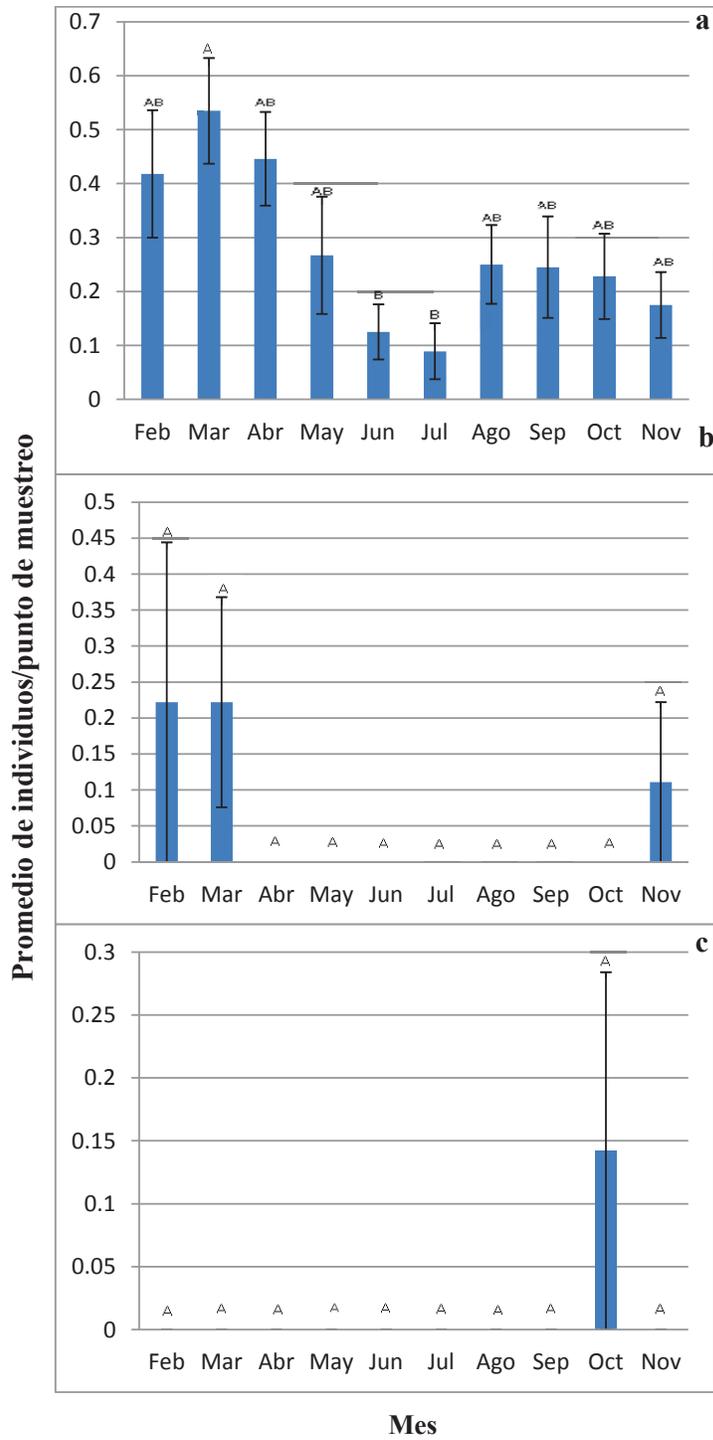


Figura 10. Interacción de *R. elegans tenuirostris* con el hábitat a través del tiempo. Hábitats: a) *Typha* continua (T), b) *Typha* con pastos inundados (TPI), y c) *Schoenoplectus* (S). Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.0005$) entre abundancias por mes en cada tipo de hábitat.

7.5. Amplitud de nicho

Derivado del análisis del índice de amplitud de nicho de Levins (1968), las especies que se consideran especialistas de hábitat son *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris*, las cuales tienen una distribución mayor en el hábitat dominado por tule (*Typha spp.*) (T), mientras que *P. carolina* es considerada como una especie generalista de dos hábitats, ya que hace uso de los hábitats dominados por tule (*Typha spp.*) (T), y el hábitat compuesto de tule redondo (*Schoenoplectus sp.*) (S) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Amplitud de Nicho de Levins que muestra la especialización de hábitat para cada especie de rálido.

Especie	Hábitat				Σ	IL
	T	TPI	S	LFE		
<i>P. carolina</i>	0.7056	0.0025	0.0196	0.0036	0.7313	1.36
<i>R. limicola</i>	0.9801	0.000004	0.000049	0	0.980153	1.02
<i>R. e. tenuirostris</i>	0.9801	0.000025	0.000009	0	0.980134	1.02

8. Discusión

8.1. Abundancia poblacional

Los muestreos de llamado-respuesta nos permitió contar con un mayor número de registros para las tres especies, comparado con el muestreo pasivo (ver Apéndice 1, Fig.1), además el muestreo con la emisión de vocalizaciones de conoespecíficos resulto ser eficiente, confiable y útil (ver Apéndice 1, Figs.2, 3 y 4), por lo que se sugiere para el monitoreo de poblaciones de rálidos en el Lago de Cuitzeo Michoacán, y una buena propuesta como método para monitorear rálidos en el centro de México. Las poblaciones de *P. carolina* muestran una clara mayor abundancia poblacional, a diferencia de los registros reportados para Norteamérica por Johnson y Dinsmore (1986)

quienes encontraron un mayor número de registros para *Rallus limicola* (n= 528) comparado con *Porzana carolina* (n=470), además Rehm y Baldassarre (2007) también encontraron una abundancia menor para *P. carolina* y mayor en *R. limicola*. Esta alta abundancia podría deberse a que es una especie migratoria y tiende a concentrarse en sitios donde hay disponibilidad de alimento, pero además en un trabajo desarrollado en los sitios de anidación de la especie en Norteamérica (Glanh 1974) se sugiere que esta tiene más tolerancia intraespecífica, lo cual les permite poder compartir áreas para alimentarse, pero sin estar comiendo en el mismo punto, es decir cuerpo con cuerpo como se puede observar con otras especies migratorias como anátidos y playeros, sólo una ocasión se observó un grupo de cuatro individuos de esta especie compartiendo el mismo punto de descanso. Sin embargo, *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris* presentan una menor abundancia poblacional y podría deberse o hipotetizar que estas dos especies al ser reproductivas en el Lago de Cuitzeo y al ser muy territoriales, requieren de mayor superficie territorial para alimentación y sobre todo territorios de cortejo y anidación. Glanh (1974) menciona que *R. limicola* es intolerante a conespecíficos en la época reproductiva existiendo una separación mínima entre un nido y otro de 28 m, Meanley (1969) reporta un caso similar con *R. elegans*, y menciona que esta especie es muy territorial en época reproductiva, por lo que requiere una mayor extensión de territorio, encontró que la distancia de un nido en el centro hacia el nido del lado fue de 90.83 m y hacia el nido del otro lado 50.59 m, la zanja tenía 9.14 de ancho. En nuestro trabajo se registraron individuos de *R. e. tenuirostris* reproductivos emitiendo vocalizaciones de cortejo separados por aproximadamente 200 m uno de otro durante los muestreos de febrero y marzo, en una extensión de *Typha sp.* continua de aproximadamente 2,195 m de largo por 167 m de ancho. En un canal de irrigación con manchones largos de *Typha sp.* también encontramos territorios de esta especie a lo largo del año, emitiendo llamados de cortejo, incluso podrían ser territorios de anidación porque se observó un individuo adulto con parche de incubación, en cada uno de estos manchones se observó y escuchó vocalizar a individuos de la especie, cada manchón formaba un territorio de aproximadamente 139 m, 148 m, 137 m, y 279 m de largo aproximadamente, separados por una porción de espejo de agua de entre 10 a 20 m y algunos pequeños manchones de *Schoenoplectus sp.* o de pastos halófitos, lo que también nos estaría indicando que la mayoría de los territorios se encuentran separados por <100 m. Durante tres meses (agosto, septiembre y octubre) se escucho a tres individuos de *R. e. tenuirostris* responder a las vocalizaciones emitidas de conespecíficos y de *P. carolina* en una

superficie de menos de 50 m de diámetro, separados uno de otro por aproximadamente 10 m (en una ocasión registrados a 90°, 40° y 110° del observador), los cuales se alimentaban entre el tule (*Typha sp.*) no muy cerrado en una zona inundada por aguas negras, pudo ser por la alta concentración de invertebrado, Bent (1926) menciona que a finales de verano los rálidos se mueven a áreas más abiertas y tienden a concentrarse como resultado de la abundancia de alimento, estas concentraciones las registramos posterior a la temporada reproductiva, lo que explicaría que la intensidad de territorialismo reduce con forme pasa el periodo reproductivo, e incrementa el recurso alimenticio. Begon *et al.* (1995) menciona que la competencia sólo puede ocurrir si se encuentra el alimento en cantidad limitada.

8.2. Variación temporal de la abundancia poblacional

Porzana carolina mantiene sus poblaciones continuas durante su estancia en el lago, por lo que podemos inferir que los individuos que comienzan sus arribos en agosto permanecen en este humedal durante todo el periodo invernal. La baja abundancia de agosto podría estar explicada por la baja respuesta que tiene la especie en las primeras dos o tres semanas de su arribo, como se ha observado en otros trabajos (Pospichal & Marshall 1954, Glanh 1974); sin embargo sí se registraron algunas respuestas en este mes; la ligera disminución de abril podría deberse al regreso a sus sitios de anidación en Norteamérica, siendo su periodo de anidación de abril a agosto (Glanh 1974, Gibbs & Melvin 1993, Lor & Malecki 2006). Para el caso de *R. limicola* se observa que el mes pico de sensibilidad a la respuesta es noviembre, seguido de octubre, marzo y febrero; sin embargo en estos tres meses no existen diferencias significativas en la abundancia con el resto de los meses. El mes de marzo presenta una alta abundancia y sensibilidad de respuesta, para los meses de abril a agosto se reduce la abundancia pero aun hay respuestas, pero con menor intensidad. Johnson y Dinsmore (1986) encontraron que el rascón picudo (*Rallus limicola*) exhibe una respuesta más alta a conespecíficos sólo durante el periodo posterior a la postura, sin embargo, en nuestro trabajo encontramos una alta respuesta a conespecíficos durante todo lo que consideramos el periodo reproductivo para la especie en el Lago de Cuitzeo (Marzo-Julio), pero también encontramos la mayor respuesta en noviembre, mes posterior al periodo reproductivo. Podemos inferir que para el caso del Lago de Cuitzeo la disminución a la respuesta es

debida a factores conductuales, ya que podrían volverse menos vocales durante la época de anidación para evitar depredadores, sin embargo las ocasiones que respondieron a las vocalizaciones grabadas emitidas de conespecíficos fueron llamados de defensa del territorio (únicamente se dieron respuestas en la ruta de San Bartolomé Coro, Mpio. de Zinapécuaro), por lo que la variación de las respuestas en el tiempo podría reflejar la fenología de anidación (Johnson & Dinsmore 1986a), lo que sugiere defensa de territorios de anidación. Además podemos hipotetizar que la población *R. limicola* disminuye por movimientos locales y/o regionales (entre diferentes humedales cercanos al Lago de Cuitzeo) de individuos en busca de las mejores condiciones de hábitat para su reproducción. Posteriormente a partir de septiembre comienza a tener una mayor distribución en los puntos de muestreo donde ya no se le había registrado, además de comenzar a ser más abundante, alcanzado su máxima abundancia en noviembre, lo que nos permite inferir que todo el año existen individuos residentes y otros individuos que pueden estar migrando local o regionalmente. Por tal motivo se considera a esta especie como residente en el Lago de Cuitzeo.

Para el caso de *R. e. tenuirostris*, su población se mantiene más constante en el tiempo, con una disminución en junio y julio; también se pudiera dar el mismo comportamiento que sucede con *R. limicola* en el periodo de anidación, de reducir sus vocalizaciones durante el periodo de cría, sin embargo durante lo que podríamos considerar el periodo de pre anidación para la especie en el Lago de Cuitzeo, tiende a vocalizar más, ya que durante nuestros muestreos al llegar a los puntos de conteo, algunos individuos se registraron vocalizando sin ser provocados por la emisión electrónica de vocalizaciones. Observamos que *R. e. tenuirostris* tiende a ser más vocal en abril y mayo emitiendo llamados de cortejo y atracción a la pareja (*kek-kek-kek-kek*), y de defensa del territorio desde que se arriba a los puntos de muestreo, sin responder de igual manera a las vocalizaciones electrónicas, lo que podría indicarnos el inicio de periodo de cortejo y de anidación respectivamente. Sin embargo también este llamado es muy frecuente en febrero con duración de más de cinco minutos, lo cual podría estar indicando el periodo de cortejo (Meanley 1969 reporta llamados de cortejo de hasta 18 min). Los llamados escuchados posteriormente eran de alarma y de advertencia principalmente igual al denominado “chuff” (http://www.xeno-canto.org/all_species.php), pero este llamado la mayoría de las veces fue en respuesta a las vocalizaciones emitidas. Además, se

escucharon otras vocalizaciones al parecer de encuentro entre miembros de una pareja como las mencionadas por Meanley (1969).

8.3. Preferencia de hábitat

La estructura del hábitat (ej. la profundidad y la densidad de la vegetación) es un componente de las condiciones del medio ambiente que tiene un importante papel en el proceso de decisiones individuales y comportamiento de las aves (Martin & Roper 1988). La profundidad del agua puede afectar la vegetación y a su vez, la composición de vertebrados, y la distribución de estos invertebrados afecta la distribución de las aves dentro de los humedales (Manci & Rusch 1988). Aun y cuando la disponibilidad de vegetación emergente es muy extensa en el Lago de Cuitzeo, principalmente *Typha spp.* seguida de *Schoenoplectus spp.*, con una extensión de 5,575.4 ha (14.16% de la extensión del lago) (Delgado-Carrillo 2010), la distribución de las tres especies sugiere estar en función de la estructura de los humedales, por lo que las tres tienen preferencia por uno o ciertos hábitats, de modo que la distribución está en función de esta estructura. Sin embargo, Rundle y Fredrickson (1981), sugieren una selección del hábitat por parte de los rálidos derivada de las condiciones del agua y la estructura vegetal, no por la composición de especies. Por otra parte Johnson y Dinsmore (1986) mencionan que las características morfológicas de los humedales, la vegetación emergente y la estructura del hábitat generalmente no influyen en la distribución de rálidos anidantes. Sin embargo de acuerdo a nuestros resultados la composición de las especies vegetales en cada hábitat, su estructura y profundidad si influyen en la distribución de los rálidos. De acuerdo a nuestros resultados, la mayor abundancia de *P. carolina* se encontró en los hábitats más abiertos (S y TPI) dominados por vegetación emergente como *Schoenoplectus sp.* y *Typha sp.*, en áreas más profundas que las usadas por *R. limicola*, así como lo menciona Sayre y Rundle (1984), quienes encontraron que los sitios donde se encontró a *P. carolina* son más profundos que las profundidades donde se encontró a *R. limicola* durante primavera y otoño, siendo estas dos temporadas cuando también se encuentra presente *P. carolina* en nuestra área de estudio. *P. carolina* se alimenta principalmente en los límites de esa vegetación emergente para poderse ocultar cuando es inquietada (Tozer *et al.* 2010), sin embargo también hace uso de los otros hábitats pero con una menor abundancia encontrada, en las áreas de

combinación de vegetación emergente con otras comunidades vegetales, como es el caso de las libres flotadoras. Monfilsa y Priceb (2009), Tozer *et al.* (2010), y Glahn (1974), encontraron que esta especie es muy abundante en sitios con *Typha sp.* en sus áreas de anidación en Norteamérica, en algunos casos *Typha spp.* dominante bordeada con otras emergentes (Glanh 1974), sin embargo nuestros resultados son diferentes, ya que esta especie por ser visitante de invierno podría estar requiriendo mayores concentraciones de alimento para carga energética, por lo que su distribución es más variada, siendo una especie con alta dependencia por aquellos humedales de mayor profundidad pero con una gran cantidad de materia vegetal muerta flotando sobre las áreas abiertas y bordes con la vegetación emergente (*Schoenoplectus sp.*), lo que permite a *P. carolina* poder desplazarse entre esta vegetación para alimentarse, sugiriéndose así que se alimentan de macro invertebrados acuáticos adheridos a esta vegetación, además de algunas pequeñas plantas acuáticas y semillas que puede encontrarse en estas áreas abiertas. *P. carolina* en sus sitios de anidación en Norteamérica consume una gran cantidad de materia vegetal prefiriendo tres tipos de semilla: *Polygonum*, *Carex*, *Scirpus*, y una larva de insecto hidrofílica (Horak 1970), lo que sugiere que en estos humedales abiertos encuentra una gran cantidad de semillas e insectos, ya que la vegetación donde se encontró la mayor abundancia (*Schoenoplectus sp.* y pastos) son plantas productoras de semillas. Estas áreas son manejadas por los pescadores locales, los cuales cortan algunas porciones para el paso de las lanchas, además el ganado es introducido en las orillas para que se alimente de este tipo de vegetación, lo cual ha fomentado la formación de manchones de este tule intercalados con áreas de agua abiertas, humedales conocidos como “hemi-marsh”. Weller y Spatcher (1965) mencionan que los humedales caracterizados como hemi-marsh presentan una alta abundancia de aves de humedales, ya que los cortes en la vegetación genera más parches de vegetación, lo que los hace ser complejos diseños que incrementan la “intercalación” (interspersion, en inglés), entendida como la densidad de bordo, ya que la intercalación entre el agua y la vegetación crean en un complejo diseño que aumenta la probabilidad de la diversidad de anidación y la densidad de las aves de humedales (Rehm & Baldassarre 2007), pudiendo haber favorecido la abundancia de *P. carolina* en este tipo de hábitat. Un incremento en la densidad de áreas abiertas intercaladas con la vegetación emergente incrementa los niveles de macro invertebrados asociados a los hemi-marsh (Kaminski & Prince 1981, Murkin *et al.* 1982, Batzer & Resh 1992), y a su vez asociados a la intercalación, lo que puede aumentar la

abundancia de las aves por la disponibilidad de alimento (Kaminski & Prince 1981), siendo la intercalación una importante variable que afecta la abundancia de *P. carolina* ocurriendo dentro de hemi-marshes (Rehm & Baldassarre 2007). Por otro lado las áreas de *Typha* con pastos inundados (TPI) es otro de los hábitats donde se encontró la mayor abundancia de esta especie; las principales características que permiten a esta especie hacer uso de estos, es que presenta áreas abiertas, cubiertas por pastos que cuando pasan las lluvias permanecen inundados, lo cual proporciona a la polluela sora zonas poca profundas en las que puede desplazarse en busca de invertebrados o semillas principalmente, además los pastos anuales inundados y compuestas proveen una buena fuente de semillas (Meanley 1965, Rundle & Sayre 1983). Conway *et al.* (2010) indica que las inundaciones anuales remueven vegetación decadente y fomentan el crecimiento de la sucesión temprana de vegetación emergente, lo que podría estar favoreciendo el aprovechamiento de los nutrientes, haciendo más productivo a este hábitat, algo similar a lo que sucede con los hemi-marshes, al crear una heterogeneidad en el ambiente al generar más áreas abiertas intercaladas con vegetación (Rehm & Baldassarre 2007).

Nuestros análisis indican que entre mayor es la cobertura de *Typha spp.* mayor es la distribución de *Rallus limicola*, ya que principalmente fue encontrado en los hábitats dominados por *Typha sp.*, por lo que tiene una preferencia por este tipo de hábitat, pero con ciertas características, principalmente: poco profundos <15 cm (sólo pocos individuos fueron registrados en profundidades mayores). Repking y Ohmart (1977) sugieren que el rálito negro (*Laterallus jamaicensis*) requiere proporciones estables de agua no muy profundas que le generen hábitat, debido a su talla (7-8 cm). Además estos hábitats preferidos por *R. limicola* presentan bancos de lodo y vegetación no muy cerrada y alta (<1.5 m) (Sayre y Rundle 1984), encontraron una altura de 0-70 cm en la altura en la vegetación usada por la especie en Norteamérica), con algunas áreas abiertas, coincidiendo con varios autores (Griese *et al.* 1980, Monfils & Prince 2009) en que las densidades de esta especie son mayores en sitios con o dominados por *Typha sp.*, siendo la vegetación más importante para la especie (Rehm & Baldassarre 2007). La abundancia de *R. limicola* en Norteamérica estuvo fuertemente relacionada con la intercalación vegetación-agua (interspersión) (Rehm & Baldassarre 2007), en este trabajo también fue importante la intercalación vegetación-agua con la formación de bancos de lodo y pequeñas charcas entre la vegetación emergente. Aun y cuando se registraron individuos de esta especie en otros hábitats y quizás la podamos considerar

generalista (Conway 1995), durante la anidación únicamente fue registrada en los humedales con *Typha sp.*, como lo reportado por Tozer *et al.* (2010), quienes mencionan que en su área de estudio en Norteamérica, la *Typha spp.* formó la cobertura dominante de todos los territorios de anidación, sitios bordeados por *Scirpus paludosus* y *S. fluviatilis*, *Eleocharis obtusa* y *Distichlis sp.*. Los sitios de anidación de *R. limicola* para este estudio fueron grandes manchones de *Typha spp.* en áreas rodeadas por espejo agua y canales de navegación con una profundidad de 80-150 cm, lo que le proporciona columna de agua constante a estas áreas durante todo el año y por ende producción de alimento (macro invertebrados) en áreas abiertas intercaladas con la vegetación emergente (Kaminski & Prince 1981, Murkin *et al.* 1982, Batzer & Resh 1992) formando bancos de lodo y pequeñas charcas, además la producción de pequeñas plantas libres flotadoras que podrían servir de alimento (ej. lenteja de agua). De acuerdo a Horak (1970) *R. limicola* es una especie donde el alimento animal ocurre con mayor frecuencia, sin embargo consume una gran cantidad de lenteja de agua (*Lemna spp.*); por otro lado, la densa vegetación emergente les proporciona sitios para anidar en su base (Lor & Malecki 2006). Se sugiere que *R. limicola* puede elegir hábitat basado en las características individuales de los humedales (Rehm & Baldassarre 2007), no únicamente en el tipo de vegetación presente. Los factores que podrían estar influyendo en la preferencia de hábitat es la constante columna de agua en sus hábitats de alimentación y anidación (<10 cm), la altura de la vegetación emergente (<2.0 m), y el porcentaje de la vegetación que genere áreas abiertas para la creación de bancos de lodo y áreas para forrajeo proporción vegetación-áreas abiertas 70:30. Lor y Malecki (2006) sugieren que el porcentaje de cobertura vegetal emergente, el porcentaje de cobertura horizontal, el promedio de la altura de la vegetación, y el promedio de la profundidad del agua, fueron los más críticos factores que influyen la preferencia de hábitat de anidación para *R. limicola* y *P. carolina*. Las características conductuales y de comportamiento de *R. limicola* podrían estar vinculadas en los factores que determinan su distribución (Lor & Malecki 2006), debido a la forma de pico, pies y características como la locomoción de estas aves “caminadoras de los humedales” quienes son restringidas a permanecer en hábitats con aguas poco profundas y vegetación emergente (Weller & Apatcher 1965).

Al igual que lo obtenido para *R. limicola*, nuestros análisis indican que entre mayor es la cobertura vegetal de *Typha spp.* mayor es la abundancia de *R. e. tenuirostris*, pero con

estructura horizontal más cerrada que la preferida por *R. limicola*, siendo una especie con una amplia distribución en hábitats que presentan *Typha spp.* como vegetación principal y más alta (>1.5 m). Reid (1989) sugiere que la altura de la vegetación es importante para *R. elegans* en la anidación, tan alta como para ocultarse. Tomlinson y Todd (1973) encontraron que *R. longirostris yumanensis* tiene preferencia de hábitat por humedales poco profundos que contienen densa vegetación emergente (*Typha latifolia* y *Schoenoplectus acutus*), esta especie es muy similar en tamaño con *R. e. tenuirostris* (Meanley 1969). En la mayoría de los hábitats muestreados en nuestro trabajo *Typha spp.* presentaba una altura >1.5m. Otra característica importante que podría afectar su preferencia de hábitat es la profundidad del agua, debido a que se distribuye preferentemente en humedales con columna de agua <20cm; cuando estos humedales sufrieron una reducción en la columna de agua suficiente para su desecación y en consecuencia *Typha spp.* seca, no hubo registros de individuos en estos puntos. En hábitats de mayor profundidad (LFE,S) se registraron muy pocos individuos, esto puede estar influenciado por su comportamiento de forrajeo y su dieta, ya que tienden a alimentarse en la interfase del agua y la vegetación (Eddleman *et al.* 1988). Darrah y Krementz (2009) recomiendan una alta intercalación que maximice el hábitat de forrajeo para la especie, lo que puede promover la abundancia de esta especie como se ha observado con otras especies de rálidos al incrementar los niveles de macro invertebrados (Rehm & Baldassarre 2007). En nuestro estudio se observaron pocos individuos de esta especie, la mayoría de los registros fueron auditivos, estos individuos observados se alimentaban en los límites de la vegetación emergente, en canales de navegación o en pequeños canales poco profundos creados entre el tule (*Typha spp.*) para el paso o arrastre de lanchas en la orilla del lago. En los humedales de Norteamérica *R. elegans* tiende a usar áreas con moderada cobertura de agua (51-74%), moderada cobertura de pastos (26-50%) y moderada cobertura de herbáceas (6-25%), además de hacer uso de áreas con densa vegetación emergente y algunas áreas abiertas, como canales (Shanley 1996, Sikes 1984; *cit.* en Darrah y Krementz 2009), como lo encontrado en nuestro trabajo. Es importante mencionar que entre los hábitats preferidos para *R. e. tenuirostris* se encuentra la *Typha spp.* bordeando los canales de irrigación, el cual es un importante hábitat para esta especie, aunque no está muy distribuido en el lago, ya que le proporciona agua, refugio y alimento durante todo el año, estos canales de irrigación presenta columna de agua constante, por lo cual siempre hay *Typha spp.* densa presente, además de que los canales son rectos, lo que permite a los rálidos poder

desplazarse con facilidad para alimentarse en las partes fangosas sobre la orilla del canal.

8.4. Interacción de los rávidos con el hábitat a través del tiempo

La interacción de *P. carolina* con cada uno de los hábitats fue constante a través del tiempo, en tres de las cuatro clases de hábitat, lo que sugiere una abundancia poblacional similar a través del tiempo en cada tipo de hábitat, por la preferencia que tiene hacia ciertos hábitats. Sólo se observan algunas fluctuaciones no significativas en los meses de regreso de la especie a Norteamérica y durante su arribo (agosto), ya que en el mes de su arribo sólo se le registro en el hábitat T. Los hábitats con mayor cobertura de *Typha spp.* y los hábitats con vegetación emergente como *Schoenoplectus spp.* (S) fueron los preferidos durante más tiempo (otoño, invierno y primavera). Para el caso del hábitat T, S y TPI, encontramos buenas concentraciones de aves a través del tiempo, sugiriendo buena cantidad de alimento y constante durante estos meses, confirmando que los pastos anuales inundados y compuestas proveen una buena fuente de semillas, siendo el alimento predominante en otoño (Horak 1970, Rundle & Sayre 1983), además la constante columna de agua en el hábitat S, crea hemi-marshes, por lo cual la producción de macro invertebrados podría ser buena y constante también (Kaminski & Prince 1981, Murkin *et al.* 1982, Batzer & Resh 1992). Los pastos inundables tienden a secarse a partir de abril, lo que crea un hábitat que ya no es productivo en cuanto a macro invertebrados y semillas con la carencia de columna de agua durante los meses de mayo, junio y julio, meses en lo que *P. carolina* ya no está presente en el Lago de Cuitzeo y presente en sus humedales de anidación en Norteamérica (Glanh 1974, Gibbs & Melvin 1993, Lor & Malecki 2006), por lo que se sugiere que no se ve afectada por esta sequía. Las fluctuaciones en la abundancia de los hábitats T y TPI, pudiera estar influenciada por la afectación hidrológica de estos humedales, ya que en época de estiaje se encuentran secos o con poca columna de agua que no permite el establecimiento de vegetación nueva o el desarrollo de macro invertebrados por la falta de hemi-marshes que generan la interspersión que esta especie prefiere para su alimentación (Rehm & Baldassarre 2007). Las polluelas sora migratorias de primavera y otoño en Norteamérica prefieren sitios con profundidades de agua de 5 a 15 cm (Sayre & Rundle 1984), en el Lago de Cuitzeo es distinto ya que los

hábitats que prefieren durante su migración e invernación tienen una profundidad del agua que va de los 10cm a 1m, lo que estaría indicando que su distribución depende de la abundancia del alimento, ya que la abundancia mensual en estos hábitats no tuvo diferencias a través del tiempo. El hábitat con la menor interacción a través del tiempo fue Libres flotadoras emergentes (LFE), lo que sugiere que los canales tanto de irrigación como de navegación con profundidades promedio de 50cm y de menor superficie, no proporcionan los suficientes recursos.

La composición de plantas en los hábitats preferidos durante otoño y primavera por *P. carolina* fueron diferentes a los reportados para Norteamérica (Sayre & Rundle 1984), ya que durante su estancia en el Lago de Cuitzeo prefirió los hábitats “S” y “TPI”. En Norteamérica Sayre y Rundle (1984) encontraron que las plantas asociadas a los sitios de registro de *P. carolina* y *R. limicola* no tuvieron diferencias en la composición de plantas durante la migración de primavera, mientras que en este trabajo si encontramos diferencias en los hábitats preferidos por cada especie, lo que sugiere la distribución de *P. carolina* en el Lago de Cuitzeo en base a la disponibilidad de alimento en áreas más abiertas.

R. limicola prefirió el hábitat “T” durante todo el muestreo (febrero-noviembre), con fluctuaciones en su abundancia mensual en este tipo de hábitat; las menores abundancias se registraron durante su anidación, además que durante esta etapa sólo se registraron en este hábitat, lo que sugiere tener alta dependencia por este tipo de vegetación durante todas las etapas de su vida. En los otros hábitats fue registrado únicamente durante los meses del comienzo de las migraciones (septiembre) para el caso del hábitat *Schoenoplectus sp.* (S), y en marzo para todos los hábitats.

Para el caso de *R. elegans tenuirostris* podemos inferir que tiene una mayor distribución en las etapas pre y post reproductivas que durante el periodo reproductivo. La asociación de esta especie con los diferentes tipos de vegetación parece estar fuertemente ligada a la *Typha spp.*, ya que en los hábitats que presentan mayor cobertura de esta vegetación muestra mayor abundancia, siendo únicamente menor en los meses de junio y julio, existiendo diferencias significativas entre estos dos meses y marzo. En los hábitats “S” y “LFE” no tienen mucha preferencia a través del tiempo, sin embargo se registraron individuos únicamente en el mes de octubre, cuando la zona se

encontraba inundada, posterior al periodo de lluvias. Se reporta para Norteamérica que *R. elegans* hace uso de diferentes tipos de hábitat a través del tiempo, en los meses más fríos se alimentan mayormente alrededor de sistemas de canales de los campos de cultivo de arroz y de drenaje natural, sin embargo en el verano la alimentación fue mayor en los campos de arroz, y regresa a los canales de irrigación y pequeños humedales con tule (*Typha spp.*) (Meanley 1956), aunque la *Typha spp.* parece ser importante en todo su rango (Meanley 1969, Darrah & Krementz 2009). Sin embargo en nuestro trabajo no se muestra esta clara tendencia de movimientos de un tipo de hábitat a otro a través del tiempo, la única diferencia significativa en cuanto a la abundancia mensual para el hábitat T, podría deberse a que en los meses de mayo, junio y julio se encuentran anidando y se vuelven menos vocales. Otra posible razón es que en estos meses reduce la columna de agua en muchos de nuestros puntos de muestreo, secando esas áreas, lo que reduce el hábitat adecuado para estos rálidos, como sucede en otras partes durante julio y agosto (Griese *et al.* 1980), lo que podría ocasionar movimientos a áreas más a dentro de los mismos hábitats, cerca del espejo de agua del lago, en busca de los recursos necesarios para la anidación y alimentación.

8.5. Amplitud de Nicho

Las especies *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris* son consideradas dos especies especialistas del hábitat dominado por tule (*Typha spp.*), ya que presentan una mayor distribución en este hábitat, mientras que *P. carolina* puede ser considerada como una especie generalista de dos hábitats, por hacer uso de los hábitats dominados por tule (*Typha spp.*) (T), y el hábitat dominado por tule redondo (*Schoenoplectus sp.*) (S), por lo cual podríamos considerar a esta especie con una distribución más amplia en diferentes tipos de hábitat en el Lago de Cuitzeo.

Nuestros resultados nos indican que *R. limicola* y *R. e. tenuirostris* son dos especies más restringidas a la vegetación emergente (*Typha sp.*), ya que esta vegetación tiene una importancia como refugio para anidar y protegerse (escape) (Griese *et al.* 1980). Todos los hábitats donde se registró la mayor abundancia están compuestos por esta vegetación dominante, no muy abiertos, con pocas profundidades, coincidiendo con Darrah y Krementz (2009) en que las especies de *Typha* fueron la vegetación más

prominente presente en los sitios ocupados por *R.elegans* en su sitio de estudio, y con Sayre y Rundle (1984) en que el nivel del agua fue un factor importante influyente en el uso del hábitat para *R. limicola*, ya que prefirieron sitios superficialmente saturados e inundados, por lo que los disturbios hidrológicos en los humedales y en el crecimiento de la *Typha spp.* de una manera descontrolada por la eutroficación del lago o la falta de crecimiento de vegetación emergente por falta de agua, o la vegetación seca, pueden estar afectando la distribución y éxito reproductivo de ambas especies (Rehm & Baldassarre 2007). Las comunidades de plantas y la profundidad del agua revelan una fuerte asociación de estas especies con la abundancia encontrada en los diferentes hábitats (Desgranges *et al.* 2006); este cambio en la estructura del hábitat conlleva a la disminución de las poblaciones de aves de humedales (Ward *et al.* 2010). Sin embargo aun y cuando ambas especies de rálidos requieren de *Typha spp.*, de acuerdo a nuestras observaciones de campo, existen diferencias importantes en la cobertura que requiere cada especie, *R. limicola* prefiere cobertura vegetal menos densa y menos alta, mientras que *R. e. tenuirostris* prefiere cobertura vegetal más densa y más alta, además de una profundidad del agua mayor.

Podemos inferir que *P. carolina* se ve menos afectada por la profundidad del agua, ya que en todos los hábitats donde fue registrada presentan profundidades diferentes, sin embargo esta especie requiere de hemi-marshes que generen intercalación entre la vegetación y el agua para su alimentación (Rehm & Baldassarre 2007). De esta manera su comportamiento de forrajeo y dieta omnívora permite a esta especie poder hacer uso de una variedad de profundidades del agua para alimentarse (Griese *et al.* 1980). Los humedales complejos que varían en tamaño, profundidad del agua, y composición vegetal, son una estrategia ideal de manejo en los humedales para la diversidad de aves de humedal (Lor & Malecki 2006). Se sugiere que la profundidad relativa del agua y la alta producción de semillas de las plantas emergentes también puede ser un factor que este influyendo sobre *P. carolina* para la selección de su hábitat en otoño, para el forrajeo de semillas maduras (Griese *et al.* 1980).

Las diferencias y similitudes en los hábitos alimenticios entre *P. carolina*, *R. limicola* y *R. e. tenuirostris* sugiere que pueden compartir algunos tipos de hábitats, sin embargo los hábitats con menor profundidad son preferidos por *R. limicola* y *R. e. tenuirostris*, siendo más abundantes en estos, debido a que su pico es más largo y ligeramente

curvado, y diseñado para buscar su alimento entre el fango, principalmente *R. limicola* (Ehrlich *et al.* 1988), mientras que *R.e. tenuirostris* es de mayor talla y las dimensiones de su pico son proporcionales al tamaño de sus tarsos, lo que le permite alimentarse de semillas, macro invertebrados aun más grandes y pequeños vertebrados (Meanley 1969), forrajeando con su pico en busca de este alimento en aguas someras (Meanley 1956), por lo que requieren hábitats que le proporcionen bancos de lodo, charcas de agua y áreas entre la vegetación muerta, poco profundas (Darrah & Krementz 2009), mientras que *P. carolina* tiene pico corto y fuerte (Horak 1970, Ehrlich *et al.* 1988), que le permite levantar semillas del suelo o flotando en el agua y comer insectos adheridos a las vegetación acuática, en áreas abiertas de los márgenes de los humedales (Howell & Webb 1995), siendo común verla en los márgenes de canales de irrigación en hábitats dominados por *Typha spp.* (hábitat “T”) y en canales de navegación sobre la vegetación emergente libre flotadora en el hábitat denominado “LFE”. Fue muy común en márgenes de ríos de aguas negras alimentándose sobre lirio acuático, aunque este hábitat no estuvo representado en nuestras zonas de muestreos.

9. Conclusiones

- *Porzana carolina* es la especie más abundante de las tres especies de rálidos objeto de estudio del presente trabajo para el Lago de Cuitzeo, mientras que *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris* son menos abundantes.
- La gran abundancia de *Porzana carolina* a través del tiempo en los hábitats más abiertos combinados con vegetación emergente hemi-marshes (intercalación), explica la gran importancia que tienen estos hábitats para su alimentación durante su estancia en el Lago de Cuitzeo.
- Se sugiere que la distribución y abundancia de las tres especies está en función de la estructura del hábitat que crea cada humedal: la profundidad del agua, las especies vegetales, la altura y densidad de la vegetación emergente, además de la formación de hemi-marshes como lo menciona Desgranges *et al.* (2006), Lor y Malecki (2006) y Ward y Herkert (2010).
- Las tres especies muestran fluctuaciones en su abundancia mensual, sin embargo *Porzana carolina* muestra una dinámica poblacional sin variaciones durante la mayoría de los meses, únicamente muestra cambios en los meses que no está

presente y durante el mes de arribo de la especie (agosto). *Rallus limicola* es más abundante en el mes de noviembre, mientras que *R. elegans tenuirostris* es más abundante en los meses pre y post reproductivos.

- Se considera a *Porzana carolina* como especie migratoria, presente en el Lago de Cuitzeo de agosto a abril, mientras que *Rallus limicola* y *R. elegans tenuirostris* son dos especies consideradas como residentes para este lago, por ser registradas durante todo el año, además de ser dos especies que se reproducen en este humedal.
- Las tres especies tienen preferencia por uno o dos determinados tipos de hábitat. *Porzana carolina* prefiere los hábitats dominados por *Schoenoplectus spp.* y por *Typha spp.* combinada con pastos inundados. Por otro lado las especies *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris* son dos especies que prefieren aquellos hábitats dominados por *Typha spp.*, sin embargo *R. limicola* requiere una estructura más abierta y más pequeña, mientras que *R. elegans tenuirostris* requiere de una vegetación más alta y densa, ambas con columna de agua.
- Las diferencias y similitudes en los hábitos alimenticios entre *P. carolina*, *R. limicola* y *R. e. tenuirostris* sugiere que pueden compartir algunos tipos de hábitats, sin embargo los hábitats con menor profundidad del agua y mayor cobertura de *Typha spp.* son preferidos por *R. limicola* y *R. e. tenuirostris*.
- Los hábitats T, TPI y S, son los hábitats utilizados por *Porzana carolina* durante toda su estancia en el Lago de Cuitzeo, teniendo una mayor distribución en estos hábitats durante todo el año, mientras que el hábitat LFE sólo es utilizado durante tres meses. Sin embargo para el caso de *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris*, son dos especies que se distribuyen durante todo el año en el hábitat dominado tule (T), y en el resto de los hábitats sólo es registrada durante pocos meses. *Rallus limicola* no fue registrada durante varios meses en la mayoría de los hábitats, sólo se concentró durante su periodo reproductivo en los humedales de la localidad de San Bartolome Coro, Mpio, de Zinapécuaro, se sugiere que fue debido a las características de los humedales de esa zona, ya que proporcionan constante columna de agua y bancos de lodo por la acumulación de sedimentos, además podemos inferir que requieren condiciones de agua de mejor calidad, porque en esta zona existen diversos manantiales que afloran al Lago de Cuitzeo (la calidad del agua no fue medida en este trabajo).

- Se sugiere que la interacción de *P. carolina* constante con los hábitats abiertos a través del tiempo son el reflejo de una constante producción de alimento como macro invertebrados y semillas, debido a la abundancia constante de *P. carolina* en estos humedales. De ahí la importancia que tienen los hemi-marshes y bordes entre la intercalación de vegetación emergente con herbáceas para la abundancia de esta especie (Weller & Apatcher 1965, Rehm & Baldassarre 2007, Ward *et al.* 2010), en la producción de alimento necesario para esta especie migratoria.
- Los hábitats dominados por tule (*Typha spp.*) son de suma importancia para las tres especies de rálidos, ya que las tres especies tienen mayor frecuencia de ocurrencia en este hábitat, sin embargo *P. carolina* tiene además ocurrencia en los hábitats denominados *Typha* con pastos inundados y *Schoenoplectus sp.*
- *R. limicola* y *R. elegans tenuirostris* son dos especies consideradas especialistas de hábitat, las cuales tienen una mayor distribución en el hábitat dominado por tule (*Typha spp.*). *Porzana carolina* es considerada una especie generalista de dos hábitats por hacer uso de los hábitats dominados por tule y tule redondo.
- Los disturbios hidrológicos en los humedales y en el crecimiento inmoderado de la *Typha spp.* a causa de la eutroficación del lago, o la falta de crecimiento de vegetación emergente por falta de agua, y la desecación de la vegetación de los humedales, afecta la distribución de las tres especies de rálidos estudiadas por la alteración de la estructura de sus hábitats y en consecuencia disminución de hábitats adecuados (Desgranges *et al.* 2006, Ward *et al.* 2010), principalmente a *R. limicola* y *R. e. tenuirostris*, por depender de la vegetación emergente y la columna de agua. Este cambio en la estructura del hábitat conlleva a una disminución en la abundancia poblacional.

10. Referencias

- Aguilar, B. 1998. Hábitat y abundancia de anátidos en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad Especialidad en Ganadería. Texcoco, Edo. de México. 71 p.
- Alcántara, J. L., and P. Escalante. 2005. Current Threats to the lake Texcoco Globally Important Bird Area. USDA Forest Service Gen.Tech.Rep. **191**:1143-1150.
- Allen, T., S. L. Finkbeiner, and D. H. Johnson. 2004. Comparison of Detection rates of Breeding Marsh Birds in Passive and Playback Surveys at Larek National Wildlife Refuge, South Dakota. *Waterbirds* **27**:277-281.

- Arizmendi M. C., and L. Márquez-Valdelamar. 2000. *Áreas prioritarias para la conservación de las aves en México*. CIMAPEX A.C., México, D.F.
- Arriaga L., V. Aguilar, and J. Alcocer. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Baillie, J. L. J. 1940. King Rail Breeding in Southern Ontario. *The Auk* **57**:109-110.
- Batzer, D. P., and V. H. Resh. 1992. Macroinvertebrates of a California seasonal wetland and responses to experimental habitat manipulation. *Wetlands* **12**:1-7.
- Begon M., J. L. Harper, and C. R. Townsed. 1997. *Ecología*. Omega, Barcelona.
- Bent, A. C. 1926. Life histories of North American marsh birds. *U.S.Natl.Mus.Bull.* 135.
- BirdLife International. 2000. *Threatened birds of world*. Barcelona and Cambridge, U.K.: Lynx Edicions and BirdLife International.
- Bolaños-García, R. 2008. Abundancia y distribución de *Rallus longirostris beldingi* (Aves: Rallidae) en humedales de Baja California Sur, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias (Orientación en Biología Marina). Universidad Autónoma de Baja California Sur, Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina. La Paz Baja California Sur, México.
- Brower E. J., and J. H. Zar. 1977. *Field and laboratory methods for general Ecology*. Brown Company publisher. Iowa. 193 pp..
- Carrera E., and G. de la Fuente. 2003. *Inventario y Clasificación de Humedales en México Parte I*. Ducks Unlimited de México, Garza García, N.L., México. Pp 23-37.
- Collins, S., and S. Glenn. 1991. *Importance of spatial and temporal dynamics in species regional abundance and distribution*. *Ecology* **2**:654-664.
- Conway, C. J. 1995. *Virginia Rail (Rallus limicola)*. in *The Birds of North America*. (A. Poole and F. Gill, eds.). The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, and The American Ornithologist's Union, Washington, D.C.
- Conway, C. J., W. R. Eddleman, and S. H. Anderson. 1994. Nesting success and survival of Virginia Rails and Soras. *Wilson Bulletin* **106**:466-473.
- Conway, C. J., and J. P. Gibbs. 2005. Effectiveness of Call-broadcast surveys for monitoring marsh birds. *The Auk* **122**:26-35.
- Conway, C. J., C. P. Nadeau, and L. Piest. 2010. Fire helps restore natural disturbance regime to benefit rare and endangered marsh birds endemic to the Colorado River. *Ecological Applications* **20**:2024-2035.
- Conway C. J., E. Palacios, and O. H. Hinojosa. 2003. Protocolo estandarizado para el monitoreo de Aves de marisma de Norte América.
- Darrah, A., and D. G. Kremetz. 2009. Distribution and habitat use of King Rail in Illinois and Upper Mississippi River Valeys. *Journal of Wildlife Management* **73**:1380-1386.
- De la Lanza, G. 2002. *Recursos Hidrológicos de México*. in Abarca y Herzing (Comp.). *Manual para el Manejo y la Conservación de los Humedales en México*. Tercera Edición-Versión de Febrero del 2005.
- Delgado-Carrillo, O. 2010. Distribución actual de la Mascarita transvolcánica *Geothlypis speciosa*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Desgranges, J. L., J. Ingram, B. rolet, J. orin, C. avage, and D. Borcard. 2006. Modelling Wetland Bird Response to water Level Changes in the Lake Ontario-

- St. Lawrence River Hydrosystem. Environmental Monitoring and Assessment **113**:329-365.
- Dickerman, R. W. 1971. Notes on Various Rails in Mexico. The Wilson Bulletin **83**:49-56.
- Eddleman, W. R., W. R. Knopf, B. Meanley, F. A. Reid, and R. Zembal. 1988. Conservation of North American Rallids. Wilson Bull 458-475.
- Ehrlich P. R., D. S. Dobkin, and D. Wheye. 1988. The Birder's Handbook: a field guide to the natural history of North American birds. Simon and Schuster Inc, New York, EUA.
- Gibbs, J. P., and S. M. Melvin. 1993. Call-response surveys for monitoring breeding waterbirds. The Journal of Wildlife Management 206-214.
- Giller P. S. 1984. Community structure and the niche. Chapman and Hall, New York. 176 pp.
- Glanh, J. F. 1974. Study of Breeding Rails with Recorded Calls in North-Central Colorado. The Wilson Bulletin **86**:206-214.
- González-Bernal, M. A. 2009. Cambios en la abundancia y distribución del Rascón picudo (*Rallus longirostris levipes*) en Bahía de San Quintín, Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias. Ensenada, Baja California.
- Griese, H. J., H. J. Ryder, and C. E. Braun. 1980. Spatial and Temporal Distribution of Rails in Colorado. The Wilson Bulletin **92**:96-102.
- Gysel, L. W., and L. J. Lyon. 1980. *Análisis y evaluación de hábitat*. Pages 321-344 in S.D.Schemnitz editor. Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. Wildlife Society.
- Hinojosa-Huerta, O., O. S. DeStefano, and W. W. Shaw. 2001. Distribution and Abundance of the Yuma Clapper Rail in the Colorado River delta, México. Journal of Arid Environments **49**:171-182.
- Hinojosa-Huerta, O., O. S. DeStefano, and W. W. Shaw. 2002. Evaluation of Call-Response Surveys for Monitoring Breeding Yuma Clapper Rails (*Rallus longirostris yumanensis*). Journal of Field Ornithology **73**:151-155.
- Hinojosa-Huerta, O., J. J. Rivera-Díaz, H. Iturribarria-Rojas, and A. Calvo-Fonseca. 2007. *Population Trends of Yuma clapper rails in the Colorado River delta, Mexico*. Studies in Avian Biology **37**:69-73.
- Hinojosa-Huerta, O. 2000. Distribution, abundance, and habitat use of Yuma Clapper Rail (*Rallus longirostris yumanensis*) in Colorado River Delta, México. Univ. of Ariz., Tucson, AZ.
- Horak, G. J. 1970. A comparative study of the food of Sora and Virginia Rail. Wilson Bull **82**:206-213.
- Howell S. N. G., and S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Central America*. Oxford University Press, New York, EUA. 855 pp.
- Hutto, R. L. 1992. Habitat distributions of migratory landbird species in western Mexico. in: Ecology and conservation of neotropical migrant landbirds. (J. Hagan and D. Johnston, Eds.), pp. 221-239. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- Israde-Alcántara, I. 1999. *Los lagos volcánicos y tectónicos de Michoacán*. in P. Corona-Chávez, and I. Israde-Alcántara editors. Carta Geológica del Estado de Michoacán, escala 1:250,000. Secretaria de Difusión Cultural y Extensión Universitaria. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Departamento de Geología, Michoacán.

- Jenkins, R. K. B., and S. J. Osmerod. 2002. Habitat preferences of breeding Water Rail *Rallus aquaticus*. *Bird Study* **20**:2-10.
- Johnson, D. H. 1980. The Comparison of Usage and Availability Measurements for Evaluating Resource Preference. *Ecology* **61**:65-71.
- Johnson, R. R., B. T. Brown, L. T. Haight, and J. M. Simpson. 1981. Playback recording as a special avian censusing technique. *Studies in Avian Biology* **6**:68-75.
- Johnson, R. R., and J. J. Dinsmore. 1986a. Habitat Use by Breeding Virginia Rails and Soras. *The Journal of Wildlife Management* **50**:387-397.
- Johnson, R. R., and J. J. Dinsmore. 1986b. The Use of Tape-Recorded Calls to Count Virginia Rails and Soras. *The Wilson Bulletin* **98**:303-306.
- Kaminski, R. M., and H. H. Prince. 1981. Dabbling duck and aquatic macroinvertebrate responses to manipulated wetland habitat. *Journal of Wildlife Management* **45**:1-15.
- Kaufmann, G. W. 1983. Displays and Vocalizations of the Sora and the Virginia Rail. *Wilson Bull* **95**:42-59.
- Kearns, G. D., N. B. Kwartin, D. F. Brinker, and M. Haramis. 1998. *Digital playback and improved trap design enhances capture of migrant Soras and Virginia Rails*. *Journal of Field Ornithology* **3**:466-473.
- Krebs C. J. 1972. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. USA. 693 pp.
- Krebs C. J. 1985. *Ecología: estudio de la distribución y abundancia.*, Segunda edition. Editorial Harla, México, D.F. 753 pp.
- Lobel, S., T.S., and H. Rydin. 2006. *Metapopulations processes in epiphytes inferred from patterns of regional distribution and local abundance in fragmented forest landscapes*. *Journal of Ecology* **94**:856-868.
- López B., and D. E. Blanco. 2005. *El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2004*. Global Series No.17. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.
- Lor, S., and R. A. Malecki. 2006. *Breeding Ecology and Nesting Habitat Associations of five Marsh Bird Species in Western New York*. *Waterbirds* **29**:427-436.
- Manci, K. M., and D. H. Rusch. 1988. Indices to Distribution and Abundance of Some Inconspicuous Waterbirdson Horicon Marsh. *Journal of Field Ornithology* **59**:67-75.
- Martin, T. E., and J. J. Roper. 1988. Nest predation and nest site selection in a western of the Hermit Thrush. *The Condor* **90**:51-57.
- Massey, B. W., R. Zembal, and P. D. Jorgensen. 1984. Nesting habitat of the Light-footed Clapper Rail in Southern California. *Journal of Field Ornithology* **55**:67-80.
- Meanley, B. 1956. Food Habits of the King Rail in the Arkansas Rice Fields. *The Auk* **73**:252-258.
- Meanley, B. 1965. Early-fall food and habitat of the Sora in Patuxent River marsh, Maryland. *Chesapeake Sci.* **6**:235-237.
- Meanley, B. 1969. *Natural history of the King Rail. Account 67.* in North American fauna. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Washington, D.C., USA.
- Meanley, B. 1992. King Rail. in A. Poole, P. Stettenheim, and F. Gill editors. *The Birds of North America*. The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, Pennsylvania, and The American ornithologists' Union, Washington, D.C., USA.
- Melvin, S. M., and J. P. Gibbs. 1996. *Sora (Porzana carolina)*. in A. Poole, and F. Gill editors. *The Birds of North America*, No. 250. The Academy of Natural

- Sciences, Philadelphia, PA, and The American Ornithologists' Union, Washington, D.C., USA.
- Monfils, M. J., and H. H. Prince. 2009. Breeding Bird response to long-term wastewater discharge in northern, Michigan Peatland. *Ecological Engineering* **35**:1357-1365.
- Murkin, H. R., R. M. Kaminski, and R. D. Titman. 1982. Responses by dabbling ducks and aquatic invertebrates to an experimentally manipulated cattail marsh. *Canadian Journal of Zoology* **60**:2324-2332.
- Odum E. P. 1984. *Ecología.*, 3 edition. Interamericana, México, D.F. 639 pp.
- Ojasti J. 2000. *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical.*, Dallmeier,F. edition. Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D.C., USA.
- Olson, L. S. 1973. *A classification of the Rallidae.* Wilson Bull **85**:381-416.
- Pérez-Arteaga.A., K. J. Gaston, and M. Kershaw. 2002. *Populations trends and priority Conservation sites for Mexican Duck Anas diazi.* Bird Conserv.Int. **12**:35-52.
- Perrins C. 2006. La Gran enciclopedia de las Aves. Ed. Diana, S.A. de C.V., México.
- Pianka E. R. 1982. *Ecología evolutiva.* Omega, Barcelona, España. 365 pp.
- Pospichal, L. B., and W. H. Marshall. 1954. A field study of the Sora rail and Virginia rail en central Minnesota. *Flicker* **26**:2-32.
- Rehm, E. M., and G. A. Baldassarre. 2007. The Influence of Interspersion on Marsh Birds Abundance in New York. *The Wilson Journal of Ornithology* **119**:648-657.
- Reid F. A. 1989. *Differential habitat use by waterbirds in a managed wetland complex.* Dissertation, University of Missouri, Columbia, USA.
- Repking, C. F., and R. D. Ohmart. 1977. Distribution and Density of Black Rail populations along the lower Colorado River. *Condor* **79**:486-489.
- Ribic C. A., S. Lewis, J. Melvin, Bart, and B. Peterjohn. 1999. *Proceedings of the Marsh Bird Monitoring Workshop.* U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Geological Survey, Laurel, Maryland, USA.
- Rojas, M. J., and R. A. Novelo. 1995. Flora y vegetación acuáticas del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica* **31**:1-17.
- Root, T. 1988. *Energy constraints on avian distributions and abundance.* *Ecology* **2**:330-339.
- Rundle, W. D., and M. Sayre. 1983. Feeding ecology of migrant Soras in southeastern Missouri. *J.Wildl.Manage* **47**:1153-1159.
- Sayre, M., and W. D. Rundle. 1984. Comparison of Habitat use by migrant Soras nd Virginia Rail. *The Journal of Wildlife Management* **48**:599-605.
- Sibley D. A. 2000. *The Sibley guide to birds.* National Audubon Society, New, York, USA. 544 pp.
- Sibley D. A. 2001. *The Sibley guide to Bird Life and Behavior.* National Audubon Society, New York, USA.
- Tamayo J. L. 1962. *Geografía General de México.* Vols. 1 y 2. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, México, D.F.
- Taylor P., and B. Van Perlo. 1998. *Rails.A Guide to the Rails, Crakes, Gallinules and Coots of the World.* Pica Press, Sussex.
- Tenorio-Guzmán, J. P. 2010. *Distribución espacial y temporal de las aves acuáticas en el Lago de Cuitzeo, Michoacán.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Tomlimson, R. E., and R. L. Todd. 1973. Distribution of Two Western Clapper Rail Races as Determined by Responses to Taped Calls. *The Condor* **75**:177-183.

- Tozer, D. C., E. Nol, and K. F. Abraham. 2010. *Effects of local and landscape-scale habitat variables on abundance and reproductive success at wetlands birds*. *Ecol Manage* **18**:679-693.
- U.S.Fish and Wildlife Service. 1999. Proceeding of the Marsh Bird Monitoring Workshop. Tatuxent Research Refuge National Wildlife Visitor Center Laurel, Maryland. 52 pp..
- Villaseñor, L. E. 1994. *Avifauna Terrestre y Acuática del Lago de Cuitzeo, México*. *Ciencia Nicolaita* **6**:48-60.
- Villaseñor-Gómez, J. F., L. E. Villaseñor-Gómez, and G. Chávez-León. 1999. Descripción de las AICAS Cuitzeo 2. *in* M. C. Arizmendi, and L. Márquez-Valdelamar editors. *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México*. CONABIO, CIPAMEX. Pp. 359-360.
- Ward, M. P., B. Semel, and J. R. Herkert. 2010. Identifying the ecological causes on long-term declines of wetland-dependent birds in an urbanizing landscape. *Biodivers Conserv*. **19**:3287-3300.
- Warner, D. W., and R. W. Dickerman. 1959. *The Status of Rallus elegans tenuirostris in México*. *The Condor* **1**:49-51.
- Weller M. W., and C. S. Apatcher. 1965. *Role of the habitat in the distribution and abundance of marsh birds*. Iowa Agricultural and Home Economics Project 1504. pp 5-31.
- Zemal, R., J. M. Fancher, C. S. Nordby, and R. J. Bransfield. 1985. Intermarsh movements by Light-footed Clapper Rails indicated in part through regular censuring. *Calif.Fish and Game* **71**:164-171.
- Zemal, R., and B. W. Massey. 1981. A census of the Light-footed Clapper Rail in California. *West Birds* **12**:87-99.

Apéndice 1

Muestreos de llamado-respuesta para monitorear poblaciones de rálidos en el Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.

El documento aquí presentado fue generado durante el presente estudio como exploración para validar el método a utilizarse en campo. Se presenta en forma de Apéndice para permitir la fluidez del texto principal.

Este documento se presenta en forma de artículo científico, toda vez que será sometido la brevedad para publicación a “Journal of Field Ornithology” (Wiley-Blackwell Science).

Muestreos de llamado-respuesta para monitorear poblaciones de rálidos en el Lago de Cuitzeo, Michoacán, México.

Resumen:

Las especies de rálidos han sido poco estudiadas por su alta dependencia a la vegetación emergente de los humedales, aunque son muy vocales por la defensa del territorio y para el cortejo. Durante febrero-noviembre del 2011 evaluamos el método de muestreo por llamado-respuesta para monitorear poblaciones de tres especies de rálidos en el Lago de Cuitzeo, Michoacán: *Porzana carolina*, *Rallus limicola* y *R. elegans tenuirostris*, esta última endémica de los humedales del centro de México. Se establecieron 51 puntos de muestreo en hábitats con vegetación emergente, emitiendo vocalizaciones pregrabadas de conoespecíficos e interespecíficos (a manera de control). El empleo de muestreos por llamado-respuesta resultaron ser importantes en comparación con los muestreos pasivos, ya que muestran un incremento significativo en el número de rálidos detectados. Se obtuvieron 974 registros de las tres especies, 309 (31.72%) en muestreo pasivo y 665 (68.27%) en muestreo con emisión de vocalizaciones. *P. carolina* y *R. limicola* responden mejor a vocalizaciones de conoespecíficos, mientras que *R. elegans* a inter e intra específicos emparentados. El protocolo estandarizado para el monitoreo de aves de marisma de Norteamérica resultó ser adecuado para el monitoreo de rálidos en el Lago de Cuitzeo, por lo que se propone sea utilizado como método para monitorear rálidos en el centro de México.

Palabras clave: Cuitzeo, *Porzana carolina*, *Rallus limicola*, *Rallus elegans tenuirostris*, monitoreo.

Introducción

Las especies de la Familia Rallidae son poco conspicuas y dependen obligadamente de la vegetación emergente de los humedales (Eddleman *et al.* 1988, Conway *et al.* 1994, Conway & Gibbs 2005, Perrins 2006), por lo cual es más frecuente escucharlas que observarlas por ser muy vocales (Meanley 1969, Kaufmann 1983). Las vocalizaciones habituales son a manera de advertencia, valiéndose de estas para demarcar sus territorios, siendo más vocales durante la época de cortejo para atraer a las hembras, y

sus llamados también funcionan para el contacto entre miembros de una pareja (Meanley 1969, Kaufmann 1983), por lo que estos llamados probablemente son el mejor indicador de su presencia en un área (Glanh 1974). Debido a su comportamiento territorial y de cortejo, los muestreos de llamado-respuesta son un método confiable, efectivo y útil para el monitoreo de rálidos en Norteamérica, porque incrementa la probabilidad de detección de aves de humedales con hábitos secretivos (Tomlimson & Todd 1973, Glanh 1974, Repking & Ohmart 1977, Zembal & Massey 1981, Mancini & Rusch 1988, Gibbs & Melvin 1993, Hinojosa-Huerta *et al.* 2002, Jenkins & Osmerod 2002, Allen *et al.* 2004, Conway & Gibbs 2005), incrementando además substancialmente la detección de todas las especies en comparación con el muestreo pasivo (Gibbs & Melvin 1993), debido a que incita a las aves a emitir vocalizaciones (Conway & Gibbs 2005), principalmente a través de la emisión de vocalizaciones de conoespecíficos (Tomlimson & Todd 1973, Glanh 1974, Johnson & Dinsmore 1986b). Así este tipo de muestreo es una necesidad que facilita el monitoreo de aves acuáticas de humedales (Ward *et al.* 2010). Diversos estudios con el muestreo de llamado-respuesta se han desarrollado en Norteamérica para determinar distribución y abundancia de las especies de rálidos (Tomlimson & Todd 1973, Griese *et al.* 1980, Zembal & Massey 1981, Massey *et al.* 1984, Zembal *et al.* 1985, Johnson & Dinsmore 1986a, Mancini & Rusch 1988, Gibbs & Melvin 1993, Allen *et al.* 2004, Rehm & Baldassarre 2007, Darrah & Krementz 2009, Conway *et al.* 2010), además de otros pocos desarrollados en el Norte de México, entre los que se encuentran los estudios con tres subespecies de *Rallus longirostris* (Hinojosa-Huerta 2000, Hinojosa-Huerta *et al.* 2001, Bolaños-García 2008, González-Bernal 2009), por lo que pocos esfuerzos se han desarrollado en México para conocer las poblaciones de rálidos.

A pesar de la gran cantidad de trabajos que se han desarrollado en Norteamérica y contar con métodos específicos para el monitoreo de las aves de humedales, para los humedales del centro de México no se cuenta con estudios específicos. Se realizó el presente trabajo en el Lago de Cuitzeo, Michoacán, para evaluar los muestreos de llamado-respuesta implementando el Protocolo estandarizado para el monitoreo de Aves de marisma de Norte América (Conway *et al.* 2003) que nos permitiera probar su desempeño en las condiciones de la región y corroborar si la emisión de vocalizaciones de conoespecíficos incrementa la detectabilidad de las especies de estudio.

Métodos

Área de Estudio

Este estudio se llevó a cabo en el Lago de Cuitzeo, situado entre los Estados de Michoacán y Guanajuato, en la Sierra Volcánica Transversal o Eje Neovolcánico, en el Centro Occidente de México (Rojas & Novelo 1995). El área de estudio fue la parte sur y sureste en las localidades de Chehuayo y Chehuayito, Municipio de Álvaro Obregón, y San Bartolomé Coro, Mpio. De Zinapécuaro, ambas en Michoacán. En áreas potenciales para los ráldidos conformadas por vegetación emergente (*Typha spp.*, *Schoenoplectus spp.* y *Phragmites sp.*) de acuerdo con Conway *et al.* (2003).

Métodos de muestreo

Se realizaron muestreos de llamado-respuesta (Johnson *et al.* 1981) dando seguimiento al Protocolo Estandarizado para el monitoreo de las aves de marisma de Norteamérica (Conway *et al.* 2003). Se establecieron 51 puntos de muestreo fijos de radio ilimitado separados unos de otro por lo menos 200 m y agrupadas en rutas de 10-15 puntos por ruta (Hinojosa-Huerta *et al.* 2001), con la intención de abarcar el mayor número de cobertura de humedal, en hábitats compuestos por tule (*Typha spp.*), tule redondo y tulillo (*Schoenoplectus spp.*) y combinaciones de estos. Cada punto de muestreo fue visitado una vez al mes por un periodo de febrero-noviembre, iniciando al amanecer hasta no más tarde de las 12:30 h. Los muestreos se hicieron a pie en tipos de hábitats presentes en la interfase entre la vegetación emergente y la parte terrestre, y en bote en la interfase de espejo de agua y vegetación emergente, y en el interior de la vegetación emergente (Hinojosa-Huerta *et al.* 2001).

En cada punto de muestreo se reproducía una grabación de cinco minutos de muestreo pasivo (sin emisión de vocalizaciones, previo a la emisión de vocalizaciones) seguido de la emisión de vocalizaciones grabadas de las especies objeto de estudio del presente trabajo (*P. carolina*, *Rallus limicola* y *R. elegans*), empleando la emisión de vocalizaciones de conoespecíficos e interespecíficos de la familia Rallidae para provocar respuestas durante los conteos (Gibbs & Melvin 1993), además de incluir vocalizaciones de especies secundarias como control (ardeidos y un zambullidor), con la finalidad de comparar la provocación de respuestas entre conoespecíficos e

interespecíficos dentro de la misma familia y grupos de aves no emparentadas. La secuencia de las vocalizaciones fue la siguiente: *Porzana carolina*- *Rallus limicola*- *R. maculatus*- *R. longirostris*- *R. elegans*- *Ixobrychos exilis*- *Tachybaptus dominicus*- *Botaurus lentiginosus*. La grabación incluyó exactamente 30 segundos de vocalizaciones de cada una de las especies, intercalados con 30 segundos de silencio entre cada especie. Los 30 segundos de vocalizaciones de cada especie fueron intercaladas con cinco segundos de silencio para percibir las respuestas. Las vocalizaciones incluyeron vocalizaciones de advertencia de cada especie y vocalizaciones asociadas con la reproducción. Las vocalizaciones se obtuvieron de la página de xeno-canto (http://www.xeno-canto.org/all_species.php) y de The Cornell Lab of Ornithology (<http://www.allaboutbirds.org/guide>). Para la emisión de las vocalizaciones se empleó un equipo reproductor digital y dos bocinas portátiles.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (Kruskal Wallis test) con el Programa JMP 8, para cuantificar el promedio de registros de cada especie de rálido detectados por punto de muestreo para cada técnica de muestreo (pasiva y llamado-respuesta); además de desarrollar otro análisis de varianza similar para determinar las diferencias en el comportamiento de respuesta entre conespecíficos e interespecíficos. Se consideró al punto de muestreo como unidad de muestreo.

Resultados

Evaluación del método de llamado-respuesta

El desarrollo del muestreo de llamado-respuesta nos permitió obtener un significativo incremento en el número de rálidos detectados sobre el desarrollo de un solo periodo de muestreo como es el caso del muestreo pasivo. Comparando los cinco minutos de muestreo pasivo con el muestreo de llamado-respuesta, este último incrementa las tasas de detección de las tres especies, ya que se obtuvo un mayor número de registros con la emisión de vocalizaciones (*Porzana carolina*: $\chi^2=50.49$ gl=1 $P<.0001$, *Rallus limicola*: $\chi^2=57.731$ gl=1 $P=<.0001$, *R. e. tenuirostris*: $\chi^2=4.66$ gl=1 $P=0.030$) (Fig. 1). Se obtuvieron 974 registros de rálidos de las tres especies, en un total de 51 puntos de

muestreo. En los dos tipos de muestreo la especie que obtuvo la mayor abundancia poblacional fue *Porzana carolina* (muestreo pasivo: media=0.347 individuos/punto de muestreo, muestreo con emisión de vocalizaciones: media=0.499 individuos/punto de muestreo). Se obtuvo que existe diferencia significativa en el número de respuestas entre las tres especies en el muestreo pasivo (Kruskal-Wallis test: $\chi^2=204.95$ gl=2 $P<.0001$), mientras que para el muestreo con emisión de vocalizaciones también hay diferencias significativas entre la abundancia poblacional de *Porzana carolina* y las otras dos especies (Kruskal-Wallis test: $\chi^2=170.73$ gl=2 $P<.0001$) (Fig. 1).

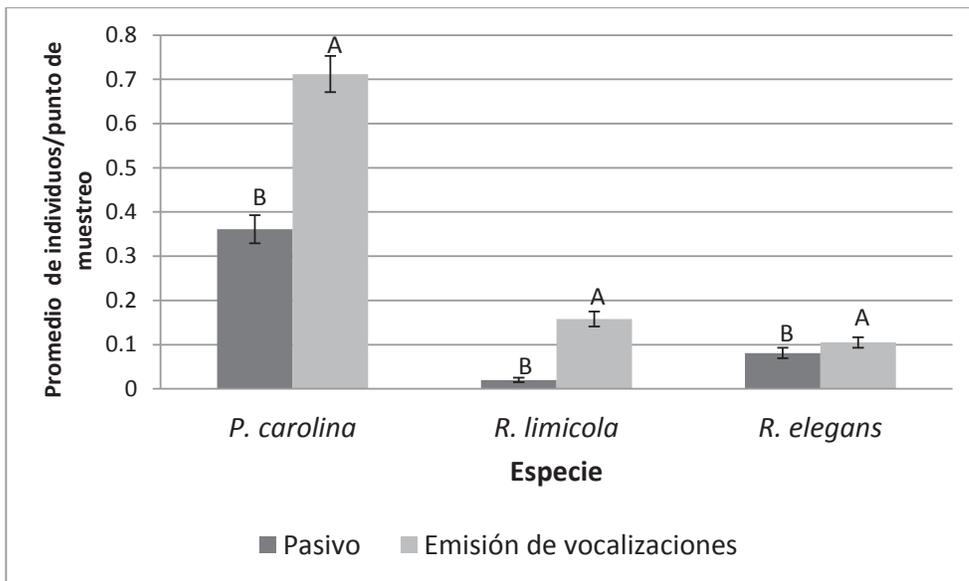


Figura 1. Promedio de registros del número acumulado de individuos para todos los puntos de muestreo combinados durante los diez meses de muestreo (febrero-noviembre de 2010) de las tres especies por tipo de muestreo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P<.0005$) entre muestreos por especie.

Del total de registros, 309 (31.72%) fueron en muestreo pasivo y 665 (68.27%) en muestreo con emisión de vocalizaciones (Tabla 1). Del total de respuestas únicamente en el muestreo con emisión de vocalizaciones, la especie que respondió mayormente fue *Porzana carolina* (n=426, 66.45%), seguido de *Rallus limicola* (n=126, 19.65%) y *R. elegans* (n=89, 13.88%). *Rallus limicola*, es la especie con un mayor porcentaje de registros con la emisión de vocalizaciones (87.5%) que con el muestreo pasivo (12.5%) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número acumulado de registros durante el periodo de muestreo (febrero-noviembre de 2011) por tipo de muestreo (Pasivo y Emisión de vocalizaciones) de las tres especies de rálidos.

Especie	Número de registros por tipo de Muestreo	
	Pasivo	Emisión de vocalizaciones
<i>Porzana carolina</i>	220 (33.53%)	435 (66.31%)
<i>Rallus limicola</i>	18 (11.53%)	138 (88.46%)
<i>Rallus elegans</i>	71 (43.55%)	92 (56.44%)

Comportamiento de Respuesta

Existen diferencias significativas en la respuesta que cada especie tiene durante la emisión de vocalizaciones a sus conespecíficos e interespecíficos, *Porzana carolina* y *Rallus limicola* son dos especies con una mayor respuestas a vocalizaciones emitidas de conespecíficos, obteniéndose diferencias significativas entre el número de registros, siendo mayor la respuesta que estas especies tienen a sus conespecíficos (Kruskal-Wallis test: $\chi^2= 23.388$ gl=7 $P=0.0015$, $\chi^2= 32.211$ gl=7 $P<.0001$, respectivamente) (Figs. 2 y 3), mientras que *R. elegans tenuirostris* responde de igual manera a vocalizaciones de conespecíficos e interespecíficos, sin existir diferencia significativa en la respuesta que tiene a las vocalizaciones emitidas de *Porzana carolina* (POCAR), *Rallus limicola* (RALIM) y *R. elegans* (RAELE) (media=3 respuestas, media=2.20 respuestas, media=1.60 respuestas, respectivamente); sin embargo existen diferencias significativas (Kruskal-Wallis test: $\chi^2= 26.570$ gl=7 $P=0.0004$) entre la respuesta a estas tres vocalizaciones y el resto de las vocalizaciones de interespecíficos (Fig. 4).

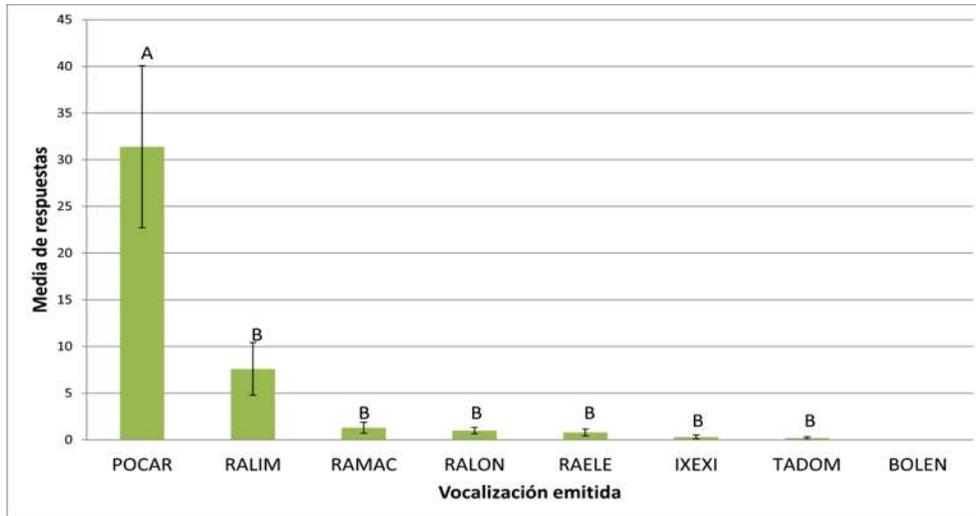


Figura 2. Promedio de registros de *Porzana carolina* del acumulado de todas las respuestas a vocalizaciones emitidas de conespecíficos e interespecíficos, durante el muestreo (febrero-noviembre 2011). Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$). Vocalizaciones: POCAR (*Porzana carolina*), RALIM (*Rallus limicola*), RAMAC (*R. maculatus*), RALON (*R. longirostris*), RAELE (*R. elegans*), IXEXI (*Ixobrychus exilis*), TADOM (*Tachybaptus dominicus*), BOLEN (*Botaurus lentiginosus*).

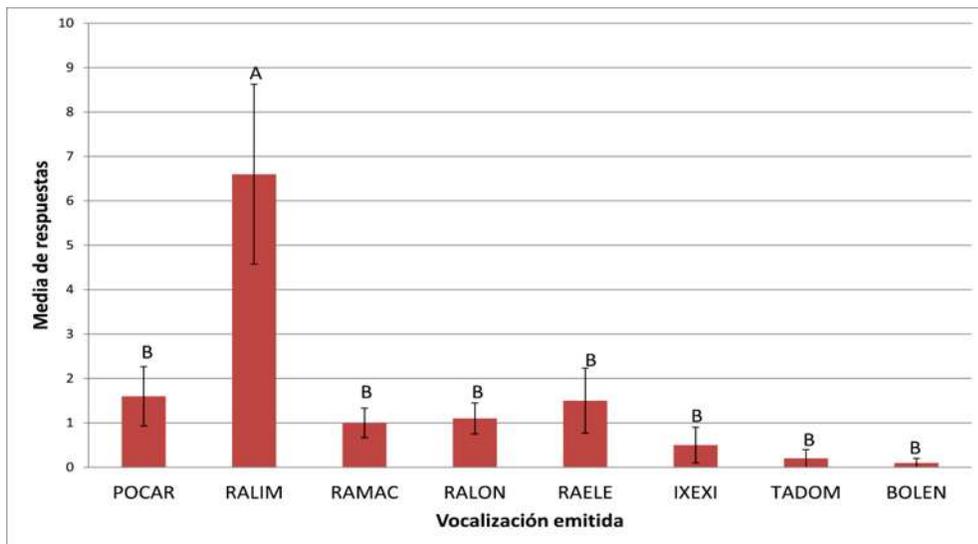


Figura 3. Promedio de registros de *Rallus limicola* del acumulado de todas las respuestas a vocalizaciones emitidas de conespecíficos e interespecíficos, durante el muestreo (febrero-noviembre 2011). Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$). Vocalizaciones: POCAR (*Porzana carolina*), RALIM (*Rallus limicola*), RAMAC (*R. maculatus*), RALON (*R. longirostris*), RAELE (*R. elegans*), IXEXI (*Ixobrychus exilis*), TADOM (*Tachybaptus dominicus*), BOLEN (*Botaurus lentiginosus*).

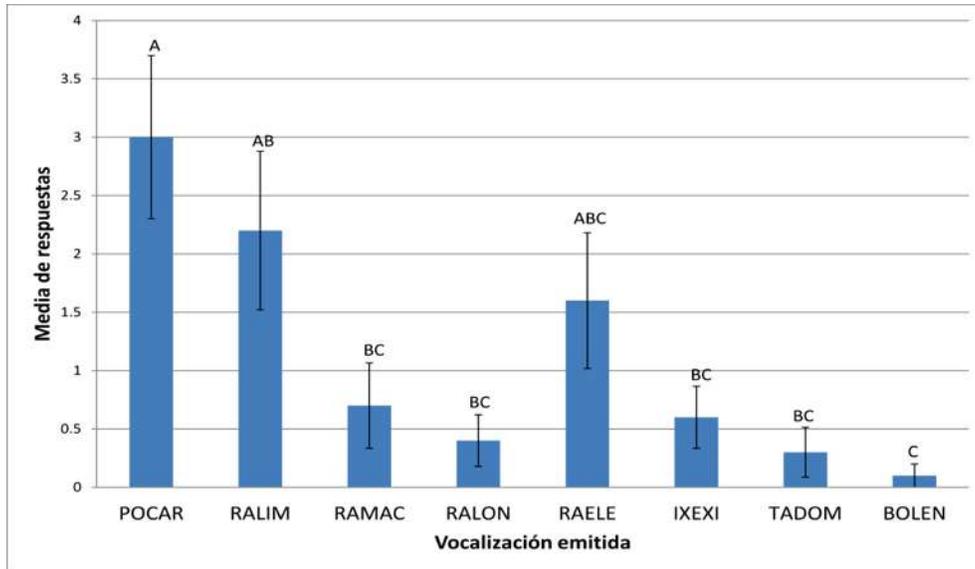


Figura 4. Promedio de registros de *Rallus elegans tenurostris* del acumulado de todas las respuestas a vocalizaciones emitidas de conespecíficos e interespecíficos, durante el muestreo (febrero-noviembre 2011). Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < .0005$). Vocalizaciones: POCAR (*Porzana carolina*), RALIM (*Rallus limicola*), RAMAC (*R. maculatus*), RALON (*R. longirostris*), RAELE (*R. elegans*), IXEXI (*Ixobrychus exilis*), TADOM (*Tachybaptus dominicus*), BOLEN (*Botaurus lentiginosus*).

Discusión

Evaluación de la eficacia del Método

Los resultados obtenidos de los muestreos de llamado-respuesta coinciden con otros estudios (Tomlinson & Todd 1973, Glanh 1974, Repking & Ohmart 1977, Zembal & Massey 1981, Manci & Rusch 1988, Jenkins & Osmerod 2002, Allen *et al.* 2004, Conway & Gibbs 2005) en demostrar que los muestreos con la emisión de vocalizaciones son un método confiable, efectivo y útil para el monitoreo de rálidos en el Lago de Cuitzeo, tanto en época reproductiva (febrero-junio) como en la no reproductiva (agosto-noviembre), porque incrementa la probabilidad de detección comparado con el muestreo pasivo. Además los muestreos con emisión de vocalizaciones no tienen un impacto sobre las aves o su hábitat (Zembal & Massey 1981). El porcentaje de detección de rálidos es mayor con la emisión de las vocalizaciones, principalmente para *P. carolina* y *R. limicola*, coincidiendo con Gibbs y Melvin (1993) y Erwin *et al.* (2002) en encontrar

una mayor detectabilidad para estas dos especies con la emisión de vocalizaciones y con Conway y Gibbs (2005) y Ward *et al.* (2010) en que la emisión de vocalizaciones incrementa significativamente la detectabilidad de *R. limicola*. Esto podría estar dado por el gran comportamiento territorial que tienen ambas especies, ya que la mayoría de las respuestas que obtuvimos de ellas fueron “llamados descendentes” de advertencia por la defensa del territorio o contacto entre miembros de una pareja reproductiva, como el llamado “Whinny” (porque semeja al relincho de un caballo) para el caso de *Porzana carolina* y un “Grunt” (que semeja al gruñido de un cerdo doméstico) en el caso de *R. limicola* (Kaufmann 1983). Sin embargo, *R. e. tenuirostris* también responde a la emisión de vocalizaciones pero con una tasa menor de respuesta, Erwin *et al.* (2002) también registraron una buena respuesta de *R. elegans* en Norteamérica similar a la de las dos primeras especies.

Comportamiento de Respuesta

Porzana carolina y *Rallus limicola* tienen una mayor respuesta a vocalizaciones de conespecíficos, coincidiendo con Johnson y Dinsmore (1986) y contrario a lo encontrado por Glanh (1974) y Allen *et al.* (2004), quienes mencionan que ambas especies responden de igual manera a vocalizaciones de conespecíficos que de interespecíficos, sin ser selectivos. Las vocalizaciones de advertencia de individuos solitarios implementadas en nuestra grabación provoca una buena respuesta de rálidos durante todo el año. *Porzana carolina* no tiene pico de sensibilidad a la respuesta de conespecíficos ya que tuvo una buena respuesta durante todo el año. Gibbs y Melvin (1993) encontraron diferencias en la sensibilidad de respuesta de esta especie durante los meses de reproducción (mayo, junio y julio); sin embargo durante estos meses esta especie no está presente en el Lago de Cuitzeo por ser una especie migratoria, y no se reproduce aquí. Esta especie al tener una rápida y mayor respuesta a vocalizaciones de conespecíficos pudiera indicarnos su fuerte comportamiento territorial mencionado por Kaufmann (1983), ya que al ser una especie migratoria requiere grandes cantidades de alimento para almacenar energía, y debido a su comportamiento territorial podríamos inferir que es debido a la defensa del territorio de forrajeo entre conespecíficos y a su vez una competencia intraespecífica, la importancia del territorialismo es la regulación del número de propietarios de un territorio para una mayor eficacia del consumo de alimento (Begon *et al.* 1997). Así probablemente el beneficio más común que obtienen

los rápidos al ser territoriales es una mayor ingestión de alimentos (Gass *et al.* 1976, *cit.* en Begon *et al.* 1997). Lo mismo podría suceder para *R. limicola* pero aun con mayor intensidad de acuerdo a la vocalización de defensa de territorio con la que siempre responde (ya que en algunas ocasiones se acercaba hasta el emisor de las vocalizaciones pregrabadas y posteriormente vocalizaba), porque podría estar compitiendo tanto por territorios de alimentación así como de cortejo y anidación. Glanh (1974) menciona que podría existir menor tolerancia intraespecífica en *R. limicola* por sitios de anidación que *P. carolina*. Esta competencia intraespecífica se puede atribuir a que miembros de la misma especie tienen más probabilidades de necesitar el mismo recurso por lo que reaccionan recíprocamente uno en la presencia de otro (Begon *et al.* 1997). Tomlinson y Todd (1973) observaron un comportamiento de territorialismo similar al de *R. limicola* cuando se emitían las vocalizaciones. Por otra parte *R. elegans tenuirostris* al tener respuesta tanto a conespecíficos e interespecíficos podría estar defendiendo su territorio de ambos cuando estos lo invaden. Meanley (1969) observó que los machos de esta especie son muy agresivos en la época de apareamiento, por lo que les molesta cualquier intrusión de un conespecífico. El rascón real al tener la misma respuesta para las vocalizaciones emitidas de especies que habitan el mismo humedal (*P. carolina* y *R. limicola*), se podría hipotetizar que tiene competencia interespecífica por recursos alimenticios con *P. carolina*, ya que esta depende principalmente de una dieta compuesta de semillas y estructuras de algunas plantas (Horak 1970). Meanley (1956) reporta que *R. elegans* se alimenta de invertebrados grandes como cangrejos de agua dulce, saltamontes, escarabajos y peces en un 79%, y el 21% de su dieta son plantas comestibles como las semillas de malezas de los campos de arroz, principalmente en invierno y primavera, meses en los que está presente *P. carolina* en el Lago de Cuitzeo, lo que podría explicar la posible competencia entre *Porzana carolina* y *R. elegans* por el alimento, por la alta respuesta que tiene *R. elegans* a la emisión de la vocalización de *P. carolina* (aunque esta última especie no tiene la misma respuesta a las vocalizaciones emitidas de *R. elegans*).

Podemos descartar una exclusión competitiva entre *R. limicola* y *P. carolina* ya que de acuerdo a otros trabajos (Glanh 1974) especies como *P. carolina* y *R. limicola* comparten las mismas áreas anidación y de alimentación, y no compiten por el mismo alimento (Horak 1970) por sus diferencias en picos y los contenidos estomacales encontrados. Y como *P. carolina* no es una especie que anida en el Lago de Cuitzeo,

tampoco podría darse una competencia por territorios de cortejo o anidación. Las interacciones de conespecíficos y las interacciones entre interespecíficos son una de las partes fundamentales con el fin de comprender la distribución y abundancia de una especie (Begon *et al.* 1997).

En muestreos pilotos (en enero 2011) pudimos observar que no importa el orden en que se organicen las vocalizaciones de los rálidos en la emisión de las vocalizaciones, los individuos respondían bien aun y cuando primero se emitiera la vocalización de la especie de mayor tamaño.

El muestreo de llamado-respuesta como herramienta para construir Historias de Vida

Los muestreos de llamado-respuesta son una herramienta útil para conocer algunos aspectos importantes de las poblaciones, tales como periodos reproductivos, para construir Historias de vida de las especies de aves acuáticas dependientes de los humedales. Una de las cosas que se debe saber para comprender la distribución y abundancia de una especie es la historia de vida (Begon *et al.* 1997), el trabajo en campo y el apoyo del método empleado para el monitoreo de rálidos en el Lago de Cuitzeo, ha permitió ir generando datos para crear la historia de vida de *Rallus limicola* y *R. e. tenuirostris* en el Lago de Cuitzeo, no existen trabajos para este cuerpo de agua que nos permita conocer los periodos reproductivos de ambas especies. Las observaciones en campo y los resultados nos permiten inferir que el periodo reproductivo para *R. e. tenuirostris* y *R. limicola* comienza en el mes de enero con la formación de territorios y los llamados de apareamiento por los machos lo que es un indicador de la ocupación inicial de los territorios (Meanley 1969), aunque únicamente se escucharon llamados de cortejo de *R. e. tenuirostris*, y algunos duetos e individuos contestando por separado en menos de 30°, Hinojosa-Huerta *et al.* (2001), asume que dos rálidos respondiendo en <30° son pareja. En el mes de febrero se escuchaban con frecuencia llamados de cortejo y algunos duetos defendiendo territorio. Los llamados registrados para *R. limicola* siempre fueron de advertencia por defensa del territorio “Whyunny” (Kaufmann 1983), en la segunda semana de marzo ya se escuchaban parejas de *R. limicola* defendiendo territorios, este tipo de respuesta en dueto puede ser usado

para ubicar parejas reproductivas (Glanh 1974). La única ocasión que se escuchó a *R. limicola* emitir una vocalización de cortejo fue en la última semana de mayo, fue como la mencionada por Glanh (1974) como un *tick-it* repetido, pudo ser un macho sin pareja queriendo atraer a la hembra en un periodo avanzado de la época reproductiva, ya que en esta misma fecha se observaron dos individuos de *R. limicola* con tres pollos con plumón color negro, de un poco más de una semana de nacidos, los padres emitían una vocalización característica mientras se alimentaban, algo parecido a un *pepe-pec-pepe-pec* nasal, quizás sea el mencionado por Kaufmann (1983) como “peep” los cuales se dan para mantener el contacto entre miembros de una pareja, además de observarse para esta misma fecha un individuo de *R. e. tenuirostris* adulto con tres pollos de alrededor de 20 días de nacidos también con plumón negro, Meanley y Meanley (1958), mencionan que este plumón negro lo presenta *R. elegans* en Norteamérica hasta la cuarta semana de nacidos. Por lo que el periodo de anidación para ambas especies podría comenzar en abril, se han encontrado nidos con huevos en Norteamérica en los meses abril, mayo, junio y julio (Baillie 1940, Meanley 1969), además también se observamos en la segunda semana de abril a un individuo adulto de *R. e. tenuirostris* con parche de incubación, alimentándose en la orilla de un canal con *Typha spp.*. Para el caso de *R. limicola* no se coincide con el inicio de anidación reportados en Norteamérica por Glanh (1974), Lor y Malecki (2006) Tozer y Abraham (2010), quienes reportan el comienzo de la anidación en el mes de mayo, y prolongándose hasta el mes de julio, existiendo un mes posterior de diferencia en el inicio y termino del periodo de anidación con nuestro trabajo, esto pudiera deberse a la latitud, como lo reporta Meanley (1969) para *R. elegans* en Norteamérica.

Conclusiones

- Los muestreos de llamado-respuesta a través de la emisión de vocalizaciones pregrabadas siguiendo el Protocolo estandarizado para el monitoreo de aves de marisma de Norteamérica establecido por la USFWS (Conway *et al.* 2003), es efectivo para implementarse en el muestreo y monitoreo de rálidos en el Lago de Cuitzeo, Michoacán, al obtenerse mayor número de registros comparado con el muestreo pasivo. Pudiendo ser más eficiente con *Porzana carolina* y *Rallus limicola*, *R. elegans* vocaliza casi de la misma manera provocando o no su respuesta.

- El esfuerzo de muestreo es menor con la emisión de vocalizaciones.
- Dos desventajas se le pueden atribuir a este tipo de muestreo para el Lago de Cuitzeo: 1) Los fuertes vientos que pueden dispersar las vocalizaciones y como consecuencia no se obtendrían muchas respuestas, 2) La cercanía de muchos humedales a las carreteras, la vía del tren o la autopista, nos impide que la vocalización sea bien escuchada por los ráridos.
- Es necesario implementar ambos muestreos en el monitoreo de ráridos, ya que los muestreos pasivos nos permiten identificar algunos atributos de las poblaciones que no son detectados si son emitidas las vocalizaciones inmediatamente al llegar a los sitios de muestreo.
- Las vocalizaciones de advertencia y cortejo de ráridos solitarios que se emitieron fueron eficientes para provocar la respuesta de *Porzana carolina*, *Rallus limicola* y *R. elegans tenuirostris*, principalmente como respuesta a conespecíficos de las dos primeras especies.
- Nuestros resultados nos permiten inferir que *Porzana carolina* y *Rallus limicola* son dos especies muy territoriales entre conespecíficos, mientras que *R. elegans tenuirostris* tiene un comportamiento territorial similar entre conespecíficos e interespecíficos presentes en el lago.
- El periodo de delimitación de territorios de cortejo es en enero para *R. elegans tenuirostris* y febrero para *R. limicola*, los periodos de cortejo comienzan en marzo para ambas especies y el de incubación en abril, y finalizando el periodo reproductivo en junio con la cría de pollos y quizás aun en julio.
- *Rallus limicola* y *R. elegans tenuirostris* son dos especies residentes que cuentan con un mayor repertorio de vocalizaciones, las cuales emitieron llamados característicos del periodo reproductivo y post reproductivo, a diferencia de *P. carolina*, la cual sólo se le escucho emitir vocalizaciones de advertencia por la defensa del territorio y llamados de alerta.

Recomendaciones

- El estudio sugiere no incluir en la grabación para el monitoreo de rálidos a otras especies que no son de la familia (solamente si no son de interés para el estudio), para reducir tiempos de muestro, ya que de acuerdo a los resultados responden bastante bien a conespecíficos.
- Se recomienda pausar la vocalización mientras pasa alguna fuente de ruido.
- Para trabajos más específicos de anidación con las especies de rálidos, se recomienda hacer muestreos nocturnos, ya que los conteos nocturnos parecen ser útiles en la adquisición de índices de densidades de rálidos reproductivos (Johnson & Dinsmore 1986a, Johnson & Dinsmore 1986b). Los muestreos matutinos son más recomendables que los vespertinos, ya que por las tardes en el Lago de Cuitzeo los vientos se intensifican y podrían afectar la respuesta de los rálidos. En muestreos pilotos obtuvimos un mayor número de registros por la mañana que por las tardes.

Referencias

- Aguilar, B. 1998. Hábitat y abundancia de anátidos en el Lago de Cuitzeo, Michoacán. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad Especialidad en Ganadería. Texcoco, Edo. de México. 71 p.
- Alcántara, J. L., and P. Escalante. 2005. Current Threats to the lake Texcoco Globally Important Bird Area. USDA Forest Service Gen.Tech.Rep. **191**:1143-1150.
- Allen, T., S. L. Finkbeiner, and D. H. Johnson. 2004. Comparison of Detection rates of Breeding Marsh Birds in Passive and Playback Surveys at Larek National Wildlife Refuge, South Dakota. *Waterbirds* **27**:277-281.
- Arizmendi M. C., and L. Márquez-Valdelamar. 2000. *Áreas prioritarias para la conservación de las aves en México*. CIMAPEX A.C., México, D.F.
- Arriaga L., V. Aguilar, and J. Alcocer. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Baillie, J. L. J. 1940. King Rail Breeding in Southern Ontario. *The Auk* **57**:109-110.
- Batzer, D. P., and V. H. Resh. 1992. Macroinvertebrates of a California seasonal wetland and responses to experimental habitat manipulation. *Wetlands* **12**:1-7.
- Begon M., J. L. Harper, and C. R. Townsed. 1997. *Ecología*. Omega, Barcelona.

- Bent, A. C. 1926. Life histories of North American marsh birds. U.S.Natl.Mus.Bull. 135.
- BirdLife International. 2000. Threatened birds of world. Barcelona and Cambridge, U.K.: Lynx Edicions and BirdLife International.
- Bolaños-García, R. 2008. Abundancia y distribución de *Rallus longirostris beldingi* (Aves: Rallidae) en humedales de Baja California Sur, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias (Orientación en Biología Marina). Universidad Autónoma de Baja California Sur, Área Interdisciplinaria de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina. La Paz Baja California Sur, México.
- Brower E. J., and J. H. Zar. 1977. *Field and laboratory methods for general Ecology*. Brown Company publisher. Iowa. 193 pp..
- Carrera E., and G. de la Fuente. 2003. *Inventario y Clasificación de Humedales en México Parte I*. Ducks Unlimited de México, Garza García, N.L., México. Pp 23-37.
- Collins, S., and S. Glenn. 1991. *Importance of spatial and temporal dynamics in species regional abundance and distribution*. *Ecology* **2**:654-664.
- Conway, C. J. 1995. *Virginia Rail (Rallus limicola)*. in *The Birds of North America*. (A. Poole and F. Gill, eds.). The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, and The American Ornithologist's Union, Washington, D.C.
- Conway, C. J., W. R. Eddleman, and S. H. Anderson. 1994. Nesting success and survival of Virginia Rails and Soras. *Wilson Bulletin* **106**:466-473.
- Conway, C. J., and J. P. Gibbs. 2005. Effectiveness of Call-broadcast surveys for monitoring marsh birds. *The Auk* **122**:26-35.
- Conway, C. J., C. P. Nadeau, and L. Piest. 2010. Fire helps restore natural disturbance regime to benefit rare and endangered marsh birds endemic to the Colorado River. *Ecological Applications* **20**:2024-2035.
- Conway C. J., E. Palacios, and O. H. Hinojosa. 2003. Protocolo estandarizado para el monitoreo de Aves de marisma de Norte América.
- Darrah, A., and D. G. Krentz. 2009. Distribution and habitat use of King Rail in Illinois and Upper Mississippi River Valeys. *Journal of Wildlife Management* **73**:1380-1386.
- De la Lanza, G. 2002. *Recursos Hidrológicos de México*. in Abarca y Herzing (Comp.). *Manual para el Manejo y la Conservación de los Humedales en México*. Tercera Edición-Versión de Febrero del 2005.
- Delgado-Carrillo, O. 2010. Distribución actual de la Mascarita transvolcánica *Geothlypis speciosa*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

- Desgranges, J. L., J. Ingram, B. rolet, J. orin, C. avage, and D. Borcard. 2006. Modelling Wetland Bird Response to water Level Changes in the Lake Ontario-St. Lawrence River Hydrosystem. *Environmental Monitoring and Assessment* **113**:329-365.
- Dickerman, R. W. 1971. Notes on Various Rails in Mexico. *The Wilson Bulletin* **83**:49-56.
- Eddleman, W. R., W. R. Knopf, B. Meanley, F. A. Reid, and R. Zembal. 1988. Conservation of North American Rallids. *Wilson Bull* 458-475.
- Ehrlich P. R., D. S. Dobkin, and D. Wheye. 1988. *The Birder's Handbook: a field guide to the natural history of North American birds*. Simon and Schuster Inc, New York, EUA.
- Gibbs, J. P., and S. M. Melvin. 1993. Call-response surveys for monitoring breeding waterbirds. *The Journal of Wildlife Management* 206-214.
- Giller P. S. 1984. *Community structure and the niche*. Champman and Hall, New York. 176 pp.
- Glanh, J. F. 1974. Study of Breeding Rails with Recorded Calls in North-Central Colorado. *The Wilson Bulletin* **86**:206-214.
- González-Bernal, M. A. 2009. Cambios en la abundancia y distribución del Rascón picudo (*Rallus longirostris levipes*) en Bahía de San Quintín, Baja California, México. Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias. Ensenada, Baja California.
- Griese, H. J., H. J. Ryder, and C. E. Braun. 1980. Spatial and Temporal Distribution of Rails in Colorado. *The Wilson Bulletin* **92**:96-102.
- Gysel, L. W., and L. J. Lyon. 1980. *Análisis y evaluación de hábitat*. Pages 321-344 in S.D.Schemnitz editor. *Manual de técnicas de gestión de vida silvestre*. Wildlife Society.
- Hinojosa-Huerta, O., O. S. DeStefano, and W. W. Shaw. 2001. Distribution and Abundance of the Yuma Clapper Rail in the Colorado River delta, México. *Journal of Arid Environments* **49**:171-182.
- Hinojosa-Huerta, O., O. S. DeStefano, and W. W. Shaw. 2002. Evaluation of Call-Response Surveys for Monitoring Breeding Yuma Clapper Rails (*Rallus longirostris yumanensis*). *Journal of Field Ornithology* **73**:151-155.
- Hinojosa-Huerta, O., J. J. Rivera-Díaz, H. Iturribarria-Rojas, and A. Calvo-Fonseca. 2007. *Population Trends of Yuma clapper rails in the Colorado River delta, Mexico*. *Studies in Avian Biology* **37**:69-73.
- Hinojosa-Huerta, O. 2000. Distribution, abundance, and habitat use of Yuma Clapper Rail (*Rallus longirostris yumanensis*) in Colorado River Delta, México. Univ. of Ariz., Tucson, AZ.

- Horak, G. J. 1970. A comparative study of the food of Sora and Virginia Rail. *Wilson Bull* **82**:206-213.
- Howell S. N. G., and S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Central America*. Oxford University Press, New York, EUA. 855 pp.
- Hutto, R. L. 1980. *Winter habitat distribution of migratory land birds in Western Mexico, with special reference to small foliage-gleaning insectivores*. Pages 181-203 in A.Keast y E.S.Morton editor. *Migrant birds in the neotropics*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., EE.UU.
- Israde-Alcántara, I. 1999. *Los lagos volcánicos y tectónicos de Michoacán*. in P. Corona-Chávez, and I. Israde-Alcántara editors. Carta Geológica del Estado de Michoacán, escala 1:250,000. Secretaria de Difusión Cultural y Extensión Universitaria. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Departamento de Geología, Michoacán.
- Jenkins, R. K. B., and S. J. Osmerod. 2002. Habitat preferences of breeding Water Rail *Rallus aquaticus*. *Bird Study* **20**:2-10.
- Johnson, D. H. 1980. The Comparison of Usage and Availability Measurements for Evaluating Resource Preference. *Ecology* **61**:65-71.
- Johnson, R. R., B. T. Brown, L. T. Haight, and J. M. Simpson. 1981. Playback recording as a special avian censusing technique. *Studies in Avian Biology* **6**:68-75.
- Johnson, R. R., and J. J. Dinsmore. 1986a. Habitat Use by Breeding Virginia Rails and Soras. *The Journal of Wildlife Management* **50**:387-397.
- Johnson, R. R., and J. J. Dinsmore. 1986b. The Use of Tape-Recorded Calls to Count Virginia Rails and Soras. *The Wilson Bulletin* **98**:303-306.
- Kaminski, R. M., and H. H. Prince. 1981. Dabbling duck and aquatic macroinvertebrate responses to manipulated wetland habitat. *Journal of Wildlife Management* **45**:1-15.
- Kaufmann, G. W. 1983. Displays and Vocalizations of the Sora and the Virginia Rail. *Wilson Bull* **95**:42-59.
- Kearns, G. D., N. B. Kwartin, D. F. Brinker, and M. Haramis. 1998. *Digital playback and improved trap design enhances capture of migrant Soras and Virginia Rails*. *Journal of Field Ornithology* **3**:466-473.
- Krebs C. J. 1972. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. USA. 693 pp.
- Krebs C. J. 1985. *Ecología: estudio de la distribución y abundancia.*, Segunda edition. Editorial Harla, México, D.F. 753 pp.

- Lobel, S., T.S., and H. Rydin. 2006. *Metapopulations processes in epiphytes inferred from patters of regional distribution and local abundance in fragmented forest landscapes*. *Journal of Ecology* **94**:856-868.
- López B., and D. E. Blanco. 2005. *El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2004*. Global Series No.17. Wetlands International, Buenos Aires,Argentina.
- Lor, S., and R. A. Malecki. 2006. *Breeding Ecology and Nesting Habitat Associations of five Marsh Bird Species in Western New York*. *Waterbirds* **29**:427-436.
- Manci, K. M., and D. H. Rusch. 1988. Indices to Distribution and Abundance of Some Inconspicuous Waterbirdson Horicon Marsh. *Journal of Field Ornithology* **59**:67-75.
- Martin, T. E., and J. J. Roper. 1988. Nest predation and nest site selection in a western of the Hermit Thrush. *The Condor* **90**:51-57.
- Massey, B. W., R. Zembal, and P. D. Jorgensen. 1984. Nesting habitat of the Light-footed Clapper Rail in Southern California. *Journal of Field Ornithology* **55**:67-80.
- Meanley, B. 1956. Food Habits of the King Rail in the Arkansas Rice Fields. *The Auk* **73**:252-258.
- Meanley, B. 1965. Early-fall food and habitat of the Sora in Patuxtent River marsh, Maryland. *Ches-apeake Sci.* **6**:235-237.
- Meanley, B. 1969. *Natural history of the King Rail. Account 67. in North American fauna*. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Washington, D.C., USA.
- Meanley, B. 1992. King Rail. in A. Poole, P. Stettenheim, and F. Gill editors. *The Birds of North America*. The Academy of Natural Sciencies, Philadelphia, Pennsylvania, and The American ornithologists' Union, Washington, D.C., USA.
- Melvin, S. M., and J. P. Gibbs. 1996. *Sora (Porzana carolina)*. in A. Poole, and F. Gill editors. *The Birds of North America*, No. 250. The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, PA, and The American Ornithologists' Union, Washington, D.C., USA.
- Monfils, M. J., and H. H. Prince. 2009. Breeding Bird response to long-term wastewater discharge in northern, Michigan Peatland. *Ecological Engineering* **35**:1357-1365.
- Murkin, H. R., R. M. Kaminski, and R. D. Titman. 1982. Responses by dabbling ducks and aquatic invertebrates to an experimentally manipulated cattail marsh. *Canadian Journal of Zoology* **60**:2324-2332.
- Odum E. P. 1984. *Ecología.*, 3 edition. Interamericana, México, D.F. 639 pp.
- Ojasti J. 2000. *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical.*, Dallmeier, F. edition. Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D.C., USA.

- Olson, L. S. 1973. *A classification of the Rallidae*. Wilson Bull **85**:381-416.
- Pérez-Arteaga, A., K. J. Gaston, and M. Kershaw. 2002. *Populations trends and priority Conservation sites for Mexican Duck *Anas diazi**. Bird Conserv.Int. **12**:35-52.
- Perrins C. 2006. La Gran enciclopedia de las Aves. Ed. Diana, S.A. de C.V., México.
- Pianka E. R. 1982. Ecología evolutiva. Omega, Barcelona, España. 365 pp.
- Pospichal, L. B., and W. H. Marshall. 1954. A field study of the Sora rail and Virginia rail en central Minnesota. Flicker **26**:2-32.
- Rehm, E. M., and G. A. Baldassarre. 2007. The Influence of Interspersion on Marsh Birds Abundance in New York. The Wilson Journal of Ornithology **119**:648-657.
- Reid F. A. 1989. *Differential habitat use by waterbirds in a managed wetland complex*. Dissertation, University of Missouri, Columbia, USA.
- Repking, C. F., and R. D. Ohmart. 1977. Distribution and Density of Black Rail populations along the lower Colorado River. Condor **79**:486-489.
- Ribic C. A., S. Lewis, J. Melvin, Bart, and B. Peterjohn. 1999. *Proceedings of the Marsh Bird Monitoring Workshop*. U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Geological Survey, Laurel, Maryland, USA.
- Rojas, M. J., and R. A. Novelo. 1995. Flora y vegetación acuáticas del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. Acta Botánica **31**:1-17.
- Root, T. 1988. *Energy constraints on avian distributions and abundance*. Ecology **2**:330-339.
- Rundle, W. D., and M. Sayre. 1983. Feeding ecology of migrant Soras in southeastern Missouri. J.Wildl.Manage **47**:1153-1159.
- Sayre, M., and W. D. Rundle. 1984. Comparison of Habitat use by migrant Soras and Virginia Rail. The Journal of Wildlife Management **48**:599-605.
- Sibley D. A. 2000. *The Sibley guide to birds*. National Audubon Society, New York, USA. 544 pp.
- Sibley D. A. 2001. *The Sibley guide to Bird Life and Behavior*. National Audubon Society, New York, USA.
- Tamayo J. L. 1962. Geografía General de México. Vols. 1 y 2. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, México, D.F.
- Taylor P., and B. Van Perlo. 1998. RAILS. A Guide to the Rails, Crakes, Gallinules and Coots of the World. Pica Press, Sussex.
- Tenorio-Guzmán, J. P. 2010. *Distribución espacial y temporal de las aves acuáticas en el Lago de Cuitzeo, Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

- Tomlimson, R. E., and R. L. Todd. 1973. Distribution of Two Western Clapper Rail Races as Determined by Responses to Taped Calls. *The Condor* **75**:177-183.
- Tozer, D. C., E. Nol, and K. F. Abraham. 2010. *Effects of local and landscape-scale habitat variables on abundance and reproductive success at wetlands birds*. *Ecol Manage* **18**:679-693.
- U.S.Fish and Wildlife Service. 1999. Proceeding of the Marsh Bird Monitoring Workshop. Tatuxent Research Refuge National Wildlife Visitor Center Laurel, Maryland. 52 pp..
- Villaseñor, L. E. 1994. *Avifauna Terrestre y Acuática del Lago de Cuitzeo, México*. *Ciencia Nicolaita* **6**:48-60.
- Villaseñor-Gómez, J. F., L. E. Villaseñor-Gómez, and G. Chávez-León. 1999. Descripción de las AICAS Cuitzeo 2. *in* M. C. Arizmendi, and L. Márquez-Valdelamar editors. *Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México*. CONABIO, CIPAMEX. Pp. 359-360.
- Ward, M. P., B. Semel, and J. R. Herkert. 2010. Identifying the ecological causes on long-term declines of wetland-dependent birds in an urbanizing landscape. *Biodivers Conserv*. **19**:3287-3300.
- Warner, D. W., and R. W. Dickerman. 1959. *The Status of Rallus elegans tenuirostris in México*. *The Condor* **1**:49-51.
- Weller M. W., and C. S. Apatcher. 1965. *Role of the habitat in the distribution and abundance of marsh birds*. Iowa Agricultural and Home Economics Project 1504. pp 5-31.
- Zemal, R., J. M. Fancher, C. S. Nordby, and R. J. Bransfield. 1985. Intermarsh movements by Light-footed Clapper Rails indicated in part through regular censuring. *Calif.Fish and Game* **71**:164-171.
- Zemal, R., and B. W. Massey. 1981. A census of the Light-footed Clapper Rail in California. *West Birds* **12**:87-99.