

Variación de la riqueza y diversidad de la ornitofauna en áreas verdes urbanas de las ciudades de La Paz y El Alto (Bolivia)

Variation of the richness and diversity of the birds in urban green areas of the La Paz and El Alto cities (Bolivia)

Álvaro Garitano-Zavala* & Paola Gismondi

Instituto de Ecología, Unidad de Zoología (Colección Boliviana de Fauna),
Universidad Mayor de San Andrés, Casilla 10077, Correo Central, La Paz, Bolivia.
e-mail: iecbf@ceibo.entelnet.bo

*Autor a quien se enviará la correspondencia

Resumen

En los ecosistemas urbanos la biodiversidad original disminuye considerablemente, pero existe una biota asociada que puede ser indicadora de la calidad ambiental. Considerando 27 áreas verdes en las ciudades de La Paz y El Alto como unidades muestrales, se determinó la riqueza y la diversidad de aves, variables que fueron relacionadas con los factores ambientales: superficie, porcentaje de cobertura vegetal, altitud sobre el nivel del mar y densidad relativa de la paloma introducida *Columba livia*, mediante regresiones lineales. Se registró un total de 34 especies de aves. La riqueza para cada área verde osciló entre 2 y 31 especies y el índice de diversidad entre 0.64 y 2.67. Sólo cinco áreas verdes (19%) tenían 10 ó más especies de aves y sólo dos (7%) más de 20 especies. Seis áreas (22%) sólo poseían las especies sinantrópicas. Destaca que la composición de ornitofauna en las áreas verdes más ricas comprende pocas especies "muy abundantes" y numerosas "poco abundantes". La diversidad y la riqueza de especies disminuyen según incrementa la altitud y la densidad de *C. livia*, pero aumentan si la superficie y la cobertura vegetal son mayores. El factor que mejor explicó la variación de la diversidad fue la proporción de cobertura vegetal y, en el caso de la riqueza, fue la densidad de *C. livia*. Los resultados demuestran que en las ciudades de La Paz y El Alto la diversidad y riqueza de aves son bajas, lo cual en parte se debe a que existen muy pocas áreas verdes con superficie mayor a los 10.000 m² y cobertura vegetal mayor al 50%. Esto demuestra poca planificación en el crecimiento urbano de las dos ciudades estudiadas, lo cual no sólo puede afectar la diversidad de aves, sino a la larga la salud física y mental de los ciudadanos.

Palabras clave: aves urbanas, distribución altitudinal, planificación urbana, impacto humano, Andes.

Abstract

In urban ecosystems the original biodiversity diminishes considerably, but an associate biota exists that can be indicative of environmental quality. Considering 27 urban green areas in the cities of La Paz and El Alto as sample units, avian species richness and diversity were determined and related using linear regressions with the following environmental factors: surface area,

percent of vegetation cover, altitude above sea level, and density of the introduced dove *Columba livia*. We recorded a total of 34 bird species. Species richness varied from 2 to 31 species, and diversity indices between 0.64 and 2.67. Only five green areas (19%) had 10 or more bird species, and only two (7%) more than 20 species. Six areas (22%) contained only synanthropic species. Bird communities in the richest green areas had few abundant and numerous uncommon species. Diversity and species richness diminish when the altitude and density of *C. livia* increase, but increases if the surface area and vegetation cover are greater. The factor that best explained the variation in bird diversity was the proportion of vegetation cover, and the species richness was best explained for the density of *C. livia*. These results demonstrate that bird diversity and richness are low in the cities of La Paz and El Alto, partly because few green areas have a surface area greater than 10 000 m² and a vegetation cover greater than 50%. This demonstrates the poor planning in the urban growth of the two cities studied, which does not only affect avian diversity, but also the physical and mental health of citizens in the long term.

Key Words: urban birds, altitudinal distribution, urban planning, human impact, Andes.

Introducción

Una de las consecuencias del crecimiento de las poblaciones humanas, entre otras, es la sustitución de ecosistemas naturales por ecosistemas urbanos. Estos ecosistemas están caracterizados por presentar bajas proporciones de áreas verdes, sean éstas artificiales o remanentes del paisaje original, que resultan de la fragmentación o completa eliminación de los hábitats naturales. Esto se traduce en una drástica modificación de las comunidades biológicas y disminución de la riqueza original (Cam et al. 2000). Entre los efectos directos sobre la fauna ornítica, se puede citar además la alteración de los patrones de comunicación acústica (Gutzwiller et al. 1997).

De todas maneras, existe una biota que logra sobrevivir en las ciudades, la cual tiene mucha importancia en el equilibrio ecológico del medio ambiente urbano. Por ende, las características biológicas y ecológicas de esta biota, y sus variaciones en tiempo y espacio, están relacionadas a la calidad ambiental (Erskine 1992, Pinowski et al. 1993); en este contexto, las comunidades orníticas son especialmente conspicuas y útiles para la bioindicación.

En las ciudades de La Paz y El Alto, el crecimiento urbano a expensas de las áreas naturales es desordenado y poco planificado, y se presta muy poca atención a las áreas verdes en cuanto a superficie y composición vegetacional, lo cual a la larga también puede repercutir negativamente en la salud humana (Chivian 1997).

Ningún estudio en las ciudades de La Paz y El Alto ha sido realizado para demostrar si existe alguna relación entre la cantidad y/o calidad de las áreas verdes con las comunidades de aves. El presente trabajo pretende determinar el efecto de algunas características de las áreas verdes de las ciudades de La Paz y El Alto sobre la diversidad y riqueza de aves nativas.

Métodos

Elección de las áreas verdes

Las ciudades de La Paz y El Alto se ubican precisamente en el límite este del altiplano de los Andes Centrales y el valle mesotérmico adyacente, entre los 68°02' – 68°15' O y 16°28' – 16°34' S. Existe una sucesión ecológica altitudinal desde el ambiente de la puna semihúmeda hasta los valles secos de la prepuna

(Beck & García 1991, Ribera 1992), con un considerable gradiente altitudinal entre los 4.100 y 3.200 m (Fig. 1).

La determinación de riqueza e índice de diversidad de ornitofauna fue realizada considerando a las áreas verdes urbanas (plazas, parques y jardines públicos) como unidades muestrales, no se considera dentro del concepto de "área verde" a los campos cubiertos solamente por césped o a aquellos espacios sin vegetación. Estas áreas verdes presentan particulares valores de superficie, grado de cobertura vegetal y altitud sobre el nivel del mar, así como una determinada densidad de la paloma introducida *Columba livia*, que potencialmente puede desplazar competitivamente a especies de aves nativas. Estas características han sido consideradas como factores en el diseño experimental.

Con el fin de evaluar el efecto de la altitud sobre el nivel del mar sobre las comunidades de aves, el ámbito geográfico de las ciudades de La Paz y El Alto se ha subdividido en nueve rangos: 3.200 a 3.299 m, 3.300 a 3.399 m, 3.400 a 3.499 m, 3.500 a 3.599 m, 3.600 a 3.699 m, 3.700 a 3.799 m, 3.800 a 3.899 m, 3.900 a 3.999 m, y 4.000 a 4.100 m (Fig. 1). Estos nueve rangos se han discretizado en tres grandes "zonas urbanas", a saber: zona sur (3.200 a 3.499 m), zona central (3.500 a 3.799 m) y zona alta (3.800 a 4.100 m). Esta zonificación corresponde además a diferentes tendencias urbanísticas que se han dado desde la creación de la ciudad de La Paz, siendo la primera y la tercera de reciente expansión (Villagómez 1991). Se eligió un total de veintisiete áreas verdes, considerando tres para cada rango altitudinal, estas áreas fueron las de mayor superficie dentro de cada rango. La superficie de cada área verde fue obtenida del Mapa Catastral de las ciudades de La Paz y El Alto digitalizado en AUTOCAD 2000 (Autodesk 1999) y la altitud exacta fue determinada en el centro del área verde con un altímetro Thommen®.

El porcentaje de cobertura vegetal fue determinado mediante una estimación

porcentual de la relación de superficie cubierta por vegetación vs. la superficie cubierta de cemento, loza o suelo desnudo. El máximo número de individuos de *C. livia* contabilizados en alguno de los relevamientos fue utilizado para calcular la densidad de esta especie por m² de superficie total del área verde y el porcentaje de abundancia relativa de *C. livia* fue calculado respecto al total de individuos de todas las especies nativas.

Determinación de la riqueza e índice de diversidad

En cada área verde se contó el número de individuos de cada especie observada, utilizando el método de punto de conteo o el de transecto lineal, de acuerdo a la superficie de las áreas verdes. De este modo, los puntos de conteo se utilizaron en las áreas menores a 1.500 m² y/o que además presentaban un bajo grado de cobertura vegetal (Tabla 1), que permitiera en un período de 20 minutos contabilizar absolutamente todas las aves presentes en la zona. En las áreas verdes mayores a 1.500 m² y menores a 15.000 m², se realizó un transecto de 20 minutos (aproximadamente 250 m lineales), registrando las aves hasta 25 m a cada lado, mientras se caminaba en línea recta o en zig-zag. En áreas de una superficie mayor a los 15.000 m², se realizó más de un transecto separándolos entre sí al menos por 500 m; los resultados de estos transectos fueron sumados (Tabla 1). De todas maneras, se debe considerar que los transectos permiten evaluar sólo una parte de la superficie total, lo cual podría subestimar la riqueza y diversidad. Los conteos fueron realizados sólo por uno de los autores (P. Gismondi).

Se realizaron los relevamientos en cada área verde en tres días elegidos al azar, con el fin de obtener los valores de riqueza y abundancia relativa de cada especie con mayor precisión y evitando de este modo los posibles efectos de las condiciones climáticas, la presencia humana, o cualquier otro factor aleatorio sobre la

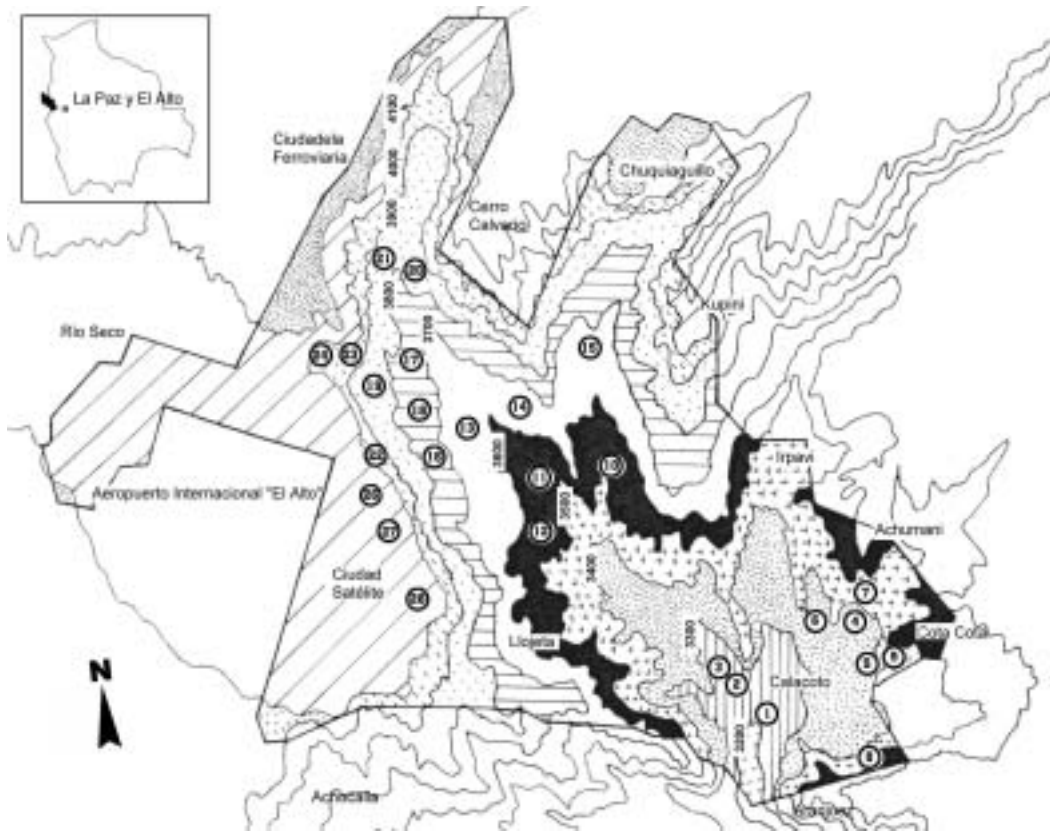


Fig. 1: Zonificación de las ciudades de La Paz y El Alto de acuerdo a los rangos altitudinales cada 100 m. Los círculos denotan la posición de cada área verde estudiada cuyo número corresponde a los especificados en el Anexo 1.

presencia de avifauna en los días de conteo. En cada uno de los tres días, se realizó un conteo en la mañana entre las 07:00 y 09:00 y otro en la tarde entre las 16:00 y 18:00, es así que se tiene seis relevamientos para cada área. Los relevamientos se realizaron entre septiembre y noviembre del año 2000.

La riqueza de especies por área es el número total de especies nativas observadas en los seis relevamientos, tanto de las residentes como de aquellas de presencia eventual o de paso. El índice de diversidad fue obtenido utilizando el índice de Shannon & Wiener (1949), calculando

su respectivo índice de equitatividad. Para el cálculo de este índice, se utilizó el máximo valor de abundancia relativa de cada especie registrada entre los seis relevamientos.

Un aspecto importante a considerar es el grado de sinantropía de las aves presentes en las áreas verdes urbanas. La sinantropía relativa es compleja de determinar, pues no depende sólo de las características biológicas y ecológicas de cada especie, sino de la particular interacción de cada población con el entorno urbano que ha logrado colonizar. Para este trabajo sólo se ha diferenciado las aves totalmente

Tabla 1: Parámetros y tipo de relevamiento utilizado en las áreas verdes urbanas estudiadas en las ciudades de La Paz y El Alto.

Zona Urbana	Rango de altura (m)	Nombre del área verde	Altitud (m)	Superficie (m ²)	Cobertura (%)	Número de <i>C. livia</i>	Tipo de relevamiento ^b
Sur	3.200-3.299	Distrito cuatro	3.230	25400,0	60	49	2t
		Plaza Roma	3.285	4389,5	50	10	1t
	3.300-3.399	Plaza Exaltación	3.290	3052,0	60	9	1t
		Polifuncional Achumani	3.340	5336,8	30	10	1t
		Campus Universitario	3.350	440204,6	90	28	3t
		Parque Escalante	3.390	3903,5	40	6	1t
Central	3.400-3.499	Mercado Achumani	3.420	678,2	20	10	pc
		Plaza Andrés Pérez	3.430	822,5	30	4	1t
	3.500-3.599	Parque Cota Cota	3.470	18003,9	70	2	2t
		Jardín Botánico	3.510	18328,4	70	3	2t
		Plaza Avaroa	3.540	10115,4	35	9	1t
		Jardines del Montículo	3.580	16120,3	60	4	2t
Alta	3.600-3.699	Plaza San Pedro	3.600	5369,9	40	11	1t
		Plaza Murillo	3.600	3285,8	20	150	1t
	3.700-3.799	Plaza Villarroel	3.610	23907,8	20	15	2t
		Parque Zona El Carmen	3.710	535,9	15	12	pc
		Parque Litoral	3.730	849,5	20	8	pc
		Plaza Garita de Lima	3.750	1293,8	20	10	pc
3.800-3.899	Plaza Tupac Katari	3.800	275,2	30	7	pc	
	Jardín Plan Autopista	3.820	9576,0	30	10	1t	
	Jardín Ciud. Ferroviaria	3.850	4340,1	40	4	1t	
	Plaza C.N.S.	3.920	875,0	20	13	pc	
	Jardines Autopista	3.960	1070,0	25	19	1t	
	Plaza El Tejar	3.980	14732,0	30	21	1t	
4.000-4.100	Parque Mirador ^a	4.020	1379,3	15	5	1t	
	Plaza J. A. Padilla ^a	4.080	975,8	10	10	pc	
	Plaza Cívica ^a	4.090	1470,0	10	7	pc	

^a son las áreas verdes de la ciudad de El Alto

sinantrópicas entendidas como aquellas que son capaces de nidificar en ambientes domiciliarios. Bajo esta consideración, en las ciudades de La Paz y El Alto están presentes 3 especies de aves sinantrópicas: *Zonotrichia capensis*, *Turdus chiguanco* y *Zenaida auriculata*. Se ha considerado también para cada zona urbana, el porcentaje de áreas verdes urbanas cuya composición de especies es de sólo aves sinantrópicas.

Análisis estadísticos

En primer lugar, se realizaron correlaciones entre los cuatro factores ambientales utilizando el índice paramétrico de Pearson (Pearson 1920). Sólo la altura sobre el nivel del mar sigue una distribución normal, con el fin de conseguir normalidad en las distribuciones de los otros tres factores se realizaron transformaciones logarítmicas.

Luego, cada uno de estos factores fue relacionado con la diversidad y riqueza de especies de aves, utilizando regresiones lineales parciales. De acuerdo a los análisis exploratorios realizados, los valores de riqueza no siguen una distribución normal por lo que fueron transformados con el Log_{10} .

Por último y con el fin de determinar cuál de las variables independientes explica mejor el comportamiento de las variables dependientes diversidad y riqueza, se aplicó una regresión lineal múltiple "paso a paso" (Stepwise Multiple Regression), utilizando una probabilidad de ingreso de F igual a 0.05 y una probabilidad de salida de F igual a 0.1. Todos los análisis estadísticos fueron realizados en el programa estadístico SPSS versión 10 (SPSS 1999).

Resultados

Los nombres de cada una de las áreas verdes urbanas estudiadas, así como los datos de altitud sobre el nivel del mar, superficie, porcentaje de cobertura vegetal, número de *C. livia* y tipo de relevamiento se desarrolla en la

Tabla 1. Se ha identificado un total de 34 especies de aves en el estudio, la abundancia de cada una de ellas en cada área verde urbana aparece en el anexo 1. Sólo cinco áreas verdes (19%) poseen 10 ó más especies de aves y sólo dos (7%) más de 20.

Los valores de riqueza, diversidad y equitatividad de la avifauna nativa y la abundancia relativa de *C. livia* para cada área urbana se desarrollan en la Tabla 2. Los valores de riqueza oscilan entre un máximo de 31 hasta un mínimo de dos especies y los valores de diversidad, entre 0.64 y 2.67. Resalta el hecho de que en general, las áreas verdes de alta riqueza y diversidad son poco equitativas y viceversa. Esto indica que los valores de máxima diversidad están más relacionados a la mayor riqueza de especies, pero no a la proporción relativa de cada una de ellas; lo que se refleja en que la composición de ornitofauna en las áreas verdes más ricas comprende pocas especies "muy abundantes" y varias "poco abundantes". Las especies de mayor sinantropía son ubicuas, en las áreas de mayor riqueza son las más abundantes y en las áreas de menor riqueza pueden llegar a ser las únicas observadas, es el caso de seis áreas verdes (22%) (Anexo 1).

De las 27 áreas estudiadas, el Campus Universitario de Cota Cota presenta la mayor riqueza (31 especies) y por esto el valor de diversidad más alto ($H = 2.67$), pero un bajo valor de equitatividad ($E = 0.79$); en esta área se observaron 9 especies no registradas en ninguna otra área verde. En el otro extremo, el parque Litoral y la plaza Garita de Lima con sólo dos especies cada una (las de mayor sinantropía) y los índices de diversidad más bajos ($H = 0.64$ y $H = 0.67$ respectivamente). La plaza del Mercado Achumani no tiene el valor de diversidad más bajo ($H = 1.10$), pero presenta la equitatividad más alta $J \approx 1$, debido a la distribución más homogénea de las tres especies presentes, que son las de mayor sinantropía.

Los valores de mayor riqueza y diversidad corresponden en general a las áreas verdes de la zona sur (Tabla 2), en esta zona se ha

Tabla 2: Parámetros de diversidad y porcentaje relativo de la abundancia de *C. livia* para las 27 áreas verdes urbanas estudiadas.

Nombre del área verde	Riqueza	Abundancia total	Diversidad	Equitatividad	Porcentaje de <i>C. livia</i>
Distrito cuatro	13	127	2.05	0.80	28 %
Plaza Roma	3	36	0.86	0.78	22 %
Plaza Exaltación	6	41	1.68	0.94	18 %
Polifuncional Achumani	5	29	1.53	0.95	26 %
Campus Universitario	31	458	2.67	0.78	6 %
Parque Escalante	9	49	1.99	0.91	11 %
Mercado Achumani	3	20	1.10	1.00	33 %
Plaza Andrés Pérez	10	46	2.07	0.90	8 %
Parque Cota Cota	23	173	2.27	0.72	1 %
Jardín Botánico	11	43	2.28	0.95	6 %
Plaza Avaroa	4	32	1.32	0.95	22 %
Jardines del Montículo	5	49	1.36	0.85	8 %
Plaza San Pedro	5	30	1.52	0.94	27 %
Plaza Murillo	3	8	0.97	0.88	95 %
Plaza Villarroel	4	40	1.33	0.96	27 %
Parque Zona El Carmen	3	18	0.96	0.87	40 %
Parque Litoral	2	18	0.64	0.92	33 %
Plaza Garita de Lima	2	10	0.67	0.97	6 %
Plaza Tupac Katari	5	32	1.51	0.94	18 %
Jardín Plan Autopista	5	43	1.45	0.90	19 %
Jardín Ciud. Ferroviaria	4	30	1.18	0.85	12 %
Plaza C.N.S.	3	12	1.03	0.94	52 %
Jardines Autopista	4	21	0.89	0.64	47 %
Plaza El Tejar	3	11	1.00	0.91	66 %
Parque Mirador	7	41	1.45	0.75	13 %
Plaza J. A. Padilla	5	18	1.49	0.93	38 %
Plaza Cívica	3	14	0.80	0.73	33 %

observado 32 especies y 18 de ellas son exclusivas. Las áreas verdes de la zona central acogen 13 especies, sólo una de ellas (*Diglossa carbonaria*) no ha sido observada en la zona sur en este estudio. Las áreas verdes de la zona alta albergan tan sólo siete especies, además de las tres más sinantrópicas y, entre ellas, aparece en exclusividad un elemento puneño, el ibis *Plegadis ridgwayi* (Anexo 1).

El factor altitud se correlaciona negativa y significativamente con la superficie total y la

cobertura vegetal de las áreas verdes, factores que están correlacionados entre ellos positiva y significativamente (Tabla 3). Esto responde a las tendencias y características de crecimiento urbano y al establecimiento de áreas verdes, pues al agrupar los rangos de altura en las tres zonas urbanas, es evidente que la proporción de áreas verdes con al menos 50% de cobertura vegetal es mayor en la zona de menor rango altitudinal (Tabla 4) y aún cuando la mayor proporción de áreas verdes de mayor superficie

Tabla 3: Correlaciones realizadas entre los cuatro factores ambientales considerados en el estudio.

	Altura sobre el nivel del mar	Log ₁₀ de la superficie total	Log ₁₀ del porcentaje de cobertura vegetal
Log ₁₀ de la superficie total	r = -0.42, P = 0.027		
Log ₁₀ del porcentaje de cobertura vegetal	r = -0.70, P < 0.0001	r = 0.69, P < 0.0001	
Log ₁₀ del número de palomas por metro cuadrado	r = 0.37, P = 0.060	r = -0.87, P < 0.0001	r = -0.72, P < 0.0001

Tabla 4: Parámetros de las áreas verdes y abundancia porcentual de *C. livia* según el criterio de zonas urbanas.

Zona	A	B	C	D
Sur	56%	33%	11%	17%
Central	22%	44%	44%	29%
Alta	0%	11%	22%	33%

A: Porcentaje de áreas verdes con proporción de cobertura vegetal de al menos 50%.

B: Porcentaje de áreas verdes con superficie mayor a 10.000 m²

C: Porcentaje de áreas verdes con sólo aves sinatópicas.

D: Promedio del porcentaje de abundancia relativa de *C. livia*.

corresponde a la zona central, entre éstas predominan las de baja cobertura vegetal (Tabla 4). La densidad relativa de *C. livia* no está correlacionada a la altitud, pero si negativamente a la superficie y a la proporción de cobertura vegetal, de modo que se podrá encontrar a esta especie en mayor abundancia en áreas verdes pequeñas y con baja cobertura vegetal, como las de las zonas urbanas central y alta (Tabla 4).

La diversidad y riqueza de aves responden a estas relaciones, ambas incrementan si las

áreas verdes están a menor altitud, tienen mayor superficie, mayor cobertura vegetal y menor proporción relativa de *C. livia* (Tabla 5). La regresión lineal múltiple con el método "paso a paso" seleccionó a un sólo factor como aquél que explica mejor el comportamiento de las variables dependientes; en el caso de la diversidad, es la proporción de cobertura vegetal, y en el caso de la riqueza es la densidad de *C. livia*. En otras palabras, factores inherentes a las áreas verdes y que pueden estar relacionados a la disponibilidad de recursos

Tabla 5: Regresiones lineales parciales realizadas entre los factores ambientales considerados en el estudio y las variables dependientes diversidad y riqueza de especies de aves.

	Diversidad			Log ₁₀ de la riqueza de especies		
	b ± SE	R ²	P	b ± SE	R ²	P
Altura sobre el nivel del mar	-0.001 ± 0.00	0.26	0.006	-0.0005 ± 0.00	0.20	0.019
Log ₁₀ de la superficie total	0.44 ± 0.12	0.33	0.002	0.25 ± 0.07	0.36	0.001
Log ₁₀ del porcentaje de cobertura vegetal	1.37 ± 0.31	0.43	< 0.0001	0.75 ± 0.17	0.43	< 0.0001
Log ₁₀ del número de palomas por metro cuadrado	-0.46 ± 0.11	0.42	< 0.0001	-0.26 ± 0.06	0.44	< 0.0001

para las aves, demuestran influir en mayor magnitud sobre su diversidad, y en el caso de la riqueza, la dependencia respecto a *C. livia* parece estar más influenciada en el hecho de que la menor potencialidad de las áreas verdes de sostener poblaciones de aves silvestres promueve un predominio relativo de *C. livia*.

Discusión

La riqueza de aves urbanas en las ciudades de La Paz y El Alto, determinada en el presente estudio, es muy baja en relación a otras ciudades andinas como Arequipa, Perú (2.230 m) con 52 especies (M. Ugarte 2001, com. pers.) u otras ciudades latinoamericanas, como São Paulo con más de 140 (Oliveira 1987, 1995, Matarazzo-Neuberger 1992, Höfling & Camargo 1993). Esta baja riqueza responde a la poca disponibilidad de recursos para las aves en este ecosistema montano (Ribera 1991). Ribera (1991) en su estudio de las aves del valle de La Paz, reportó 115 especies de aves nativas y entre ellas 16 especies que estaban presentes en ambientes urbanos; el presente trabajo incrementa el número a 34, incluyendo a

Gnorimopsar chopi, una especie que recientemente ingresó de forma natural al valle de La Paz (Quiroga et al. 1998).

La disminución de diversidad respecto al incremento de la altitud es un hecho común para muchos organismos (Rosenzweig 1995) y estudios en otros ecosistemas montanos de los Andes demuestran que este fenómeno está ligado a la respectiva disminución de complejidad estructural, en parte debida a que las condiciones climáticas a lo largo de un gradiente altitudinal determinan la disminución del potencial de cobertura vegetal (Terborgh 1977, Blake & Loiselle 2000). La disminución de la riqueza de aves, conforme incrementa la altura ya fue observada en el valle de La Paz por Ribera (1991), pero en este estudio se confirma el efecto de la cobertura vegetal y la superficie de las áreas verdes, factores que están relacionados a la complejidad estructural. Estos factores han mostrado ser aún más importantes para la riqueza y diversidad ornítica que la altura sobre el nivel del mar (Tabla 5), ya que ambos determinan los hábitats y recursos alimenticios que las aves pueden obtener; particularmente la cobertura

vegetal puede explicar por sí misma las variaciones de diversidad. La dependencia de la riqueza de aves respecto a la densidad relativa de *C. livia*, según lo sugieren los resultados de la regresión múltiple "paso a paso", probablemente no responde a que las palomas domésticas desplacen por competencia a las aves nativas; sino a que estas palomas incrementan cuando la cobertura vegetal es menor (Tabla 3), de todas formas, este probable fenómeno competitivo requiere de más estudios. Todo lo precedente tiene como corolario, que la pobreza de áreas verdes relativamente grandes y que tengan una cobertura vegetal de al menos el 50% en ambas ciudades estudiadas, juega un papel fundamental en la pérdida de diversidad ornítica, hecho más dramático en la ciudad de El Alto y el centro de la ciudad de La Paz.

Las relaciones de interdependencia entre los factores ambientales de las áreas urbanas se explican en parte por las condiciones climáticas que en la zona urbana más baja son menos áridas y secas respecto a las zonas central y alta (Lorini 1991), lo que permite un mejor desarrollo de la vegetación. Pero por otro lado, es importante considerar que la mayor cobertura vegetal también responde a diferencias en la planificación urbana, ya que la zona sur, de expansión relativamente reciente (Villagómez 1991), comprende residencias con grandes jardines, calles amplias con parques y jardineras poco cubiertas con loza o cemento y numerosas áreas aún no edificadas. En contra, en la zona urbana central predominan las edificaciones, calles estrechas con demasiada congestión de tráfico vehicular y peatonal, y sus parques y plazas tienen baja cobertura vegetal, estando mayormente cubiertas con loza o cemento. Esto determina que la mayoría de sus áreas verdes acojan sólo especies sinantrópicas y una gran abundancia de *C. livia* (Tabla 4). La zona alta presenta la mayor proporción de áreas verdes con baja cobertura vegetal y poca superficie, pero tiene menos áreas verdes con sólo aves sinantrópicas respecto a la zona central,

probablemente debido a que tanto las laderas de la ciudad de La Paz, como la altiplanicie de la ciudad de El Alto son también áreas de reciente expansión urbana (Villagómez 1991), con espacios aún sin edificaciones.

Las ciudades de La Paz y El Alto, como otras urbes de Latinoamérica, están creciendo aceleradamente. La ciudad de La Paz se fundó en 1542 a los 3.600 m de altitud, con un crecimiento de la urbe (centro antiguo) hasta el siglo XVIII solamente entre los 3.500 y 3.700 m (Villagómez 1991). Este desarrollo urbano se caracterizó por una relativa poca atención a la creación de grandes áreas verdes urbanas; actualmente muy pocas áreas verdes tienen una superficie mayor a los 10.000 m² y cobertura vegetal mayor al 50%. En las últimas décadas, la expansión de la urbe se dio hacia la zona de menor altitud, entre los 3.000 a 3.400 m en la ciudad de La Paz y en grandes superficies del altiplano en la ciudad de El Alto, entre los 3.900 y 4.000 m, afectando antiguas áreas naturales y agropecuarias.

El actual crecimiento urbano -a expensas de las áreas naturales- puede hacer desaparecer los pocos ambientes con flora nativa relictual que quedan al interior de las dos urbes, no sólo por el reemplazo por viviendas humanas, sino por el establecimiento de jardines, parques y plazas que con un criterio "ornamental", reemplazan el matorral original con especies vegetales introducidas (Lira 1984). Un reemplazo total sería desastroso para las pocas comunidades de aves que persisten en las dos ciudades, especialmente en zonas que mantienen todavía una riqueza relativamente alta como por ejemplo el Campus Universitario de Cota Cota.

El reemplazo o eliminación de la vegetación natural incrementa en las ciudades las poblaciones de especies de aves oportunistas, sean éstas introducidas o nativas sinantrópicas (Rosenberg et al. 1987). En el caso de este estudio son *Columba livia*, *Zonotrichia capensis*, *Turdus chiguanco* y *Zenaida auriculata* las que han sido registradas prácticamente en todas las áreas

verdes prospectadas y que además son especies únicas o dominantes en la mayoría de las áreas verdes de la zona central (Tabla 4).

La planificación de una urbe debe tomar en cuenta el verdadero concepto de urbanización, entendido como la secuencia ordenada de acciones que producen el cambio de un ecosistema natural a uno urbano, considerando los parámetros ambientales y las necesidades de una biota asociada (Lira 1984, Maeda 1993). Pero son muy pocas las ciudades que manejan este concepto, desencadenando incluso procesos de degradación de los ecosistemas periféricos y de otros más alejados sometidos a su influencia (Fernández 1984, Lira 1984).

La Organización de Naciones Unidas (año) recomienda un mínimo de 9 m² de áreas verdes por habitante en los ambientes urbanos para asegurar un adecuado reciclaje de los gases de combustión y suficientes espacios naturales para el saludable esparcimiento de los ciudadanos. En la ciudad de La Paz, la proporción es de 0.8 m² por habitante (Arze & Weeda 1996). Este déficit demuestra la poca atención que en las ciudades de La Paz y El Alto se está prestando al establecimiento de áreas verdes y mantenimiento de áreas naturales urbanas, lo que a la larga no sólo conlleva a la pérdida de la flora y fauna, sino al deterioro de la calidad de vida de los ciudadanos. Es importante que en un futuro se enfatice en estudios de comunidades de flora y fauna en las ciudades de Bolivia como indicadores de su calidad ambiental.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Arq. Iván Carrasco y al Arq. Marc Dunchen por el asesoramiento en el uso de los mapas catastrales. Sebastian Herzog y un revisor anónimo realizaron valiosas sugerencias al manuscrito. Paola Gismondi desea agradecer a Mariana Daza y Mauricio Ocampo por la colaboración en los censos de aves.

Referencias

- Arze, A. & H. Weeda. 1996. Manual de arbolado urbano Ciudad de La Paz. Instituto de Ecología – Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 170 p.
- Autodesk. 1999. AUTOCAD2000. Autodesk Inc.
- Beck, S. & E. García. 1991. Flora y vegetación en los diferentes pisos altitudinales. pp. 65-108. En: E. Forno & M. Baudoín (eds.). Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Instituto de Ecología Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Blake, J. G. & B. A. Loiselle. 2000. Diversity of birds along an elevational gradient in the Cordillera Central, Costa Rica. *Auk* 117 (3): 663-686.
- Cam, E., J. Nichols, J. Sauer, J. Hines & C. Flather. 2000. Relative species richness and community completeness birds and urbanization in the mid - atlantic states. *Ecological Applications* 10(4): 1196-1210.
- Chivian, E. 1997. Global environmental degradation and biodiversity loss: Implications for human health. pp. 7-38. En: F. Grifo & J. Rosenthal (eds.). Biodiversity and Human Health. Island Press, Nueva York.
- Erskine, A. 1992. A ten-year urban winter bird count in Sackville, New Brunswick. *Canadian Field Naturalist* 106 (4): 499-506.
- Fernández, R. 1984. Medio ambiente, urbanización y gestión notas para un enfoque introductorio. Comisión de Desarrollo Urbano y Regional Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Boletín de Medio Ambiente y Urbanización. Año 2 (7-8): 4-16.
- Gutzwiller, K., E. Kroese, S. Anderson & C. Wilkins. 1997. Does human intrusion alter the seasonal timing of avian song during breeding periods? *The Auk* 114 (1): 55-65.

- Höfling, E. & H. Camargo. 1993. Aves no Campus, São Paulo. Universidade do São Paulo, São Paulo. 126 p.
- Lira, L. 1984. Medio ambiente y urbanización. Comisión de Desarrollo Urbano y Regional Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Boletín de Medio Ambiente y Urbanización. Año 2(7-8):17-21.
- Lorini, J. 1991. Clima. pp 345-421. En: E. Forno & M. Baudoin (eds.). Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Maeda, T. 1993. An approach to the "eco-city" coexistent with birds. Journal of the Yamashina Institute for Ornithology 25 (2): 105-136.
- Matarazzo-Neuberger, W. 1992. Avifauna urbana de dois municípios da grande São Paulo, SP (Brasil). Acta Biologica Paranaense 21(1-4): 89-106.
- Oliveira, M. de. 1987. Observações preliminares sobre a avifauna da cidade de São Paulo. Boletim do Centro de Estudos Ornitológicos, São Paulo 4:6-39.
- Oliveira, M. de. 1995. Aves e vegetação em um bairro residencial da cidade de São Paulo (São Paulo, Brasil). Revista Brasileira de Zoologia 12: 81-92.
- Pearson, K. 1920. Notes on the history of correlation. Biometrika 13: 25-45.
- Pinowski, J., J. Romanowski, M. Barkowska, K. Sawicka-Kapusta, P. Kaminski & A. Kruszewicz. 1993. Lead and cadmium in relation to body weight and mortality of the house sparrow *Passer domesticus* and tree sparrow *Passer montanus* nestlings. Acta Ornithologica Warsaw 28 (1): 63-68.
- Quiroga, C., M. Olivera, O. Martínez, H. Aranibar, I. Gómez & A. Uzquiano. 1998. Primer registro del pájaro negro *Gnorimopsar chopi* para el valle de La Paz. Aves en Bolivia 2: 16-17.
- Ribera, M. 1991. Aves. pp. 345-421. En: E. Forno & M. Baudoin (eds.). Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Ribera, M. 1992. Regiones ecológicas. pp. 9-71. En: M. Marconi (ed.). Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. CDC-Bolivia/USAID-Bolivia, La Paz.
- Rosenberg, K., S. Terril & G. Rosenberg. 1987. Value of suburban habitats to desert riparian birds. Wilson Bulletin 99 (4): 642-654.
- Rosenzweig, M. L. 1995. Species diversity in space and time. Cambridge University Press, Cambridge, 458 p.
- Shannon, C. & E. Wiener. 1949. A mathematical theory of communication. Urbana, Illinois. 117 p.
- Spearman, C. 1904. The proof and measurement of association between two things. Amer. J. Psychol. 15: 72 - 101.
- SPSS. 1999. SPSS for Windows. Release 10.0.1. Standard Version. SPSS Inc.
- Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. Ecology 58: 1007-1019.
- Villagómez, C. 1991. Asentamientos humanos. pp. 47-56. En: E. Forno & M. Baudoin (eds.). Historia Natural de un Valle en los Andes: La Paz. Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

Artículo manejado por: Sebastian Herzog

Recibido en: Febrero de 2002.

Aceptado en: Enero de 2003.

ANEXO 1

Abundancia de cada especie nativa de ave en cada una de las áreas verdes estudiadas en las ciudades de La Paz y El Alto.

Especies	NÚMERO DE LAS ÁREAS VERDES DE LAS CIUDADES DE LA PAZ Y EL ALTO ^a																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>Colaptes rupicola</i>				9				1																			
<i>Colibri coruscans</i>	4				11	2		2	5	3																	
<i>Sappho sparganura</i>				2				1																			
<i>Amazilia chionogaster</i>				2																							
<i>Patagona gigas</i>	3				2	1		1	6	2																	
<i>Lesbia nuna</i>				2																							
<i>Columbina picui</i>	6	3	10	27	13		8	6	6	6	8				2		2		3								2
<i>Metropelia ceciliae</i>	5			11			2	2	3						3												3
<i>Zenaidura macroura</i>	9	8	6	45	6	7	12	75		13	5	5	3	11	9	6	9	16	15	5	2	3	6	4			2
<i>Gallinula chloropus</i>								6																			
<i>Larus serranus</i>	7			4			3	3									4										1
<i>Phalacrocorax macrorhynchos</i>				4			3																				2
<i>Falco sparverius</i>	3			3				1	4																		
<i>Falco femoralis</i>				2			2																				
<i>Nycticorax nycticorax</i>				2			1																				
<i>Plegadis ridgwayi</i>																											2
<i>Anatretes parulus</i>				2																							
<i>Muscisaxicola juninensis</i>				3																							
<i>Phytotoma rutila</i>				6			2																				
<i>Turdus chiguano</i>	10	7	11	4	44	7	7	3	8	6	7	11	5	1	6	2	4	9	11	5	2	1	2	2	2		2

continúa en la siguiente página

Especies	NÚMERO DE LAS ÁREAS VERDES DE LAS CIUDADES DE LA PAZ Y EL ALTO ^a																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>Turdus fuscater</i>				1																							
<i>Mimus dorsalis</i>				8																							
<i>Troglodytes aedon</i>				2																							
<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	8				8	6	3	6																			
<i>Zonotrichia capensis</i>	11	24	10	6	97	8	6	7	15	8	5	24	11	4	15	7	12	6	7	9	8	5	15	6	22	7	10
<i>Phrygilus punensis</i>	4			3	37			5	5	3	7	4	3				5									3	
<i>Scalotis olivaceus</i>	54	5	6		73	4		9	5	5	6																
<i>Catamania analis</i>				4				3																			
<i>Salpator aurantiirostris</i>				6				2																			
<i>Thraupis sayaca</i>	3		3		15			4	5																		
<i>Thraupis bonariensis</i>				2																							
<i>Diglossa carbonaria</i>								1																			
<i>Gnorinopsar chopi</i>				6																							
<i>Carduelis atrata</i>				18	2		4																				5
Abundancia total	127	36	41	29	458	49	20	46	173	43	32	49	30	8	40	18	18	10	32	43	30	12	21	11	41	18	14
Riqueza total	13	3	6	5	31	9	3	10	23	11	4	5	5	3	4	3	2	2	5	5	4	3	4	3	7	5	3

^a (1) Distrito cuatro; (2) Plaza Roma; (3) Plaza Exaltación; (4) Polifuncional Achumani; (5) Campus Universitario; (6) Parque Escalante; (7) Mercado Achumani; (8) Plaza Andrés Pérez; (9) Parque Laguna Cota; (10) Jardín Botánico; (11) Plaza Avaroa; (12) Jardines del Montículo; (13) Plaza San Pedro; (14) Plaza Murillo; (15) Plaza Villarroel; (16) Parque Zona El Carmen; (17) Parque Litoral; (18) Plaza Carita de Lima; (19) Plaza Tupac Katari; (20) Jardín Plan Autopista; (21) Jardín Ciudadela Ferroviaria; (22) Plaza C.N.S.; (23) Jardines Autopista; (24) Plaza El Tejar; (25) Parque Mirador; (26) Plaza Juana Azurduy de Padilla; (27) Plaza Cívica.