

MONITOREO DE AVES EN DOS ZONAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y UNA DE REFERENCIA, EN LA RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL, D. F., MÉXICO

MIRIAM SAN JOSÉ^{1,2}, ADRIANA GARMENDIA¹ Y ZENÓN CANO-SANTANA¹

*¹Departamento de Ecología y Recursos Naturales,
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*

²sanjosemiriam@gmail.com

Resumen. La restauración ecológica es la actividad que busca acelerar la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. Desde 2005 el Grupo de Interacciones y Procesos Ecológicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México inició un proyecto de restauración ecológica en las áreas de amortiguamiento A8 y A11 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (D. F.). Con el objeto de conocer la comunidad de aves en A8 y A11, y en una zona conservada de referencia (ZR), se llevaron a cabo observaciones quincenales de junio de 2009 a mayo de 2010. Se registraron 79 especies y las zonas sujetas a restauración mantuvieron una gran actividad de aves, con valores de diversidad ligeramente por debajo de los que presentó ZR. Se registraron similitudes del 70% entre las zonas sujetas a restauración y la ZR. La similitud entre A11 y ZR se explica por la cercanía de los sitios, mientras que la similitud entre A8 y ZR se debe a la presencia de árboles, los cuales atraen a las aves a estos sitios. La baja diversidad en A8 y A11 se debe al efecto de borde y a la urbanización que experimentan ambas zonas. Asimismo, A8 registra los menores valores de diversidad debido a que se encuentra más alejada de las zonas núcleo. Las acciones de restauración ecológica están facilitando que haya actividades de aves, sobre todo insectívoras; sin embargo, es necesario que continúen estas acciones para recuperar aún más la funcionalidad del ecosistema.

Palabras clave: restauración ecológica, monitoreo, aves, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Bird Monitoring in two Ecological Restoration Areas at The Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Mexico, D. F.

Abstract. Ecological restoration is a process seeking to increase the recovery of an ecosystem that has been degraded, damaged or destroyed. Since 2005, the Group of Interactions and Ecological Processes of the Facultad de Ciencias, UNAM, started an ecological restoration project in the buffer areas A8 and A11 of the Pedregal de San Ángel Ecological Reserve, located in Mexico City. We carried out census of bird communities in A8 and A11, and in a reference area (ZR), from June 2009 to May 2010. Species richness was 79 and areas under restoration showed a great bird activity, with diversity values slightly lower than in ZR. Similarity of 70% was found between areas under restoration and ZR. Similarity between A11 and ZR was explained by sites proximity, while the similarity between A8 and ZR was mostly due to the presence of trees, which attracted birds. Low diversity in A8 and A11 was due to the edge effect and urbanization process. A8 showed the lowest diversity because it is farther waya from core areas. Restoration actions are improving bird activity, especially insectivorous birds; however, it is necessary to continue these actions to fully recover ecosystem functionality.

Key words: ecological restoration, monitoring, birds, Pedregal de San Ángel Ecological Reserve.

INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es la serie de actividades que van encaminadas a iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema cuando éste ha sido degradado, dañado o destruido como resultado de las actividades del hombre (SER 2009). Dentro de las acciones de restauración, la creación de microhábitats da como resultado un incremento en la colonización de la fauna nativa, la cual juega un papel muy importante en la recuperación de procesos que aceleran el trabajo de restauración: acondicionamiento del suelo, ciclaje de nutrientes, dispersión de semillas,

polinización y control de poblaciones nocivas (Tucker 2000).

Entre los procesos que se pretenden recuperar con la restauración se encuentra la sucesión ecológica, que es el patrón de cambios en la composición, funcionamiento y estructura de una comunidad después de un disturbio o de la apertura de un nuevo parche en el ambiente para la colonización de especies (Whittaker 1953, Horn 1974). Generalmente se acepta que los animales no pueden colonizar nuevos hábitats si en éstos no existen plantas (Cano-Santana y Meave 1996), aún así, numerosas facetas de la sucesión incluyen animales, ya que éstos son afectados por la edad sucesional,

o bien, sus actividades pueden determinar de distinta manera la dirección sucesional (Tucker 2000).

Un concepto importante para concebir los cambios de especies a lo largo de un proceso de restauración es la hipótesis del disturbio intermedio (Connell 1978, Vega y Peters 2003), la cual formula que a niveles intermedios de disturbio la riqueza específica se incrementa, debido a la disminución de la competencia y a una combinación de elementos de estados sucesionales avanzados y tempranos que ofrecen una mayor variedad de nichos, hábitats y recursos. Así, se espera que conforme avanza un proceso de restauración, la magnitud de las fuentes de disturbio se reduzcan, de modo que en procesos de restauración no terminados, los niveles de disturbio son intermedios.

En un proceso de restauración ecológica es muy importante el tamaño y el alejamiento del sitio perturbado, para determinar la velocidad de recuperación y su riqueza de especies final. La teoría de biogeografía de islas predice que los parches pequeños y alejados de las fuentes de colonización, tienen menores valores de riqueza específica que los parches grandes o cercanos a dichas fuentes (MacArthur y Wilson, 1967).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA o Reserva del Pedregal), Distrito Federal, protege cerca del 6% del matorral xerófilo de *Pittocaulon praecox* (= *Senecio praecox*) que se asentó por el derrame de lava del volcán Xitle (hace 1670 ± 35 años), el cual ocupaba una extensión original de 80 km² (Rojo 1994, Siebe 2000), la mayoría de los cuales fueron cubiertos por la mancha urbana de

la Ciudad de México. Chávez y Gurrola (2009) hicieron una revisión de la avifauna de la REPSA y reportaron 148 especies, 84 residentes (57%) y 64 migratorias (43%), distribuidas en 14 órdenes y 37 familias. La riqueza ornitológica de la Reserva del Pedregal probablemente es un reflejo de sus condiciones ecológicas, no tan alteradas, y de la estructura de su vegetación con alta heterogeneidad (Chávez y Gurrola 2009).

La REPSA sufre disturbios de diversa índole, tales como la acumulación de basura, la construcción de caminos e infraestructura y la introducción de fauna y flora exóticas (e.g., Valiente-Banuet y De Luna 1990, Segura-Burciaga 1995, Cano-Santana y Meave 1996, Segura-Burciaga y Meave 2001, Lot y Cano-Santana 2009). Las especies más agresivas para este ecosistema son los eucaliptos (principalmente *Eucalyptus camaldulensis*), introducidos desde la década de 1950 (Segura-Burciaga y Meave 2001).

Desde 2005 el Grupo de Interacciones y Procesos Ecológicos (antes denominado de Ecología de Artrópodos Terrestres) del Departamento de Ecología y Recursos Naturales, inició una serie de actividades encaminadas a restaurar dos zonas localizadas en áreas de amortiguamiento deterioradas de la REPSA y a monitorear, a largo plazo, los cambios registrados en la composición, dominancia y diversidad de la comunidad vegetal (Antonio-Garcés 2008, Antonio-Garcés et al. 2009), así como en la abundancia de artrópodos y vertebrados dominantes en el ecosistema.

Ya que el monitoreo es necesario para evaluar los resultados de la restauración a través del tiempo, con este trabajo se inicia

el monitoreo de la fauna de vertebrados en tres zonas de la REPSA: dos de amortiguamiento sujetas a restauración ecológica y una conservada de referencia, ubicada en una zona núcleo. Esto con la finalidad de conocer las actividades que dicha fauna realiza en la zona y si las acciones de restauración están ayudando a la integración de fauna nativa a la zona. Bajo el supuesto de que las áreas restauradas serán similares en composición a la zona de referencia, se espera que si las zonas en restauración se están recuperando, habrá actividad de aves en los sitios y la composición y diversidad de especies tendrán gran similitud a las registradas en la zona conservada de referencia. Aún así, en los sitios sujetos a restauración se puede obtener: (1) menor riqueza por recuperación parcial o (2) mayor riqueza por estar en condiciones intermedias de recuperación, similares a estar en condiciones de disturbio intermedio (véase Vega y Peters 2003).

MÉTODOS

La REPSA cubre una superficie de 237.3 ha y se encuentra en el suroeste de la cuenca del Valle de México (19°18'31"-19°19'17" norte, 99°10'20"-99°11'52" oeste, 2300 msnm), dentro del campus de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, Delegación Coyoacán, Distrito Federal. Consta de tres zonas núcleo y 13 zonas de amortiguamiento (UNAM 2005). Su clima es templado subhúmedo, con régimen de lluvias de verano (Soberón et al. 1991). Presenta una temperatura media anual de 16.1°C y una precipitación promedio anual de 835 mm

(César-García 2001). Predomina la roca volcánica expuesta; el suelo, de origen eólico y orgánico, es joven, muy escaso y poco desarrollado, y se acumula en grietas y fisuras (Cano-Santana y Meave 1996).

Las áreas de estudio, que fueron dañadas o destruidas y sometidas a acciones de restauración, fueron el noreste del área de amortiguamiento A8 (0.51 ha), conocida como Biológicas, así como el sureste del área de amortiguamiento A11 (0.31 ha), conocida como Vivero Alto (Fig. 1), las cuales serán referidas como A8 y A11 en el texto. En la zona A8, la cual se localiza en una hondonada, hubo una acumulación constante de desechos de jardinería y basura (de 1974 a 2005) producidos por el mantenimiento de los campos de fútbol adyacentes. Allí también se registraba una gran densidad de eucaliptos (principalmente *E. camaldulensis*, desde la década de 1950). Otras especies dominantes eran *Mirabilis xalapensis* y *Montanoa tomentosa*. En la zona A11, entre diciembre de 2004 y enero de 2005, se removió totalmente la cubierta vegetal y se cubrió el sustrato basáltico para la construcción de un estacionamiento que finalmente fue cancelado (Antonio-Garcés et al. 2009). Esta área está dividida en dos porciones separadas por un camino de 5 m de ancho. Durante este estudio la altura de la vegetación era en promedio de 1.5 m, con algunos árboles de *Buddleia cordata* de entre 2 y 3 m y algunos individuos de *E. camaldulensis* de entre 1.5 y 2.5 m de altura. Los dos sitios estuvieron, desde 2005, sometidos a dos procesos contrastantes de restauración ecológica: el A8 fue sometido a desentierro del sustrato basáltico y remoción de eucaliptos y otras plantas exóticas, así

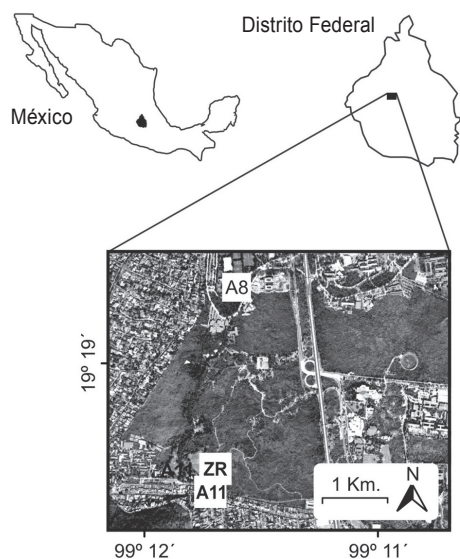


Fig. 1. Sitios de estudio en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, D. F. Zonas sujetas a restauración: A8 (Biológicas), A11 (Vivero Alto) y ZR, zona de referencia. Figura modificada de Antonio-Garcés et al. (2009).

como la introducción de plántulas y semillas de especies nativas; en tanto que el A11 fue sometido a adición de rocas basálticas y control de plantas exóticas y malezoides (véase Antonio-Garcés et al. 2009).

Por otra parte, la zona de referencia (ZR) se encuentra al sur de la Zona Núcleo Poniente, 15 m al norte de la zona A11, y tiene una superficie de 0.29 ha (Fig. 1). La zona presenta una topografía heterogénea, donde hay grandes grietas y algunas zonas planas con extensas planchas de roca basáltica expuesta. En esta zona dominan las especies *P. praecox*, *B. cordata*, *Dahlia coccinea*, *Cissus sicyoides*, *E. camaldulensis* y *Dodonaea viscosa*.

En cada sitio se hicieron observaciones quincenales, con duración de dos horas, de junio de 2009 a mayo de 2010, recorriendo los sitios. Las observaciones fueron realizadas de 07:30 a 09:30 h, ya que éstas son horas de mayor actividad de las aves diurnas (N. Chávez, com. pers.). Se registró el número de avistamientos, las especies observadas, las actividades de las aves en el momento de la observación y la especie de planta a la cual estaban asociadas. Para comparar los tres sitios se estimó la densidad de avistamientos mensuales (número de observaciones por cada 0.1 ha). Como una estimación de la abundancia relativa se consideró el número de avistamientos de la especie entre el número total de avistamientos, y se tomaron como especies dominantes aquellas cuya abundancia relativa fuera mayor al 5%. Las actividades de las aves se refirieron a: percha, cuando el ave se encontraba sobre una planta sujetándose de ella; forrajeo, cuando el individuo estaba buscando u obteniendo algún recurso de las plantas; polinización, cuando el ave (colibríes) introducía su pico a una flor por la apertura de ésta; alimentándose al vuelo, cuando el ave estaba cazando insectos voladores, y otras, en caso de que el ave estuviera bañándose o limpiando su plumaje. La frecuencia de cada actividad se obtuvo dividiendo el número de avistamientos de aves llevando a cabo la actividad entre el total de avistamientos de aves realizando alguna actividad. Se verificó, con pruebas de χ^2 , si el número de avistamientos y el número de especies en cada actividad dependía del sitio.

Se clasificaron a las especies en grupos tróficos o gremios (granívoros, insectívoros, frugívoros, carnívoros, nectarívoros), según

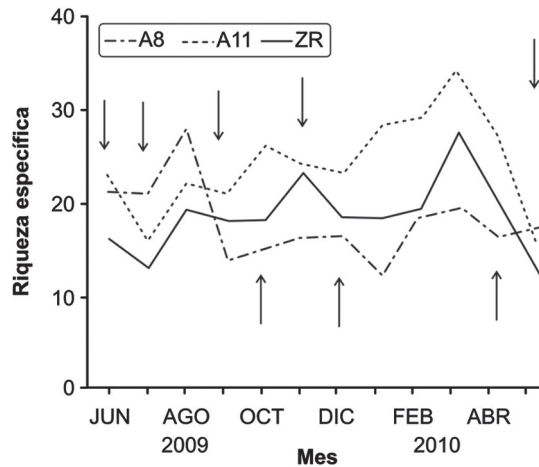


Fig. 2. Riqueza específica mensual obtenida en tres sitios de estudio en la Reserva del Pedregal de San Ángel de junio de 2009 a mayo de 2010. Las flechas descendentes y ascendentes indican las fechas en las que se realizaron las jornadas de restauración en las zonas A8 y A11 (sujetas a restauración), respectivamente. ZR: zona de referencia localizada en una zona núcleo.

la dieta reportada en la literatura (Arizmendi et al. 1994, Chávez y Gurrola 2009, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009) y se aplicó una prueba de χ^2 para determinar si el número de avistamientos de aves de cada gremio difiere entre sitios. En las pruebas de χ^2 , las cuales observarán dependencia entre variables, se aplicó una prueba de residuos estandarizados para determinar la casilla en la cual se encontraban las diferencias (Siegel y Castellan 1995). Se obtuvo el índice de diversidad de Shannon-Wiener ($H' = \sum p_i \log_{10} p_i$), así como el índice de equitatividad ($J' = H'/H'_{máx}$) para cada una de las zonas, utilizando los datos de todo el periodo de estudio (Magurran 1988). Los índices de Shannon-Wiener de cada zona estudiada fueron comparados con pruebas de t de student (Zar 1999). Por último, para

evaluar la semejanza en la composición se obtuvo el índice de similitud de Jaccard (IS_J) entre las tres comunidades de aves estudiadas (Magurran 1988).

RESULTADOS

Se encontraron 79 especies de aves en total (Apéndice). En A11 se registraron 64 especies, mientras que tanto A8 como ZR registraron 62 especies. El mes con mayor riqueza específica fue marzo para A8 (con 34 especies) y ZR (con 27), y agosto para A11 (con 28 especies; Fig. 2). La zona A8 tuvo en general mayor número de especies a lo largo del tiempo. A11 registró una mayor densidad de aves en agosto, mientras que A8 la tuvo en enero y ZR en septiembre (Fig. 3). No se observó un efecto claro de

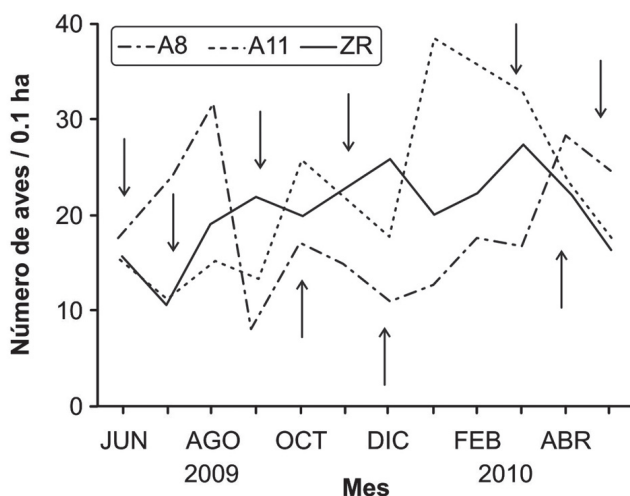


Fig. 3. Densidad mensual de aves registradas en los tres sitios de estudio de junio de 2009 a mayo de 2010. Las flechas descendentes y ascendentes indican las fechas en las que se realizaron las jornadas de restauración en las zonas A8 y A11, respectivamente. ZR: zona de referencia.

las jornadas de restauración en la riqueza específica ni en la densidad de las aves (Figs. 2 y 3).

Las especies con mayor número de avistamientos en A8 fueron la mascarita común (*Psaltirparus minimus*; 12.5%), el capulínero (*Ptilonotus cinereus*; 12.4%), y el gorrión inglés (*Passer domesticus*; 12%); en tanto que en A11 lo fueron el gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus*; 16.5%), el chupaflor berilo (*Amazilia beryllina*; 14.3%) y el chupaflor matraquita (*Cyananthus latirostris*; 8.3%). En ZR, por su parte, el chipe coronado (*Dendroica coronata*; 13.1%), *C. mexicanus* (10.4%) y *A. beryllina* (8.5%) fueron las especies más frecuentes (Fig. 4).

La ZR registró 11 especies dominantes, mientras que las zonas A8 y A11 tuvieron nueve cada una. Asimismo, el índice

de equitatividad indicó a ZR como la comunidad más equitativa (Cuadro 2). Las especies dominantes compartidas por los tres sitios fueron *A. beryllina*, *P. minimus* y *C. mexicanus* (Fig. 4). Se registraron 47 especies insectívoras, 12 granívoras, nueve nectarívoras, siete frugívoras y tres omnívoras (Apéndice).

La actividad más frecuente fue el forrajeo en A8 (54.9%) y en ZR (54.5%), y la percha en A11 (47.8%; Cuadro 1). La frecuencia de avistamientos en cada categoría de actividad dependió significativamente del sitio ($\chi^2 = 128.91$, g.l. = 8, $P < 0.001$). La zona A11 presenta significativamente menos frecuencia de avistamientos de aves en actividad forrajeadora y significativamente más frecuencia de avistamientos de aves en actividad polinizadora (pruebas de residuos estandarizados; Cuadro 1). En

contraste, el número de especies observadas en cada categoría de actividad no depende significativamente del sitio ($\chi^2 = 6.94$, g.l. = 8, $P > 0.5$).

El número de avistamientos de aves de cada gremio dependió significativamente del sitio ($\chi^2 = 463.6$, g.l. = 12, $P < 0.001$). El número de avistamientos de aves insectívoras en ZR fue significativamente más alto que el esperado, en tanto que el número de nectarívoras en A11, y de insectívoras/frugívoras y omnívoras en A8 fueron significativamente más altos que los esperados por la tabla de contingencia (pruebas de residuos estandarizados; Fig. 6). Por otro lado, se registró una mayor frecuencia relativa de avistamientos de especies omnívoras en la zona A8 (19.2%) que en las zonas A11 (12.2%) y ZR (4.8%; Fig. 6).

Aunque los valores de los índices de diversidad sugieren que la comunidad más diversa fue ZR, no se registraron diferencias significativas entre sitios en los índices de diversidad de Shannon-Wiener (Cuadro

2). Las comunidades de aves de A8 y ZR fueron las más similares ($IS_J = 74.6\%$), seguidas de las comunidades de las zonas A11 y ZR ($IS_J = 70.3\%$). Las comunidades de aves de las zonas A8 y A11 fueron las menos similares ($IS_J = 65.8\%$).

DISCUSIÓN

La riqueza específica y la densidad de aves fue similar en los tres sitios (Figs. 2 y 3). Las mayores riquezas específicas se presentan en marzo, lo cual se asocia a la presencia de las aves migratorias visitantes de invierno (véase Arizmendi et al. 1994). La disminución de la riqueza específica en A11 en agosto se debió a la remoción de eucaliptos de la zona, lo cual disminuyó considerablemente la estratificación de la vegetación en el sitio y eliminó sitios de percha.

La mayor riqueza mensual de aves en A8 con respecto a las zonas A11 y ZR responde a la mayor heterogeneidad del sitio y al mayor grado de urbanización que presenta esta

Cuadro 1. Principales actividades de las aves registradas en tres sitios de estudio de la Reserva del Pedregal de San Ángel. + = valor significativamente mayor al esperado, - = valor significativamente menor al esperado (prueba de residuos estandarizados). A8, A11: zonas sujetas a restauración; ZR: zona de referencia.

Actividad	A8		A11		ZR	
	Avistamientos (%)	Nº especies	Avistamientos (%)	Nº especies	Avistamientos (%)	Nº especies
Alimentándose						
al vuelo	1.3	7	1.9	4	1.4	4
Forrajeando	54.9 (+)	46	38.7 (-)	35	54.5 (+)	47
Perchado	40.9	46	47.8 (+)	49	37.8 (-)	43
Polinizando	1.0 (-)	2	7.1 (+)	6	1.2 (-)	2
Otras	1.9 (-)	8	4.6	9	5.2 (+)	7
<i>N</i>	1389		695		694	

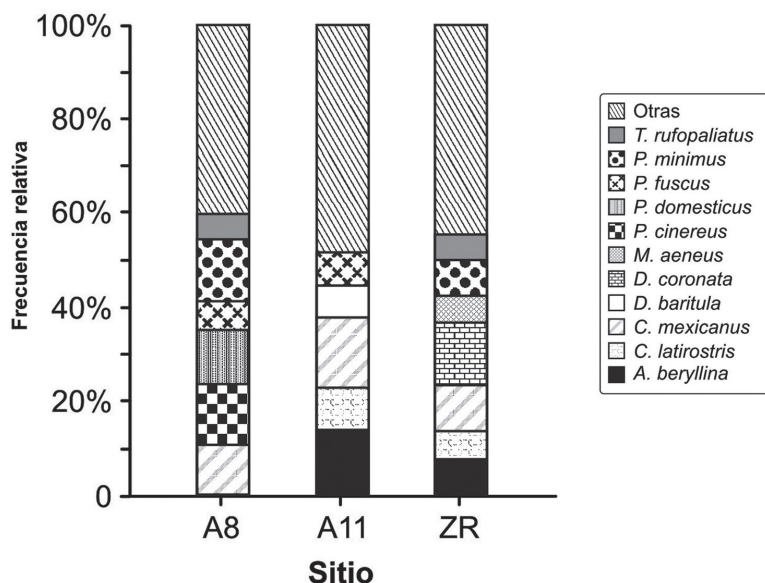


Fig. 4. Frecuencia relativa de avistamientos de aves abundantes en cada sitio de estudio y del total de especies observadas (Otras). $N = 1389$, 695 y 694 en A8, A11 y zona de referencia (ZR), respectivamente.

zona, ya que se encuentra en un camellón entre edificios de Ciudad Universitaria. En esta zona se presenta un estrato arbóreo bien representado (con *E. camaldulensis*, *Cupressus sp.*, *Schinus molle* y *Fraxinus uhdei*) lo cual atrae la visita de aves y provee los recursos necesarios para la alimentación y el anidamiento. La complejidad estructural, más que el estatus sucesional, es frecuentemente un buen pronosticador de la calidad del hábitat para las aves, tal como lo discuten Niemi y Hanowski (1984) y Luken (1990). Además, se ha demostrado que los procesos de urbanización afectan a la diversidad de especies, favoreciendo un mayor número de ciertas especies conforme aumenta el grado de urbanización (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009). Aún así,

el grado de urbanización en A8 es atenuado por la presencia de amplias extensiones de vegetación artificial en sus alrededores.

Las condiciones de las zonas sujetas a restauración (i.e., especies vegetales exóticas y nativas, perturbación antropogénica) causan que se presente un disturbio intermedio. La hipótesis del disturbio intermedio dice que las zonas sometidas a disturbios de mediana magnitud favorecen la presencia de un mayor número de especies (Vega y Peters 2003), sin embargo, se ha visto que son las especies exóticas las que se ven favorecidas y las nativas afectadas negativamente (Blair 1996). La dominancia de especies es más notoria en A8, donde especies como el gorrión inglés *P. domesticus* presentan más del 10% de los

avistamientos y la equitatividad es menor (Fig. 4; Cuadro 2). Al comparar este dato con los obtenidos por Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors (2009) para zonas del sur de la Ciudad de México se encuentra que la zona A8, a pesar de tener cierto grado de urbanización, tiene mayor grado de conservación que los parques urbanos de la zona, en los cuales alrededor del 50% de los avistamientos corresponden al gorrión inglés y a la paloma *Columba livia*.

Chávez y Gurrola (2009) encontraron que la mayoría de las especies presentes en la REPSA son insectívoras (35%). En el presente trabajo, se encuentra que más del 50% de las especies registradas en los sitios de estudio fueron insectívoras (Fig. 6), lo cual indica cierto grado de conservación del hábitat, ya que los hábitats que soportan una mayor riqueza de especies omnívoras o generalistas suelen ser los que tienen un mayor grado de urbanización (Emlen 1974). La composición de gremios nos indica una mayor perturbación por urbanización en la zona A8, ya que en ésta el número de especies omnívoras es mayor con respecto a las otras dos zonas (Fig. 7). Una comunidad conservada presenta mayor número de especies insectívoras, carnívo-

ras y granívoras, según Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors (2009). Las zonas A11 y la A8 presentan frecuencias menores a las esperadas de insectívoros/frugívoros y carnívoros respectivamente, lo cual indica la existencia de un cierto nivel de deterioro en ambos sitios.

Las actividades registradas indican que la zona A11 es menos utilizada para el forrajeo y más para la polinización (Fig. 5). Esto se debe principalmente a la presencia de la planta exótica *Nicotiana glauca*, la cual es visitada para forrajeo y por seis especies de aves polinizadoras. Debido a la alta abundancia de especies omnívoras y granívoras en A8, el pasto *Pennisetum clandestinum* resultó ser una de las plantas más utilizadas. En la ZR la especie más forrajada fue *E. camaldulensis*. En las tres zonas el tepozán *B. cordata* fue la especie nativa más utilizada para el forrajeo (Fig. 5), lo cual indica su importancia como sitio de percha debido a su tamaño y como fuente de recursos alimentarios.

La presencia de eucaliptos tanto en A8 como en ZR permite que estas dos zonas presenten la mayor similitud, de casi el 75%, ya que estos árboles incrementan la disponibilidad de sitios de percha, lo cual

Cuadro 2. Atributos de las comunidades de aves en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y una conservada de referencia (ZR) de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Letras iguales en *H'* denotan que no hubo diferencias significativas entre sitios (prueba de *t*).

Atributo	A8	A11	ZR
<i>S</i>	62	64	62
<i>H'</i>	3.099 ^a	3.193 ^a	3.306 ^a
<i>J'</i>	0.748	0.768	0.798
<i>N</i>	1 389	695	694

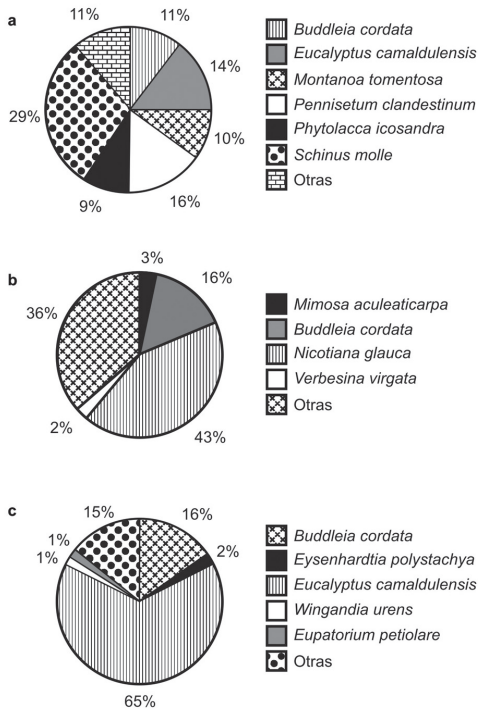


Fig. 5. Frecuencia relativa de uso para forrajeo de diferentes especies de plantas por parte de las aves en dos zonas sujetas a restauración (A8 y A11) y en una zona conservada de referencia (ZR) de la REPSA. a) A8, b) A11 y c) ZR.

resulta muy atractivo para las aves. Por otra parte, la cercanía entre las zonas A11 y ZR origina que entre ellas haya alta similitud (70.3%). Llama la atención que las tres zonas registran una similitud mayor al 65%, lo cual puede deberse al hecho de que las tres zonas se encuentran en bordes, lo que favorece la presencia de especies de aves que utilizan las orillas de los fragmentos de vegetación (Luken 1990), aunque aún no se tienen datos de las aves indicadoras de efectos de borde. Las reservas urbanas representan

áreas interesantes de estudio, ya que ofrecen paisajes alterados con una baja conectividad con otras áreas de vegetación natural y un evidente efecto de borde (McKinney 2002).

Las zonas más diferentes en su avifauna fueron las zonas sujetas a restauración, lo cual se puede deber principalmente a la historia particular de cada sitio y a la lejanía que mantienen entre sí. Es necesario tomar en cuenta que la sustitución de especies en el proceso de sucesión no tiene una secuencia determinada (Martínez-Romero 1996), por lo cual en los sitios se presentan diferentes composiciones.

La zona A8 registró el menor valor de índice de diversidad (Cuadro 2), lo cual se debe a que este sitio se encuentra más alejado de las zonas núcleo, lo que implica una mayor dificultad de colonización para las especies nativas, tal como lo sugiere la teoría de biogeografía de islas (MacArthur y Wilson 1967). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre sitios en el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), lo cual indica un buen estado de la comunidad de aves en los sitios sujetos a restauración.

CONCLUSIONES

La actividad y la diversidad de las aves nativas en los sitios bajo restauración sugieren recuperación de parte de su funcionalidad, ya que presentan comunidades cuya diversidad y composición son similares a las registradas en la zona de referencia (ZR).

La zona A11, al estar espacialmente en contacto con la Zona Núcleo Poniente de la REPSA, fue ligeramente más similar a la ZR que la zona A8, la cual está aislada.

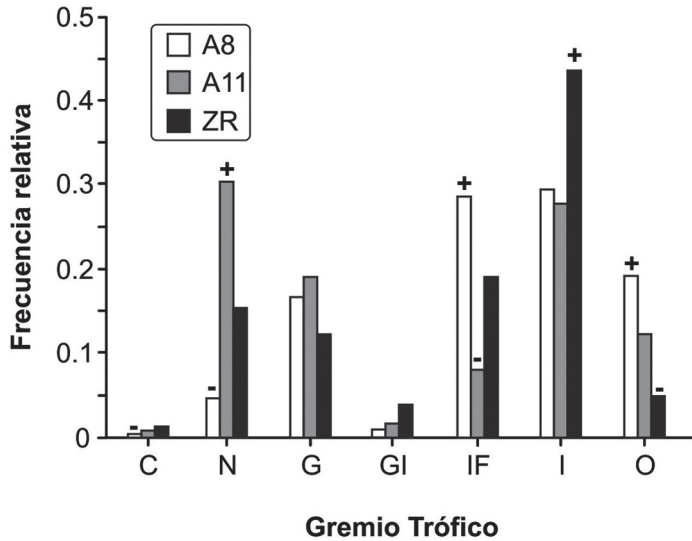


Fig. 6. Frecuencia relativa de avistamientos por cada gremio de aves en tres sitios de estudio de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. + = valor significativamente mayor al esperado, - = valor significativamente menor al esperado (prueba de residuos estandarizados). ZR: zona de referencia, C: carnívoros, F: frugívoros, G: granívoros, I: insectívoros, N: nectarívoros, O: omnívoros.

Las zonas sujetas a restauración presentaron un gran número de especies de aves, lo cual se puede deber a (1) una mayor riqueza específica debido a un nivel de disturbio intermedio, (2) el efecto de borde en ambos sitios, y (3) aislamiento y procesos de urbanización, sobre todo en A8.

El conocimiento de los procesos de sucesión en las comunidades permite plantear diferentes enfoques para realizar una restauración ecológica con éxito. Es deseable que continúe este programa de monitoreo a largo plazo para conocer mejor la dinámica y recuperación de la comunidad.

Las acciones de restauración ecológica están facilitando que haya actividades de aves; sin embargo, es necesario que continúen estas acciones para facilitar las actividades de las aves que viven en los sitios conservados de la REPSA, de modo que la composición de especies en los sitios sujetos a restauración sea aún más similar a la que se registra en las zonas conservadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Antonio Lot su apoyo para la realización de este estudio en la REPSA. Georgina González Rebeles, Daniela Fernández y María de

la Garma ofrecieron amablemente su ayuda en el campo. Georgina González Rebeles identificó el material botánico. Al proyecto PAPIME PE204809 por su apoyo financiero y por becas otorgadas a M. San José y A. Garmendia. Al Biól. Marco Antonio Romero le agradecemos su apoyo en el mantenimiento del equipo de cómputo.

LITERATURA CITADA

- AMERICAN ORNITHOLOGISTS' UNION (AOU). 2010. Fifty-first supplement to the American Ornithologists' Union. Check-list of North American birds. *Auk* 127:726-744.
- ANTONIO-GARCÉS, J. I. 2008. Restauración ecológica de la zona de amortiguamiento 8 de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D. F. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- ANTONIO-GARCÉS, J. I., M. PEÑA, Z. CANO-SANTANA, A. OROZCO-SEGOVIA Y M. VILLEDA. 2009. Cambios en la estructura de la vegetación derivados de acciones de restauración ecológica en las Zonas de Amortiguamiento Biológicas y Vivero Alto. Pp. 465-481. En A. Lot y Z. Cano-Santana (Eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- ARIZMENDI, M.C., A. ESPINOSA DE LOS M., J.F. ORNELAS, A. MORALES, I. ACOSTA, J. MORENO Y L. PÉREZ. 1994. Pp. 283-291. En A. Rojo (Coord.). *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- BLAIR, R. B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications* 6:506-519.
- CANO-SANTANA, Z. Y J. MEAVE. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xilte. *Ciencias* 41: 41-68.
- CÉSAR-GARCÍA, S. F. 2001. Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- CHÁVEZ C., N. Y M. A. GURROLA H. 2009. Avifauna. Pp. 261-275. En A. Lot y Z. Cano-Santana (Eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- CONNELL, J. H. 1978. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- EMLEN, J. T. 1974. An urban bird community in Tucson, Arizona: derivation, structure, regulation. *Condor* 76:184-197.
- HORN, H. S. 1974. The ecology of secondary succession. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 25-37.
- LOT, A. Y Z. CANO-SANTANA (EDS.). 2009. *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- LUKEN, J. O. 1990. *Animals and Succesion. Directing Ecological Succession*. Chapman and Hall, Londres, R. U.
- MAGURRAN, A. 1988. *Ecological Biodiversity and its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, N. J.
- MACARTHUR, R. H. Y E. O. WILSON. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, N. J.
- MARTÍNEZ-ROMERO, E. 1996. La restauración ecológica. *Ciencias* 43:56-61.
- McKINNEY, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity and conservation. *Bioscience* 52:883-890.
- NIEMI, G. J. Y J. M. HANOWSKI. 1984. Relationship of breeding birds to habitat characteristics in logged areas. *Journal of Wildlife Management* 48:438-443.

- ORTEGA-ÁLVAREZ, R. E I. MACGREGOR-FORS. 2009. Living in the big city: effects of urban land-use on bird community structure, diversity and composition. *Landscape and Urban Planning* 90:189-195.
- ROJO, A. (COMP.). 1994. Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- SEGURA-BURCIAGA, S. G. 1995. Estudio poblacional de *Eucalyptus resinifera* Smith (Myrtaceae) en la Reserva Eco-lógica del Pedregal de San Ángel, C. U., México, D.F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- SEGURA-BURCIAGA, S. G. Y J. MEAVE. 2001. Effect of the removal of the exotic *Eucalyptus resinifera* on the floristic composition of a protected xerophytic shrubland in Southern México City. Pp. 319-330. En G. Brundu, J. Brock, I. Camarda, L. Child y M. Wade (Eds.). *Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management*. Backhuys Publishers, Leiden, Holanda.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL (SER). 2009. Principios de SER International sobre la Restauración Ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencias políticas. En línea: <www.ser.org>. Fecha de consulta: 14 de mayo de 2009.
- SIEBE, C. 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, south-western Basin of Mexico-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 104: 45-64.
- SIEGEL, S. Y N. J. CASTELLAN. 1995. Estadística No Paramétrica Aplicada a las Ciencias de la Conducta. Trillas, México, D. F.
- SOBERÓN M., J., M. M. DE LA CRUZ R. Y C. G. JIMÉNEZ. 1991. Ciencia y Desarrollo 99: 25-38.
- TUCKER, N. I. J. 2000. Wildlife colonisation on restored tropical lands: what can it do, how can we hasten it and what can we expect? Pp. 279-295. En S. Elliott, J. Kerby, D. Blakesley, K. Hardwick, K. Woods y V. Anusarnsunthorn (Eds.). *Forest Restoration for Wildlife Conservation*. Chiang Mai University, Tailandia.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM). 2005. Acuerdo por el que se rezonifica, delimita e incrementa la Zona de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Gaceta UNAM, 2 de junio de 2005: pp. 20-21.
- VALIENTE-BANUET, A. Y G. E. DE LUNA. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. *Acta Botánica Mexicana* 9:13-30.
- VEGA, E. Y E. PETERS. 2003. Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología, México. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/395/vega_peters.html> Fecha de consulta: 2 de julio de 2010.
- WHITTAKER, R. H. 1953. A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecological Monographs* 23:41-78.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J.

Apéndice. Listado de especies y frecuencia de avistamientos de aves en dos zonas sujetas a restauración ecológica: A8, al noreste del área de amortiguamiento y A11, al sureste del área de amortiguamiento, así como un área conservada de referencia (ZR), localizada en la zona núcleo poniente en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal. La nomenclatura está basada en AOU (2010). Gremios: C= Carnívoro, F= Frugívoro, G= Granívoro, I= Insectívoro, N= Nectarívoro y O= Omnívoro.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	N			Gremio
				A8	A11	ZR	
Columbiformes							
Columbidae	<i>Columbina inca</i>	Tórtola	48	3		G	
Apodiformes							
Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>	Verdemar	1		2	N	
	<i>Cyananthus latirostris</i>	Chupaflor matraquita	14	58	35	N	
	<i>Hylocharis leucotis</i>	Colibrí oreja blanca	1	2	5	N	
	<i>Amazilia beryllina</i>	Chupaflor berilo	35	99	57	N	
	<i>Amazilia violiceps</i>	Chupaflor coronivioleta		5		N	
	<i>Lampornis clemenciae</i>	Chupaflor garganta azul	0	1	2	N	
	<i>Eugenes fulgens</i>	Chupaflor magnífico	1	2	2	N	
	<i>Archilochus colubris</i>	Chupaflor rubí		1	1	N	
Piciformes							
Picidae	<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero mexicano	5	1	4	I	
Passeriformes							
Tyrannidae	<i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquerito silbador	1		3	I	
	<i>Contopus pertinax</i>	Tengofrío mayor	3	3	3	I	
	<i>Contopus sordidulus</i>	Tengofrío occidental	2	3	1	I	
	<i>Empidonax sp.</i>	Mosquerito	25	16	10	I	
	<i>Empidonax minimus</i>	Mosquerito mínimo	2	1	1	I	
	<i>Empidonax fulvifrons</i>	Mosquerito pecho leonado	4	4		I	
	<i>Sayornis nigricans</i>	Papamoscas negro	1			I	
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Cardenalito	19	2	3	I	
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Copetona	1			I	
	<i>Myiarchus cinerascens</i>	Papamoscas cenizo			2	I	
	<i>Tyrannus vociferans</i>	Chilero	8	1	3	I	
Laniidae	<i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugillo	1	5	9	C	
Vireonidae	<i>Vireo bellii</i>	Vireo aceitunado	1	2	3	IF	
	<i>Vireo huttoni</i>	Vireo oliváceo		2	1	IF	
	<i>Vireo gilvus</i>	Vireo gorjeador		2		IF	
Hirundinidae	<i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina bicolor		2	1	I	
	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijerilla	2	10	5	I	
Aegithalidae	<i>Psaltiriparus minimus</i>	Sastrecito	171	26	53	I	
Troglodytidae	<i>Catherpes mexicanus</i>	Saltapared risquero		5	1	I	
	<i>Thryomanes bewickii</i>	Saltapared tepetatero	16	29	17	I	

Apéndice. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	N			Gremio
				A8	A11	ZR	
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Matraquita	4	6	1	I
	Poliopitidae	<i>Poliopitila caerulea</i>	Perlita común	22	1	19	I
	Regulidae	<i>Regulus calendula</i>	Reyezuelo sencillo	7	12	7	I
	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal solitario	2	1	2	IF
		<i>Turdus rufopalliatus</i>	Primavera chivillo	75	10	34	IF
		<i>Turdus migratorius</i>	Primavera real	57	1	15	IF
	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche	10	11	20	IF
	Bombycillidae	<i>Bombycilla cedrorum</i>	Chinito	36			IF
	Ptiligonatidae	<i>Ptiligonys cinereus</i>	Capulínero	171	12	36	IF
	Parulidae	<i>Oreothlypis peregrina</i>	Gusanero verdillo	2	6	5	I
		<i>Oreothlypis celata</i>	Gusanero de corona anaranjada	7	14	13	I
		<i>Oreothlypis ruficapilla</i>	Gusanero de coronilla	34	11	10	I
		<i>Oreothlypis virginiae</i>	Gusanero de virginia	1	1	3	I
		<i>Dendroica coronata</i>	Chipe coronado	27	2	89	I
		<i>Dendroica nigrescens</i>	Chipe negro-gris	1	1	4	I
		<i>Dendroica townsendi</i>	Chipe negro-amarillo	5		2	I
		<i>Dendroica occidentalis</i>	Chipe cabeza amarilla	3		1	I
		<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	3	2	1	I
		<i>Parkesia noveboracensis</i>	Laguerito		2		I
		<i>Oporornis tolmiei</i>	Chipe de tolmie		1	1	I
		<i>Geothlypis nelsoni</i>	Mascarita transvolcánica	6	1	2	I
		<i>Wilsonia pusilla</i>	Chipe corona negra	26	28	27	I
		<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito selvático	1		10	I
		<i>Basileuterus rufifrons</i>	Chipe gorriirrufo	1			I
		<i>Icteria virens</i>	Buscabreña		1		I
	Emberizidae	<i>Diglossa baritula</i>	Picaflor	13	43	3	N
		<i>Atlapetes pileatus</i>	Saltón gorriirrufo			1	IF
		<i>Pipilo fuscus</i>	Pájara vieja	86	37	24	O
		<i>Spizella passerina</i>	Gorrión cejiblanca	16	6		G
		<i>Melospiza melodia</i>	Gorrión cantor	1	1	1	G
		<i>Melospiza lincolni</i>	Gorrión de lincoln			1	GI
	Cardinalidae	<i>Piranga flava</i>	Candelo	1		1	IF
		<i>Piranga rubra</i>	Quitrique	7		2	IF
		<i>Piranga ludoviciana</i>	Tángara cabecirroja		1		IF
		<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogordo tigrillo	10	3	19	GI
		<i>Passerina caerulea</i>	Picogordo azul	2	7	3	GI
		<i>Passerina cyanea</i>	Azulito	1	2	3	GI
		<i>Passerina versicolor</i>	Colorín morado	4			GI

Apéndice. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	N			Gremio
				A8	A11	ZR	
	Cardinalidae	<i>Passerina ciris</i>	Colorín	1			I
	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojirrojo	13	23	6	O
		<i>Icterus spurius</i>	Bolsero castaño	6	1		IF
		<i>Icterus bullockii</i>	Bolsero de bullock	4	4	5	IF
		<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de altamira		1		IF
		<i>Icterus galbula</i>	Bolsero de baltimore		2		IF
		<i>Icterus abeillei</i>	Calandria	14	4	9	IF
		<i>Icterus parisorum</i>	Bolsero tunero	15	2	3	O
	Fringillidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión mexicano	157	116	73	G
		<i>Spinus psaltria</i>	Dominico	9	7	11	G
	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión inglés	167	25	3	O