

**Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California**



**Maestría en Ciencias
en Ciencias de la Vida
con orientación en Biología Ambiental**

**Composición de las comunidades de aves en sistemas
xeroriparios durante la temporada no reproductiva en el sur
del Altiplano Mexicano**

Tesis
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Moisés Montes Olivares

Ensenada, Baja California, México
2020

Tesis defendida por
Moisés Montes Olivares

y aprobada por el siguiente Comité

Dr. Eric Mellink Bijtel
CoDirector de tesis

Dra. Mónica Elizabeth Riojas López
CoDirector de tesis

Dr. Rodrigo Méndez Alonzo

Dr. Miguel Ángel Del Río Portilla



Dra. Patricia Juárez Camacho
Coordinador del Posgrado en Ciencias de la Vida

Dra. Rufina Hernández Martínez
Directora de Estudios de Posgrado

Moisés Montes Olivares © 2020

Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis.

Resumen de la tesis que presenta **Moisés Montes Olivares** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Vida con orientación en Biología Ambiental

Composición de las comunidades de aves en sistemas xeroriparios durante la temporada no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano

Resumen aprobado por:

Dr. Eric Mellink Bijtel
Codirector de tesis

Dra. Mónica Elizabeth Riojas López
Codirector de tesis

Los sistemas xeroriparios son uno de los hábitats con menor superficie en los Llanos de Ojuelos. En otras regiones áridas estos sistemas juegan un papel crítico para la supervivencia de las aves, pero en los Llanos se desconocía su importancia para éstas, por lo que el presente estudio se planteó los siguientes objetivos: 1) Documentar la riqueza y abundancia de aves y su variación temporal durante la época no reproductiva y, 2) determinar la relación entre las aves y los atributos de la vegetación en sistemas xeroriparios con el fin de probar la hipótesis de que a mayor complejidad estructural de la vegetación mayor riqueza y abundancia de aves. Para ello, estudié las aves en tres sistemas xeroriparios independientes y geográficamente separados durante la temporada no reproductiva 2019-2020. Para documentar la riqueza y estimar la abundancia de aves en cada sistema xeroripario realicé muestreos mensualmente entre septiembre, 2019 y marzo, 2020 en tres sitios de conteo en cada sistema. Exploré la relación de la composición de los ensamblajes de aves con los atributos de la vegetación usando como variables la composición y altura de árboles y arbustos, la diversidad de altura foliar, cobertura de herbáceas y cobertura del dosel. Documenté 936 individuos de 48 especies de aves, 30 de las cuales son residentes y 18 migratorias. *Spizella passerina* fue la especie más abundante con 149 individuos. *Melanotis caerulescens* y *Catharus guttatus* son nuevos registros para la región. El recambio de especies entre sistemas y entre los sitios dentro de ellos fue alto, y también entre los periodos de muestreo. Hubo diferencias en la riqueza y abundancia de aves entre los sistemas y entre los sitios dentro de los mismos, pero no hubo un efecto temporal sobre riqueza ni abundancia. Las comunidades de aves fueron influenciadas de manera positiva por la estructura vertical de la vegetación, y de manera negativa por la cobertura de dosel. La riqueza de aves se relacionó positivamente con la cobertura de herbáceas. La heterogeneidad de los sistemas xeroriparios y su estabilidad temporal contribuyen a la conservación regional de las aves en el sur del Altiplano Mexicano.

Palabras clave: Riqueza y abundancia de aves, composición de la vegetación, estructura de la vegetación, diversidad de altura foliar de herbáceas, cobertura de herbáceas y cobertura de dosel.

Abstract of the thesis presented by **Moisés Montes Olivares** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Life Sciences with orientation in Environmental Biology

Composition of bird communities in xeroriparian systems during the non-breeding season in the southern part of the Mexican Plateau

Abstract approved by:

Dr. Eric Mellink Bijtel
Thesis Co-Director

Dra. Mónica Elizabeth Riojas López
Thesis Co-Director

Xeroriparian systems are one of the habitats with the smallest surface in the Llanos de Ojuelos. In other arid regions these systems play a critical role for the survival of birds, but in the Llanos their importance for them was unknown, so the present study addressed the following objectives: 1) To document the richness and abundance of birds and its temporal variation during the non-breeding season and, 2) determine the relationship between birds and vegetation attributes in xeroriparian systems to test the hypothesis that greater structural complexity of the vegetation lead to greater richness and abundance of birds. To do this, I studied birds in three independent and geographically separated xeroriparian systems during the 2019-2020 non-breeding season. To document bird richness and estimate their abundance in each xeroriparian system, I carried out monthly surveys between September 2019 and March 2020 at three count stations in each system. I explored the relationship between bird assemblages and vegetation attributes using the composition and height of trees and shrubs, the index of foliage height diversity, and cover by herbs as variables. I documented 936 individuals of 48 species of birds, 30 of which are resident and 18 migratory. *Spizella passerina* was the most abundant species with 149 individuals. *Melanotis caerulescens* and *Catharus guttatus* are new records for the region. Species turnover between xeroriparian systems and between sites within them was high, as it was also between sampling periods. There were differences in bird richness and abundance between systems and between sites within systems, but there was no temporal effect on richness or abundance. Bird communities were influenced positively by vertical structure of the vegetation, and negatively by canopy cover. The richness of birds was related positively with herb cover. The heterogeneity of the xeroriparian systems and their temporal stability contribute to the regional conservation of birds in the southern Mexican Plateau.

Keywords: Richness and abundance of birds, vegetation composition, vegetation structure, herbaceous diversity of foliar height, herbaceous cover and canopy cover.

Dedicatoria

*A mis padres Misael e Irma
A mis hermanos Josué, Abraham, Israel, Yesica y Fabiola
y a mis amigos*

Agradecimientos

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), al Posgrado de Ciencias de la Vida y al Departamento de Biología de la Conservación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico a través del programa de becas de maestría (número de becario 893443).

A CICESE y a la Universidad de Guadalajara (UDG) por el apoyo económico para el financiamiento del proyecto.

Al Laboratorio de Fauna Silvestre a cargo de la Dra. Mónica Elizabeth Riojas López en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la UDG por las facilidades proporcionadas en mi estancia durante el trabajo en campo.

A mis Codirectores el Dr. Eric Mellink Bijtel y a la Dra. Mónica Elizabeth Riojas López, así como también a mis sinodales el Dr. Rodrigo Méndez Alonzo y el Dr. Miguel Ángel Del Rio Portilla.

Al Dr. Jaime Luévano Esparza.

A los Llaneros de Ojuelos: David H. Almanzor, Santiago Cortés, Marco A. Carrasco, Juan F. Escobar Julia (Hermana) y Toño.

A todos mis profesores y al personal del departamento de Biología de la conservación.

A los ejidatarios y propietarios por permitirme trabajar en sus predios.

A Ezequiel Martínez y Margarita Chávez por su apoyo logístico.

A mis amigos de Guadalajara, Jal. y de Ensenada B.C., incluido el G7, los Llaneros de Ojuelos y el OJ Team.

A mis padres y hermanos, y sobrinos: Alondra, Ashly, Nicol, Azul, Josué Jr., Irma Jr., Rosario y Ángel.

Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas.....	xi
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.1.1 Sistemas riparios.....	2
1.1.2 Avifauna en sistemas xeroriparios.....	4
1.1.3 Situación actual de la avifauna en los sistemas xeroriparios en los Llanos de Ojuelos.....	6
1.2 Objetivos.....	7
1.3 Hipótesis.....	8
Capítulo 2. Método.....	9
2.1 Área de estudio.....	9
2.2 Sitios de estudio.....	11
2.3 Monitoreo de aves.....	18
2.4 Atributos de la vegetación	20
2.5 Análisis estadístico	21
Capítulo 3. Resultados.....	23
3.1 Aves documentadas.....	23
3.1.1 Riqueza y abundancia de aves.....	27
3.1.2 Riqueza y abundancia de aves residentes y migratorias	30
3.2 Atributos de la vegetación	34
3.2.1 Composición de la vegetación.....	34
3.2.2 Altura de árboles y arbustos.....	35
3.2.3 Diversidad de altura foliar de herbáceas.....	35
3.2.4 Cobertura de herbáceas.....	36

3.2.5 Cobertura de dosel.....	38
3.3 Relación de la riqueza y abundancia de aves con los atributos de la vegetación.....	39
3.3.1 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la composición de la vegetación.	39
3.3.2 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la altura de la vegetación.....	40
3.3.3 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la diversidad de altura foliar de herbáceas.....	42
3.3.4 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la cobertura de herbáceas.....	43
3.3.5 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la cobertura de herbáceas.....	44
Capítulo 4. Discusión.....	45
Capítulo 5. Conclusiones.....	52
Literatura citada.....	53
Anexos.....	59

Lista de figuras

Figura		Página
1	Localización de los Llanos de Ojuelos en el sur del Altiplano Mexicano y los sistemas xeroriparios estudiados	9
2	Climograma del municipio de Ojuelos de Jalisco, Jalisco. Precipitación y temperatura promedio de 1981-2010 (Servicio Meteorológico Nacional, 2010).....	10
3	Sistemas xeroriparios estudiados en el sur del Altiplano Mexicano. Vista desde dentro (A), vista desde fuera (B) y vista panorámica (C).....	12
4	Perfiles de vegetación de los nueve sitios en los tres sistemas xeroriparios estudiados en el sur del Altiplano Mexicano. El Encinar-Pirular corresponde a la localidad 1, el Cedral-Encinar a la localidad 2 y el Sauzal-Pirular a la localidad 3.....	16
5	Distribución espacial de los puntos de observación de aves en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano	19
6	Curvas de acumulación de especies durante el período de estudio en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano	23
7	Riqueza (panel superior) y abundancia (panel inferior) de aves en cada uno de los sistemas xeroriparios (media \pm error estándar) en el sur del Altiplano Mexicano. Las literales diferentes indican diferencias significativas.....	28
8	Variación de la riqueza (panel superior) y abundancia (panel inferior) de aves residentes y migratorias (media \pm error estándar) entre los períodos de muestreo.	29
9	Riqueza y abundancia de aves residentes (panel superior) y migratorias (panel inferior) en cada uno de los sistemas xeroriparios (media \pm error estándar) en el sur del Altiplano Mexicano. Las literales diferentes indican diferencias significativas.....	31
10	Variación de la riqueza (panel superior) y abundancia (panel inferior) de aves residentes y migratorias (media \pm error estándar) entre los períodos de muestreo.	32
11	Variación de la riqueza (número de especies) y abundancia (número de individuos) de aves residentes y migratorias en los sistemas xeroriparios (media \pm error estándar) entre los períodos de muestreo. Los promedios (media \pm error estándar) de los sistemas se muestran a la derecha.....	34
12	Porcentaje de la cobertura del dosel (media \pm error estándar) en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Literales diferentes sobre las barras señalan diferencias significativas entre los sistemas ($p \leq 0.05$).....	38

13	Variación temporal de la cobertura del dosel (media \pm error estándar) en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Literales diferentes sobre las barras señalan diferencias significativas entre los sitios ($p \leq 0.05$).....	38
14	Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la abundancia de arbustos en sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con el número de individuos de arbustos.....	39
15	Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la riqueza de árboles en el Encinar-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con el número de individuos de árboles.....	40
16	Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de árboles en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la altura promedio de los árboles.....	40
17	Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de arbustos en los sitios de estudio, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la altura promedio de los arbustos.....	41
18	Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de arbustos en el Encinar-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la altura promedio de los arbustos.....	41
19	Relación entre la riqueza de aves y la altura de arbustos en el Sauzal-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies de aves en relación con la altura promedio de los arbustos.....	42
20	Relación entre la riqueza de aves y la diversidad de altura foliar de herbáceas en el Sauzal-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies de aves en relación con la altura promedio de herbáceas.....	42
21	Relación entre la riqueza de aves y la cobertura de herbáceas en sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies de aves en relación con la cobertura promedio de herbáceas.....	43
22	Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la cobertura de herbáceas en el Sauzal-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la cobertura promedio de herbáceas.....	43
23	Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la cobertura de dosel en el Encinar-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras	

	corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la cobertura promedio de dosel.....	44
24	Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la cobertura de dosel en el Sauzal-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la cobertura promedio de dosel.....	44

Lista de tablas

Tabla		Página
1	Ancho y profundidad promedio en metros (m) de los sistemas xeroriparios estudiados en el sur del Altiplano Mexicano	13
2	Abundancia relativa (media \pm error estándar) de las especies de aves documentadas en tres sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano Las especies migratorias se indican con un (*).....	24
3	Especies de aves documentadas en sistemas xeroriparios, fuera del área y tiempo de muestreo, en el sur del Altiplano Mexicano. Las especies migratorias se indican con un (*).....	27
4	Variables de la vegetación (media \pm desviación estándar) en sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. La riqueza de especies está expresada en el número de especies y la abundancia como el número de individuos. La diversidad de altura foliar se presenta como el valor del índice de entropía de Shannon. Valores significativamente diferentes ($p < 0.05$) se señalan con literales.....	37

Capítulo 1. Introducción

La pérdida y degradación de los ecosistemas conlleva una pérdida de la biodiversidad y con ello la pérdida o disminución de los servicios ecosistémicos que de ella dependen. La principal causa de tal pérdida, al igual que de la degradación de ecosistemas, es un reemplazo de la vegetación nativa por cultivos (Millenium Ecosystem Assesment, 2005; IPBES, 2019). Todos los ecosistemas se han visto afectados de alguna forma por este proceso, y para las zonas áridas se estima que el reemplazo de la superficie a sistemas de cultivo se aproxima al 30% (Millenium Ecosystem Assesment, 2005). En estas zonas el agua es por naturaleza escasa, por lo que su demanda para la ganadería y agricultura resulta en que los sistemas riparios por estar asociados a ríos y arroyos, sean afectados de forma particularmente severa (Patten et al., 2018).

Los sistemas xeroriparios son hábitats asociados a ríos o arroyos en zonas áridas o semiáridas, en los que la vegetación depende principalmente de la disponibilidad de agua, y dado los requerimientos de la misma para actividades humanas estos son especialmente vulnerables dada la escasez de la misma. Se ha estimado que en las zonas áridas los sistemas riparios comprenden < 0.05% (Solis-Garza et al., 2017). En la región que comprende el área de estudio, el sur del Altiplano Mexicano, los sistemas riparios son escasos, y los ríos y arroyos con los que se encuentran asociados los sistemas xeroriparios cubren menos del 1% de la superficie (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010a, b).

Al igual que el resto del sur del Altiplano Mexicano, el área de este estudio, la región de los Llanos de Ojuelos se encuentra fuertemente antropizada y todos los hábitats naturales han sido muy afectados por la agricultura y ganadería (Riojas-López y Mellink, 2005), y esto incluye a los sistemas riparios, los que además de por ramoneo y pisoteo por ganado, son afectados por extracción de madera y de arena, que contribuyen a su deterioro. Sin embargo, y a pesar de su importancia potencial para la conservación biológica, se desconoce el grado de perturbación en los mismos. Aunque ha habido una serie de estudios sobre las comunidades de aves en los Llanos de Ojuelos, estos se han centrado principalmente en agroecosistemas, pastizales y matorrales xerófilos (Mellink et al., 2016; Mellink et al., 2017; Riojas-López et al., 2019), pero no se habían abordado las comunidades de aves asociadas con los sistemas riparios en la región. La pérdida de los sistemas riparios conllevaría a la pérdida de las especies de aves que utilizan dichos sistemas o bien a la disminución de sus poblaciones. Sin embargo, si se desconoce que aves los utilizan no es posible conocer el papel de estos sistemas para las aves en la región.

Para explorar el papel de los sistemas xeroriparios sobre la diversidad de aves en los Llanos de Ojuelos es necesario primero conocer que especies de aves los utilizan, y que atributos de la vegetación en los sistemas xeroriparios influyen sobre las aves. Los sistemas xeroriparios de los Llanos de Ojuelos son muy complejos y tienen características propias como de otros tipos de vegetación de la región lo que puede dar lugar a una avifauna característica, con especies de aves propias y con especies compartidas con los hábitats contiguos a los sistemas xeroriparios.

Los sistemas riparios son importantes para la conservación de las aves (Domínguez-López y Ortega-Álvarez, 2014) y su pérdida conllevaría a la pérdida o disminución de las poblaciones de aves en la región de los Llanos de Ojuelos. Sin embargo, si se desconoce la avifauna en los mismos y los atributos de la vegetación de los que depende, no es posible tomar acciones de manejo para la conservación de las aves en los sistemas xeroriparios de la región. De ahí que espero conocer el efecto de la complejidad de la estructura de la vegetación sobre la riqueza y abundancia de aves, y que mis resultados indiquen los atributos más importantes para las aves en los sistemas xeroriparios de los Llanos de Ojuelos.

1.1 Antecedentes

1.1.1 Sistemas riparios

Se denomina sistemas riparios a aquellos formados por la vegetación asociada con ríos y arroyos, y constituyen la transición entre el medio acuático y el medio terrestre (Zaimes et al., 2010). La presencia de agua, cuando menos estacionalmente, es la característica más importante de los sistemas denominados xeroriparios y es, junto con suelos y la vegetación, la que los distingue de los hábitats adyacentes (Zaimes et al. 2010). La composición y estructura de dicha vegetación depende principalmente de la hidrología y fisiografía de los ríos (Faber et al., 1989; Sabater et al., 2017) y del medio terrestre adyacente (Zaimes et al., 2010). En estos sistemas la estructura de la vegetación está definida por lo largo y ancho del río o arroyo, la intermitencia del agua y las características topográficas y edáficas del sistema. En tanto que el funcionamiento del sistema está dado por la regeneración de especies leñosas, la condición de las orillas, la conectividad con el cauce y la permeabilidad del suelo (Gonzales del Tánago y García de Jalón, 2006).

Los sistemas riparios son importantes para el bienestar humano por los servicios ecosistémicos que proporcionan, entre los que destacan: mejorar la calidad del agua de los ríos, disminuir la erosión del

suelo, controlar plagas, reducir el riesgo de inundación, proporcionar materias primas y servir como áreas de recreación (Faber et al., 1989; Water and Rivers Commission, 2000). También, al igual que otros hábitats, los sistemas riparios ofrecen a la fauna silvestre agua y alimento; sitios de descanso, refugio y reproducción y funcionan como corredores para el movimiento o la migración (Faber et al., 1989; Webb et al., 2010). La vegetación riparia influye también en la configuración misma de los ríos, ya que estabiliza el cauce reduciendo la erosión y aumentando la deposición de sólidos (Datry et al., 2017). También, es importante para los organismos que viven en los ríos, porque funciona filtrando partículas que podrían contaminar los mismos, reducen la velocidad del flujo, reduce la radiación solar, regula la temperatura en los ríos y proporciona materia orgánica (Water and Rivers Commission, 2000; Granados-Sánchez et al., 2006; Zaines, 2007).

A pesar de su importancia, los sistemas riparios han sido afectados por actividades humanas de diversas formas, tales como el desvío de canales, cambios en el nivel de agua y la introducción de especies exóticas (Patten et al., 2018). Como resultado, los ríos han visto disminuidos sus volúmenes, la duración del flujo, y experimentado cambios en la calidad del agua superficial y subterránea. Además, se han presentado introducciones de especies exóticas y cambios en la morfología del cauce, lo que repercute en la vegetación asociada (Smith y Finch, 2016; Datry et al., 2017) y a su vez en la fauna asociada al sistema.

Aunque el número de estudios sobre sistemas riparios ha aumentado en las últimas décadas, se han centrado principalmente en los patrones y procesos de la vegetación en dichos sistemas, y en menor medida en su papel biológico (Dufour et al., 2020). Asimismo, la mayoría de los estudios sobre estos sistemas se han realizado principalmente en regiones templadas en Norteamérica, dejando en un segundo término los de las regiones semiáridas y áridas (Dufour et al., 2020). A los sistemas riparios en zonas áridas y semiáridas se les ha denominado específicamente “xeroriparios”. Si bien son sistemas muy comunes en zonas áridas y semiáridas, cubren un porcentaje muy pequeño de la superficie que se ha estimado en menos de 0.5% del total (Solis-Garza et al., 2017). Las características de los sistemas xeroriparios dependen del área donde se localizan, así como de la hidrología y geomorfología del cauce (Zaines et al. 2010). En las zonas áridas y semiáridas los ríos de estos ecosistemas, en general, reciben poca agua debido a la baja precipitación y tasas de evaporación y evapotranspiración altas (Zaines et al., 2010; Sabater et al., 2017).

A diferencia de los sistemas riparios de las regiones templadas y tropicales donde la corriente de agua suele ser perenne, los ríos y arroyos en las regiones áridas y semiáridas pueden ser efímeros o intermitentes, variando en la duración y la predictibilidad de la corriente de agua en los mismos (Datry et al., 2017), lo que influye en la vegetación asociada a los mismos. La corriente de agua en los ríos que se

originan en zonas áridas es muy variable y dependiente de la precipitación. La vegetación de los sistemas riparios está fuertemente influenciada por las características de los ríos (Zaimes et al., 2010; Sabater et al., 2017). La vegetación de estos sistemas en zonas áridas y semiáridas refleja además sus suelos pobres, con alta salinidad y un déficit de agua (Sabater et al., 2017). La composición de la vegetación en los sistemas riparios, en general, además de su dependencia del agua, se ve influenciada por el hábitat adyacente, ya que no todas las plantas en ellos están restringidas por la presencia de agua, y pueden ser no riparias (0-25%), riparias facultativas (26-76%), riparias preferenciales (76-90%) y riparias obligadas (91-100%) (Johnson et al., 1984). Aun así, lo que más denota un sistema xeroripario son sus componentes arborescentes, y en muchos de ellos en Norteamérica los géneros de árboles más comunes son *Populus*, *Salix* y *Fraxinus* (Sabater et al., 2017), mientras que, en Arizona la composición de la vegetación esta complementada por los de los géneros *Platanus*, *Junglas*, *Alnus* y *Acer* (Zaimes et al., 2007). En México se ha señalado la existencia de 23 géneros de árboles característicos de los sistemas riparios, entre los que destacan *Platanus*, *Populus*, *Salix*, *Taxodium*, *Astianthus*, *Ficus*, *Bambusa*, *Inga*, *Pachira*, *Acer*, *Alnus*, *Carya* y *Fraxinus*. De entre ellos, el género *Populus* es característico de ambientes riparios de regiones áridas y semiáridas (Rzedowski, 2006). Además de árboles, 17 géneros de arbustos pueden estar asociados a los sistemas riparios en todo el país (Rzedowski, 2006). En los ríos Bacanuchi y Sonora, en Sonora los árboles con mayor número de individuos fueron *Populus* sp. (48.6%), *Prosopis* sp. (24%) y *Salix* sp. (12.7%) y las especies de arbustos más comunes fueron *Baccharis* sp. (75.4%) e *Hymenoclea* sp. (20.5%) (Solis-Garza et al., 2017).

Aunque el número de especies y de individuos de plantas arbustivas y arbóreas es mayor en estos sistemas, la riqueza de herbáceas de los sistemas riparios de zonas áridas suele ser similar a la de los hábitats adyacentes (Sabater et al., 2017). La composición de la vegetación en los sistemas riparios puede variar dependiendo de la sección del río en la que se encuentre. Por ejemplo, mientras que hubo diferencias en la diversidad, densidad y cobertura de plantas en tres secciones del río Tembembe, Morelos, si las hubo en las especies de árboles dominantes y en su área basal (Camacho-Rico et al., 2006), lo que presumiblemente fue producto de diferencias en la infiltración de agua y deposición de sedimentos (*sensu* Zaimes et al., 2007) lo que implica variación no solo entre los sistemas riparios sino también dentro de estos sistemas.

1.1.2 Avifauna en los sistemas xeroriparios

Los sistemas riparios de las zonas áridas pueden ofrecer recursos a ensamblajes de aves muy diferentes a los de los hábitats adyacentes, como se documentó en Sudáfrica (Seymour y Simmons, 2008). En estas

zonas, los sistemas riparios, además de poder contener una densidad de aves muy superior a la de los hábitats adyacentes, pueden proporcionar hábitat para especies de aves que no son exclusivas de los sistemas riparios (Szaro y Jakle, 1985).

La diversidad taxonómica de la fauna silvestre encontrada en los sistemas riparios no solo es diferente de la encontrada en los hábitats adyacentes, sino que puede ser incluso mayor (Johnson y Haight, 1985; Seymour y Simmons, 2008). Por ejemplo, sistemas riparios de Arizona tenían 68% mayor riqueza y 75% mayor abundancia de aves que los hábitats adyacentes (Kirkpatric et al., 2009). De manera similar, en Michigan se encontró una mayor riqueza de aves en sistemas riparios que en hábitats contiguos, en especial de aves que se alimentan sobre el follaje (Bub et al, 2004). Los sistemas riparios son importantes para las aves ya sea que los utilicen para descanso y refugio contra depredadores o para alimentarse y reproducirse. El alimento proporcionado por estos sistemas puede llegar a ser muy importante, principalmente para las aves que se alimentan de insectos acuáticos (Murakami y Nakano, 2001; Chan et al., 2008; Sánchez-Montoya et al., 2017). En sistemas riparios de Arizona se documentó que 53 especies de aves, de 90 especies documentadas, utilizan estos sistemas para anidar (Kirkpatric et al., 2009).

Tanto la composición florística como la estructura de la vegetación en estos sistemas son factores importantes en estructurar la diversidad de aves (MacArthur y MacArthur, 1961; Rotenberry, 1985). Así, en Arizona el atributo que mejor explicó la diversidad de aves en este tipo de sistemas fue la estructura vertical de la vegetación (Merrit y Bateman, 2012) y en zonas montañosas del sur de ese estado la riqueza y composición de las comunidades de aves estuvo en función de la estructura de la vegetación (Powell y Steidl, 2015). En el Desierto de Mojave la diversidad de aves se relacionó de manera positiva con la complejidad estructural del sistema ripario (Brand et al., 2008), mientras que sistemas riparios con composición florística similar tuvieron comunidades de aves similares (Fleishman et al., 2003). En hábitats riparios de California la complejidad estructural de la vegetación de los sistemas riparios fue importante en la selección de estos por las aves y la riqueza de las aves se relacionó positivamente con la riqueza de árboles (Rockwell y Stephen, 2018). En zonas montañosas del sur de Arizona la riqueza y composición de las comunidades de aves estuvieron relacionadas con la composición florística de la vegetación (Powell y Steidl, 2000, 2015).

La composición florística y la estructura de la vegetación no son los únicos atributos de los sistemas riparios que influencia las comunidades de aves. Otro factor es la cobertura proporcionada por el dosel que, en Texas, condicionó la selección de sitios para la reproducción (Rockwell y Stephen, 2018) mientras que en China estuvo relacionada positivamente con la abundancia de aves (Li et al., 2019). En la reserva

de la biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, en Puebla, se encontró una relación positiva entre la abundancia relativa de aves y la cobertura de la vegetación (Arizmendi et al., 2008).

Por otra parte, un proceso muy importante en las historias de vida de muchas especies o poblaciones de aves es la migración, por medio del cual, las aves aprovechan condiciones climáticas y de recursos más favorables. Como parte de este proceso, 118 especies de aves migran del sureste de Estados Unidos a México cada año (Leonard, 2016). No todas son capaces de mantener el vuelo a lo largo de distancias considerables y necesitan realizar paradas para descansar y alimentarse (Ramenofski y Wingfield, 2007). En muchos casos los sistemas riparios juegan un papel importante durante dicha migración (Skagen et al., 1998; Finch y Yang, 2000). Por ejemplo, en Tehuacán-Cuicatlán el 51% de las especies de aves documentadas en sistemas riparios fueron de especies migratorias (Arizmendi et al., 2008).

En hábitats muy fragmentados los sistemas riparios pueden ser muy importantes para las aves, en especial para las aves que dependen de los árboles dado que retienen una mayor cantidad de árboles (Monadjem, 2005; Rockwell y Stephen, 2018). La importancia de los sistemas riparios en amortiguar la erosión de la riqueza de aves en zonas muy antropizadas es principalmente de las especies residentes, que son las más afectadas por la transformación de los hábitats originales (Domínguez-López y Ortega-Álvarez, 2014).

1.1.3 Situación actual de la avifauna en los sistemas xeroriparios en los Llanos de Ojuelos

Al igual que otras zonas de México, la región de los Llanos de Ojuelos, en el sur del Altiplano Mexicano, está fuertemente antropizada y no incluye áreas protegidas para la conservación de las aves (Riojas-López y Mellink, 2005), y nada se sabe sobre estas en los sistemas xeroriparios.

Los Llanos de Ojuelos se localizan en una región semiárida donde la precipitación escasa (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010a, b). La vegetación en la misma se ha visto muy afectada por actividades antropocéntricas, en especial por la ganadería, desde hace aproximadamente 500 años (Mellink y Riojas-López, 2020). La región de los llanos de Ojuelos tiene potencial para la conservación biológica, dada por la variedad de tipos de vegetación y especies documentadas en la misma (Riojas-López y Mellink, 2005). En los Llanos de Ojuelos los matorrales xerófilos y pastizales son los tipos de vegetación

más comunes, además de algunos remanentes de encinares (Harker et al., 2008). Sin embargo, estos se han visto muy afectados por el cambio de uso de suelo y por la ganadería (Riojas-López y Mellink, 2005; Mellink y Riojas-López, 2020). Los sistemas xeroriparios también son elementos de vegetación comunes en la región a pesar de la poca superficie que abarcan en las zonas áridas y semiáridas (Solis-Garza et al., 2017), y de igual forma han sido afectados por el pastoreo, la extracción de recursos y el desvío de canales.

Los estudios previos sobre aves y otros grupos biológicos, en los que se han documentado 128 especies de aves (Riojas-López y Mellink, 2005), se han enfocado pastizales, matorrales xerófilos y agroecosistemas (Mellink et al., 2016; Mellink et al., 2017; Riojas-López et al., 2019), pero nada se sabe de ningún grupo biológico y en específico sobre la avifauna asociada a los sistemas xeroriparios en la región. Estos además de presentar características de los tres tipos de vegetación en la región, además de características y recursos propios, podrían albergar una riqueza y abundancia de aves alta tanto de especies comunes en la región como de especies propias. También podrían servir no solo como refugio, fuente de alimentación y sitios de anidación, sino también para el movimiento o migración de las especies de aves (Finch y Yang, 2000). Además, como ya se ha documentado en estudios previos estos sistemas pueden ayudar en el mantenimiento de la diversidad en regiones muy antropizadas (Domínguez-López y Ortega-Álvarez, 2014). En los Llanos de Ojuelos, los sistemas riparios podrían ser un soporte para el mantenimiento de la diversidad de aves regional. Sin embargo, no se ha documentado de manera sistemática qué especies de aves los utilizan y que atributos de la vegetación, condicionan dicho uso. El conocer esto permitiría tomar acciones de manejo para la conservación de la diversidad de aves en los mismos y en la región.

1.2 Objetivos

El presente estudio tuvo por objetivos:

1. Documentar la riqueza y abundancia de aves y su variación temporal en sistemas xeroriparios durante la época no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano
2. Determinar la relación entre la riqueza y abundancia de aves y los atributos de la vegetación en sistemas xeroriparios durante la época no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano.

- 2.1 Determinar la relación entre la riqueza y abundancia de aves y la riqueza y abundancia de árboles y arbustos en sistemas xeroriparios durante la época no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano.
- 2.2 Determinar la relación entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de árboles y arbustos en sistemas xeroriparios durante la época no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano.
- 2.3 Determinar la relación entre la riqueza y abundancia de aves y la diversidad de altura foliar de herbáceas en sistemas xeroriparios durante la época no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano.
- 2.4 Determinar la relación entre la riqueza y abundancia de aves y la cobertura de herbáceas en sistemas xeroriparios durante la época no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano.
- 2.5 Determinar la relación entre la riqueza y abundancia de aves y la cobertura de dosel en sistemas xeroriparios durante la época no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano.

1.3 Hipótesis

- Los sistemas xeroriparios con mayor complejidad en la estructura de la vegetación tienen mayor riqueza y abundancia de aves durante la época no reproductiva en el sur del Altiplano Mexicano. Una mayor riqueza y abundancia de árboles y arbustos, altura de árboles y arbustos, diversidad de altura foliar de herbáceas, cobertura de herbáceas y cobertura de dosel estará asociada a una mayor riqueza y abundancia de aves.

Capítulo 2. Método

2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la subprovincia fisiográfica de los Llanos de Ojuelos en la convergencia de los estados de Jalisco, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí y Guanajuato en el sur del Altiplano Mexicano (Fig. 1). Los Llanos de Ojuelos ocupan una superficie de 11 327 km². La altitud varía entre 1900 y 2600 m snm, las topoformas principales son meseta típica, llanura desértica de piso rocoso o cementado, bajada típica, llanura desértica y lomerío con bajadas, y los tipos de suelo principales son feozem, durisol y leptosol (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010a, b).

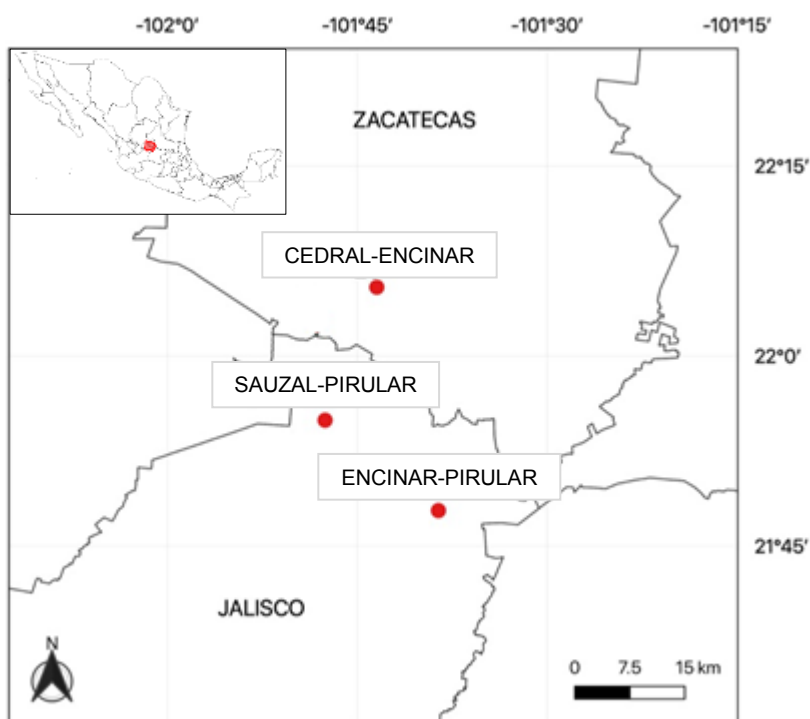


Figura 1. Localización de los Llanos de Ojuelos en el sur del Altiplano Mexicano y los sistemas xeroriparios estudiados.

El clima de los Llanos de Ojuelos es semiseco templado, cuya precipitación promedio anual de 400-700 mm se concentra en verano (entre junio y septiembre) coincidiendo con la época cálida, mientras que el invierno es seco y frío (Fig. 2). En la región se definen tres estaciones climáticas: seca cálida, lluvias y

seca fría (Mellink et. al, 2016). La región de los Llanos de Ojuelos está incluida en dos regiones hidrológicas: Lerma-Santiago y el Salado, y las cuencas principales son Río Verde Grande y San Pablo. Si bien la región es semiárida, en ella existen cuerpos de agua de diferente tipo (pozas de agua estacionales, estanques para ganado y presas) y corrientes de agua superficiales (ríos y arroyos; Riojas-López y Mellink, 2005). De estas últimas, se han enlistado 59 en la región entre los municipios de Ojuelos de Jalisco, Jal. y Pinos, Zac. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010a, b).

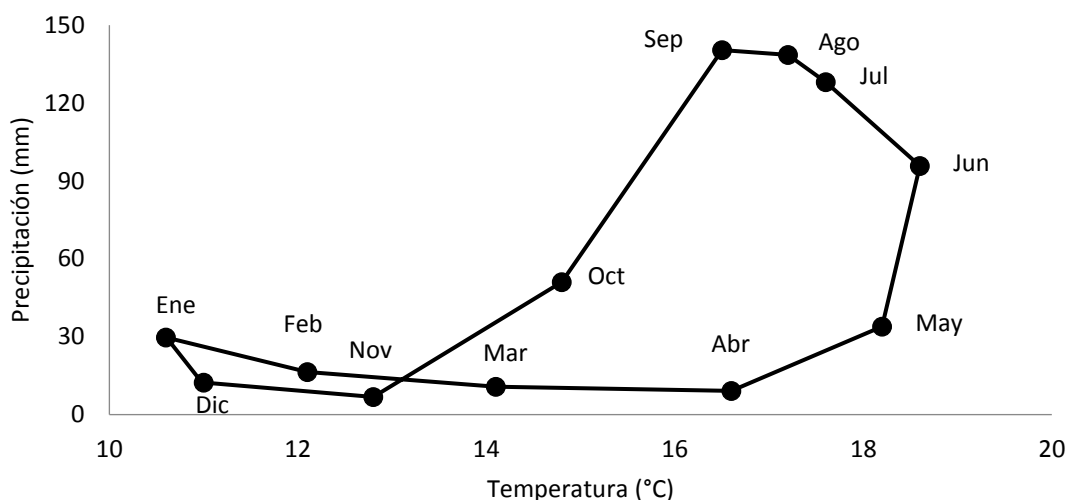


Figura 2. Climograma del municipio de Ojuelos de Jalisco, Jalisco. Precipitación y temperatura promedio de 1981-2010 (Servicio Meteorológico Nacional, 2010).

La vegetación se compone principalmente de pastizales (42.6% de la superficie de la región), matorrales xerófilos (15.66%) y encinares (4.61%; Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010 a, b). Las gramíneas de los géneros *Bouteloua*, *Aristida*, *Lycurus* y *Mulhenbergia* son los componentes más comunes de los pastizales mientras que los arbustos de los géneros *Mimosa*, *Dalea* y *Jatropha* y formas arborescentes de los géneros *Vachellia*, *Opuntia*, y *Yucca* son comunes en los matorrales xerófilos (Harker et al., 2008). La vegetación de los sistemas xeroriparios de la región se compone de plantas propias de estos sistemas como es el caso de sauces (*Salix* sp.), así como también de plantas de los pastizales, matorrales xerófilos y encinares. En los sistemas xeroriparios de la región dominan las formas arborescentes, y las principales formas arborescentes y arbustivas de los mismos, además de *Salix* sp., son *Quercus* spp., *Juniperus deppeana*, *Schinus molle*, *Yucca decipiens*, *Baccharis* spp., *Vachellia* spp., *Mimosa* spp. y *Opuntia* spp, junto con otros géneros y especies de menor cobertura.

La ganadería y agricultura son las principales actividades productivas en los Llanos de Ojuelos, mismas que se han desarrollado en la región desde la llegada de los españoles hace aproximadamente 450~500 años (Riojas-López y Mellink, 2005; Mellink y Riojas-López, 2020). Desde la llegada de los españoles la ganadería en la región vio una sucesión de ganado vacuno, primero, a ovejas después, a una mezcla de ovejas, cabras, reses, caballos y burros al último (Mellink y Riojas-López, 2020). Actualmente, la ganadería en la región se basa principalmente en ovejas, cabras y vacas de las cuales tan solo en 2018 en Ojuelos de Jalisco, Jal. y Pinos, Zac. se sacrificaron 45 527 ovejas, 43 706 cabras y 32 223 vacas (SIAP, 2010). Con respecto a la agricultura, la superficie agrícola actual equivale aproximadamente al 35.5% de la superficie de los municipios de Ojuelos de Jalisco, Jal. y Pinos, Zac., donde los principales cultivos son maíz (45.2% de la superficie agrícola), frijol (37.1%) y nopal tunero (7.8%; SIAP, 2010).

2.2 Sitios de estudio

El cumplimiento de los objetivos establecidos para este estudio se realizó por medio de muestreos visuales de aves en tres sistemas xeroriparios. Estos se seleccionaron con base en que fueran seguros, accesibles, que se contara con permiso para estudiarlos por parte de los propietarios y que fueran independientes entre sí, es decir, que no se conectaran sus cauces. El Encinar-Pirular y Sauzal-Cedral forman parte de la cuenca hidrográfica de Río Verde Grande y el Cedral-Encinar de la cuenca de San Pablo. En cada sistema xeroripario se establecieron tres sitios de muestreo con características diferentes. Los datos de la profundidad y anchura de los cauces en cada sitio se presentan en la Tabla 1.

Los sistemas y sitios de muestreo fueron:

a) Encinar-Pirular (21° 47.802' N, 101° 38.303' O; 2270 m snm; Fig. 3, 4; Tabla 1)

Este sistema xeroripario se encuentra en la vertiente sur de la sierra La Colorada, en el potrero del mismo nombre, en el municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. En este sistema las formas arborescentes y arbustivas que dominan pertenecen a los géneros *Quercus*, *Schinus*, *Vachellia*, *Opuntia*, *Mimosa* y *Baccharis*. El cauce es sinuoso (Índice de sinuosidad (ÍS) 1.1 - 1.3) (Rosgen, 1994) y la pendiente es de 2.3 %. A lo largo del cauce hay secciones donde el sustrato es rocoso y en otras es arenoso. Está rodeado por pastizal en el que hay ganado equino.

Los tres sitios muestreados fueron los siguientes:

- Encinar. Este sitio se encuentra en la parte más alta del sistema, el cauce está encañonado. El componente más notorio de la vegetación arborescente son encinos chaparros (*Quercus* spp.). Los componentes arbustivos más notorios son gatuños (*Mimosa* spp.) y sotoles (*Dasyliirion* spp.) dispersos.

- Pirular. Este sitio se encuentra en la parte media del sistema, el cauce está semiabierto. Los componentes más notorios de la vegetación arborescente son pirules (*Schinus molle*) y algunos huizaches (*Vachellia* spp.), nopales (*Opuntia* spp.) y sauces (*Salix* sp.) dispersos. Los componentes arbustivos más notorios son jaras (*Baccharis* spp.).

- Pirular-Nopalera. Este sitio se encuentra en la parte baja del sistema, el cauce está semiabierto. El componente más notorio de la vegetación arborescente son pirules y nopales, con algunos huizaches dispersos. Los componentes arbustivos más notorios son gatuños pequeños, jaras y nopales dispersos.

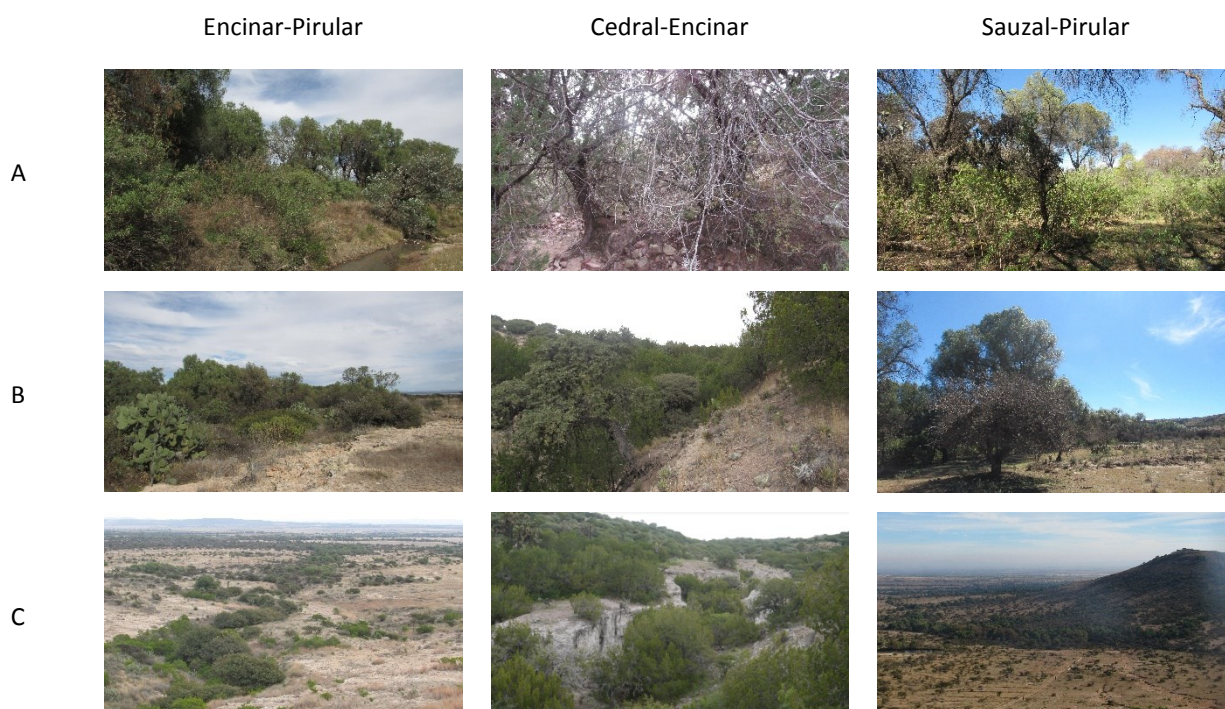


Figura 3. Sistemas xeroriparios estudiados en el sur del Altiplano Mexicano. Vista desde dentro (A), vista desde fuera (B) y vista panorámica (C).

Tabla 1. Ancho y profundidad promedio en metros (m) de los sistemas xeroriparios estudiados en el sur del Altiplano Mexicano.

Localidad/Atributo	Sitio		
	Aguas arriba	En medio	Aguas abajo
Encinar-Pirular	Encinar	Pirular	Pirular-Nopalera
Anchura (m)	36.1 ± 5.9	75 ± 5.7	61.0 ± 8.3
Profundidad (m)	4.3 ± 0.9	6.3 ± 0.8	7.0 ± 2.2
Cedral-Encinar	Encinar-Cedral	Cedral	Cedral-Izotal
Anchura (m)	25.8 ± 2.2	26.1 ± 0.5	25.0 ± 3.9
Profundidad (m)	10.2 ± 2.2	10.6 ± 1.0	2.4 ± 0.5
Sauzal-Pirular	Sauzal	Pirular-Jaral	Pirular-Huizachera
Anchura (m)	50.9 ± 2.5	38.0 ± 2.6	12.4 ± 1.5
Profundidad (m)	3.8 ± 0.3	1.7 ± 0.5	0.7 ± 0.5

Encinar-Pirular
Encinar



Pirular



Pirular-Nopalera



Cedral-Encinar
Encinar-Cedral



Cedral



Cedral-Izotal



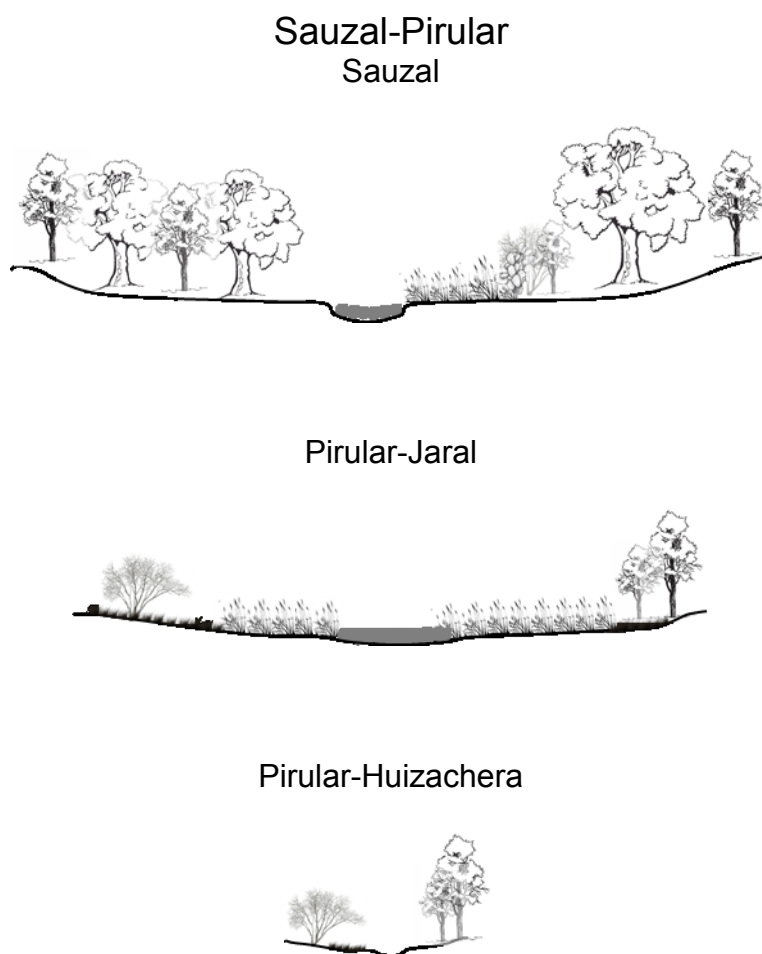


Figura 4. Perfiles de vegetación de los nueve sitios en los tres sistemas xeroriparios estudiados en el sur del Altiplano Mexicano. El Encinar-Pirular corresponde a la localidad 1, el Cedral-Encinar a la localidad 2 y el Sauzal-Pirular a la localidad 3.

b) Cedral-Encinar (22° 05.434' N, 101° 43.458' O; 2264 m snm; Fig. 3, 4; Tabla 1)

Este sistema xeroripario se encuentra en el potrero La Cinta, en el municipio de Pinos, Zac. En este sistema las formas arborescentes que dominan son de los géneros *Juniperus* y *Quercus*. El cauce es recto ($\text{Ís} < 1.1$) y la pendiente es de 8.4 %. El sustrato es principalmente rocoso. Por ambos lados el cauce está bordeado por matorral xerófilo abierto en el que dominan izotes (localmente conocidos como palmas; *Yucca decipiens*) y huizaches, que es utilizado para el ramoneo por ganado caprino.

Los tres sitios muestreados fueron los siguientes:

- Encinar-Cedral. Este sitio se encuentra en la parte más alta del sistema, el cauce está encañonado. El componente más notorio de la vegetación arborescente son encinos chaparros y cedros (*Juniperus deppeana*), y de la vegetación arbustiva hay magueyes (*Agave sp.*) y sotoles dispersos.

- Cedral. Este sitio se encuentra en la parte media del sistema, el cauce está encañonado. El componente más notorio de la vegetación arborescente son cedros y algunos huizaches dispersos, y de la vegetación arbustiva hay algunos magueyes y sotoles dispersos.

- Cedral-Izotal. Este sitio se encuentra en la parte baja del sistema, el cauce está encañonado. El componente más notorio de la vegetación arborescente son cedros y algunos izotes dispersos. La vegetación arbustiva está dominada por algunos individuos de sangregrado (*Jatropha dioica*), escobilla (*Isocoma spp.*) y gatuños pequeños (*Mimosa spp.*) dispersos.

c) Sauzal-Pirular (21° 55.167' N, 101° 47.518' O; 2205 m snm: Fig. 3, 4; Tabla 1)

Este sistema xeroripario se encuentra en el rancho Las Bateas, en el municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal. En este sistema las formas arborescentes y arbustivas que dominan pertenecen a los géneros *Salix*, *Schinus*, *Vachellia*, *Baccharis* y *Mimosa*. El cauce es recto ($\text{Ís} < 1.1$) y la pendiente es de 2.4 %. El sustrato es principalmente arenoso. Hay un manantial del que brota agua todo el año. El sistema xeroripario está rodeado por matorral xerófilo abierto en el que dominan huizaches y que se usa para producir ganado de lidia.

Los tres sitios muestreados fueron los siguientes:

- Sauzal. Este sitio se encuentra en la parte más alta del sistema, el cauce está encañonado. El componente más notorio de la vegetación arborescente son sauces (*Salix sp.*) y algunos pirules dispersos, mientras que los componentes arbustivos más notorios son jaras.

- Pirular-Jaral. Este sitio se encuentra en la parte media del sistema, el cauce está semiabierto. El componente más notorio de la vegetación arborescente son pirules, mientras que jaras son el componente arbustivo más notorio.

- Pirular-Huizachera. Este sitio se encuentra en la parte baja del sistema, el cauce está semiabierto. Los componentes más notorios de la vegetación arborescente son pirules y huizaches, y de la vegetación arbustiva gatuños y nopales dispersos.

2.3 Monitoreo de aves

Las aves se muestrearon mensualmente de septiembre de 2019 a marzo de 2020, por lo que cubrió las épocas migratorias de otoño y primavera, al igual que la invernal de las aves; es decir, toda la época no reproductiva (*sensu* Leonard, 2016). Las aves se identificaron y contaron durante tres días consecutivos en cada sitio de estudio, una vez por mes. La observación de aves se realizó dos horas por la mañana a partir del amanecer y dos por la tarde antes de la puesta del sol, ya que son los horarios de mayor actividad de las aves.

En cada sitio de estudio, dentro de cada sistema xeroripario, registré las aves con el método de puntos de conteo (Hennings y Edge, 2003; Brand et al., 2008; Merrit y Bateman, 2012). En cada sitio establecí tres estaciones de conteo a lo largo del cauce, separadas 40 m entre sí, con dos puntos de conteo cada una, uno debajo del dosel en el centro del cauce (interno) y el otro contiguo al mismo en el borde del dosel fuera del cauce (externo; Fig. 5). En cada “día” de observación, consistente de una tarde y la mañana siguiente, muestreé una estación de conteo de cada uno de los sitios. El orden de revisión se estableció al azar, pero haciendo que cada sitio tuviera una estación de observación al comienzo de la jornada, otra a media jornada y la otra al final. Para la revisión de los puntos externo e interno consideré la disponibilidad de luz, comenzando por los puntos internos en el muestreo de la tarde y por los puntos externos en la mañana. El mismo orden de revisión de las estaciones lo apliqué a los tres sitios en un mes dado, pero se aleatorizó cada mes.

En cada punto de observación registré las especies de aves observadas y el número de individuos dentro del sistema ripario en un radio de 20 m, en un período de 10 min. Los criterios para considerar como diferentes los individuos de una especie observados en un punto de conteo fueron: ver a los individuos al mismo tiempo, en caso de dimorfismo sexual ver macho y hembra, que pasaran volando en la misma dirección (siempre y cuando salieran del y/o entraran al sistema ripario), o bien, que se observaran en lados opuestos dentro del sistema ripario.

No consideré las aves que solo se observaron fuera o volando sobre el sistema ripario. Para la riqueza consideré el número de especies diferentes en cada sitio cada mes. De los valores obtenidos en los cuatro conteos (tarde y mañana, externo e interno) consideré el número máximo de individuos de cada especie consignada como la mejor aproximación de la abundancia (Merrit y Bateman, 2012; Li et al., 2019). Para cada sitio, por localidad y mes de muestreo sumé los tres valores correspondientes a las tres estaciones de observación, esto para cada especie.

Para la observación de aves utilicé binoculares y para su identificación, la guía de aves de Norteamérica de National Geographic (Dunn y Alderfer, 2017). Para verificar el nombre de las especies de aves consulté American Ornithological Society (Chesser, 2019).

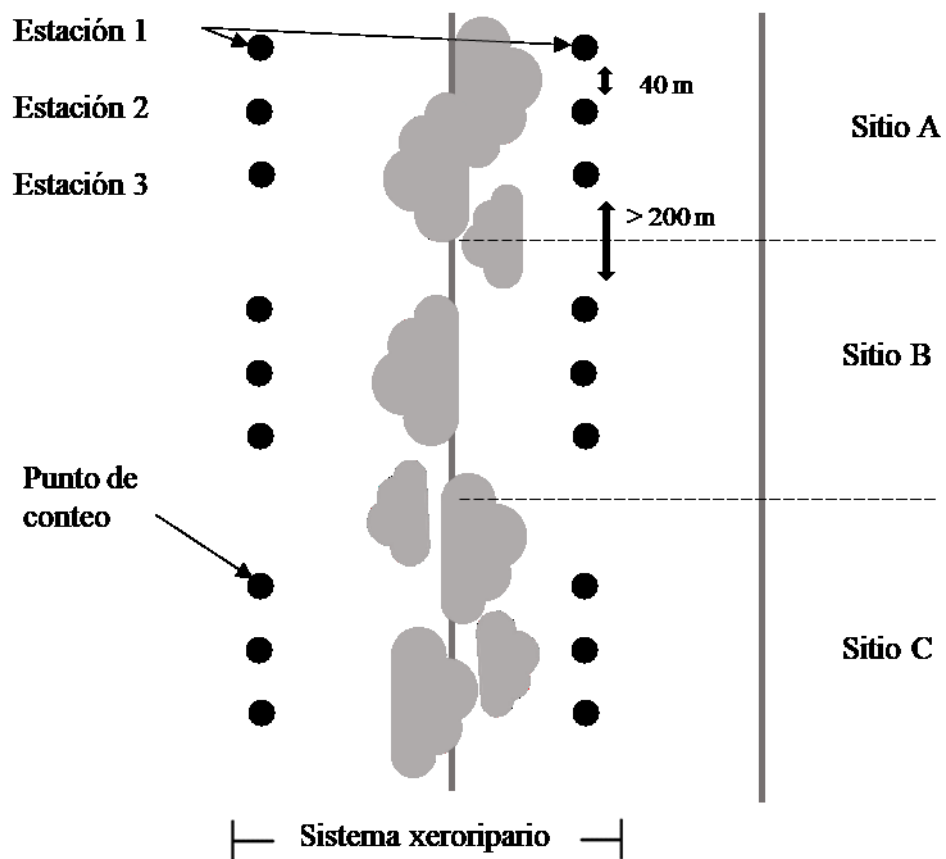


Figura 5. Distribución espacial de los puntos de observación de aves en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano.

2.4 Atributos de la vegetación

Se midieron una serie de atributos de la vegetación que, de acuerdo con la literatura, se saben regulan de forma importante la riqueza y abundancia de las aves en este estudio. Los atributos fueron la composición de la vegetación, la estructura vertical de la vegetación, la cobertura de herbáceas y la cobertura del dosel. La composición y estructura vertical de la vegetación se determinó en una ocasión, pero la cobertura de herbáceas y la cobertura de dosel se midieron en cada período de muestreo.

Para describir la composición de la vegetación consideré el número de especies de árboles y arbustos y el número de individuos en la superficie abarcada por la estación de observación. La estructura vertical de la vegetación la determiné considerando la altura de los diferentes estratos de la vegetación, para lo cual se midió la altura de árboles y arbustos. Para medir la altura de árboles y arbustos utilicé la distancia recta al tronco del árbol y el ángulo a la cima de este, mismos que obtuve con un distanciómetro y clinómetro, y aplicando la fórmula:

$$\text{Altura} = (\text{Distancia}) * (\text{Tan } \theta)$$

En el caso de las herbáceas, para determinar la diversidad de altura foliar utilicé un tablero de 30 cm de ancho dividido en franjas cada 25 cm de altura (0-25, 25-50, 50-75 y 75-100). Este fue colocado a 10 m de distancia de cada punto de conteo interno en cuatro direcciones, dos paralelas y dos perpendiculares al cauce del arroyo, y se anotó el porcentaje de obstrucción visual en cada franja. Con los datos de obstrucción calculé un índice de la diversidad de altura de herbáceas utilizando el índice de entropía de Shannon. Para ello, la obstrucción visual en cada franja como sinónimo de “abundancia”.

Para determinar la cobertura de herbáceas, en cada lugar donde coloqué el tablero calculé el porcentaje de cobertura de herbáceas.

La cobertura del dosel la determiné con base en cuatro fotografías del dosel desde el punto interno de cada estación de observación, dos a lo largo del eje del arroyo y dos de manera perpendicular a él. Las fotografías las tomé con una inclinación de 30° de la vertical. De cada fotografía calculé el porcentaje de obstrucción de la vegetación y de las cuatro fotografías obtuve un promedio. Para que el cálculo del porcentaje de obstrucción fuera preciso utilicé Photoshop, calculando el porcentaje a partir de los pixeles donde hubiera vegetación.

2.5 Análisis estadístico

Para determinar si documenté la mayoría de las especies de aves en los sistemas xeroriparios en relación con el esfuerzo de muestreo, realicé curvas de acumulación de especies en general y por sistema xeroripario. Si las curvas de acumulación de especies se acercaron a una asíntota consideré que registré la mayoría de las especies en estos sistemas, en caso contrario de seguir acumulándose especies consideré que se requería un mayor esfuerzo de muestreo.

Evalué las diferencias en la riqueza y abundancia de aves en general y de las especies residentes y migratorias, entre los sistemas xeroriparios y períodos de muestreo, y entre los sitios y períodos de muestreo en cada sistema xeroripario. Para ello, utilicé Análisis de Varianza (ANOVA) de dos vías, complementados con la prueba de Tukey cuando se detectaron diferencias significativas. Previo a dichos análisis estadísticos determiné si los datos cumplían los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianzas requeridos en pruebas paramétricas. Cuando no los cumplieron utilicé la prueba de Kruskal-Wallis para realizar los análisis, complementada con la prueba de Dunn.

También compare la composición de las comunidades de aves entre los sistemas xeroriparios, entre los sitios dentro de los sistemas xeroriparios y entre los periodos de muestreo. Para ello, utilicé el índice de similitud de Jaccard.

Para comparar la composición de la vegetación analicé si había diferencias en la riqueza y abundancia de árboles y arbustos por separado entre los sistemas xeroriparios, y entre los sitios en cada sistema xeroripario por medio de un ANOVA de una vía. Analicé si había diferencias en la altura de árboles y arbustos por separado entre los sistemas xeroriparios, y entre los sitios en cada sistema xeroripario por medio de un ANOVA de una vía. Analicé si había diferencias en la diversidad de altura foliar y cobertura de herbáceas entre los sistemas xeroriparios y entre períodos de muestreo, y entre sitios y períodos de muestreo en cada sistema xeroripario con una ANOVA de dos vías. En los casos en que no se cumplieran los supuestos de la ANOVA, se siguió el mismo procedimiento que para la comparación de riqueza y abundancia de aves.

Para determinar la relación entre la riqueza y abundancia de aves con los diferentes atributos de la vegetación utilicé análisis de regresión lineal. En caso de que los datos no cumplieron los supuestos de las pruebas paramétricas utilicé pruebas de correlación de Spearman. Para las gráficas de relación se consideraron nueve puntos dados por los nueve sitios en el caso de composición y altura de la vegetación,

y 27 puntos dados por los nueve sitios y siete periodos de muestreo en el caso de cobertura de herbáceas y de dosel.

En el texto incluyo solamente los resultados de los análisis que fueron estadísticamente significativos; los que no lo fueron y los valores de similitud de Jaccard entre los periodos de muestreo se encuentran en los anexos. En todos los casos, consideré que había diferencias significativas cuando obtuve una $\alpha \leq 0.05$. El análisis de datos se realizó con el paquete estadístico STATISTICA.

Capítulo 3. Resultados

3.1 Aves documentadas

En los tres sistemas xeroriparios, durante siete períodos de muestreo y con un esfuerzo de muestreo de 126 horas de observación, documenté 936 individuos de 48 especies de aves (Tabla 2), de las cuales *Spizella passerina* fue la especie más abundante, con 149 individuos. Todas las especies documentadas son nativas de México. Las especies de aves documentadas corresponden a siete órdenes y 21 familias, de las cuales Passerellidae fue la familia con más especies (9; Tabla 2). Treinta especies fueron residentes y dieciocho, migratorias. Las especies de aves documentadas fueron principalmente insectívoras (24 especies), seguidas por granívoras (13), omnívoras, nectarívoras y carnívoras (3 c/u) y frugívoras y piscívoras (1 c/u).

Además de las 48 especies de aves documentadas durante los muestreos, registré 12 especies que hicieron uso de los sistemas xeroriparios, pero fuera del área y tiempo de muestreo (Tabla 3).

La curva de acumulación de especies en los sistemas xeroriparios durante los periodos de muestreo alcanzó la asíntota (Fig. 6). Por sistema xeroripario, la curva de acumulación de especies alcanzó la asíntota en el Cedral-Encinar, pero no así el Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular (Fig. 6).

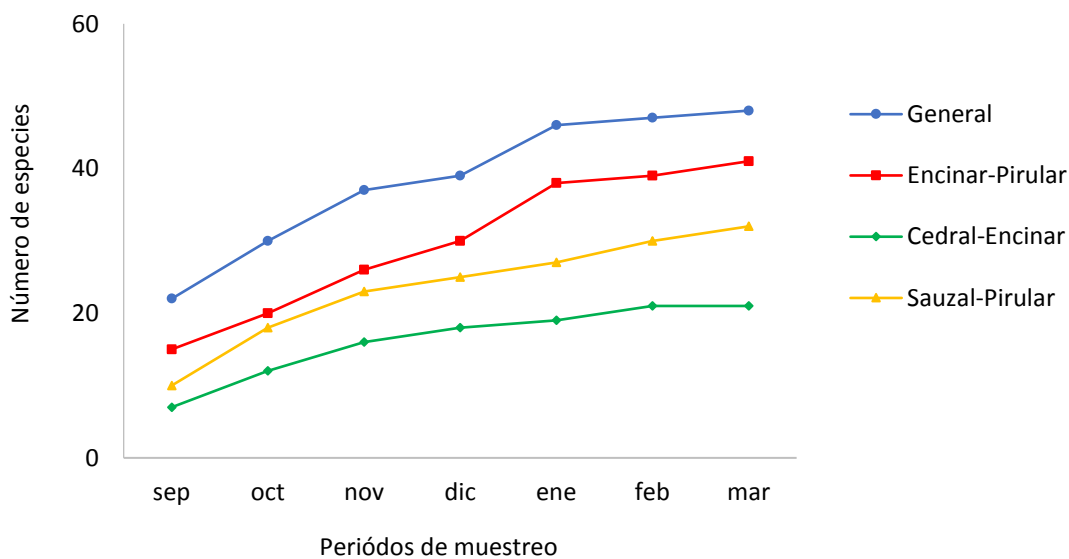


Figura 6. Curvas de acumulación de especies durante el período de estudio en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano.

Tabla 2. Abundancia relativa (media \pm error estándar) de las especies de aves documentadas en tres sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Las especies migratorias se indican con un (*).

Especies	Encinar-Pirular			Cedral-Encinar			Sauzal-Pirular		
	Encinar	Pirular	Pirular-Nopalera	Encinar-Cedral	Cedral	Cedral-Izotal	Sauzal	Pirular-Jaral	Pirular-Huizachera
Ardeidae									
<i>Ardea herodias</i> *	0	0.14 \pm 0.38	0	0	0	0	0	0	0
Accipitridae									
<i>Accipiter striatus</i>	0	0	0.14 \pm 0.38	0.14 \pm 0.38	0.14 \pm 0.38	0	0.14 \pm 0.38	0	0
<i>Accipiter cooperii</i> *	0	0.14 \pm 0.38	0	0	0	0	0	0	0
Columbidae									
<i>Zenaida asiatica</i>	1.57 \pm 46	0.57 \pm 0.40	1.29 \pm 0.50	2.86 \pm 0.56	0.29 \pm 0.35	0.43 \pm 0.46	0.14 \pm 0.38	0.57 \pm 0.40	1.43 \pm 0.58
<i>Zenaida macroura</i>	0	0.14 \pm 0.38	0.57 \pm 0.57	0	0	0	0	0	0
Tytonidae									
<i>Tyto furcata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0.14 \pm 0.38	0
Trochilidae									
<i>Archilochus alexandri</i> *	0.14 \pm 0.38	0.29 \pm 0.35	0.57 \pm 0.40	0	0.14 \pm 0.38	0	0	0	0
<i>Selasphorus rufus/sasin</i> *	0.43 \pm 0.46	0.57 \pm 0.40	0	0	0	0	0	0	0.14 \pm 0.38
<i>Cyananthus latirostris</i>	0	0.29 \pm 0.35	0	0	0	0	0.14 \pm 0.38	0	0
Picidae									
<i>Melanerpes aurifrons</i>	0	0.71 \pm 0.22	0.14 \pm 0.38	0	0.14 \pm 0.38	0.14 \pm 0.38	0.14 \pm 0.38	0.14 \pm 0.38	0.14 \pm 0.38
<i>Dryobates scalaris</i>	0	0.29 \pm 0.54	0.29 \pm 0.54	0	0	0	0	0	0.43 \pm 0.31
Tyrannidae									
<i>Empidonax wrightii</i> *	0	0.29 \pm 0.54	0.29 \pm 0.35	0.14 \pm 0.38	0	0.71 \pm 0.50	0.43 \pm 0.46	1.43 \pm 0.36	1.86 \pm 0.52
<i>Empidonax occidentalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0.14 \pm 0.38	0

<i>Sayornis nigricans</i>	0.14 ± 0.38	0.43 ± 0.46	0	0	0	0	0.71 ± 0.50	1.00 ± 0.31	0
<i>Sayornis saya</i>	0	0.14 ± 0.38	0.14 ± 0.38	0.14 ± 0.37	0.29 ± 0.35	0.14 ± 0.38	0	0	0
<i>Myiarchus cinerascens</i> *	0	0.14 ± 0.38	0.14 ± 0.38	0	0	0	0.14 ± 0.38	0.14 ± 0.38	0
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0	0.14 ± 0.38	0	0	0	0	0	0	0
Corvidae									
<i>Aphelocoma woodhouseii</i>	0	0	1.29 ± 0.42	1.71 ± 0.55	2.57 ± 0.56	1.57 ± 0.52	0	0.14 ± 0.38	0.29 ± 0.54
Remizidae									
<i>Auriparus flaviceps</i>	0	0.29 ± 0.35	0	0	0	0	0	0	0.57 ± 0.49
Aegithalidae									
<i>Psaltriparus minimus</i>	0	0.29 ± 0.54	1.14 ± 0.66	3.14 ± 1.16	0	0	0.29 ± 0.54	1.86 ± 1.14	1.00 ± 1.00
Troglodytidae									
<i>Troglodytes aedon</i>	0	0.86 ± 0.37	0.71 ± 0.50	0.43 ± 0.46	0.29 ± 0.35	0	0.14 ± 0.38	0.43 ± 0.46	0
<i>Thryomanes bewickii</i>	0	0.71 ± 0.34	0.43 ± 0.46	0.29 ± 0.35	0	0	0.71 ± 0.34	0.14 ± 0.38	0.71 ± 0.34
<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14 ± 0.38
Poliophtilidae									
<i>Poliophtila caerulea</i>	0.14 ± 0.38	0.29 ± 0.35	0	0.14 ± 0.38	0	0	0.14 ± 0.38	0.29 ± 0.54	0.29 ± 0.35
Regulidae									
<i>Regulus calendula</i> *	0.43 ± 0.31	2.29 ± 0.38	0	1.14 ± 0.32	0.29 ± 0.35	1.14 ± 0.52	2.29 ± 0.38	2.43 ± 0.49	0.14 ± 0.38
Turdidae									
<i>Catharus guttatus</i> *	0	0	0	0	0	0.14 ± 0.38	0.29 ± 0.35	0.29 ± 0.35	0
<i>Turdus migratorius</i>	0	1.71 ± 0.64	0	0	0	0	0.14 ± 0.38	0.86 ± 0.60	0
Mimidae									
<i>Melanotis caerulescens</i>	0	0.14 ± 0.38	0	0	0	0	0	0	0
<i>Toxostoma curvirostre</i>	0	0.14 ± 0.38	0	0	0	0	0.14 ± 0.38	0.14 ± 0.38	0.14 ± 0.38
<i>Mimus polyglottos</i>	0	0.29 ± 0.35	0.29 ± 0.54	0	0	0.14 ± 0.38	0.71 ± 0.34	2.14 ± 0.18	0.14 ± 0.38

Parulidae

<i>Leiothlypis celata</i> *	0.29 ± 0.54	0.43 ± 0.31	0.29 ± 0.35	0	0	0	0	0.57 ± 0.57	0
<i>Setophaga coronata</i> *	0	0.29 ± 0.35	0.29 ± 0.35	1.14 ± 0.43	0.29 ± 0.35	0.29 ± 0.35	1.00 ± 0.85	6.86 ± 0.88	0
<i>Setophaga townsendi</i> *	0	0	0	0.14 ± 0.38	0.14 ± 0.38	0.14 ± 0.38	0	0	0
<i>Cardellina pusilla</i> *	0	0.86 ± 0.44	0.14 ± 0.38	0	0	0	0.57 ± 0.27	0.43 ± 0.46	0

Ptiliognatidae

<i>Phainopepla nitens</i>	0	0.14 ± 0.38	0.43 ± 0.31	0	1.43 ± 1.20	2.00 ± 0.86	0	0	0
---------------------------	---	-------------	-------------	---	-------------	-------------	---	---	---

Passerellidae

<i>Pipilo chlorurus</i> *	0	0.14 ± 0.38	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pipilo maculatus</i>	0	3.29 ± 0.40	0.57 ± 0.27	0	0	0	0.86 ± 0.44	0.71 ± 0.50	0
<i>Melospiza fusca</i>	0	0.71 ± 0.34	1.00 ± 0.58	0	0	0	1.00 ± 0.49	1.00 ± 0.38	1.71 ± 0.50
<i>Spizella passerina</i>	1.71 ± 0.47	5.43 ± 0.95	4.43 ± 1.15	2.14 ± 1.47	0.71 ± 0.67	0.29 ± 0.54	0.29 ± 0.35	3.14 ± 0.88	3.14 ± 0.87
<i>Spizella pallida</i> *	0	2.86 ± 1.03	0.71 ± 0.85	0	0	0	0	0	0
<i>Spizella atrogularis</i>	0	0	0.29 ± 0.54	0	0	0	0	0	0
<i>Poocetes gramineus</i> *	0	0.71 ± 0.67	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chondestes grammacus</i> *	0	0	0	0	0	0	0	0.29 ± 0.35	0
<i>Melospiza lincolni</i> *	0	2.00 ± 0.68	0.29 ± 0.35	0	0	0	0	1.00 ± 0.58	0

Cardinalidae

<i>Piranga ludoviciana</i> *	0	0	0	0	0.29 ± 0.54	0	0	0	0
------------------------------	---	---	---	---	-------------	---	---	---	---

Icteridae

<i>Icterus parisorum</i>	0.29 ± 0.35	0	0.14 ± 0.38	0	0	0	0	0	0
--------------------------	-------------	---	-------------	---	---	---	---	---	---

Fringillidae

<i>Haemorhous mexicanus</i>	0.29 ± 0.35	0	0	0	0	0.43 ± 0.66	0	0	0
<i>Spinus psaltria</i>	0	1.00 ± 0.44	0	0	2.00 ± 0.81	0	0	0.57 ± 0.57	0

Tabla 3. Especies de aves documentadas en sistemas xeroriparios, fuera del área y tiempo de muestreo, en el sur del Altiplano Mexicano. Las especies migratorias se indican con un (*).

Especies
Ardeidae
<i>Ncticorax ncticorax</i>
Cathartidae
<i>Cathartes aura</i>
Charadriidae
<i>Charadrius vociferus</i>
Scolopacidae
<i>Gallinago delicata</i> *
Cuculidae
<i>Geococcyx californianus</i>
Strigidae
<i>Bubo virginianus</i>
Trochilidae
<i>Archilochus colubris</i> *
Picidae
<i>Sphyrapicus varius</i> *
Parulidae
<i>Basileuterus rufifrons</i>
Cardinalidae
<i>Cardinalis cardinalis</i>
<i>Passerina caerulea</i>
Icteridae
<i>Icterus cucullatus</i> *

3.1.1 Riqueza y abundancia de aves

La riqueza y abundancia de aves en el Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular fueron significativamente mayores que la riqueza y abundancia en el Cedral-Encinar ($H= 14.28$, $p < 0.01$; $H= 8.93$, $p= 0.01$, respectivamente; Fig. 7). No detecté diferencias significativas en la riqueza y abundancia de aves entre los períodos de muestreo (Fig. 8). El Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular fueron los sistemas con mayor similitud ($I_j=0.38$,

SE=0.06) que el Encinar-Pirular y Cedral-Encinar y el Cedral-Encinar y Sauzal-Pirular ($I_j=0.24$, SE=0.05 y $I_j=0.21$, SE=0.09, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

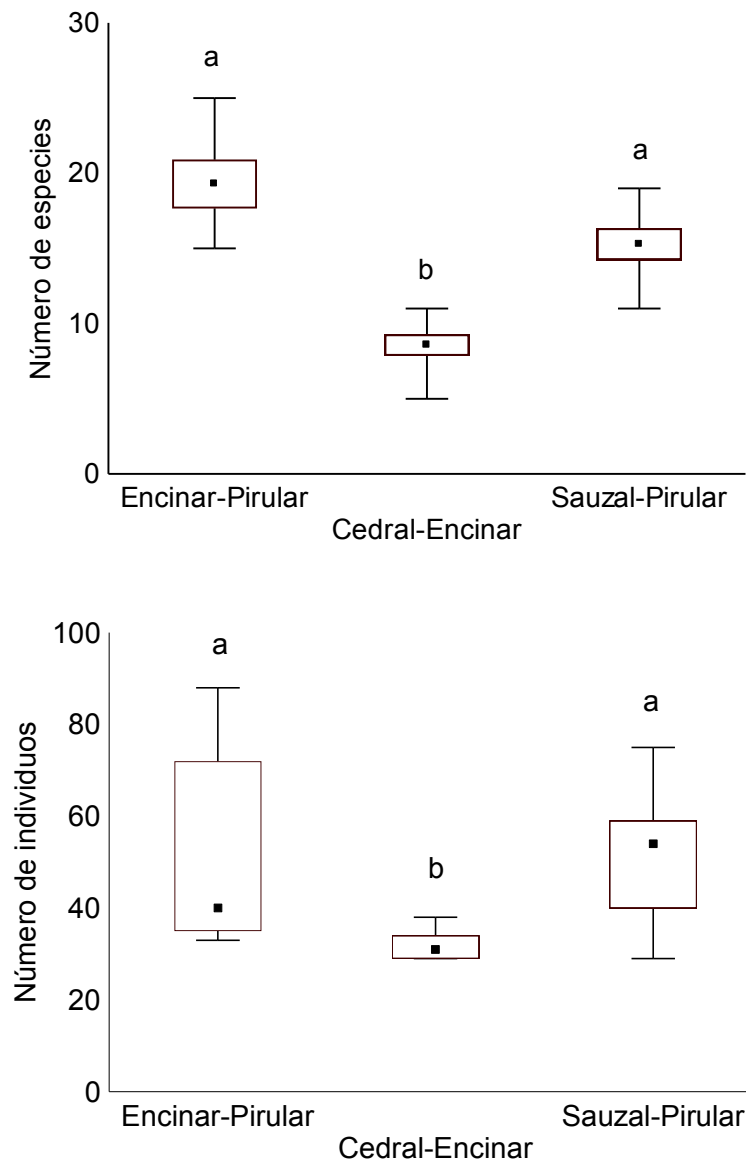


Figura 7. Riqueza (panel superior) y abundancia (panel inferior) de aves en cada uno de los sistemas xeroriparios (media \pm error estándar) en el sur del Altiplano Mexicano. Las literales diferentes indican diferencias significativas.

En el Encinar-Pirular, la riqueza y abundancia de aves fueron significativamente diferentes entre los sitios de monitoreo ($H= 11.96$, $p < 0.01$; $H= 10.90$; $p < 0.01$, respectivamente). El Pirular tuvo una riqueza y abundancia significativamente mayores que el Encinar, mientras que el Pirular-Nopalera no fue

significativamente diferente de ninguno de los dos en ambas variables de respuesta. No detecté diferencias significativas en la riqueza y abundancia de aves entre los períodos de muestreo en ninguno de los sitios. La similitud entre los tres sitios fue similar ($I_j=0.13$, $SE=0.05$, $I_j=0.12$, $SE=0.07$ y $I_j=0.16$, $SE=0.13$, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

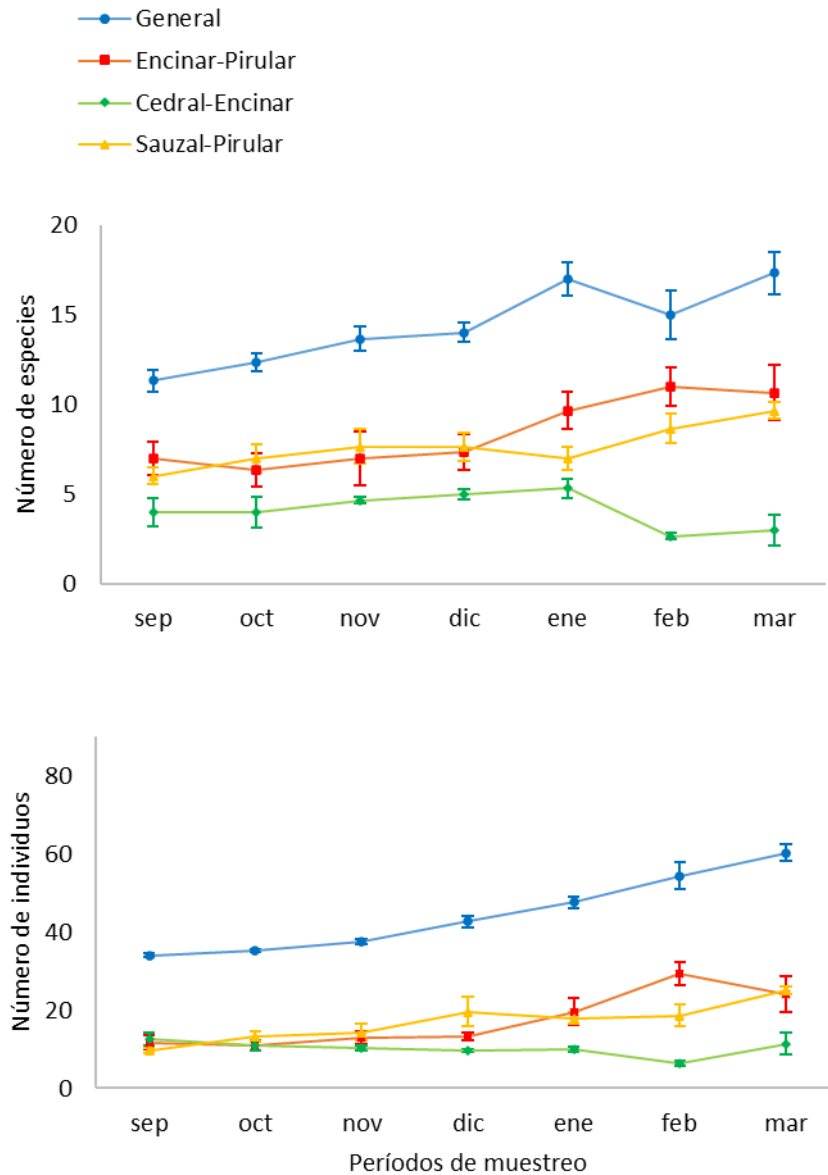


Figura 8. Variación de la riqueza (panel superior) y abundancia (panel inferior) de aves en general y en cada uno de los sistemas xeroriparios (media \pm error estándar) entre los períodos de muestreo.

En el Cedral-Encinar, ni los sitios ni los períodos de muestreo fueron significativamente diferentes entre sí en riqueza ($F_{2, 12} = 0.07$, $p = 0.93$; $F_{6, 12} = 0.62$, $p = 0.71$, respectivamente) y abundancia ($F_{2, 18} = 1.17$, $p = 0.33$; $H = 1.79$, $p = 0.93$, respectivamente) de aves. La similitud entre los tres sitios fue similar ($I_j = 0.22$, $SE = 0.14$, $I_j = 0.23$, $SE = 0.03$ y $I_j = 0.22$, $SE = 0.11$, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

En el Sauzal-Pirular, la riqueza de especies de aves en el Pirular-Jaral fue significativamente mayor que aquella en el Pirular-Huizachera ($H = 9.06$; $p = 0.01$), mientras que la del Sauzal no fue significativamente diferente de ninguno de los dos. La abundancia de aves en el Pirular-Jaral fue significativamente mayor que la que hubo en el Sauzal ($H = 8.63$; $p = 0.01$), mientras que la abundancia en el Pirular-Huizachera no fue significativamente diferente de ninguno de los otros dos sitios. No detecté diferencias significativas en la riqueza y abundancia de aves entre los períodos de muestreo en ninguno de los sitios. El Sauzal-Pirular y el Pirular-Jaral fueron los sistemas con mayor similitud ($I_j = 0.31$, $SE = 0.09$) que el Pirular-Jaral y Pirular-Huizachera y el Sauzal-Pirular y Pirular-Huizachera ($I_j = 0.23$, $SE = 0.11$ y $I_j = 0.11$, $SE = 0.09$, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

3.1.2 Riqueza y abundancia de aves residentes y migratorias

La riqueza de aves residentes fue significativamente diferente entre los sistemas xeroriparios ($F_{2, 12} = 17.78$, $p < 0.01$), y la del Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular, que no fueron significativamente diferentes entre sí, fueron significativamente mayores que el Cedral-Encinar. No detecté diferencias significativas en la abundancia de aves residentes entre los sistemas xeroriparios ($H = 2.46$, $p = 0.29$; Fig. 9). Tampoco detecté diferencias significativas en la riqueza y abundancia de aves residentes entre los períodos de muestreo ($F_{6, 12} = 1.48$, $p = 0.26$; $H = 6.09$, $p = 0.41$, respectivamente; Fig. 10). El Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular fueron los sistemas con mayor similitud ($I_j = 0.38$, $SE = 0.08$) que el Encinar-Pirular y Cedral-Encinar y el Cedral-Encinar y Sauzal-Pirular ($I_j = 0.28$, $SE = 0.07$ y $I_j = 0.15$, $SE = 0.09$, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

La riqueza de aves migratorias en el Encinar-Pirular fue significativamente mayor que en el Cedral-Encinar ($H = 10.44$; $p < 0.01$), mientras que el Sauzal-Pirular no fue significativamente diferente de los dos. La abundancia de aves migratorias en el Sauzal-Pirular fue significativamente mayor que en el Cedral-

Encinar ($H= 12.19$; $p< 0.01$), mientras que el Encinar-Pirular no fue significativamente diferente de los otros dos (Fig. 9). No detecté diferencias significativas en la riqueza y abundancia de aves migratorias entre los períodos de muestreo ($H= 5.85$, $p= 0.43$; $H= 5.13$, $p= 0.52$, respectivamente; Fig. 10). El Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular y Cedral-Encinar y Sauzal-Pirular fueron los sistemas con mayor similitud ($I_j=0.38$, $SE=0.12$ y $I_j=0.37$, $SE=0.13$, respectivamente) mayor que el Encinar-Pirular y Cedral-Encinar ($I_j=0.17$, $SE=0.1$). También hay un alto recambio entre meses.

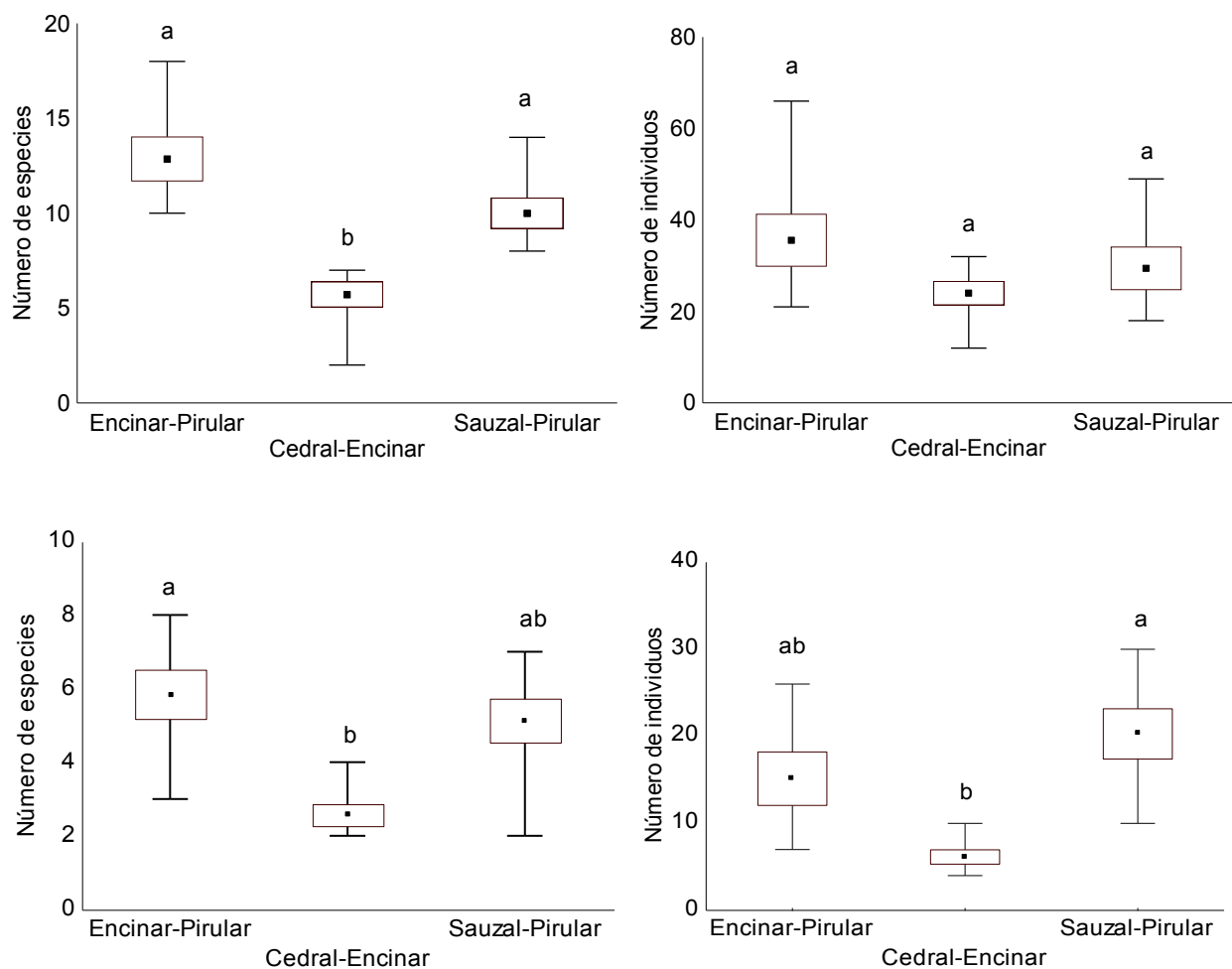


Figura 9. Riqueza y abundancia de aves residentes (panel superior) y migratorias (panel inferior) en cada uno de los sistemas xeroriparios (media \pm error estándar) en el sur del Altiplano Mexicano. Las literales diferentes indican diferencias significativas.

En el Encinar-Pirular, la riqueza y abundancia de aves residentes fueron significativamente diferentes entre los sitios ($H= 11.26$; $p< 0.01$; $H= 8.4$; $p= 0.01$, respectivamente). El Pirular tuvo una riqueza

y abundancia significativamente mayores que el Encinar, mientras que el Pirular-Nopalera no fue significativamente diferente de ninguno de los dos. No detecté diferencias significativas en la riqueza y abundancia de aves residentes entre los períodos de muestreo (Fig. 11). La similitud entre los tres sitios fue similar ($I_j=0.10$, $SE=0.1$, $I_j=0.12$, $SE=0.1$ y $I_j=0.16$, $SE=0.12$, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

La riqueza y abundancia de aves migratorias fueron significativamente diferentes entre los sitios ($H= 13.56$; $p < 0.01$; $H= 12.79$; $p < 0.01$, respectivamente). El Pirular tuvo una riqueza y abundancia significativamente mayores que el Encinar, mientras que el Pirular-Nopalera no fue significativamente diferente de ninguno de los otros dos. No detecté diferencias significativas en la riqueza y abundancia de aves migratorias entre los períodos de muestreo (Fig. 11). La similitud entre los tres sitios fue similar ($I_j=0.2$, $SE=0.13$, $I_j=0.11$, $SE=0.22$ y $I_j=0.2$, $SE=0.21$, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

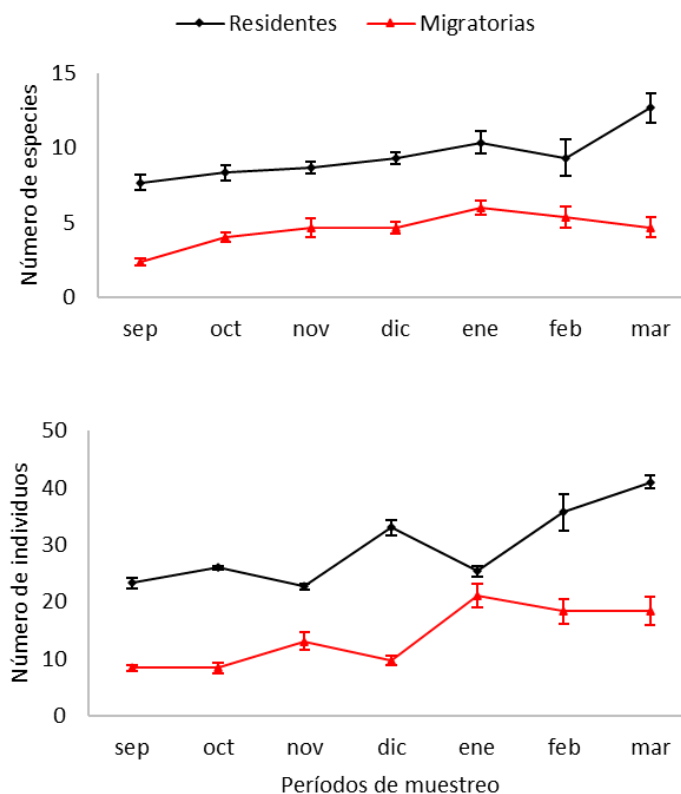


Figura 10. Variación de la riqueza (panel superior) y abundancia (panel inferior) de aves residentes y migratorias (media \pm error estándar) entre los períodos de muestreo.

En el Cedral-Encinar, ni los sitios ni los períodos de muestreo fueron significativamente diferentes en su riqueza ($F_{2, 12} = 0.24$, $p = 0.78$; $F_{6, 12} = 0.58$, $p = 0.73$, respectivamente) y abundancia ($H = 2.12$, $p = 0.34$; $H = 2.05$, $p = 0.91$, respectivamente) de aves residentes (Fig. 11). Tampoco en su riqueza ($H = 1.61$, $p = 0.44$; $H = 3.66$, $p = 0.72$, respectivamente) y abundancia ($H = 2.94$, $p = 0.22$; $H = 3.7$, $p = 0.71$, respectivamente) de aves migratorias (Fig. 11). El Cedral y Cedral-Izotal fueron los sistemas con mayor similitud de aves residentes ($I_j = 0.27$, $SE = 0.16$) que el Cedral-Encinar y Cedral y el Cedral-Encinar y Cedral-Izotal ($I_j = 0.21$, $SE = 0.14$ y $I_j = 0.10$, $SE = 0.12$, respectivamente). El Cedral-Encinar y Cedral-Izotal fueron los sistemas con mayor similitud de aves residentes ($I_j = 0.40$, $SE = 0.11$) que el Cedral-Encinar y Cedral y el Cedral y Cedral-Izotal ($I_j = 0.33$, $SE = 0.27$ y $I_j = 0.10$, $SE = 0.22$, respectivamente). De especies residentes como de especies migratorias hay un alto recambio entre meses.

En el Sauzal-Pirular, ni los sitios ni los períodos de muestreo fueron significativamente diferentes en su riqueza y abundancia de aves residentes (Fig. 11). El Sauzal-Pirular y el Pirular-Jaral fueron los sistemas con mayor similitud ($I_j = 0.30$, $SE = 0.08$) que el Pirular-Jaral y Pirular-Huizachera y el Sauzal-Pirular y Pirular-Huizachera ($I_j = 0.23$, $SE = 0.16$ y $I_j = 0.11$, $SE = 0.09$, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

La riqueza de aves migratorias en el Pirular-Jaral fue significativamente mayor que la que hubo en el Sauzal y el Pirular-Huizachera ($F_{2, 12} = 11.68$, $p < 0.01$). La abundancia de aves migratorias fue significativamente mayor en el Pirular-Jaral que en el Pirular-Huizachera ($H = 10.58$; $p < 0.01$), mientras que la abundancia en el Sauzal no fue significativamente diferente de ninguno de los otros sitios. No detecté diferencias significativas en la riqueza $F_{6, 12} = 0.88$, $p = 0.53$ y abundancia ($H = 1.52$, $p = 0.95$) de aves migratorias entre los períodos de muestreo (Fig. 11). El Sauzal-Pirular y el Pirular-Jaral fueron los sistemas con mayor similitud ($I_j = 0.36$, $SE = 0.20$) que el Pirular-Jaral y Pirular-Huizachera y el Sauzal-Pirular y Pirular-Huizachera ($I_j = 0.11$, $SE = 0.22$ y $I_j = 0.24$, $SE = 0.11$, respectivamente). También hay un alto recambio entre meses.

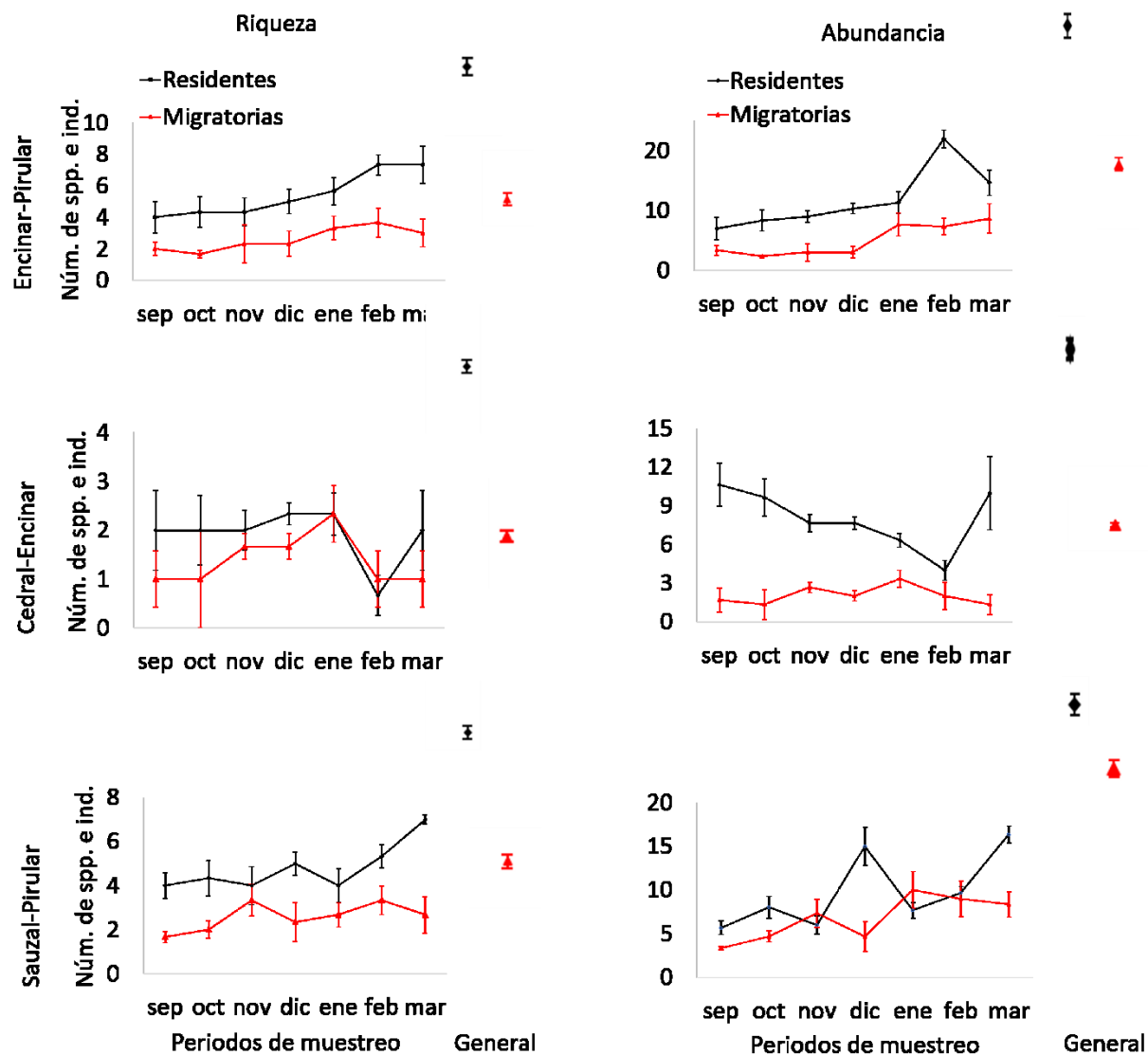


Figura 11. Variación de la riqueza (número de especies) y abundancia (número de individuos) de aves residentes y migratorias en los sistemas xeroriparios (media \pm error estándar) entre los períodos de muestreo. Los promedios (media \pm error estándar) de los sistemas se muestran a la derecha.

3.2 Atributos de la vegetación

3.2.1 Composición de la vegetación

En los tres sistemas xeroriparios conté 1,189 individuos de 11 formas arborescentes y 4,189 de 38 formas arbustivas. En la tabla 4 se muestran la descripción cuantitativa de los atributos de la vegetación

considerados para este estudio. No encontré diferencias significativas en la riqueza y abundancia ni de plantas arborescentes ni de arbustos entre los sistemas xeroriparios. A nivel de sistema, solo en el Cedral-Encinar encontré diferencias significativas entre sitios en la riqueza y abundancia de plantas leñosas, habiendo más individuos de especies arborescentes en el Cedral que en los otros dos sitios ($F_{2,6} = 9.12$, $p = 0.01$) y una mayor riqueza de arbustos en el Cedral-Izotal que en los otros dos sitios ($F_{2,6} = 20.27$, $p < 0.01$).

3.2.2 Altura de árboles y arbustos

No encontré diferencias significativas en la altura de árboles ($F_{2,6} = 2.21$, $p = 0.19$), ni en la altura de arbustos ($F_{2,6} = 3.57$, $p = 0.09$) entre los sistemas xeroriparios. No encontré diferencias significativas en la altura de árboles entre los sitios en ningún sistema xeroriparios. En el Encinar-Pirular detecté diferencias significativas en la altura de arbustos entre los sitios ($F_{2,6} = 24.98$, $p < 0.01$), donde la altura de los arbustos del Pirular fue mayor que la del Encinar y el Pirular-Nopalera, sin que entre estos hubiera diferencias significativas. En el Cedral-Encinar no detecté diferencias significativas en la altura de arbustos entre los sitios. En el Sauzal-Pirular detecté diferencias significativas en la altura de arbustos entre los sitios ($F_{2,6} = 27.98$, $p < 0.01$), donde la altura de los arbustos en el Sauzal y el Sauzal-Pirular, sin que hubiera diferencia entre ellos, fue mayor que en el Pirular-Huizachera.

3.2.3 Diversidad de altura foliar de herbáceas

Detecté diferencias significativas en la diversidad de altura foliar de herbáceas entre los sistemas xeroriparios ($H = 8.6$, $p = 0.1$). En el Encinar-Pirular la diversidad fue significativamente mayor que en el Sauzal-Pirular, mientras que la diversidad del Cedral-Encinar no fue significativamente diferente de los otros dos sitios. No encontré diferencias significativas en la diversidad de altura foliar de herbáceas entre los períodos de muestreo. Por sistema xeroripario, solo en el Cedral-Encinar encontré diferencias significativas en la diversidad de altura foliar de herbáceas entre los sitios ($F_{2,12} = 13.9$, $p < 0.01$), misma que en el Cedral-Izotal fue mayor que en los otros dos sitios. Por período de muestreo solo en el Sauzal-Pirular encontré diferencias en la diversidad de altura foliar de herbáceas ($H = 13.28$, $p = 0.03$), donde

septiembre no difirió de octubre y enero pero es significativamente mayor al resto de los meses, y octubre es significativamente mayor que febrero y marzo pero no difirió del resto de los meses.

3.2.4 Cobertura de herbáceas

La cobertura de herbáceas fue significativamente diferente entre los sistemas xeroriparios ($H= 14.20, p < 0.01$). Los valores de cobertura del Encinar-Pirular y del Sauzal-Pirular fue significativamente mayores a los del Cedral-Encinar, sin que hubiera diferencia entre ellas. No encontré diferencias significativas en la cobertura entre los períodos de muestreo. Encontré diferencias significativas en la cobertura de herbáceas en cada sistema xeroripario. En el Encinar-Pirular la cobertura del Pirular-Nopalera fue significativamente mayor que la del Encinar, y el Pirular no fue significativamente diferente de los dos ($H=16, p < 0.01$). En el Cedral-Encinar la cobertura del Encinar-Cedral y del Cedral fue significativamente mayor, sin que hubiera diferencia entre ellos, que el Cedral-Izotal ($F_{2,12}= 8.21, p < 0.01$). En el Sauzal-Pirular la cobertura del Pirular-Jaral fue significativamente mayor que la cobertura del Sauzal y Pirular-Huizachera sin que hubiera diferencia entre los mismos ($F_{2,12}= 25.18, p < 0.01$). No encontré diferencias en la cobertura entre los períodos de muestreo en ningún sistema xeroripario.

Tabla 4. Variables de la vegetación (media \pm desviación estándar) en sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. La riqueza de especies está expresada en el número de especies y la abundancia como el número de individuos. La diversidad de altura foliar se presenta como el valor del índice de entropía de Shannon. Valores significativamente diferentes ($p < 0.05$) se señalan con literales (a>b).

Variables de la vegetación	Encinar-Pirular			Cedral-Encinar			Sauzal-Pirular		
	Encinar	Pirular	Pirular-Nopalera	Encinar-Cedral	Cedral	Cedral-Izotal	Sauzal	Pirular-Jaral	Pirular-Huizachera
Composición de la vegetación									
Riqueza de árboles	2 \pm 0.69	5.33 \pm 0.13	3.33 \pm 0.16	6 \pm 0.24	6 \pm 0.24	5 \pm 0.26	4.66 \pm 0.13	4 \pm 0.29	4 \pm 0
Abundancia de árboles	17.33 \pm 1.18	37.66 \pm 0.99	48.66 \pm 1.51	43 \pm 1.63 ^b	85.66 \pm 0.97 ^a	37 \pm 0.99 ^b	59.33 \pm 0.91	41.66 \pm 2.67	26 \pm 0.49
Riqueza de arbustos	9.33 \pm 0.09	10 \pm 0.47	15.66 \pm 0.07	7.33 \pm 0.32	5.33 \pm 0.13	11 \pm 0.17	6.33 \pm 0.11	8.66 \pm 0.92	7.33 \pm 0.32
Abundancia de arbustos	105.3 \pm 2.09	223 \pm 3.66	195.3 \pm 0.58	112 \pm 1.96 ^b	79 \pm 2.77 ^b	143 \pm 2.29 ^a	204.6 \pm 2.15	245 \pm 8.27	89 \pm 2.22
Estructura vertical									
Altura de árboles	4.16 \pm 0.07	5.29 \pm 0.13	4.16 \pm 0.06	3.67 \pm 0.09	3.24 \pm 0.05	3.83 \pm 0.06	5.37 \pm 0.11	5.42 \pm 0.12	3.56 \pm 0.10
Altura de arbustos	0.75 \pm 0.03 ^b	1.78 \pm 0.03 ^a	1.08 \pm 0.02 ^b	0.63 \pm 0.03	0.61 \pm 0.03	0.63 \pm 0.03	1.65 \pm 0.02 ^a	1.57 \pm 0.02 ^a	0.98 \pm 0.04 ^b
Diversidad de altura foliar herbáceas	1.43 \pm 0.05	1.18 \pm 0.18	0.78 \pm 0.16	0.98 \pm 0.08 ^b	0.72 \pm 0.17 ^b	1.4 \pm 0.04 ^a	0.41 \pm 0.34	0.45 \pm 0.21	0.67 \pm 0.26
Cobertura de herbáceas	25.3 \pm 0.65 ^b	57.9 \pm 0.91 ^{ab}	86.5 \pm 0.43 ^a	19.8 \pm 0.51	23.4 \pm 0.35	9.5 \pm 1.03	45.17 \pm 0.61	69.1 \pm 0.52	36.1 \pm 0.63
Cobertura de dosel	86.2 \pm 0.23 ^a	21.8 \pm 0.16 ^b	28.3 \pm 0.22 ^{ab}	34.8 \pm 0.19 ^b	51.6 \pm 0.20 ^a	34.6 \pm 0.23 ^b	61.3 \pm 0.22 ^a	23.2 \pm 0.21 ^b	33.8 \pm 0.26 ^{ab}

3.2.5 Cobertura de dosel

La cobertura de dosel fue significativamente diferente entre los sistemas xeroriparios ($F_{2,12}=44.04$, $p < 0.01$), la cobertura del Encinar-Pirular fue mayor que la del Cedral-Encinar y el Sauzal-Pirular sin que entre estas hubiera diferencias (Fig. 12). También encontré diferencias significativas en la cobertura entre los períodos de muestreo ($F_{6,12}=11.59$, $p < 0.01$), la cobertura de septiembre y octubre fue significativamente mayor que la cobertura de marzo sin que entre los demás meses hubiera diferencias entre ellos ni con estos (Fig. 13).

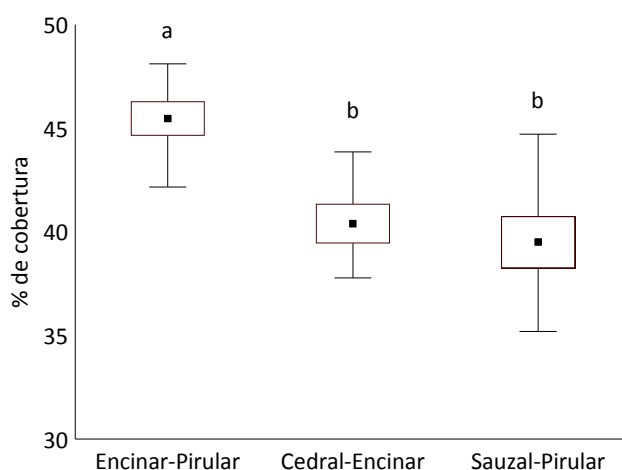


Figura 12. Porcentaje de la cobertura del dosel (media \pm error estándar) en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Literales diferentes sobre las barras señalan diferencias significativas entre los sistemas ($p \leq 0.05$).

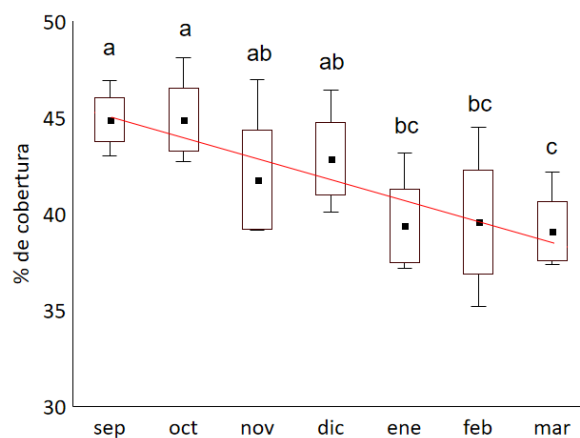


Figura 13. Variación temporal de la cobertura del dosel (media \pm error estándar) en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Literales diferentes sobre las barras señalan diferencias significativas entre los sitios ($p \leq 0.05$).

A nivel sistema, en el Encinar-Pirular la cobertura del dosel en el Encinar fue mayor que la del Pirular ($H= 17.48, p< 0.01$), mientras que la del Pirular-Nopalera no fue diferente de las dos anteriores. En el Cedral-Encinar la cobertura en el Cedral fue mayor que la del Encinar-Cedral y Cedral-Izotal ($H= 13.67, p< 0.01$) sin que entre estos dos últimos hubiera diferencias. En el Sauzal-Pirular la cobertura del Sauzal fue mayor que la del Pirular-Jaral ($H= 17.82; p< 0.01$); la cobertura del Pirular-Huizachera no fue diferente de los dos. En ningún sistema encontré diferencias significativas en la cobertura de dosel entre los períodos de muestreo.

3.3 Relación de la riqueza y abundancia de aves con los atributos de la vegetación

3.3.1 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la composición de la vegetación

A nivel general, no encontré relaciones significativas entre la riqueza y la abundancia promedio de aves y la riqueza y la abundancia de especies arborescentes, ni tampoco con la riqueza de arbustos, pero sí encontré una relación significativa positiva entre la riqueza y abundancia de aves y la abundancia de arbustos ($R^2= 0.62, p< 0.01$; $R^2= 0.62, p= 0.01$; Fig. 14).

Ni en el Cedral-Encinar, ni en el Sauzal-Pirular encontré relaciones significativas entre la riqueza y abundancia de aves y la riqueza y abundancia de especies arborescentes ni de arbustivas. En el Encinar-Pirular tampoco encontré una relación significativa con los arbustos, pero la riqueza y la abundancia de aves estuvieron relacionadas positivamente con la riqueza de árboles ($R^2= 0.60, p< 0.01$; $R^2= 0.54, p= 0.01$; Fig. 15).

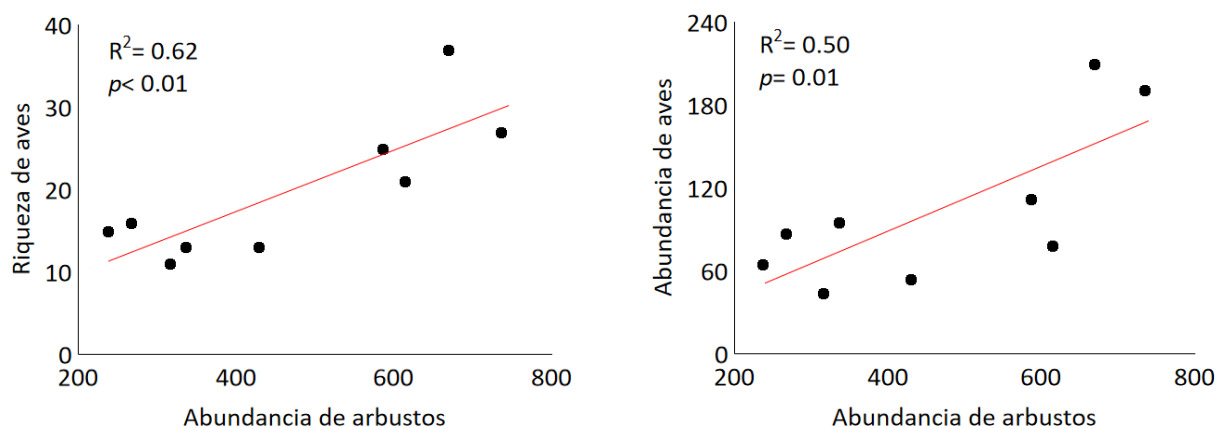


Figura 14. Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la abundancia de arbustos en sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con el número de individuos de arbustos.

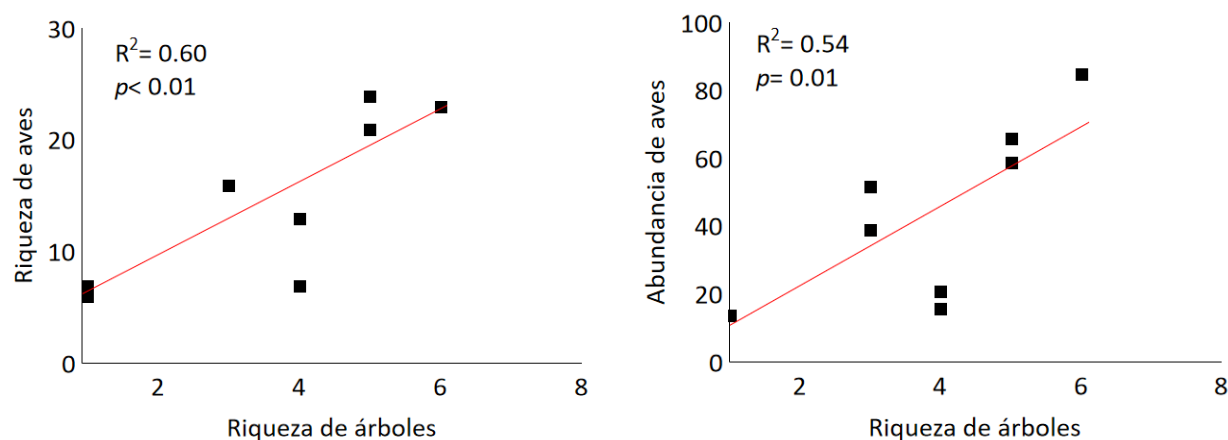


Figura 15. Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la riqueza de árboles en el Encinar-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con el número de individuos de árboles.

3.3.2 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la altura de la vegetación

A nivel general encontré una relación significativa positiva entre la altura de árboles y la riqueza y la abundancia de aves ($R^2 = 0.46$, $p = 0.02$; $R^2 = 0.36$, $p = 0.04$; Fig. 16). También detecté una relación significativa positiva entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de arbustos ($R^2 = 0.70$, $p < 0.01$; $R^2 = 0.51$, $p < 0.01$; Fig. 17).

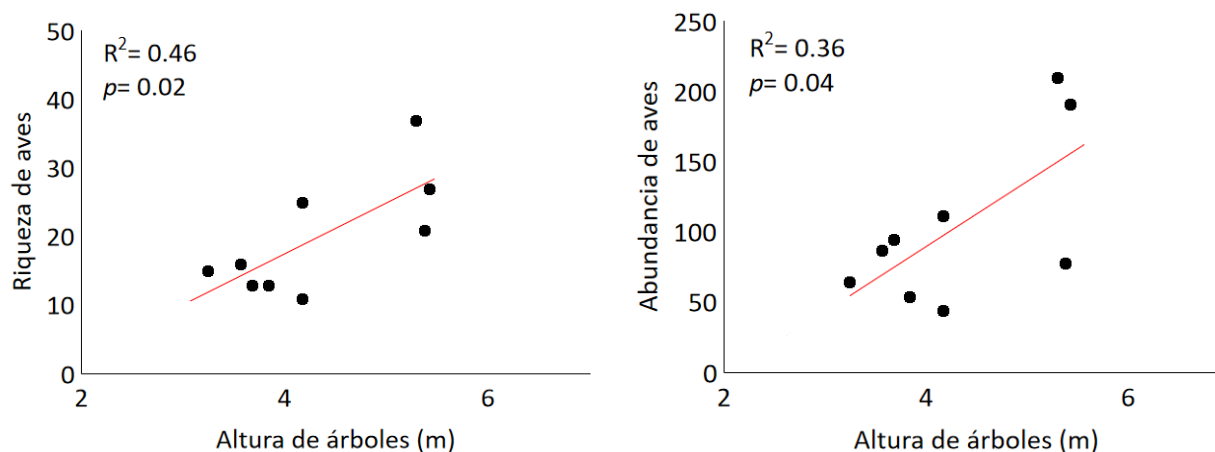


Figura 16. Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de árboles en los sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la altura promedio de los árboles.

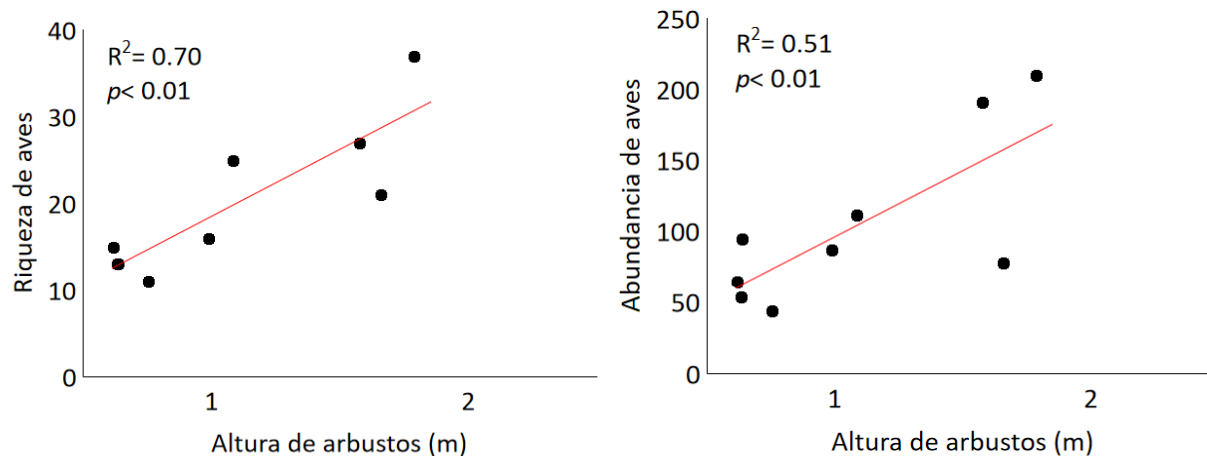


Figura 17. Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de arbustos en los sitios de estudio, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la altura promedio de los arbustos.

En ninguno de los tres sistemas encontré una relación significativa entre la altura de especies arborescentes y la riqueza y abundancia de aves, y en el Cedral-Encinar tampoco la altura de arbustos influyó en las aves. En el Encinar-Pirular la altura de arbustos influyó de manera positiva la riqueza y abundancia de aves ($R^2 = 0.77$, $p < 0.01$; $R^2 = 0.59$, $p < 0.04$; Fig. 18) y en el Sauzal-Pirular la altura de los arbustos influyó de manera positiva la riqueza de aves ($R^2 = 0.39$, $p = 0.04$; Fig. 19).

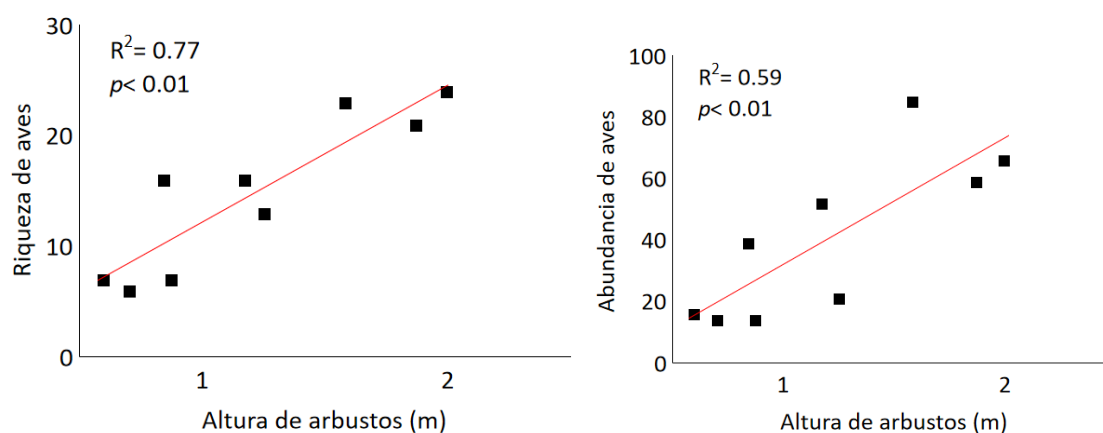


Figura 18. Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de arbustos en el Encinar-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la altura promedio de los arbustos.

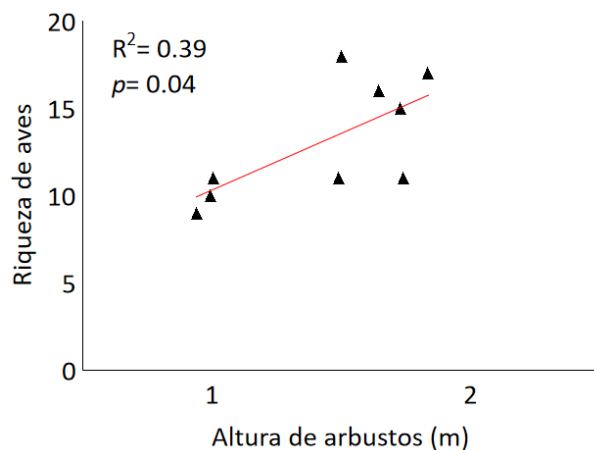


Figura 19. Relación entre la riqueza de aves y la altura de arbustos en el Sauzal-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies de aves en relación con la altura promedio de los arbustos.

3.3.3 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la diversidad de altura foliar de herbáceas

A nivel general no encontré relación significativa entre la diversidad de herbáceas y la riqueza y abundancia de aves. Solo en el Sauzal-Pirular encontré una relación significativa pero negativa entre la diversidad de herbáceas y la riqueza de aves ($\rho = -0.05$, $p = 0.01$; Fig. 20).

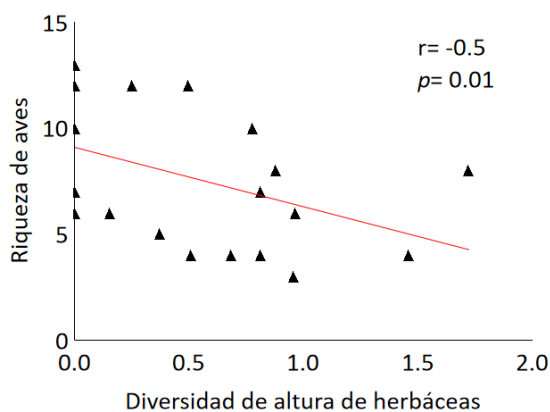


Figura 20. Relación entre la riqueza de aves y la diversidad de altura foliar de herbáceas en el Sauzal-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies de aves en relación con la altura promedio de herbáceas.

3.3.4 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la cobertura de herbáceas

A nivel general detecté una relación significativa positiva entre la cobertura de herbáceas y la riqueza de aves con la cobertura de herbáceas ($\rho = 0.61$, $p < 0.01$; Fig. 21), pero no encontré una relación significativa con la abundancia de aves. Solo en el Sauzal-Pirular encontré una relación significativa positiva entre la riqueza la cobertura de herbáceas y la riqueza y abundancia de aves ($\rho = 0.22$, $p = 0.01$; $\rho = 0.45$, $p = 0.03$; Fig. 22).

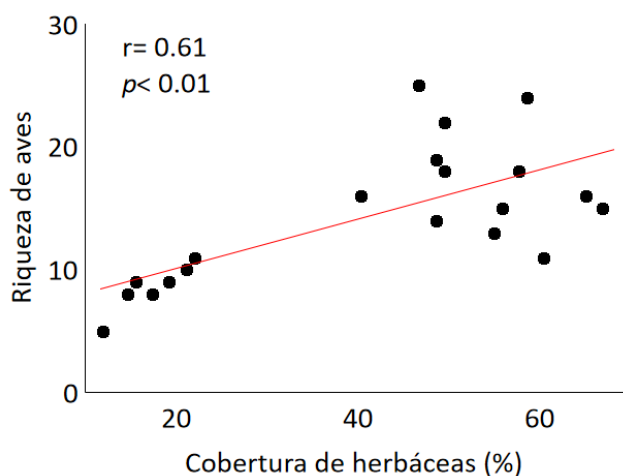


Figura 21. Relación entre la riqueza de aves y la cobertura de herbáceas en sistemas xeroriparios en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies de aves en relación con la cobertura promedio de herbáceas.

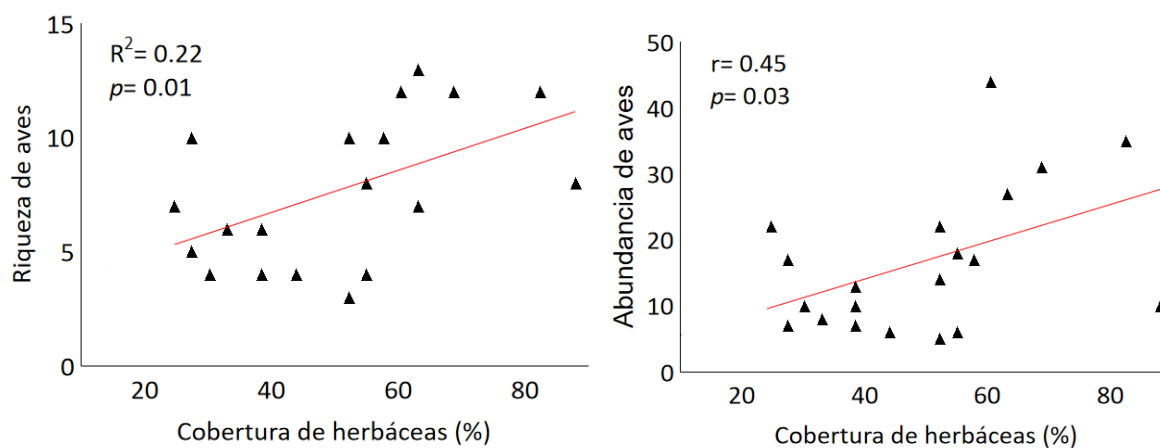


Figura 22. Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la cobertura de herbáceas en el Sauzal-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la cobertura promedio de herbáceas.

3.3.5 Relación de la riqueza y abundancia de aves con la cobertura de dosel

A nivel general no encontré una relación significativa de la riqueza y abundancia de aves con respecto a la cobertura de dosel. Pero en el Encinar-Pirular ($\rho = -0.78$, $p < 0.01$; $\rho = -0.72$, $p < 0.01$; Fig. 23) y el Sauzal-Pirular ($\rho = -0.61$, $p < 0.01$; $\rho = -0.72$, $p < 0.01$; Fig. 24) encontré una relación significativa aunque negativa entre la cobertura de dosel y la riqueza y abundancia de aves.

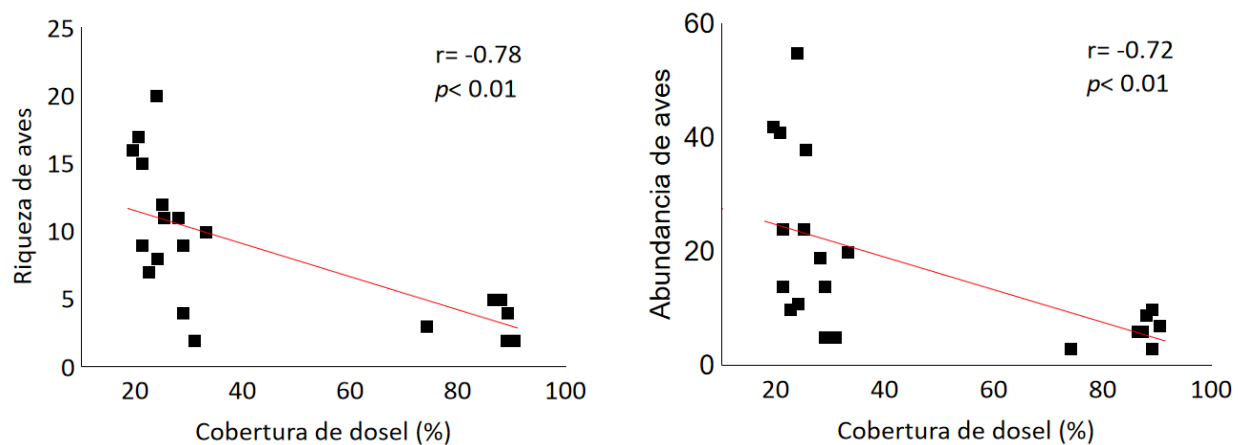


Figura 23. Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la cobertura de dosel en el Encinar-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la cobertura promedio de dosel.

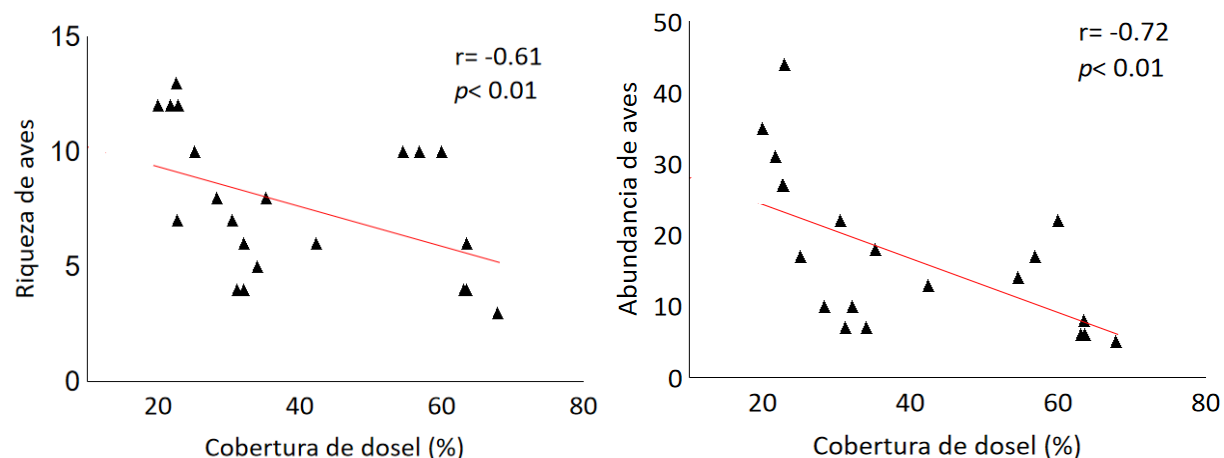


Figura 24. Relación entre la riqueza y abundancia de aves y la cobertura de dosel en el Sauzal-Pirular, en el sur del Altiplano Mexicano. Cada punto en las figuras corresponde al número de especies o individuos de aves en relación con la cobertura promedio de dosel.

Capítulo 4. Discusión

Este estudio es el primero en la región en documentar la composición de las comunidades de aves en sistemas xeroriparios y determinar cuáles características de la vegetación son más importantes para ellas, en el sur del Altiplano Mexicano. Documenté una riqueza de aves similar a la de estudios previos en la región, pero realizados en agroecosistemas (Mellink et al., 2016; 2017), sin embargo, hubo especies que dependen de los sistemas xeroriparios como hábitat principal y las características de los mismos los hacen de especial importancia para las especies, tanto residentes como migratorias.

De las especies de aves que documenté en los sistemas xeroriparios del sur del Altiplano Mexicano *Melanotis caerulescens* es una especie endémica del país (Berlanga et al., 2005), que se encuentra fuera de su área de distribución potencial y tampoco se había documentado en estudios previos. Esta especie se encuentra principalmente en bosques con vegetación muy densa (Vaseghi et al., 2020) y debido a que solo hay dos registros cercanos a la región (AverAves; naturalista) su ocurrencia pudo ser accidental. Esta especie junto con *Accipiter striatus* y *Accipiter cooperii* son especies que se encuentran sujetas a protección especial en la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010). Otro registro relevante que documenté en los sistemas xeroriparios de la región fue *Catharus guttatus*. *Catharus guttatus* no se había documentado en estudios previos en la región (Mellink et al., 2016, 2017; Riojas-López et al., 2019), aunque sí es parte de su área de distribución conocida. Esta especie se encuentra principalmente en bosques (Dellinger et al. 2020) por lo que quizá usa los sistemas xeroriparios para moverse entre las sierras que hay alrededor de los Llanos de Ojuelos, en las que si hay varios registros (AverAves).

Los sistemas xeroriparios de los Llanos de Ojuelos son muy complejos, al igual que los de otras regiones áridas y semiáridas (Zaimas, 2007), ya que presentan características propias, así como características de los otros tipos de vegetación que los rodean. Quizá por ello en los mismos observé especies de aves que son típicas de los pastizales en la región como *Chondestes grammacus* y *Pooecetes gramineus*, y especies típicas de los matorrales xerófilos como *Toxostoma curvirostre* y *Campylorhynchus brunneicapillus* (Mellink et al., 2016) También observé especies que están asociadas principalmente con los sistemas xeroriparios, como fueron *Pipilo maculatus* y *Regulus calendula*. El primero forrajea en el suelo removiendo la hojarasca y el segundo se asocia principalmente con especies arborescentes (Bartos-Smith y Greenlaw, 2020; Swanson et al., 2020), características que son comunes en los sistemas xeriparios y poco comunes en los pastizales y matorrales xerófilos de la región. De *R. calendula*, que fue la segunda

especie con mayor abundancia, la mayoría de los individuos los observé sobre árboles, principalmente sobre pirules.

Las especies de aves que documenté en los sistemas xeroriparios de la región hicieron un uso diferente de los mismos. En tanto que algunas especies como *Zenaida asiatica* y *Spizella passerina*, los usaron de refugio, ya que las observé en los hábitats xeroriparios principalmente al alba o al oscurecer. Otras como *Leiothlypis celata* y *Sayornis nigricans*, los usaron para alimentarse: observé la primera forrajeando sobre jaras y la segunda desde perchas, y algunas otras, como *Z. macroura* y *Cyananthus latirostris*, de las que encontré nidos, los usaron para anidar. De ahí que no necesariamente todas las especies de aves que documenté son exclusivas de estos sistemas, pero sí dependen de alguna forma de ellos. En sistemas riparios del este de Estados Unidos el 45% de las 77 especies de aves documentadas en los mismos eran propias de estos y el resto dependían parcialmente de ellos (Rich, 2002).

Aunque las curvas de acumulación de especies en el Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular sugieren que faltaron especies de aves por documentar en ellos, las especies que registré solo al final de los mismos y que causaron que la curva siguiera sin ser asintótica, no son típicas de estos sistemas: *Z. macroura* es común en los pastizales donde se observa forrajeando en el suelo y *T. curvirostre* y *C. brunneicapillus* son típicas de espacios abiertos como son los matorrales xerófilos. El que hicieran uso de hábitats xeroriparios al final del período de estudio puede deberse a que en marzo inicia el período de anidación de las especies aves en la región (Riojas-López et al., 2019) y quizá algunas especies busquen hábitats muy cerrados para que sus nidos pasen desapercibidos a los depredadores. En el caso de *Z. macroura* encontré un nido dentro del Encinar-Pirular en marzo y de *T. curvirostre* se sabe que hace sus nidos sobre arbustos en bordes de vegetación muy densa (Tweit, 2020.). *Campylorhynchus brunneicapillus* es una especie de matorral xerófilo, y ya que observé solo un individuo y en el borde del sistema, su presencia ahí pudo ser casual.

Aunque no encontré una relación entre la composición de las comunidades de aves y la composición de la vegetación, lo que difiere con otros estudios (Rotenberry, 1985; Fleishman et al., 2003; Powell y Steidl, 2015), a nivel de especie si observé cierta afinidad por algunas especies de plantas. Por ejemplo, a *Z. asiatica* la observé principalmente sobre encinos y cedros, a *R. calendula* sobre pirules y a *Phainopepla nitens* sobre cedros.

Para las aves es más importante la estructura vertical que la composición de la vegetación (MacArthur y MacArthur, 1961; Rockwell y Stephen, 2018). En sistemas riparios del este de Estados Unidos las aves hacen un uso estratificado de los sistemas; es decir, en tanto que algunas especies utilizan el sotobosque de los sistemas riparios, otras se encuentran en la parte media de los mismos y algunas otras se encuentra principalmente en el dosel (Rich, 2002). En mi estudio, la estructura vertical de la vegetación, dada por la altura de árboles y arbustos, fue el atributo que más influyó en la composición de las comunidades de aves (Figs. 16-19), lo que concuerda con otros estudios (Brand et al, 2008). Encontré mayor riqueza y abundancia de aves en el Encinar-Pirular y Sauzal-Pirular (Fig. 7) y en estos hay árboles y arbustos más altos. Por sitio, en el Pirular del Encinar-Pirular, tenía arbustos más altos y fue el sitio con mayor riqueza y abundancia de aves, De manera similar, el Jaral del Sauzal-Pirular tenía arbustos más altos y fue el sitio con mayor riqueza y abundancia de aves. El que haya árboles y arbustos más altos da lugar a una mayor complejidad en la estructura vertical de la vegetación, lo que a su vez proporciona más y diferentes espacios que pueden ser usados por diferentes especies de aves, principalmente para alimentarse pero también como refugio y como sitios de anidación. La cobertura de herbáceas se relacionó con la riqueza de especies de aves en los sistemas xeroriparios estudiados. Esto podría asociarse a que proporcionan un microhábitat diferente y con ello especies asociadas a herbáceas propias de los pastizales, como *C. grammacus* y *P. gramineus*, pueden hacer uso de los sistemas xeroriparios.

A diferencia de lo encontrado en sistemas riparios de California (Rockwell y Stephen 2018), en mi estudio, la cobertura de dosel tuvo un efecto negativo sobre la riqueza y abundancia de aves en dos de los sistemas xeroriparios (Figs. 23 y 24). En un bosque de coníferas en Nevada se encontró una relación negativa de la diversidad de aves con un dosel arbóreo cerrado, lo que se adjudicó a que presumiblemente un dosel abierto implicaba mayor complejidad en la estructura de la vegetación y con ello mayor diversidad de aves (Beedy, 1981). El que haya un dosel cerrado puede implicar una disminución en la disponibilidad de luz y con ello estratos arbustivo y herbáceo menos desarrollados, dando lugar a una complejidad menor en la estructura de la vegetación y, por ende, a una menor riqueza y abundancia de aves. También puede ser que para muchas aves un dosel más cerrado implique mayor riesgo de depredación o que algunas especies requieren de espacios abiertos con mayor disponibilidad de luz para alimentarse (Beedy, 1981). Por ejemplo, las especies de la familia Tyrannidae requieren perchas y espacios abiertos para capturar los insectos de los que se alimentan.

En general, los sistemas xeroriparios que yo estudié fueron muy diferentes en la composición de las comunidades de aves, tanto entre ellos como entre los sitios dentro de cada uno de ellos. El recambio tan alto de especies puede deberse a sus diferencias en la vegetación, lo que difiere por ejemplo en sistemas riparios de Tehuacán-Cuicatlán, en Puebla (Arizmendi et al., 2008) donde la similitud fue cercana al 50%. También hay un cambio muy notorio de las especies de aves entre los periodos de muestreo, si bien esto podría deberse a que las especies aves migratorias migran de norte a sur o sur a norte en diferente momento, también encontré un cambio muy alto en especies residentes en los sistemas xeroriparios de la región. La composición del Encinar-Pirular y Sauzal-Pirular fue similar, en general como de especies de aves residentes y migratorias, lo que en parte puede deberse a que tienen en común los Pirules.

También la riqueza y abundancia vario entre los sistemas xeroriparios y entre los sitios de los mismos. La riqueza y abundancia de aves fue mayor en el Encinar-Pirular y el Sauzal-Encinar que en el Cedral-Encinar, lo que se puede deber a diferencias en la estructura vertical de la vegetación ya que en los primeros había árboles y arbustos más altos. En hábitats riparios de Arizona se encontró que árboles más altos proporcionan mayor complejidad a la estructura de la vegetación (Brand et al., 2008), y en mi estudio encontré una relación positiva entre la riqueza y abundancia de aves y la altura de árboles y arbustos. Además en el Cedral-Encinar había muchos encinos, mismos que no son muy frecuentados por las aves. De hecho, en el sur de Arizona a medida que aumenta la densidad de encinos disminuye la riqueza de aves (Powell y Steidl, 2015). También encontré una relación de la riqueza y abundancia de aves con la cobertura de herbáceas, misma que fue mayor en el Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular que en el Cedral-Encinar, lo que puede deberse al uso de mis sistemas xeroriparios por especies de aves gregarias que son comunes en los pastizales como *C. grammacus* y *P. gramineus*.

En el Encinar-Pirular, la riqueza y abundancia de aves fue mayor en el Pirular que en el Encinar, ello puede deberse a que los encinos, que dominan este segundo sitio, al igual que en el Cedral-Encinar no son muy frecuentados por las aves (Powell y Steidl, 2015). En el encinar del Encinar-Pirular, la mayoría de los árboles son encinos y se podría seguir el mismo patrón que en Arizona. Además, el dosel en este sitio era muy cerrado (> 80%) y asociado con una riqueza de aves menor, coincidente con otros estudios (Beedy, 1981).

El que no haya encontrado diferencias en la riqueza y abundancia entre los sitios en el Cedral-Encinar puede deberse a que no hubo diferencias en la vegetación entre estos. Aunque el Cedral presento más abundancia de árboles y el Cedral-Izotal más riqueza de arbustos, no encontré relación de estos atributos con la riqueza y abundancia de aves. En el Sauzal-Pirular, la mayor riqueza y abundancia de aves en el Pirular-Jaral que en el Sauzal y el Pirular-Huizachera se puede atribuir a una mayor altura de los arbustos y una mayor cobertura de herbáceas en el Pirular-Jaral, lo que le daría una mayor heterogeneidad, y también con una mayor cobertura de dosel en el Sauzal y el Pirular-Huizachera que tiene un efecto negativo sobre la riqueza y abundancia de aves. Ambos hechos concuerdan con los hallazgos de los resultados generales de este estudio y con otros estudios (Rockwell y Stephen, 2018 y Beedy, 1981, sobre heterogeneidad y sobre cobertura de dosel, respectivamente).

Con respecto a la riqueza y abundancia de aves residentes de mi estudio esta sigue la tendencia general, donde la riqueza y abundancia del Encinar-Pirular y Sauzal-Pirula fue mayor de la del Cedral-Encinar, pero no así las aves migratorias. Aunque hubo mayor riqueza de aves migratorias en el Encinar-Pirular, el que haya habido mayor abundancia en el Sauzal-Pirular se debe quizá a que algunas de sus especies son gregarias. Por ejemplo, hubo un total de 55 individuos de *Setophaga coronata*, lo que corresponde a un tercio de los individuos del Sauzal-Pirular; de estos, 48 individuos se concentraron en el Pirular-Jaral, mismos que observé principalmente forrajeando sobre jaras.

Aunque hubo pocas especies de aves migratorias en mi estudio, 37% del total en comparación con 51% en Puebla (Arizmendi et al., 2020), su uso de estos hábitats puede ser muy relevante. Por ejemplo, *Melospiza lincolnii* usa matorrales bajos y densos durante la migración mismos que están presentes en los matorrales xerófilos (Ammon, 2020) y a *L. celata* la observé forrajeando principalmente sobre jaras, especie arbustiva que no está presente en los hábitats adyacentes. De ahí que estos sistemas pueden proporcionar características para alimentación y refugio durante el movimiento o migración de las aves.

La riqueza y abundancia de las comunidades de aves en mi estudio no varió entre los períodos de muestreo, quizá porque tampoco hubo variación en la vegetación y las aves hicieron un uso constante de los sistemas xeroriparios. En hábitats riparios de Puebla la densidad de aves también se mantuvo constante durante el período de estudio (Arizmendi et al., 2008). El que la vegetación de los sistemas xeroriparios que estudié se mantenga estable, es decir, que no haya variado mucho durante el periodo de

estudio puede ser muy importante para las aves, ya que les proporciona refugio y alimento todo el año. Esto pudo beneficiar tanto a las especies de aves propias de estos sistemas como también a las especies de otros hábitats, y no solo a las especies residentes sino también a las especies migratorias. Al igual que en otros sitios, los sistemas xeroriparios podrían funcionar como amortiguadores para el mantenimiento de la diversidad regional dado el grado de antropización en la misma (Domínguez-López y Ortega-Álvarez, 2014; Bennet et al., 2014).

En los sistemas xeroriparios estudiados observé especies comunes a los tres sistemas, como especies particulares a uno solo. Por ejemplo, observé *Setophaga townsendi* sólo en el Cedral-Encinar, asociada con los cedros, los que no había en el Encinar-Pirular ni en el Sauzal-Pirular. En contraste, registré *Melospiza lincolni* en estos últimos, pero no en el Cedral-Encinar. Esta especie requiere un estrato arbustivo bajo y denso, mismo que está casi ausente en el Cedral-Encinar. Esto sugiere que las estrategias de manejo deberían ir enfocadas a la conservación de sistemas xeroriparios con diferentes características, aunque algunos de ellos tengan poca riqueza y/o abundancia de aves.

Otros factores que pudieron haber influido en las diferencias en riqueza y abundancia de aves entre los sistemas xeroriparios y entre los sitios son el ancho de los sistemas xeroriparios, lo que implica un área mayor y, por ende, mayor densidad de aves. Así, en Arkansas y Missouri se encontró una relación positiva entre el ancho de sistemas riparios y la riqueza y abundancia de aves (Peak y Thomson, 2006; Perry et al., 2011). En mí caso, el Encinar-Pirular y el Sauzal-Pirular eran más anchos que el Cedral-Encinar y en estos encontré mayor riqueza y abundancia de aves.

El área de inundación de sistemas xeroriparios, la vegetación ribereña está delimitada por la planicie de inundación. Cuanto mayor es el área de inundación más anchos son los sistemas riparios y son más las especies de plantas propias a los sistemas riparios mismas que le dan la complejidad estructural (Zaimes, 2007). En sistemas riparios de Arizona se modeló la disminución del área de inundación lo que conllevó el decline de especies de plantas propias de estos sistemas como los sauces y la expansión de especies de hábitats contiguos, lo que tendría repercusiones sobre la riqueza y abundancia de aves al disminuir la estructura vertical de la vegetación (Brand et al., 2011). La disminución de plantas propias en los sistemas xeroriparios que estudié afectaría a las especies que vi asociadas a arbustos como jaras y/o árboles como sauce.

Aunque no se evaluó este aspecto, el hábitat adyacente puede influir sobre la riqueza y abundancia de aves en sistemas xeroriparios. Los sistemas xeroriparios de mi estudio estaban rodeados por matorrales xerófilos y pastizales. En sistemas riparios de Arizona se encontró una relación positiva entre el hábitat contiguo y la riqueza y abundancia de aves en estos sistemas (Kirkpatrick et al., 2009).

Las características de la vegetación en los sistemas xeroriparios que estudie permiten que aves comunes en estos sistemas y comunes en otros tipos de vegetación en la región, así como también, de especies residentes y migratorias hagan uso de ellos. De ahí que los sistemas xeroripario podrían servir para la conservación de las aves en la región amortiguando la riqueza y abundancia de aves, como se menciona en otros estudios (Domínguez-López y Ortega-Álvarez, 2014), debido al constante cambio de uso de suelo en la región.

Los sistemas xeroriparios de los Llanos de Ojuelos son importantes en la conservación de las especies de aves en la región, ya que si bien son utilizados por especies comunes en otros tipos de vegetación, albergan o sirven de tránsito para especies que requieren características de la vegetación presentes principalmente en los sistemas xeroriparios. De ahí que se deben incluir en un esquema de conservación en la región.

Capítulo 5. Conclusiones

1. Los sistemas xeroriparios del sur del Altiplano Mexicano fueron utilizados por el 43% de las especies aves documentadas para la región, de las cuales dos no se habían documentado previamente. En los sistemas xeroriparios hubo especies comunes en estos sistemas y otras de otros tipos de vegetación, tanto residentes como migratorias.
2. Los hábitats xeroriparios con mayor complejidad vertical de la vegetación ofrecieron más microhábitats para las aves que los más simples. Por ejemplo, en el Encinar-Pirular que fue el más complejo observé el 85 % de las especies de aves documentadas y en el Cedral-Encinar que fue el menos complejo solo el 44 % de las especies documentadas.
3. Una cobertura de herbáceas favoreció una mayor riqueza de aves, posiblemente porque aumentó el número de microhábitats disponibles para ellas, además, las herbáceas proporcionan principalmente semillas y el 33 % de las aves que documente se alimentan de ellas.
4. Una mayor cobertura de dosel tuvo un efecto negativo sobre las aves, posiblemente porque conllevó una menor complejidad vertical del hábitat y también porque redujo los espacios abiertos que varias especies de aves utilizaban para forrajear.
5. No hubo un efecto temporal sobre las comunidades de aves en los sistemas xeroriparios, lo que posiblemente refleje el que no haya habido un efecto temporal sobre la vegetación. Tanto las especies de aves residentes como migratorias usaron los sistemas xeroriparios durante todo el muestreo.
6. Los hábitats xeroriparios de los Llanos de Ojuelos son importantes por la diversidad de aves que albergan (43% de las especies conocidas para la región) en relación con la superficie que ocupan (menos del 1%), lo que los hace un hábitat crítico para las aves y deben considerarse en futuras estrategias para la conservación de estas en la región.

Literatura citada

- Ammon E. M. 2020. Lincoln's sparrow: *Melospiza lincolni*. In Birds of the World. Consultado el 18 de julio de 2020 de: <https://birdsoftheworld.org/bow/species/linspa/cur/introduction>.
- Arizmendi, M. D., Dávila, P., Estrada, A., Figueroa, E., Márquez-Valdelamar, L., Lira, R., O. Oliveros-Galindo y Valiente-Banuet, A. 2008. Riparian mesquite bushes are important for bird conservation in tropical arid Mexico. *Journal of Arid Environments* 72: 1146-1163.
- AverAves. s. f. Consultado el 18 de julio de 2020 de: <https://ebird.org/averaves/explore..>
- Bartos-Smith, S. y. Greenlaw J. S. 2020. Spotted Towhee: *Pipilo maculatus*. In Birds of the World. Consultado el 18 de julio de 2020 de: <https://birdsoftheworld.org/bow/species/spotow/cur/introduction>.
- Beedy, E. C. 1981. Bird communities and forest structure in the Sierra Nevada of California. *Condor* 83: 97-105.
- Bennett, A. F., Nimmo, D. G. y Radford, J. Q. 2014. Riparian vegetation has disproportionate benefits for landscape-scale conservation of woodland birds in highly modified environments. *Journal of applied ecology* 51: 514-523.
- Berlanga, H., Gómez de Silva, H., Vargas-Canales, V. M., Rodríguez-Contreras, V., Sánchez-González, L. A., Ortega-Álvarez, R. y Calderón-Parra, R. 2015. Aves de México: Lista actualizada de especies y nombres comunes. Conabio. México, DF.
- Brand L. A., Stromberg, J. C., Goodrich, D. C., Dixon, M. D., Lansey, K., Kang, D. y Cerasale, D. J. 2011. Projecting avian response to linked changes in groundwater and riparian floodplain vegetation along a dryland river: a scenario analysis. *Ecohydrology* 4: 130-142.
- Brand, L. A., White, G. C. y Noon, B. R. 2008. Factors influencing species richness and community composition of breeding birds in a desert riparian corridor. *Condor* 110: 199-210.
- Bub, B. R., Flaspohler, D. J. y Huckins, C. J. 2004. Riparian and upland breeding-bird assemblages along headwater streams in Michigan's Upper Peninsula. *Journal of wildlife management* 68: 383-392.
- Camacho-Rico, F. C., Trejo, I. y Bonfil, C. 2006. Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 17-31.
- Chan, E. K., Yu, Y. T., Zhang, Y. y Dudgeon, D. 2008. Distribution patterns of birds and insect prey in a tropical riparian forest. *Biotropica* 40: 623-629.
- Chesser, R. T., K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, Jr., D. F. Stotz, and K. Winker. 2019. Check-list of North American Birds (online). American Ornithological Society. Consultado el 2020 de: <http://checklist.aou.org/taxa>

- Datry, T., Bonada, N. y Boulton, A. J. 2017. General introduction. In *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*. Academic Press pp. 1-49
- Dellinger R., P. Bohall-Wood, P. W. Jones y T. M. Donovan. 2020. Hermit Thrush: *Catharus guttatus*. In *Birds of the World*. Consultado el 18 de julio de 2020 de: <https://birdsoftheworld.org/bow/species/herthr/cur/introduction>.
- Domínguez-López, M. E. y Ortega-Álvarez, R. 2014. The importance of riparian habitats for avian communities in a highly human-modified Neotropical landscape. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 1217-1227.
- Dufour, S., Rodríguez-González, P.M., Laslier, M. 2019. Tracing the scientific trajectory of riparian vegetation studies: Main topics, approaches and needs in a globally changing world. *Science of the Total Environment* 653: 1168–1185.
- Dunn, J. L. y Alderfer, J. K. (Eds.). 2008. *National Geographic field guide to the birds of western North America*. National Geographic Books.
- Faber, P. M., Keller, E., Sands, A. y Massey, B. M. 1989. The ecology of riparian habitats of the southern California coastal region: a community profile. Fish and Wildlife Service. Biological report 85: 1-121
- Finch, D. M. y Yang, W. 2000. Landbird migration in riparian habitats of the middle Rio Grande: a case study. *Studies in Avian Biology* 20: 88-98
- Fleishman, E., McDonal, N., Nally, R. M., Murphy, D. D., Walters, J. y Floyd, T. 2003. Effects of floristics, physiognomy and non-native vegetation on riparian bird communities in a Mojave Desert watershed. *Journal of Animal Ecology* 72: 484-490.
- González Del Tánago, M. y García de Jalón, D. 2006. Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica* 25: 389-402.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á. y López-Ríos, G. F. 2006. Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo* 12: 55-69
- Harker, M., García Rubio, L. A. y Riojas-López, M. E. 2008. Composición florística de cuatro hábitats en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México. *Acta Botánica Mexicana* 85: 1-29.
- Hennings, L. A. y Edge, W. D. 2003. Riparian bird community structure in Portland, Oregon: habitat, urbanization, and spatial scale patterns. *Condor* 105: 288-302.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010a. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Ojuelos de Jalisco, Jalisco. Clave geoestadística 14064.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Pinos, Zacatecas. Clave geoestadística 32038.

- IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany.
- Johnson, R. R., Carothers S. W. y Simpson J. M. 1984. A riparian classification system. In *California riparian systems: ecology, conservation, and productive management*. University of California Press, Berkeley pp. 375-382
- Johnson, R. R. y Haight, L. T. 1985. Avian use of xeroriparian ecosystems in the North American warm deserts. In *Riparian Ecosystems and Their Management: Reconciling Conflicting Uses*. First North American Riparian Conference pp. 156-160
- Kirkpatrick, C., Conway, C. y LaRoche, D. 2009. Surface water depletion and riparian birds. Arizona Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Tucson, Arizona.
- Leonard, P. 2016. Mesmerizing Migration: Watch 118 Bird Species Migrate Across A Map Of The Western Hemisphere. Consultado el 20 de mayo de 2019 de: <https://www.allaboutbirds.org/mesmerizing-migration-watch-118-bird-species-migrate-across-a-map-of-the-western-hemisphere/>.
- Li, N., Sun, Y., Chu, H., Qi, Y., Zhu, L., Ping, X., Li, C. y Jiang, Z. 2019. Bird species diversity in Altai riparian landscapes: Wood cover plays a key role for avian abundance. *Ecology and evolution* 9: 9634-9643
- MacArthur R.H. y MacArthur, J.W. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 423: 594-598.
- Mellink, E., Riojas-López, M. E. y Giraudoux, P. 2016. A neglected opportunity for bird conservation: The value of a perennial, semiarid agroecosystem in the Llanos de Ojuelos, central Mexico. *Journal of Arid Environments* 124: 1-9.
- Mellink, E., Riojas-López, M. E. y Cardenas-Garcia, M. 2017. Biodiversity conservation in an anthropized landscape: Trees, not patch size drive, bird community composition in a low-input agro-ecosystem. *PLoS one* 12.
- Mellink, E. y Riojas-López, M. E. 2020. Livestock and grassland interrelationship along five centuries of ranching the semiarid grasslands on the southern highlands of the Mexican Plateau. *Elem Sci Anth* 8.
- Merritt, D. M. y Bateman, H. L. 2012. Linking stream flow and groundwater to avian habitat in a desert riparian system. *Ecological Applications* 22: 1973-1988.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis. Vol. 1. Washington, D. C. Island Press.
- Monadjem, A. 2005. Association between avian communities and vegetation structure in a low-lying woodland-savanna ecosystem in Swaziland. *Ostrich-Journal of African Ornithology* 76: 45-55.
- Murakami, M. y Nakano, S. 2001. Species-specific foraging behavior of birds in a riparian forest. *Ecological Research* 16: 913-923.

- Naturalista. s. f. Consultado el 18 de julio de 2020 de: <https://www.naturalista.mx/observations>.
- Patten, D. T., Carothers, S. W., Johnson, R. R. y Hamre, R. H. 2018. Development of the Science of Riparian Ecology in the Semi-Arid Western United States. In *Riparian Research and Management: Past, Present, Future: Volume, 1*. United States Department of Agriculture pp. 1-16
- Peak, R. G. y Thompson III, F. R. 2006. Factors affecting avian species richness and density in riparian areas. *The Journal of wildlife management* 70: 173-179.
- Perry, R. W., Wigley, T. B., Melchiors, M. A., Thill, R. E., Tappe, P. A. y Miller, D. A. 2011. Width of riparian buffer and structure of adjacent plantations influence occupancy of conservation priority birds. *Biodiversity and Conservation* 20: 625-642.
- Powell, B. F. y Steidl, R. J. 2000. Nesting habitat and reproductive success of southwestern riparian birds. *The Condor* 102: 823-831.
- Powell, B. F. y Steidl, R. J. 2015. Influence of vegetation on montane riparian bird communities in the Sky Islands of Arizona, USA. *The Southwestern Naturalist* 60: 65-71.
- Rich, T. D. 2002. Using breeding land birds in the assessment of western riparian systems. *Wildlife Society Bulletin* 1128-1139.
- Ramenofsky, M. y Wingfield, J. C. 2007. Regulation of migration. *Bioscience* 57: 135-143.
- Riojas-López, M. E. y Mellink, E. 2005. Potential for biological conservation in man-modified semiarid habitats in northeastern Jalisco, México. *Biodiversity & Conservation* 14: 2251-2263.
- Riojas-López, M. E. y Mellink, E. 2019. Registros relevantes de aves en el sur del Altiplano Mexicano. *Huitzil* 20.
- Riojas-López, M. E., Mellink, E. y Muñoz-Padilla, N. A. 2019. Secondary shrubby communities provide nesting habitat for birds in a semiarid agricultural landscape. *Ardea* 107: 19-32.
- Rockwell, S. M. y Stephens, J. L. 2018. Habitat selection of riparian birds at restoration sites along the Trinity River. California. *Restoration Ecology* 26: 767-777.
- Rosgen, D. L. 1994. A classification of natural rivers. *Catena* 22: 169-199.
- Rotenberry, J. T. 1985. The role of habitat in avian community composition: physiognomy or floristics? *Oecologia* 67, 213-217.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México, D.F. pp 362-364.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- Sabater, S., Timoner, X., Bornette, G., De Wilde, M., Stromberg, J. C. y Stella, J. C. 2017. The biota of intermittent rivers and ephemeral streams: algae and vascular plants. In *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*. Academic Press pp. 189-216.
- Sánchez-Montoya, M., Moleón, M., Sánchez-Zapata, J. y Escoriza, D. 2017 The biota of intermittent and ephemeral rivers: amphibians, reptiles, birds, and mammals In *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*. Academic Press pp. 189-216
- Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-especies nativas 74 de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Estadística de Producción Agrícola y Ganadera. Consultado el 15 de mayo de 2019 de: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
- Servicio Meteorológico Nacional. 2010. Normales climatológicas del estado de Jalisco. Consultado el 9 de marzo de 2019 de: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL14179.txt>.
- Seymour, C. L. y Simmons, R. E. 2008. Can severely fragmented patches of riparian vegetation still be important for arid-land bird diversity? *Journal of Arid Environments* 72: 2275-2281.
- Skagen, S. K., Melcher, C. P., Howe, W. H. y Knopf, F. L. 1998. Comparative use of riparian corridors and oases by migrating birds in southeast Arizona. *Conservation Biology* 12: 896-909.
- Smith, D. M. y Finch, D. M. 2016. Riparian trees and aridland streams of the southwestern United States: An assessment of the past, present, and future. *Journal of Arid Environments*, 135: 120-131.
- Solis-Garza, G., Robles-López, H. y Castellanos-Villegas, A. E. 2017. Estructura y composición de la vegetación ribereña en zonas áridas: el caso de los ríos Bacanuchi y Sonora en el noroeste de México. *Biotecnia* 19: 3-12.
- Swanson, D. L., Ingold, J. L. y Wallace, G. E. Ruby-crowned Kinglet: *Regulus calendula*. In *Birds of the World*. Consultado el 18 de julio de 2020 de: <https://birdsoftheworld.org/bow/species/ruckin/cur/introduction>.
- Szaro, R. C. y Jakle, M. D. 1985. Avian use of a desert riparian island and its adjacent scrub habitat. *Condor* 87: 511-519.
- Tweit, R. C. 2020. Curve-Billed Thrasher: *Toxostoma curvirostre*. In *Birds of the World*. Consultado el 18 de julio de 2020 de: <https://birdsoftheworld.org/bow/species/cubthr/cur/introduction>.
- Vaseghi, H., Soberanes-González, C. A., Rodríguez-Flores, C. I. y del Coro-Arizmendi, M. 2020. Blue Monklingbird: *Melanotis caerulescens*. In *Birds of the World*. Consultado el 18 de julio de 2020 de: <https://birdsoftheworld.org/bow/species/blumoc/cur/introduction>.

- Water and Rivers Commission. 2000. The values of the riparian zone. Water and Rivers Commission River Restoration Report No. 12, pp.1-4
- Webb, E. B., Smith, L. M., Vrtiska, M. P. y Lagrange, T. G. 2010. Effects of local and landscape variables on wetland bird habitat use during migration through the Rainwater Basin. *Journal of Wildlife Management* 74: 109-119.
- Zaimes, G. 2007. Defining Arizona's riparian areas and their importance to the landscape. In *Understanding Arizona's Riparian Areas*. University of Arizona pp. 1-13.
- Zaimes, G. N., Iakovoglou, V., Emmanouloudis, D. y Gounaridis, D. 2010. Riparian areas of Greece: their definition and characteristics. *Journal of Engineering Science and Technology Review* 3:176-183.

Anexos

Anexo A. Resultado de los análisis de las comunidades de aves en los sistemas xeroriparios del sur del Altiplano Mexicano en los casos en que no se encontraron diferencias significativas.

Comparaciones de riqueza y abundancia de aves	Resultado
Riqueza de aves entre los periodos de muestreo	$F_{6,14} = 0.42, p = 0.85$
Abundancia de aves entre los periodos de muestreo	$H = 3.74, p = 0.71$
Riqueza de aves entre los periodos de muestreo, en la Colorada	$F_{6,14} = 0.32, p = 0.91$
Abundancia de aves entre los periodos de muestreo, en la Colorada	$H = 2.41, p = 0.87$
Riqueza de aves entre los sitios, en la Laborcilla	$F_{2,12} = 0.07, p = 0.93$
Riqueza de aves entre los periodos de muestreo, en la Laborcilla	$F_{6,12} = 0.62, p = 0.71$
Abundancia de aves entre los sitios, en la Laborcilla	$F_{2,18} = 1.17, p = 0.33$
Abundancia de aves entre los periodos de muestreo, en la Laborcilla	$H = 1.79, p = 0.93$
Riqueza de aves entre los periodos de muestreo, en el Pocito	$F_{6,14} = 0.35, p = 0.89$
Abundancia de aves entre los periodos de muestreo, en el Pocito	$H = 4.65, p = 0.58$
Riqueza de aves residentes entre los periodos de muestreo	$F_{6,12} = 1.48, p = 0.26$
Abundancia de aves residentes entre los Sistemas xeroriparios	$H = 2.46, p = 0.29$
Abundancia de aves residentes entre los periodos de muestreo	$H = 6.09, p = 0.41$
Riqueza de aves migratorias entre los periodos de muestreo	$H = 5.85, p = 0.43$
Abundancia de aves migratorias entre los periodos de muestreo	$H = 5.13, p = 0.52$
Riqueza de aves residentes entre los periodos de muestreo, en la Colorada	$H = 2.88, p = 0.82$
Abundancia de aves residentes entre los periodos de muestreo, en la Colorada	$H = 4.14, p = 0.65$
Riqueza de aves migratorias entre los periodos de muestreo, en la Colorada	$H = 2.05, p = 0.91$
Abundancia de aves migratorias entre los periodos de muestreo, en la Colorada	$H = 2, p = 0.91$
Riqueza de aves residentes entre los sitios de estudio, en la Laborcilla	$F_{2,12} = 0.24, p = 0.78$
Riqueza de aves residentes entre los periodos de muestreo, en la Laborcilla	$F_{6,12} = 0.58, p = 0.73$
Abundancia de aves residentes entre los sitios de estudio, en la Laborcilla	$H = 2.12, p = 0.34$
Abundancia de aves residentes entre los periodos de muestreo, en la Laborcilla	$H = 2.05, p = 0.91$
Riqueza de aves migratorias entre los sitios de estudio, en la Laborcilla	$H = 1.61, p = 0.44$
Riqueza de aves migratorias entre los periodos de muestreo, en la Laborcilla	$H = 3.66, p = 0.72$
Abundancia de aves migratorias entre los sitios de estudio, en la Laborcilla	$H = 2.94, p = 0.22$
Abundancia de aves migratorias entre los periodos de muestreo, en la Laborcilla	$H = 3.7, p = 0.71$
Riqueza de aves residentes entre los sitios de estudio, en el Pocito	$H = 5.25, p = 0.07$
Riqueza de aves residentes entre los periodos de muestreo, en el Pocito	$H = 4.46, p = 0.61$
Abundancia de aves residentes entre los sitios de estudio, en el Pocito	$H = 3.58, p = 0.16$
Abundancia de aves residentes entre los periodos de muestreo, en el Pocito	$H = 5.36, p = 0.49$
Riqueza de aves migratorias entre los periodos de muestreo, en el Pocito	$F_{6,12} = 0.88, p = 0.53$
Abundancia de aves migratorias entre los periodos de muestreo, en el Pocito	$H = 1.52, p = 0.95$

Anexo B. Resultado de los análisis de las comunidades de aves en los casos en los sistemas xeroriparios del sur del Altiplano Mexicano en que no se encontraron diferencias significativas.

Relación entre aves y vegetación	Resultado
Relación entre la riqueza de aves y la riqueza de árboles	$R^2=-0.14, p=0.98$
Relación entre la abundancia de aves y la riqueza de árboles	$R^2=-0.13, p=0.88$
Relación entre la riqueza de aves y la abundancia de árboles	$R^2=-0.12, p=0.72$
Relación entre la abundancia de aves y la abundancia de árboles	$R^2=-0.13, p=0.86$
Relación entre la riqueza de aves y la riqueza de arbustos	$R^2=0.19, p=0.12$
Relación entre la abundancia de aves y la riqueza de arbustos	$R^2=0.14, p=0.17$
Relación entre la riqueza de aves y la abundancia de árboles, en La Colorada	$R^2=-0.10, p=0.20$
Relación entre la abundancia de aves y la abundancia de árboles, en La Colorada	$R^2=-0.10, p=0.20$
Relación entre la riqueza de aves y la riqueza de arbustos, en La Colorada	$R^2=-0.13, p=0.86$
Relación entre la abundancia de aves y la riqueza de arbustos, en La Colorada	$R^2=-0.14, p=0.95$
Relación entre la riqueza de aves y la abundancia de arbustos, en La Colorada	$R^2=0.30, p=0.06$
Relación entre la abundancia de aves y la abundancia de arbustos, en La Colorada	$R^2=-0.28, p=0.07$
Relación entre la riqueza de aves y la riqueza de árboles, en La Laborcilla	$R^2=-0.07, p=0.53$
Relación entre la abundancia de aves y la riqueza de árboles, en La Laborcilla	$R^2=0.04, p=0.28$
Relación entre la riqueza de aves y la abundancia de árboles, en La Laborcilla	$R^2=-0.10, p=0.65$
Relación entre la abundancia de aves y la abundancia de árboles, en La Laborcilla	$R^2=-0.11, p=0.68$
Relación entre la riqueza de aves y la riqueza de arbustos, en La Laborcilla	$R^2=-0.14, p=0.97$
Relación entre la abundancia de aves y la riqueza de arbustos, en La Laborcilla	$R^2=-0.10, p=0.65$
Relación entre la riqueza de aves y la abundancia de arbustos, en La Laborcilla	$R^2=-0.13, p=0.84$
Relación entre la abundancia de aves y la abundancia de arbustos, en La Laborcilla	$R^2=-0.12, p=0.76$
Relación entre la riqueza de aves y la riqueza de árboles, en El Pocito	$\rho=0.13, p=0.73$
Relación entre la abundancia de aves y la riqueza de árboles, en El Pocito	$\rho=-0.22, p=0.56$
Relación entre la riqueza de aves y la abundancia de árboles, en El Pocito	$R^2=-0.01, p=0.37$
Relación entre la abundancia de aves y la abundancia de árboles, en El Pocito	$\rho=0.14, p=0.71$
Relación entre la riqueza de aves y la riqueza de arbustos, en El Pocito	$\rho=0.14, p=0.71$
Relación entre la abundancia de aves y la riqueza de arbustos, en El Pocito	$\rho=0.45, p=0.21$
Relación entre la riqueza de aves y la abundancia de arbustos, en El Pocito	$\rho=0.52, p=0.14$
Relación entre la abundancia de aves y la abundancia de arbustos, en El Pocito	$\rho=0.1, p=0.79$
Relación entre la riqueza de aves y la altura de árboles en La Colorada	$\rho=0.53, p=0.13$
Relación entre la abundancia de aves y la altura de árboles en La Colorada	$\rho=0.58, p=0.09$
Relación entre la riqueza de aves y la altura de árboles en La Laborcilla	$R^2=-0.05, p=0.47$
Relación entre la abundancia de aves y la altura de árboles en La Laborcilla	$R^2=0.05, p=0.26$
Relación entre la riqueza de aves y la altura de arbustos en La Laborcilla	$R^2=0.16, p=0.15$
Relación entre la abundancia de aves y la altura de arbustos en La Laborcilla	$R^2=0.27, p=0.08$
Relación entre la riqueza de aves y la altura de árboles en El Pocito	$R^2=0.34, p=0.05$
Relación entre la abundancia de aves y la altura de árboles en El Pocito	$\rho=0.2, p=0.58$
Relación entre la abundancia de aves y la altura de arbustos en El Pocito	$\rho=0.22, p=0.55$
Relación entre la riqueza de aves y la diversidad de herbáceas.	$\rho = -0.06, p=0.7$
Relación entre la abundancia de aves y la diversidad de herbáceas.	$\rho = -0.2, p=0.3$
Relación entre la riqueza de aves y la diversidad de herbáceas, en La Colorada	$R^2=-0.38, p=0.08$
Relación entre la abundancia de aves y la diversidad de herbáceas, en La Colorada	$R^2=-0.43, p=0.05$
Relación entre la riqueza de aves y la diversidad de herbáceas, en La Laborcilla	$R^2=-0.03, p=0.59$
Relación entre la abundancia de aves y la diversidad de herbáceas, en La Laborcilla	$R^2=-0.04, p=0.70$

Relación entre la abundancia de aves y la diversidad de herbáceas, en El Pocito	$\rho=-0.38, p=0.08$
Relación entre la abundancia de aves y la cobertura de herbáceas horizontal.	$\rho=0.32, p=0.15$
Relación entre la riqueza de aves y la cobertura de herbáceas horizontal, en la Colorada	$R^2=-0.01, p=0.43$
Relación entre la abundancia de aves y la cobertura de herbáceas horizontal, en la Colorada	$\rho=0.24, p=0.28$
Relación entre la riqueza de aves y la cobertura de herbáceas horizontal, en la Laborcilla	$R^2=-0.04, p=0.76$
Relación entre la abundancia de aves y la cobertura de herbáceas horizontal, en la Laborcilla	$\rho=-0.06, p=0.78$
Relación entre la riqueza de aves y la cobertura de dosel.	$\rho=-0.02, p=0.91$
Relación entre la abundancia de aves y la cobertura de dosel.	$\rho=-0.11, p=0.63$
Relación entre la riqueza de aves y la cobertura de dosel, en la Laborcilla	$R^2=-0.04, p=0.79$
Relación entre la abundancia de aves y la cobertura de dosel, en la Laborcilla	$R^2=-0.04, p=0.81$

Anexo C. Resultado de los análisis de las comunidades de aves en los sistemas xeroriparios del sur del Altiplano Mexicano en los casos en que no se encontraron diferencias significativas.

Comparación de la vegetación	Resultado
Comparación de la riqueza de árboles entre los Sistemas xeroriparios	$F_{2,6} = 4.5, p = 0.06$
Comparación de la abundancia de árboles entre los Sistemas xeroriparios	$F_{2,6} = 0.79, p = 0.49$
Comparación de la riqueza de arbustos entre los Sistemas xeroriparios	$F_{2,6} = 1.63, p = 0.27$
Comparación de la abundancia de arbustos entre los Sistemas xeroriparios	$F_{2,6} = 1.14, p = 0.37$
Comparación de la riqueza de árboles entre los sitios en La Colorada	$H = 5.95, p = 0.05$
Comparación de la abundancia de árboles entre los sitios en La Colorada	$F_{2,6} = 4.38, p = 0.06$
Comparación de la riqueza de arbustos entre los sitios en La Colorada	$H = 5.69, p = 0.05$
Comparación de la abundancia de arbustos entre los sitios en La Colorada	$F_{2,6} = 3.23, p = 0.11$
Comparación de la riqueza de árboles entre los sitios en La Laborcilla	$F_{2,6} = 1, p = 0.42$
Comparación de la abundancia de arbustos entre los sitios en La Laborcilla	$F_{2,6} = 1.71, p = 0.25$
Comparación de la riqueza de árboles entre los sitios en El Pocito	$H = 2.11, p = 0.34$
Comparación de la abundancia de árboles entre los sitios en El Pocito	$F_{2,6} = 2.34, p = 0.17$
Comparación de la riqueza de arbustos entre los sitios en El Pocito	$H = 0.66, p = 0.71$
Comparación de la abundancia de arbustos los sitios en El Pocito	$H = 4.23, p = 0.12$
Comparacion de la altura de árboles entre los Sistemas xeroriparios	$F_{2,6} = 2.21, p = 0.19$
Comparacion de la altura de arbustos entre los Sistemas xeroriparios	$F_{2,6} = 3.57, p = 0.09$
Comparacion de la altura de árboles entre los sitios en La Colorada	$H = 2.22, p = 0.32$
Comparacion de la altura de árboles entre los sitios en La Laborcilla	$H = 5.6, p = 0.6$
Comparacion de la altura de arbustos entre los sitios en La Laborcilla	$F_{2,6} = 0.38, p = 0.69$
Comparacion de la altura de árboles entre los sitios en El Pocito	$H = 5.6, p = 0.6$
Comparacion de la diversidad de herbáceas entre los periodos de muestreo	$H = 6.8, p = 0.33$
Comparacion de la diversidad de herbáceas entre los sitios, en La Colorada	$H = 4.83, p = 0.08$
Comparacion de la diversidad de herbáceas entre los periodos de muestreo, en La Colorada	$H = 8.76, p = 0.18$
Comparacion de la diversidad de herbáceas entre los periodos de muestreo, en La Laborcilla	$F_{6,12} = 161, p = 0.22$
Comparacion de la diversidad de herbáceas entre los sitios, en El Pocito	$H = 1.19, p = 0.55$
Comparación de la cobertura de herbáceas horizontal entre los periodos de muestreo	$H = 1.90, p = 0.92$
Comparación de la cobertura de herbáceas horizontal entre los periodos de muestreo, en la Colorada	$F_{6,14} = 0.17, p = 0.97$
Comparación de la cobertura de herbáceas horizontal entre los periodos de muestreo, en la Laborcilla	$F_{6,12} = 0.91, p = 0.52$
Comparación de la cobertura de herbáceas horizontal entre los periodos de muestreo, en el Pocito	$H = 2.39, p = 0.09$
Comparación de la cobertura de dosel entre los periodos de muestreo, en la Colorada	$H = 1.29, p = 0.97$
Comparación de la cobertura de dosel entre los periodos de muestreo, en la Laborcilla	$H = 3.7, p = 0.71$
Comparación de la cobertura de dosel entre los periodos de muestreo, en el Pocito	$H = 1.99, p = 0.92$

Anexo D. Resultado de la comparación de similitud en la composición de aves entre periodos de muestreo en los sistemas xeroriparios del sur del Altiplano Mexicano.

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.33					
Nov	0.36	0.33				
Dic	0.36	0.30	0.38			
Ene	0.32	0.25	0.38	0.50		
Feb	0.27	0.28	0.42	0.38	0.46	
Mar	0.26	0.26	0.28	0.40	0.38	0.41

Encinar-Pirular

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.15					
Nov	0.13	0.28				
Dic	0.22	0.27	0.26			
Ene	0.11	0.15	0.15	0.24		
Feb	0.15	0.20	0.23	0.35	0.39	
Mar	0.14	0.19	0.25	0.28	0.22	0.32

Cedral-Encinar

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.17					
Nov	0.17	0.18				
Dic	0.16	0.17	0.45			
Ene	0.15	0.12	0.39	0.51		
Feb	0.18	0.20	0.32	0.31	0.29	
Mar	0	0.03	0.14	0.12	0.11	0.09

Sauzal-Pirular

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.24					
Nov	0.28	0.30				
Dic	0.23	0.29	0.35			
Ene	0.24	0.25	0.22	0.33		
Feb	0.26	0.27	0.33	0.38	0.32	
Mar	0.33	0.22	0.25	0.24	0.22	0.35

Anexo E. Resultado de la comparación de similitud en la composición de aves residentes entre periodos de muestreo en los sistemas xeroriparios del sur del Altiplano Mexicano.

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.36					
Nov	0.48	0.40				
Dic	0.43	0.35	0.39			
Ene	0.37	0.31	0.34	0.49		
Feb	0.37	0.34	0.33	0.32	0.40	
Mar	0.3	0.29	0.30	0.35	0.35	0.40

Encinar-Pirular

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.14					
Nov	0.19	0.21				
Dic	0.25	0.33	0.32			
Ene	0.21	0.19	0.27	0.29		
Feb	0.21	0.28	0.31	0.36	0.41	
Mar	0.19	0.26	0.39	0.31	0.18	0.30

Cedral-Encinar

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.27					
Nov	0.26	0.30				
Dic	0.18	0.27	0.36			
Ene	0.22	0.17	0.3	0.52		
Feb	0.24	0.4	0.30	0.27	0.19	
Mar	0	0.04	0.05	0.05	0.04	0.08

Sauzal-Pirular

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.24					
Nov	0.21	0.23				
Dic	0.25	0.23	0.31			
Ene	0.20	0.23	0.08	0.26		
Feb	0.26	0.28	0.22	0.34	0.15	
Mar	0.37	0.23	0.25	0.22	0.13	0.31

Anexo F. Resultado de la comparación de similitud en la composición de aves migratorias entre periodos de muestreo en los sistemas xeroriparios del sur del Altiplano Mexicano.

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.27					
Nov	0.15	0.20				
Dic	0.23	0.22	0.41			
Ene	0.21	0.15	0.49	0.50		
Feb	0.13	0.18	0.67	0.54	0.61	
Mar	0.20	0.20	0.26	0.59	0.47	0.46

Encinar-Pirular

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.19					
Nov	0.04	0.44				
Dic	0.13	0.15	0.08			
Ene	0.04	0.04	0.03	0.14		
Feb	0.03	0.04	0.06	0.25	0.39	
Mar	0.04	0.15	0.03	0.16	0.33	0.48

Cedral-Encinar

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Oct	0						
Nov	0	0					
Dic	0.11	0	0.66				
Ene	0.06	0	0.58	0.5			
Feb	0	0	0.33	0.33	0.41		
Mar	0	0	0.44	0.27	0.19	0.11	

Sauzal-Pirular

	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Oct	0.25					
Nov	0.38	0.37				
Dic	0.38	0.61	0.45			
Ene	0.48	0.33	0.53	0.61		
Feb	0.45	0.29	0.52	0.55	0.85	
Mar	0.13	0.13	0.20	0.25	0.38	0.37