

IV. Discusión

Los parques urbanos cuentan con distintos factores que atraen organismos vivos. La introducción de nuevas especies por parte del hombre es muy común en cuanto a flora se refiere. También existen distintas especies de animales que han sido introducidos, incluso de aves (por ejemplo *Passer domesticus* y *Columba livia*). Pero es verdad que en el caso de las aves muchas especies nativas han sido capaces de adaptarse a los cambios de paisaje, y otras han encontrado en los ambientes urbanos sus requerimientos necesarios para vivir. Es importante recalcar que la estructura del parque y su ambiente determinan las especies que éste va a albergar, y por lo tanto, cada parque va a contar con distinto tipo y número de especies.

Los parques con mayor riqueza dentro de la zona urbana de Puebla resultaron ser la UDLA, la BUAP y los Fuertes. Se podría observar claramente una relación con el tamaño, ya que estos tres fueron de los parques más grandes (ver Figura 9). El otro parque que fue considerado dentro de la categoría de los grandes es el Parque Ecológico, pero éste presentó valores bajos de riqueza, incluso por debajo de los parques medianos (panteones). El Parque Ecológico es un parque con demasiada actividad humana y poca complejidad de microhábitats en cuanto a vegetación se refiere. Quizás ésta sea una razón importante que determina su composición faunística, pero no podríamos afirmarlo.

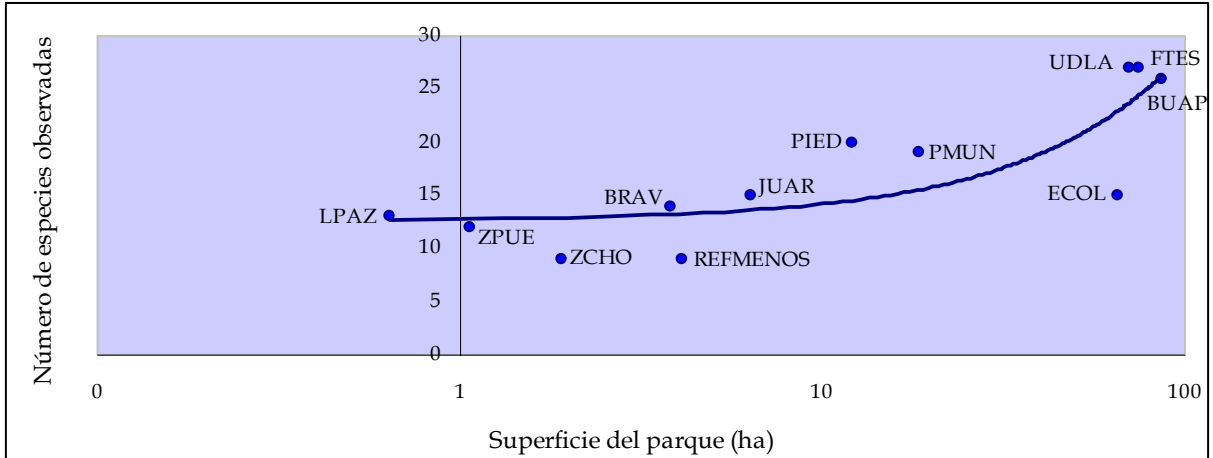


Figura 9. Relación entre el número de especies observadas y la superficie de los parques. El punto aislado con un valor alto de superficie y un valor medio de riqueza corresponde al Parque Ecológico. La Reserva Flor del Bosque no está representada. El eje de abscisas está en escala logarítmica.

Los panteones resultaron tener una riqueza muy similar entre sí. Además, fueron los parques con menores niveles de ruido (ver Figura 2), lo que está de acuerdo con lo que señalan Barrett & Barrett (2001), pues por razones culturales se espera que sean parques poco perturbados, y que esto favorezca a su biodiversidad animal (Figura 10). Aunque en este caso la cobertura de pavimentos abarca un alto porcentaje, lo cual, como ha demostrado Blair (1996) no favorece a que haya mayor riqueza de aves (Figura 11).

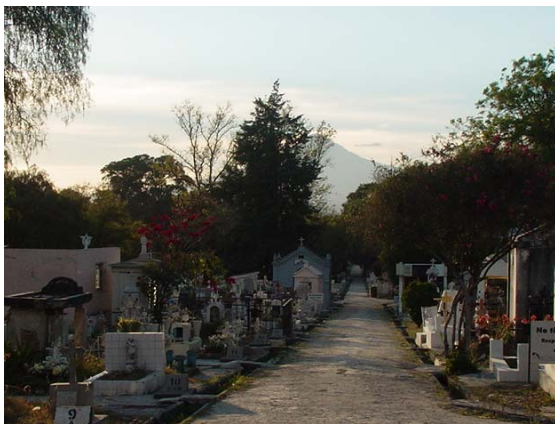


Figura 10. Los panteones son lugares poco perturbados. (Foto tomada en el panteón de la Piedad).

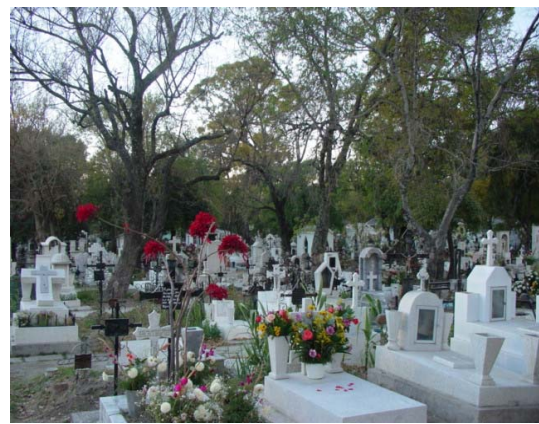


Figura 11. Las coberturas de pavimento son altas en los panteones. (Foto tomada en el panteón de la Piedad).

Los parques pequeños fueron los que arrojaron menor riqueza de aves. Aunque los 5 parques contaban con diferentes proporciones de las distintas variables de vegetación, es decir tenían cierto grado de complejidad de microhábitats, otros factores fueron determinantes. Seguramente su tamaño y la intensa actividad humana influyeron. Además, sería importante considerar el efecto de borde, puesto que son parques de pequeña superficie, y por lo tanto están más propensos a las presiones humanas (Figura 12). De hecho fueron los parques pequeños los que registraron mayores niveles de ruido medio. Blair (1996) indica que la densidad o abundancia de aves aumentan conforme aumenta la urbanización, mientras que la riqueza disminuye. Considerado el ruido, para este estudio, como un indicador de perturbación humana, y suponiendo que los sitios con mayor ruido serían los más urbanizados, podríamos coincidir en lo que él menciona. Ya que en los parques pequeños observamos menor riqueza de aves y mayores frecuencias de aparición de ciertas especies.



Figura 12. Los parques pequeños sufren el efecto de borde, lo cual los hace más susceptibles a las presiones humanas. (Foto tomada en el Parque Asta Bandera, de la Paz).

En cuanto a la Reserva Flor del Bosque, ésta no cumplió el papel de crear un gradiente urbano como era intencionado. Su composición faunística difirió bastante en relación a los parques urbanos, aunque sí hubo especies que se observaron en ambos lugares. Por ejemplo: *Aphelocoma coerulescens*, *Carduelis psaltria*, *Icterus parisorum* y *Psaltriparus minimus*; las cuales estuvieron presentes en algunos parques urbanos y también en la Reserva, pero teniendo mayores frecuencias de aparición en la segunda. Es importante señalar que el censo realizado en la Reserva Flor del Bosque no fue el óptimo. Como ya se mencionó, el número de sitios de censo fue muy bajo con relación al tamaño del parque. Por cuestiones de tiempo sólo se hicieron 24 censos en total, midiendo ésta 700 hectáreas. Comparando con el esfuerzo de muestreo realizado en la BUAP, donde se realizaron 54 censos y que tiene 86 hectáreas de superficie, podemos observar el pobre esfuerzo de muestreo que se hizo para la Reserva. Por lo tanto, decidimos excluirla de los análisis, y no sería certero basarnos en los valores de riqueza de aves. Lo que sí es claro, es la gran diferencia de especies que tiene con respecto a los parques, y que algunas de estas especies se han adaptado a ciertos ambientes urbanos. Pero también es cierto que las especies *Basileuterus rufifrons*, *Cardellina rubrifrons*, *Contopus borealis*, *Dendroica nigrescens*, *Dendroica occidentales*, *Dendroica townsendi*, *Icterus bullockii*, *Melanerpes formicivorus*, *Mniotilta varia*, *Myoborus miniatus* y *Piranga flava*, se observaron solamente en la Reserva Flor del Bosque y no hubo registros de éstas ni siquiera en los parques con mayor riqueza y superficie, lo que nos podría indicar que están desapareciendo de los parques de la ciudad de Puebla y que puede estar ocurriendo pérdida de biodiversidad. Por otro lado, el estacionamiento del Estadio, que

determinamos como referencia negativa, cumplió con lo esperado, ya que fue el sitio con menor riqueza, con altos niveles de ruido, y con menores coberturas de vegetación.

En cuanto a las especies de aves que presentaron mayores frecuencias de aparición y se observaron prácticamente en todos los parques, se encuentran: *Carpodacus mexicanus* (Figura 13), *Columba livia* (Figura 14), *Columbina inca* (Figura 15), *Passer domesticus*, *Quiscalus mexicanus*, *Thryomanes bewickii*, *Toxostoma curvirostre* (Figura 16) y *Turdus rufopalliatus*; esto coincide con los resultados que obtuvo Nosedal (1987) en la ciudad de México, en los que las cuatro primeras especies mencionadas resultaron ser urbanistas completos, es decir, son especies que se han adaptado exitosamente al medio urbano, en el cual realizan todo o parte de su ciclo de vida. Las otras 4 especies las ubica entre urbanistas estables (especies que no necesariamente se limitan a vivir en el medio urbano, pero son favorecidas por su desarrollo) y convencionales (especies que se encuentran donde las condiciones urbanas no son extremas). Las clasificaciones de Nosedal se basan en las frecuencias de ocurrencia, y por tanto es posible que en la actualidad los resultados de éste trabajo incluirían, por lo menos a la especie *Quiscalus mexicanus* como urbanista completo, ya que sus frecuencias en los parques de nuestro estudio fueron las mayores de entre todas las especies. Por otro lado, la especie *Thryomanes bewickii* fue frecuente y común dentro de las ciudades, y fue la única especie de este grupo de 8 que también se registró en la Reserva, lo cual nos indica su capacidad de colonizar distintos ecosistemas.



Figura 13. *Carpodacus mexicanus*.



Figura 14. *Columba livia*.



Figura 15. *Columbina inca*.



Figura 16. *Toxostoma curvirostre*.
(Las 4 fotos tomadas en la UDLA).

Estas especies han sido capaces de adaptarse y explotar los ambientes que las ciudades proporcionan. Su éxito radica en que soportan vivir bajo condiciones donde otras especies no, y que además viven donde las otras especies sí se encuentran. De las 34 especies observadas (sin contar ya con las de la Reserva), cerca de la mitad sólo se observaron en parques grandes o con bajos niveles de perturbación, y si no era así, sus frecuencias eran bajas en comparación con el grupo de los 8 urbanistas. Está claro que los ambientes urbanos favorecen más a ciertas especies que a otras, pero que un diseño correcto de áreas verdes dentro de las ciudades puede favorecer a que haya un mayor número de especies.

Pasando a otra cuestión, la Figura 3 es una gráfica con las curvas de acumulación de especies para cada parque, en la que la riqueza de especies observadas se modela en

función del esfuerzo de muestreo, en este caso número de censos. Como ya se mencionó, todas las líneas de acumulación de riqueza de los parques tienden a hacer una asíntota, excepto la Referencia positiva la cual necesitaría de un mayor esfuerzo de muestreo. Al parecer, el Parque Ecológico es el que más claramente alcanza la asíntota, lo cual significa que aunque éste se siga muestreando, el número de especies no va a aumentar más. Para el resto de los parques, lo ideal hubiera sido realizar más réplicas de censo, incrementando el esfuerzo de muestreo. Es posible que el motivo de que no se alcance de manera clara la asíntota sea debido a que en varios parques se observaron especies muy poco frecuentes (y seguramente existen más), las cuales pueden ser ocasionales o con bajas abundancias, por lo tanto se requeriría de más número de censos para lograr estabilizar gráficamente la riqueza. Aunque mi experiencia como observador de aves es corta, lo cierto es que fueron pocas las aves que no se lograron identificar, y éstas se incluyeron en una casilla de especies no determinadas para el parque correspondiente.

Debido a que no todos los parques tuvieron el mismo número de censos (por la razón de que los parques eran de distintos tamaños), se trazó una línea de rarefacción en la gráfica de acumulación de especies para poder comparar las riquezas con un esfuerzo de muestreo homogéneo, que forzosamente sería el esfuerzo menor (12). Se puede observar que para la mayoría de los parques un esfuerzo de 12 censos no hubiese sido el idóneo ya que posteriormente se acumulan más especies. Lo que si se puede ver es que el orden que ocupan los parques en cuanto a riqueza en el censo # 12 ya no cambia mucho cuando se llega al esfuerzo de muestreo real. En la Tabla 8 se muestra una comparación entre la riqueza observada (según los resultados que proporciona el

programa EstimateS) con un esfuerzo de muestreo igual a 12 censos para cada parque, y la riqueza observada con el respectivo número total de censos de cada parque.

Tabla 8. Comparación de riquezas de cada parque con los distintos esfuerzos de muestreo.

	Riqueza	
	Observada para 12 censos	Observada (# de censos)
REF(+)	20.44	FTES 27 (53)
UDLA	19.92	UDLA 27 (53)
FTES	17.32	REF(+) 26 (24)
BUAP	16.16	BUAP 26 (54)
PIED	15.08	PIED 20 (36)
PMUN	14.04	PMUN 19 (36)
PBRAV	13.16	ECOL 15 (53)
LPAZ	13.00	JUAR 15 (30)
JUAR	12.58	BRAV 14 (18)
ZPUE	12.00	LPAZ 13 (12)
ECOL	11.62	ZPUE 12 (12)
ZCHO	8.36	ZCHO 9 (17)
REF(-)	7.46	REF(-) 9 (18)

En general, los parques no cambian mucho de lugar entre las columnas. El que más lugares se mueve es el Parque Ecológico, ya que pasa de la fila 11 (con 12 censos) a la 7 (con 53 censos) y aún así, su riqueza aumenta poco. Esto significa que además de que ha sido censado correctamente, su esfuerzo de muestreo pudo haber sido incluso excesivo. Otro dato interesante es con respecto a la UDLA y la Reserva, ya que en los primeros 12 censos se comportan de manera similar en cuanto a la acumulación de las especies, pero conforme aumenta el esfuerzo, la UDLA se estabiliza un poco y se agrupa con los parques Fuertes y BUAP, mientras que la Reserva se dispara hacia arriba. En cuanto a los demás parques algunos sí cambian de lugar, pero las diferencias que hay de riqueza entre ellos son pequeñas.

Por otro lado, y debido a que nuestros registros principales fueron hechos con presencias y ausencias de las especies, nos fue posible calcular 5 estimadores no paramétricos de la riqueza, por medio del programa EstimateS. Los 5 estimadores fueron: ICE, Chao2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap. Comparando cada uno con la riqueza observada por medio de una prueba t-Student para datos apareados, resultó que el estimador Bootstrap es estadísticamente similar a la riqueza observada. En realidad no se conoce con exactitud cual de éstos estimadores es el más preciso, y aunque Bootstrap resultó ser el que más se asemeja con la riqueza observada, esto no significa que sea el mejor o el que más se ajusta a poblaciones de aves urbanas, sino que se ajustó correctamente a nuestros datos. Los demás estimadores tuvieron valores elevados con respecto a los observados, y la diferencia de medias estuvo entre 3.6 y 5.4 especies. Una de las finalidades de utilizar estos estimadores fue para contemplarlos como variables dependientes en el análisis de regresión múltiple que realizamos.

Con respecto a los resultados que arrojó el análisis de regresión múltiple, la riqueza de especies de aves resultó ser claramente una función positiva del tamaño del parque. Los 6 valores de riqueza que utilizamos como variables dependientes respondieron a la variable de superficie. Este es un resultado que esperábamos, debido a los antecedentes bibliográficos consultados (Fernández-Juricic, 2000; Tilghman, 1987). Además, la riqueza observada resultó ser una función negativa de la perturbación humana, la cual calculamos a través del ruido medio. Y finalmente, dos estimadores no paramétricos (ICE y Jack 1), respondieron negativamente a la cobertura media de herbáceas.

Según nuestros resultados, el tamaño del parque es la variable más importante para explicar diferencias en cuanto al número de especies presentes en éste. Es lógico pensar en esto, ya que a mayor superficie del parque, seguramente aumenta la diversidad de microhábitats, por tanto hay más nichos disponibles que albergan organismos poco abundantes o especialistas, así como a especies comunes y generalistas. Además, estos resultados refuerzan la idea de las áreas verdes urbanas como islas, ya que van de acuerdo con uno de los conceptos básicos de la biogeografía de islas, en concreto con la relación de especies-área (Tilghman, 1987).

Pero está claro que no sólo la superficie está correlacionada con el número de especies de aves en los parques. Podríamos enfocarnos en el Parque Ecológico por ejemplo, el cual tan sólo tuvo 15 especies (12 especies menos que la UDLA y los Fuertes, 11 menos que la BUAP) siendo de los parques con mayor superficie. Aquí es donde la perturbación humana y la estructura de la vegetación pueden ser determinantes.

Aunque está demostrado que la presencia humana es un factor que influye para determinar la riqueza dentro de los parques urbanos (Fernández-Juricic & Jökimaki, 2001), ninguno de los estudios consultados utiliza el ruido como una variable determinante. En nuestro estudio, obtuvimos que la riqueza observada responde negativamente al ruido, lo cual es un indicador de que muchas especies no lo toleran o lo evitan. En la Figura 17, se muestra la relación entre el número de especies observadas y los niveles medios de ruido para cada parque. Se puede observar una tendencia de cómo la riqueza disminuye conforme aumenta el ruido. Y aunque hay tres parques que

no cumplen esta relación (los Fuertes, la UDLA y la BUAP), es posible que se vean favorecidos por su superficie ya que el ruido no es un factor determinante en ellos.

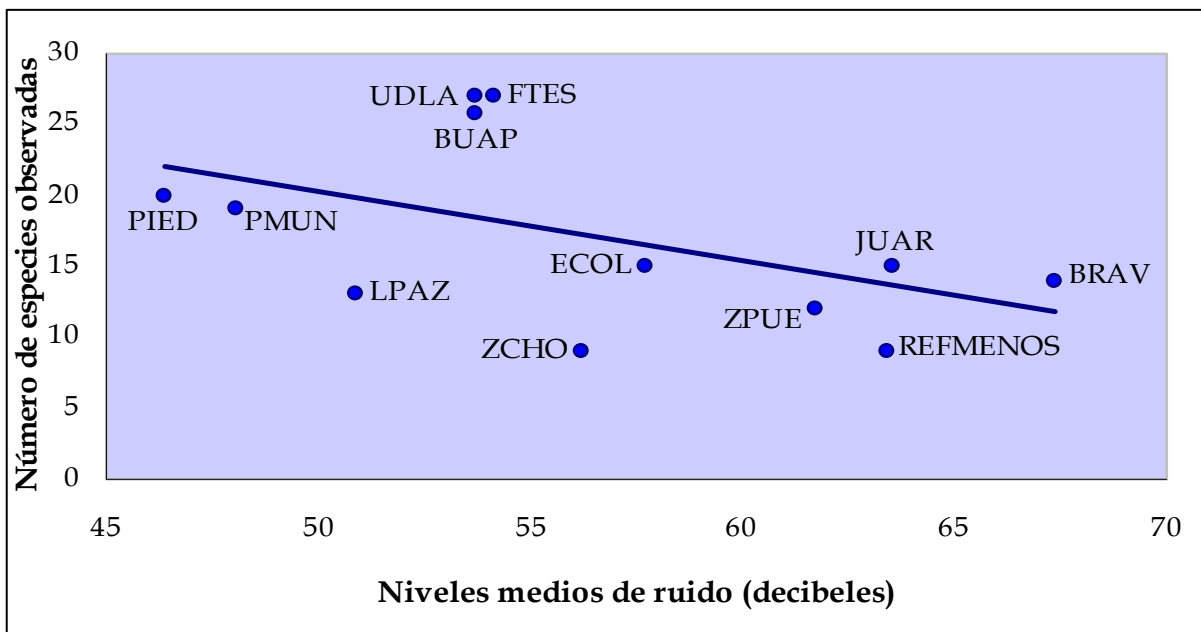


Figura 17. Relación entre el número de especies observadas de los parques con sus valores medios de ruido.

El otro factor determinante que hemos considerado en el estudio es la estructura de la vegetación. Algunos autores concuerdan que en los parques con vegetación diversa o con cierto grado de complejidad, se incrementa la diversidad de aves (Blair, 1996; Fernández-Juricic & Jokimäki, 2001; Fernández-Juricic et al., 2001), por lo que está claro que las características vegetales juegan un rol importante para mantener ricas comunidades de aves (Figuras 18 y 19). Para el caso de nuestro estudio, el análisis de regresión seleccionó la cobertura de herbáceas como un factor negativo sobre la riqueza de los parques, dada por dos de los estimadores no paramétricos (ICE y Jack 1). Aunque nuestra variable dependiente más importante a analizar sea la riqueza observada, y que

no sepamos claramente la precisión de éstos estimadores, lo cierto es que las superficies planas y con pocos árboles resultan en comunidades de aves dominadas por unas cuantas especies (Melles et al., 2003). Por lo tanto podríamos considerar a los parques o sitios con grandes porcentajes de cobertura herbácea como factores que no favorecen la riqueza de aves.



Figura 18. Sitio con poca complejidad de microhábitats (foto tomada en la UDLA).



Figura 19. Sitio con alta complejidad de microhábitats (foto tomada en la UDLA).

Un factor importante, hablando de estructura vegetal, que no hemos considerado en el estudio, es la presencia de flora nativa. Se ha observado que la flora nativa favorece la presencia y densidad de especies de aves nativas, y la flora exótica favorece la presencia y densidad de especies exóticas de aves (Mills et al., citado por Blair, 1996). Aunque nuestros objetivos no consistieron en determinar especies de aves nativas y exóticas, y observar su relación con flora nativa y exótica, sin duda es un trabajo interesante en potencia.

Pasemos ahora a la última parte del análisis de datos, el cual consistió en modelar las frecuencias de aparición de las especies de aves con las variables ambientales de sus

parques, por medio de un análisis de correspondencias canónicas (CCA). La bondad de ajuste que utilizamos fue de un 25% para los dos diagramas de ordenación, con el cual se explican 27 especies en el primer diagrama, y 24 en el segundo.

A partir de los dos diagramas de ordenación que se presentan en los resultados (Figuras 4 y 5), nos fue posible determinar los gradientes ambientales, los cuales están descritos principalmente por 3 ejes. Como ya se mencionó, los 3 ejes están representados por diferentes variables que disminuyen o aumentan hacia uno u otro lado del eje. Además de los ejes CCA, nos es posible observar en los diagramas cuál es la respuesta de las especies con respecto a las distintas variables ambientales. El punto de cada especie significa que ahí tiene su valor más alto de frecuencia de aparición. Si proyectamos hacia ambos lados alguna línea de determinada variable ambiental, y trazamos desde cierto punto de alguna especie una línea perpendicular hacia la proyección de la variable, sabremos qué tanto se relaciona la especie con la variable ambiental dependiendo de la distancia que haya entre ese punto de unión y el centro del diagrama. Lo mismo es válido para los parques, la distancia que haya entre el punto de unión del cuadrado y la proyección de la variable ambiental con el centro del diagrama nos indicará qué tan influido está el parque por ésta.

Entonces, a partir de esto podríamos observar a ciertas especies, y su respuesta en cuanto a frecuencias de aparición con respecto a las variables ambientales. Por ejemplo, en la Figura 4, podemos ver que dos especies, *Columba livia* y *Passer domesticus* se sitúan cerca del vector del ruido y donde sus niveles son mayores, mientras que la especie *Aphelocoma coerulescens* se ubica en el otro extremo donde son menores los niveles de

ruido. Otro ejemplo claro, que también se observa en el primer y segundo diagrama (Figura 4 y 5), es que las especies urbanistas están ubicadas cerca de los parques pequeños y de las variables de perturbación, en donde se observó menor riqueza de especies, pero mayores frecuencias de ciertas aves, en concreto *Carpodacus mexicanus*, *Columba livia*, *Columbina inca*, *Passer domesticus*, *Quiscalus mexicanus* (figura 21) y *Turdus rofopalliatus*. Lo mismo se puede observar con los parques, que se localizan dependiendo de sus características ambientales. Por ejemplo los dos panteones que fueron los parques con menores niveles de ruido, y que en el primer diagrama se sitúan en la dirección contraria a donde se proyecta el ruido. Y así sucesivamente, se podrían observar más relaciones que se demuestran gráficamente en estos diagramas.



Figura 20. *Pipilo fuscus* (foto tomada en la UDLA).



Figura 21. *Quiscalus mexicanus* (foto tomada en la UDLA).

Por otro lado, representamos gráficamente las frecuencias de aparición de las especies que respondieron significativamente a alguno de los 3 ejes CCA. La primera gráfica se refiere al eje CCA 1 (Figura 6), en el cual, las especies *Carduelis psaltria*, *Molothrus aeneus*, *Pirocephalus rubinus*, *Psaltriparus minimus* y *Toxostoma curvirostre* tienen mayores frecuencias de aparición, ya sea en los parques con grandes superficies o en

sitios con altas coberturas de herbáceas. Las frecuencias de estas especies disminuyen hacia el lado negativo del CCA 1, lo que quiere decir que están correlacionadas de manera positiva con las variables antes dichas. Por otro lado, en el lado negativo del eje, la frecuencia de aparición de la especie *Columba livia* responde positivamente a la cobertura arbórea principalmente, y su frecuencia disminuye conforme nos movemos a la derecha del eje. Podemos ver cómo la cobertura arbórea es antagonista de la cobertura herbácea. Esto es de esperarse, ya que en los sitios con grandes coberturas de árboles, sus copas evitan que la luz llegue al suelo y por tanto impide el crecimiento de pastos. Finalmente, la frecuencia de aparición de la especie *Aphelocoma coerulescens* tiene sus valores más altos en la mitad del eje, donde las variables ambientales que describen al eje no están en los extremos. Aquí sería difícil determinar a qué variable responde el ave.

En cuanto a la gráfica de respuesta al CCA 2 (Figura 7), ésta está representada principalmente por el ruido medio. Sólo las frecuencias de dos especies resultaron responder al ruido. La primera es *Quiscalus mexicanus*, la cual parece estar asociada a niveles altos de ruido, y curiosamente se observa en la gráfica como su frecuencia disminuye un poco hacia el extremo derecho del eje, donde el ruido es menor. Por otro lado, la frecuencia de aparición de la especie *Aphelocoma coerulescens*, que además se puede observar que es mucho menor que la del *Quiscalus mexicanus*, al parecer sí se ve afectada por el ruido.

Por último, el eje CCA 3 (Figura 8) resultó estar asociado principalmente a la cobertura de matorrales. La especie *Passer domesticus* tiene sus valores más altos de frecuencia de aparición en la mitad del eje. En tanto que la frecuencia de la especie

Thryomanes bewickii responde positivamente a la cobertura de matorrales. Está claro, según la gráfica y nuestros datos, que ésta especie necesita de altas coberturas de matorral para subsistir. Esto podría ser muy importante, si tratáramos con una especie en peligro de extinción (lo que no es el caso), ya que un correcto diseño de un área verde incluyendo grandes coberturas de matorrales aumentaría considerablemente la abundancia de esta especie.

Las demás especies no respondieron significativamente a ninguno de los ejes. Pero esto no quiere decir que su frecuencia no dependa de algún posible factor ambiental o vegetal. Es importante agregar que aunque algunas variables de riqueza de aves respondieron de una u otra manera a las variables ambientales mediante el análisis de regresión, no forzosamente las frecuencias de las aves tienen que responder a esas mismas variables. Lo que sí podemos saber es que tanto la riqueza como la abundancia (en este caso utilizamos las frecuencias de observación) de las aves están determinadas por diversos factores, los cuales podemos determinar con estudios de este tipo.