



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA**

**“IMPORTANCIA DEL ALIMENTO
Y DE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN
EN LA DISTRIBUCIÓN DE AVES INSECTÍVORAS
EN ÁREAS VERDES
DE LA CIUDAD DE MÉXICO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN BIOLOGÍA
PRESENTA**

GRÉGORY MICHAËL CHARRE MEUNIER

Director: Dr. Pablo Corcuera Martínez del Río

Asesores: Dr. Gabriel Nève

Dr. Jorge Ernesto Schondube Friedewold

JULIO DE 2009

LA MAESTRÍA EN BIOLOGÍA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

PERTENECE AL

PADRÓN DE POSGRADOS DE EXCELENCIA DEL CONACYT

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

GRÉGORY MICHAËL CHARRE MEUNIER

El día 17 de Julio del año 2009

Jurado

Presidenta: _____

Dra. Leticia Ponce de León García

Secretaria: _____

Dra. Claudia Haydée González de la Rosa

Vocal: _____

Dra. Reyna del Carmen Fierro Pastrana

Vocal: _____

Dr. Pablo Corcuera Martínez del Río

Vocal: _____

Dra. Bertha Patricia Escalante Pliego

A mi padre Christian Jacques

A mi madre Madeleine Marie

A mi hermano Johann

AGRADECIMIENTOS

Quiero reconocer y agradecer a mi director, el Dr. Pablo Corcuera Martínez del Río, y a mis Asesores el Dr. Gabriel Nève y el Dr. Jorge Ernesto Schondube Friedewold por el apoyo, la paciencia para explicarme y aclarar mis dudas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada para llevar a cabo mi proyecto de tesis de Maestría,

A la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, por la beca otorgada para la culminación de este trabajo,

A mis padres y familia,

A mis amigos de Francia, Alexandre y Sophie,

A mis compañeros de generación y de laboratorio,

A mis amigos de la Procuraduría Ambiental del Distrito Federal, Alicia e Isauro,

A mis amigos Ángeles Mecalco Hernández y Everardo Jiménez Salinas,

A todo el personal de administración de la UAM Iztapalapa, y sobre todo a Violeta Luna Caballero,

Les agradezco muchísimo su presencia y el apoyo sincero.

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
SUMMARY.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
PLANTEAMIENTO.....	13
OBJETIVOS.....	14
• General.....	14
• Particulares.....	15
HIPOTESIS.....	16
ANTECEDENTES.....	17
• Vegetación.....	18
• Aves.....	19
■ Riqueza.....	19
■ Riqueza y abundancia.....	24
■ Diversidad.....	26
■ Gremios.....	27
■ Correlaciones.....	32
■ Preferencias de forrajeo.....	38
• Conclusiones previas.....	40
• Recomendaciones para la conservación.....	43
MÉTODOS.....	45
• Área de estudio.....	45
• Vegetación y caracterización del hábitat.....	47
■ Cobertura vegetal.....	47

■	Parámetros estructurales del follaje.....	49
■	Grados de perturbación.....	50
•	Aves.....	50
■	Correlaciones.....	53
■	Pautas conductuales.....	53
■	Análisis del forrajeo.....	54
•	Artrópodos.....	55
■	Muestreo de artrópodos.....	55
■	Análisis de contenido estomacal.....	55
■	Disponibilidad de artrópodos.....	56
•	Experimentos.....	57
LITERATURA CITADA.....		60
ANEXOS.....		65

RESUMEN

En los antecedentes de maestría, se obtuvieron la riqueza, abundancia y diversidad de la comunidad de aves y las preferencias de forrajeo de algunos gremios en 12 parques de la Ciudad de México durante el año 2008, usando parcelas circulares de radio fijo de 30m. Se determinaron la riqueza de árboles, así como la cobertura y la diversidad de estratos foliares. Debido a que el esfuerzo de muestreo fue distinto entre los sitios, se usaron algoritmos de rarefacción para estimar la riqueza esperada. La naturaleza de la comunidad fue determinada con índices de Shannon-Wiener y Simpson. Las aves se agruparon en gremios según el uso de la vegetación con un análisis de clúster y análisis canonical de correspondencia. Se obtuvieron correlaciones significativas entre riqueza y diversidad de la comunidad y los parámetros ambientales, como tamaño de parque, distancia al semillero, grado de urbanización, y parámetros de vegetación. No se encontraron relaciones significativas con los factores limitantes (depredadores y tráfico). Se determinaron las preferencias de forrajeo para los gremios de omnívoros y insectívoros de follaje con una prueba de bondad de ajuste χ^2 para algunas especies arbóreas (*Schinus mole*, *Eucalyptus spp.*), sugiriendo que el tipo de follaje, más que la cantidad de presas disponibles, determina las preferencias. Finalmente, se discutieron los resultados y definieron objetivos de conservación.

El objetivo de este proyecto de doctorado es el estudio de las metacomunidades de aves migratorias insectívoras de follaje para su conservación en siete parques urbanos de la Ciudad de México, tomando en

cuenta las preferencias de forrajeo de este gremio, su relación con la arquitectura foliar de los árboles y las densidades y disponibilidad de artrópodos, así como la influencia de algunas variables características de perturbación ambiental, tal como el grado de urbanización y aislamiento de los parques sobre las conductas individuales de las especies. Se escogieron siete parques en la Ciudad de México. La metodología cuenta ya con la medida de algunos parámetros de vegetación y caracterización del hábitat. Además se caracterizará de manera precisa la arquitectura foliar de las especies de árboles que prefieran las aves. El estudio de la naturaleza de la comunidad de aves migratorias insectívoras de follaje así como las preferencias de forrajeo seguirá, añadiendo las pautas conductuales de cada especie en los distintos parques; después se relacionarán con las abundancias y disponibilidad de artrópodos encontrados, a través de muestreos de artrópodos y análisis comparativo de dieta de las aves. Y por último se realizarán experimentos en cautividad para comprobar el efecto de la arquitectura foliar y de las abundancias de presas sobre las táticas de forrajeo.

SUMMARY

In the previous results of the master, we obtained richness, diversity, abundance of the bird community and the preferences of foraging guilds in 12 parks of Mexico City during 2008, using 30m fixed-radius circular point counts. We determined the trees' richness, as well as tree-cover and leaf layers diversity. Because the sampling effort was different between sites, rarefaction algorithms were used to estimate the expected richness. The nature of the community was determined with the Shannon-Wiener and Simpson index. The birds were grouped into guilds according to the use of vegetation with a cluster analysis and canonical correspondence analysis. Statistically significant correlations between richness and diversity of the community and environmental parameters such as park size distance from the natural zone, degree of urbanization and vegetation parameters. There were no significant relationships with the limiting factors (predators and traffic). Preferences for foraging guilds of omnivorous and foliage insectivorous were determined with a goodness of fit test (χ^2) for some tree species (*Schinus mole*, *Eucalyptus spp.*) suggesting that the type of foliage, rather than the amount of prey available, determine the preferences. Finally, the results were discussed and we defined conservation goals.

The aim of this PhD project is to study the migratory foliage insectivorous birds metacommunities for them in seven urban parks of Mexico City, taking into account the preferences of this foraging guild, its relationship with the architecture of tree leaves and the densities and availability of arthropods, as well as the influence of some variables characteristic of environmental

disturbance, such as the degree of urbanization and isolation of the parks, on behaviors of individual species. We chose seven parks in Mexico City. The method already has some of the parameters of vegetation and habitat characterization measured. Furthermore, I will measure the precise architecture of the leaf of tree species that the birds prefer. The study of the nature of the migratory insectivorous birds and foliage foraging preferences will continue, adding the behavioral patterns of each species in the different parks, and then it will be related to the availability and abundance of arthropods encountered, through arthropod's surveys and comparative analysis of the diet of birds. And finally, experiments will be conducted in captivity to test the effect of leaf architecture and the abundance of prey on the foraging tactics.

INTRODUCCIÓN

La urbanización provoca la disminución de la biodiversidad por la reducción del hábitat (Miller *et al.*, 1998; Spellerberg, 1998; Brawn *et al.*, 2001; Fernández-Juricic, 2003; Chace *et al.*, 2004; Clergeau *et al.*, 2006; Mc Kinney, 2006), por ello las áreas verdes representan un santuario potencial para la avifauna dentro de las ciudades (Fernández-Juricic, 2001; Renjifo, 2001).

Los parques dentro de la mancha urbana además proporcionan sitios de reposo y protección contra depredadores así como alimento para muchas especies, tanto las residentes como las migratorias que llegan de Norte América (Park y Lee, 2000; Sandström *et al.*, 2005). Hay evidencias de que la disminución de las poblaciones de algunas especies migratorias se debe en parte a la deforestación de los trópicos (Terborgh, 1989; Robinson *et al.*, 1984; Gabbe *et al.*, 2002) por lo que las áreas arboladas pueden aminorar el problema.

El uso del hábitat por las aves migratorias, principalmente del gremio de las insectívoras de follaje (Kaufman, 2005), depende de la abundancia y disponibilidad de alimento (Cody, 1981; Hutto, 1990). La composición, densidad, diversidad y complejidad estructural del follaje contribuyen a explicar su distribución (Holmes & Robinson 1981; Peck, 1989; Whelan, 2001; Cueto y López de Casanova, 2002; Mac Gregor-Fors, 2008). Holmes y Robinson (1981), y Raley y Anderson (1990) encontraron por ejemplo que el tipo de follaje y la disposición de las ramas pueden ya sea facilitar o limitar la obtención de alimento para las especies insectívoras tal como *Wilsonia pusilla*.

Por otra parte, las características como el tamaño, grado de aislamiento y urbanización de los espacios verdes pueden determinar la composición de las especies encontradas en las ciudades (Hostetler y Knowles-Yanes, 2002) e influir en las tácticas de forrajeo y otro tipo de actividad como canto, descanso, etc. (Faeth *et al.*, 2005; Slabbekoorn y Ripmeester, 2008).

Debido a los numerosos aspectos que pueden influir en el uso del hábitat es necesario un enfoque multifactorial que incluya: las abundancias relativas de los artrópodos, varios componentes de la disposición y tipo de follaje, censos de las aves y observaciones sobre el uso de la vegetación.

PLANTEAMIENTO

Holmes y Robinson (1981) y Peck (1989) demostraron que el uso del hábitat por las aves insectívoras migratorias en zonas selváticas naturales depende, en parte, de la arquitectura de especies arbóreas y de las presas disponibles (artrópodos). Por otra parte, en áreas verdes de las ciudades, el grado de urbanización y aislamiento de los parques pueden determinar la composición de las especies residentes y migratorias.

Aunque Fernández-Juricic (2001), Chace y Walsh (2004), y Clergeau *et al.* (2006), demostraron el efecto de la urbanización sobre las aves de las ciudades, la importancia de la composición y estructura de la vegetación y la relación entre las estrategias de forrajeo y abundancia de artrópodos en zonas urbanas es poco conocida. Por este motivo, se plantean las siguientes preguntas:

¿Los parques urbanos proporcionan sitios de descanso y alimentación adecuados para las aves migratorias insectívoras de follaje durante la época de invierno?

¿La arquitectura y recursos que ofrecen las distintas especies de árboles urbanos son similares a los de especies de hábitats no perturbados?

¿Las variables ambientales características de la ciudad como el grado de urbanización y aislamiento de los parques influyen sobre las pautas conductuales y el uso del hábitat por las aves migratorias insectívoras?

¿Es la arquitectura de las distintas especies arbóreas de los parques urbanos o la abundancia y disponibilidad de artrópodos que tiene mayor influencia sobre las preferencias de forrajeo de las aves migratorias insectívoras?

OBJETIVOS

General

El objetivo es el de contribuir al conocimiento de los procesos ecológicos que regulan a las metacomunidades de aves migratorias insectívoras de follaje para su conservación en los diferentes parques urbanos, considerando el papel que juegan estos manchones de vegetación rodeados de una matriz de edificios, tráfico y calles asfaltadas.

Este trabajo se enfocará en el uso del microhábitat y preferencias de forrajeo por las aves migratorias insectívoras de follaje en siete parques de la Ciudad de México. Se tomará en cuenta la relación con la arquitectura foliar de los árboles y las densidades y disponibilidad de artrópodos. También se analizará

la influencia de algunas variables características de perturbación ambiental, así como el grado de urbanización y aislamiento de los parques (fragmentación), sobre las conductas individuales de las especies.

Particulares

Algunos objetivos ya se cumplieron en el estudio previo como los puntos 1 y 2.

1. Estimar la superficie de siete áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y evaluar el grado de urbanización y aislamiento de cada una.
2. Determinar la composición y estructura de la vegetación y el tipo de follaje de los árboles y arbustos en cada parque (caducifolias o perenes, forma, tamaño y disposición de hoja).
3. Conocer la riqueza específica, la abundancia relativa y la dominancia de las aves insectívoras migratorias insectívoras en siete parques de la Ciudad.
4. Identificar las pautas conductuales y técnicas de forrajeo de las especies de aves más representativas en los distintos parques.
5. Relacionar el grado de urbanización y aislamiento con los índices de diversidad de la comunidad, con la actividad de las especies de aves y comparar la similitud entre estos parámetros en las siete áreas verdes.
6. Determinar cuáles son las especies vegetales más visitadas por las aves, utilizando índices de preferencia.
7. Analizar las diferencias de la estructura vegetal de las especies arbóreas usadas o evitadas por las aves.

8. Evaluar la abundancia de presas y su disponibilidad para las aves insectívoras, por medio de muestreos de artrópodos y análisis de dietas.
9. Comprobar si existen correlaciones significativas entre las preferencias de uso de las distintas especies arbóreas y arbustivas y la disponibilidad del alimento.
10. Realizar experimentos en condiciones controladas, colocando presas en ramas que tengan arquitecturas diferentes con el fin de confirmar si las preferencias se deben al alimento o a un tipo de arquitectura y de follaje que facilite la búsqueda de alimento.
11. Hacer propuestas de conservación para la comunidad de aves migratorias insectívoras que están presentes en los parques urbanos.

HIPOTESIS

1. Los parques grandes que tienen una estructura de vegetación más diversa y con una mayor complejidad estructural tendrán mayor abundancia y diversidad de aves que los parques más pequeños con vegetación más uniforme y menos diversa.
2. Una especie de ave determinada presente en las áreas menos perturbadas tendrá una variedad de conductas más grande que cuando se encuentra en zonas más urbanizadas.
3. Las aves con distintas estrategias de forrajeo usarán preferencialmente especies arbóreas con diferentes arquitecturas, disposición de ramas y forma foliar, para buscar alimento.

4. La arquitectura de ciertas especies vegetales facilitará la búsqueda de alimento, ofreciendo una mayor disponibilidad de alimento independientemente de la abundancia de artrópodos.

ANTECEDENTES

Se realizaron observaciones de forrajeo y se estimaron la riqueza, abundancia relativa y diversidad (dominancia y equidad) de las aves presentes en 12 parques de la Ciudad de México durante el 2008 (Anexos). Se estimaron la cobertura, riqueza y diversidad de estratos foliares de las especies arbóreas presentes en cada sitio, así como la distancia al semillero (o zona natural preservada caracterizada por una vegetación nativa y que sirve de “fuente” de individuos que pueden llegar a la ciudad) más cercana y el grado de urbanización para cada parque. La abundancia relativa se obtuvo mediante parcelas circulares de radio fijo de 30m. Debido a que el esfuerzo de muestreo fue distinto entre los sitios, se usaron algoritmos de rarefacción para estimar la riqueza esperada. La diversidad, equidad y dominancia fueron determinadas con índices de Shannon-Wiener, Piélou y Simpson respectivamente. Las aves se agruparon en gremios (grupo funcional que incluye a especies que usan el hábitat de forma similar) según las estrategias de forrajeo y uso de la vegetación mediante una clasificación y análisis de correspondencia. No se encontró un patrón de similitud entre los parques en base a la composición específica de aves. Se obtuvieron correlaciones significativas entre la riqueza y diversidad de la comunidad de aves y el área de cada parque, distancia al semillero más cercano, grado de urbanización, y algunos parámetros de

vegetación (riqueza específica, densidad de cobertura, diversidad de estratos y tipo de follaje). No se encontraron relaciones significativas entre la abundancia de las aves y los depredadores (gatos y perros) y el tráfico.

Se determinaron las preferencias de forrajeo para los gremios de las aves omnívoras e insectívoras de follaje mediante pruebas de bondad de ajuste. También, se determinó la densidad de artrópodos en las especies arbóreas más visitadas. La preferencia por especies como *Grevillea robusta*, *Fraxinus uhdei* y *Eucalyptus spp.*, sugiere que, si bien la cantidad de presas es importante en las preferencias (como es el caso de los eucaliptos), el tipo de follaje, también determina las preferencias. Finalmente, se discutieron los resultados y definieron objetivos de conservación.

A continuación se presenta un recuento más detallado de los resultados más relevantes obtenidos hasta ahora:

Vegetación

La diversidad específica de los árboles y arbustos fue mayor en los parques Tezozomoc, Pedregal, Hundido y la Lira (Tabla 1). Los tres parques menos el Pedregal están muy urbanizados (proporción de zonas asfaltadas y verdes) y son muy frecuentados por visitantes (*observación personal*). El Cerro de la Estrella es el parque con una mayor área. El número de especies más alto se encontró en el Tezozomoc y el más bajo en El Cerro de la Estrella, Aragón y Naucalli. El parque más aislado es el de Aragón y el más cercano a los semilleros, el Naucalli. Las coberturas y densidades totales fueron mayores en el Tezozomoc.

Tabla 1. Caracterización del hábitat

Parque	lira	hun	tez	viv	chap III	chap I	ped	cerro	cd dep	ara	nau	rem
Extensión (Has)	11	15	28	40	286	230	237	1100	150	114	43	400
Distancia a semilleros (kms)	9.50	11.25	5.65	10.50	12.30	12.30	4.60	10.85	17.50	24.00	3.50	2.65
Grado de urbanización (%)	36.4	30	32.1	40.72	11.41	24.7	18.45	12	52	30	29.87	11.84
Número de especies de arboles	15	22	27	12	15	18	20	10	20	11	11	15
Cobertura total	120	221	379	127	288	330	115	125	106	131	117	172
Densidad total	291	575	1309	576	1088	1242	324	1112	877	737	1076	1280
Diversidad de cobertura total	1.27	1.47	1.50	1.36	1.73	1.49	1.48	1.56	1.29	1.63	1.57	1.74
Diversidad de cobertura por spp.	2.12	2.19	2.37	1.95	1.59	1.68	2.35	1.37	2.05	1.35	1.62	1.43

Aves

Riqueza

Se registró un total de 1742 individuos pertenecientes a 24 familias y 75 especies (95 con datos adicionales) durante un periodo de 12 meses (enero a diciembre 2008), (Tabla 2).

Se agruparon las aves en tres categorías: las residentes endémicas de México (R), las residentes urbanófilas (U), las residentes exóticas urbanófilas (E) y las especies migratorias (M). Las aves urbanófilas se caracterizan por ser oportunistas, antropófilas no territoriales y presentes en densidades altas. Se contabilizaron respectivamente 45, siete, tres y 40 de cada categoría.

Tabla 2: Riqueza específica de las aves en 12 parques de la ciudad de México

Especie	Es	L	H	T	P	C1	V	C3	Cd	A	Ce	R	N
Aegithalidae													
<i>Psaltriparus minimus</i>	R	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Bombycillidae													
<i>Bombycilla cedrorum</i>	M			x	x			x					
Cardinalidae													
<i>Cardinalis cardinalis</i>	R				x								
<i>Passerina ciris</i>	M	x			x								
<i>Passerina caerulea</i>	R										x		
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	R		x	x	x	x	x	x			x	x	
Corvidae													
<i>Aphelocoma californica</i>	R						x						
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	R						x						
<i>Cyanocorax yncas</i>	R					x	x						
Columbidae													
<i>Columbia livia</i>	E	x	x	x		x	x				x		x
<i>Columbina inca</i>	U	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Emberizidae													
<i>Aimophila ruficapilla</i>	R							x					
<i>Diglossa baritula</i>	R	x	x		x	x	x	x					
<i>Guiraca caerulea</i>	R										x		
<i>Atlapetes pileatus</i>	R							x					
<i>Pipilo fuscus</i>	U	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
<i>Melospiza georgiana</i>	M						x						
<i>Melospiza lincolni</i>	M							x					
<i>Melospiza melodia</i>	M		x		x	x	x	x				x	
<i>Spizella breweri</i>	M						x						
<i>Spizella passerina</i>	M				x			x			x		
<i>Spizella pusilla</i>	M				x								
Fringilidae													
<i>Carduelis psaltria</i>	R	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
<i>Carduelis tristis</i>	R		x										
<i>Carpodacus mexicanus</i>	U	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Icteridae													
<i>Euphagus cyanocephalus</i>	M			x	x				x				
<i>Icterus abeillei</i>	R				x		x						
<i>Icterus bullockii</i>	R		x		x		x						
<i>Icterus cucullatus</i>	R	x		x	x		x	x					
<i>Icterus galbula</i>	R				x							x	
<i>Icterus parisorum</i>	R				x						x		
<i>Molothrus aeneus</i>	U	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Molothrus ater</i>	U					x	x		x	x		x	

<i>Quiscalus mexicanus</i>	U	x	x	x		x	x	x	x		x		x
Laniidae													
<i>Lanius ludovicianus</i>	R								x	x			
Mimidae													
<i>Toxostoma curvirostre</i>	U	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
<i>Toxostoma longirostre</i>	R						x						
Muscicapidae													
<i>Myadestes obscurus</i>	R					x							
Parulidae													
<i>Basileuterus rufifrons</i>	M								x				
<i>Dendroica chrysoparia</i>	M				x		x	x					
<i>Dendroica coronata</i>	M	x	x	x	x	x	x	x	x				
<i>Dendroica magnolia</i>	M		x										
<i>Dendroica nigrescens</i>	M			x			x						
<i>Dendroica occidentalis</i>	M				x	x	x						
<i>Dendroica petechia</i>	R		x	x		x	x	x					
<i>Dendroica townsendi</i>	M		x		x	x	x	x					
<i>Dendroica virens</i>	M												
<i>Geothlypis trichas</i>	R				x								
<i>Icteria virens</i>	R									x			
<i>Mniotilta varia</i>	M	x	x	x		x	x						
<i>Myioborus pictus</i>	R								x				
<i>Myioborus miniatus</i>	R				x								
<i>Oporornis tolmiei</i>	M	x				x	x						
<i>Vermivora celata</i>	M	x	x	x	x	x	x	x	x				
<i>Vermivora crissalis</i>	M		x										
<i>Vermivora ruficapilla</i>	M	x	x		x	x	x	x	x				
<i>Wilsonia pusilla</i>	M		x	x	x	x	x	x	x				
Passeridae													
<i>Passer domesticus</i>	E	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x
Picidae													
<i>Colaptes chrysoides</i>	R					x							
<i>Picoides scalaris</i>	R			x			x						
<i>Sphyrapicus varius</i>	M			x	x	x				x			
Ptiligonatidae													
<i>Ptilogonys cinereus</i>	R	x	x		x	x	x	x	x	x			
Regulidae													
<i>Regulus calendula</i>	M	x	x	x	x	x	x	x	x				
Sturnidae													
<i>Sturnus vulgaris</i>	E										x		
Sylviidae													
<i>Polioptila caerulea</i>	M		x	x	x	x	x						
<i>Polioptila melanura</i>	M		x			x	x						
Thraupidae													

<i>Piranga ludoviciana</i>	M			x	x	x		x					
<i>Piranga rubra</i>	M	x				x	x	x					
Trochilidae													
<i>Amazilia beryllina</i>	R	x	x			x	x	x			x	x	x
<i>Cyananthus latirostris</i>	R		x		x	x	x		x				
<i>Hylocharis leucotis</i>	R							x			x		
troglodytidae													
<i>Catherpes mexicanus</i>	R							x					
<i>Salpinctes obsoletus</i>	R							x					
<i>Thryomanes bewickii</i>	R	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Thryotorus ludovicianus</i>	R							x					
<i>Troglodytes aedon</i>	M	x			x	x							
Turdidae													
<i>Catharus guttatus</i>	M				x								
<i>Turdus migratorius</i>	R	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Turdus rufopalliatus</i>	R	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tyrannidae													
<i>Camptostoma imberbe</i>	R						x	x					
<i>Contopus cooperi</i>	M									x			
<i>Contopus pertinax</i>	R		x			x	x	x	x				
<i>Contopus sordidulus</i>	M		x										
<i>Empidonax flaviventris</i>	R				x			x			x		
<i>Empidonax minimus</i>	M		x	x	x	x	x	x					
<i>Myioarchus tuberculifer</i>	R	x									x		
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	R				x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Sayornis saya</i>	M				x				x				
<i>Tyranus tyrannus</i>	M							x					
<i>Tyranus vociferans</i>	R				x		x				x		
Vireonidae													
<i>Vireo cassini</i>	M					x							
<i>Vireo flavifrons</i>	M				x								
<i>Vireo gilvus</i>	M	x	x		x		x	x					
<i>Vireo huttoni</i>	R	x		x		x	x	x					
<i>Vireo solitarius</i>	M	x	x	x		x	x	x					

L=Lira, H=Hundido, T=Tezozomoc, P=Pedregal, C1=Chapultepec1, V=Viveros de Coyoacán, C3=Chapultepec3, Cd=Ciudad Deportiva, A=Aragón, Ce=Cerro de la Estrella, R=Remedios, N=Naucalli, Es=Estatus migratorio

Las curvas de rarefacción, para la mayoría de los parques, con excepción de El Cerro de la Estrella, Los Remedios y El Pedregal en primavera 2008 (Figura 1) que corresponde a la época de lluvia, así como Aragón y Naucalli en otoño

2008 (Figura2) que corresponde a la época seca, tendieron a la asíntota, lo que indica que la mayoría de las especies fue registrada.

Las curvas que alcanzan la asíntota con pocos individuos tienden a representar parques con una o dos especies dominantes y muchas especies raras. Este es el caso del Chapultepec I (primavera 2008) y los Viveros (otoño 2008). Por otro lado, las que no la alcanzan (i.e. Cerro de la Estrella, Los Remedios y el Pedregal en primavera 2008, y Aragón y Naucalli en otoño 2008), tienden a tener una mayor equidad.

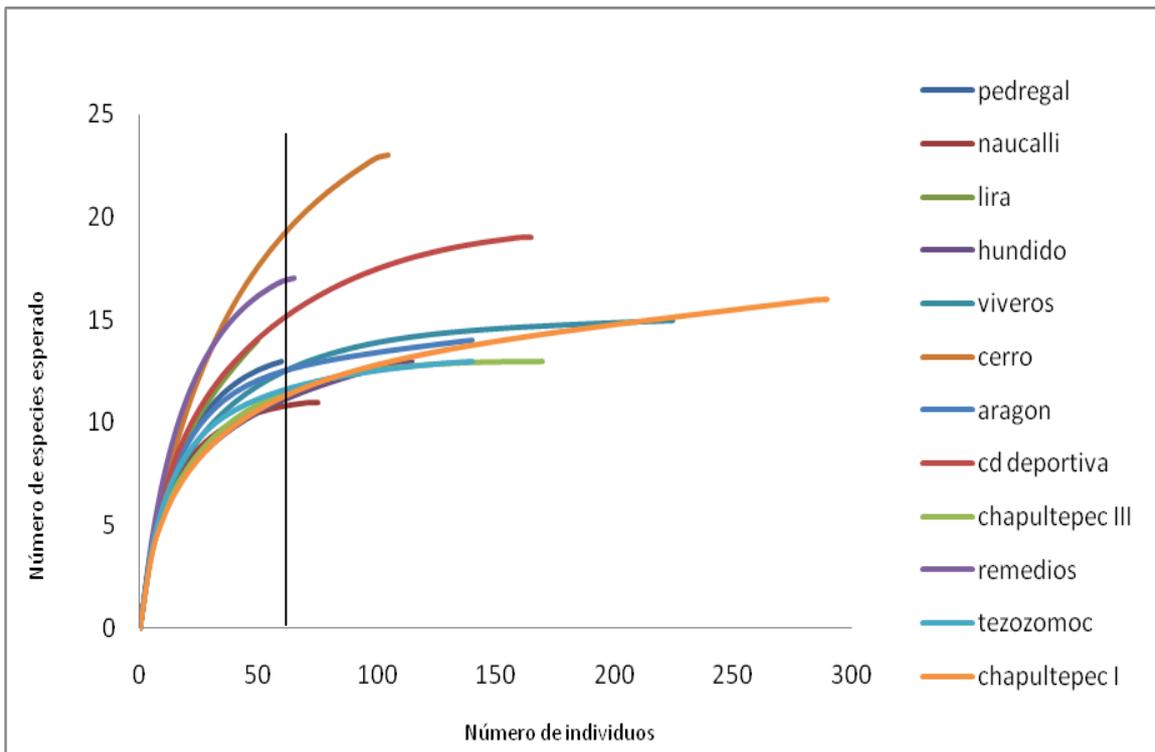


Figura 1: Curvas de rarefacción de las especies por cada parque (primavera 2008)

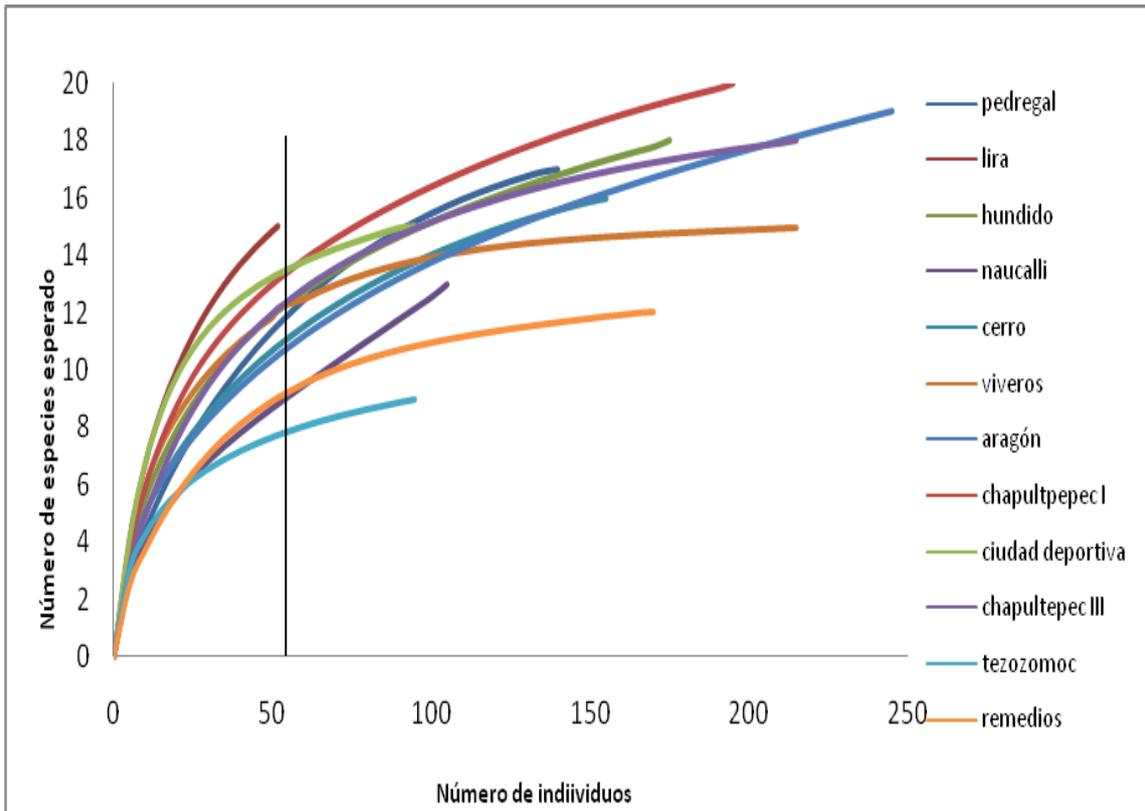


Figura 2: Curvas de rarefacción de las especies por cada parque (otoño 2008)

Riqueza y abundancia

Durante la primavera, la diversidad fue mayor en aquellos parques en donde la proporción entre la riqueza y la abundancia fue mayor (Figura 3). Esto es, Chapultepec 3ª Sección, el Cerro de la Estrella y Los Remedios fueron los tres parques con mayores índices de Shannon-Wiener y los tres presentaron el mayor número de especies con respecto al número de individuos. Estos parques tienen una dominancia baja y una equidad o uniformidad alta.

La diversidad para los datos de otoño 2008 no sigue el patrón anterior para todos los parques: la proporción entre la riqueza y la abundancia en la Ciudad Deportiva es una de las más bajas (Figura 4) pero tiene el índice de Shannon

más alto. Mientras que Chapultepec I y los Viveros tuvieron una alta diversidad con una proporción entre riqueza y abundancia mayor.

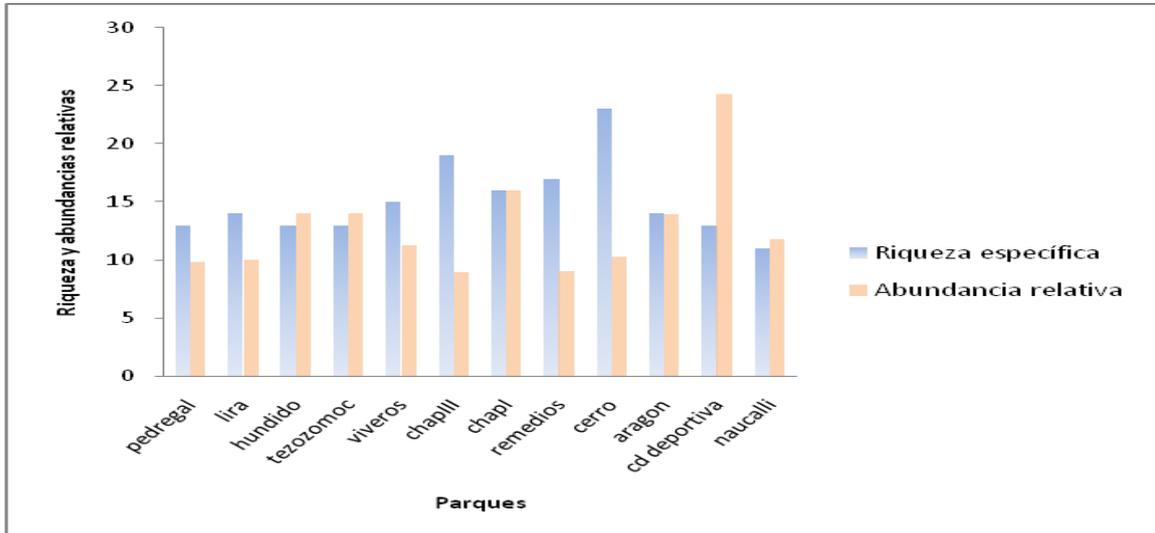


Figura 3: riqueza y abundancias relativas de las especies por cada parque (primavera 2008)

En otoño, la riqueza fue mayor en los Viveros de Coyoacán y la primera sección de Chapultepec, mientras que la abundancia total fue mayor en Los Remedios y el Aragón.

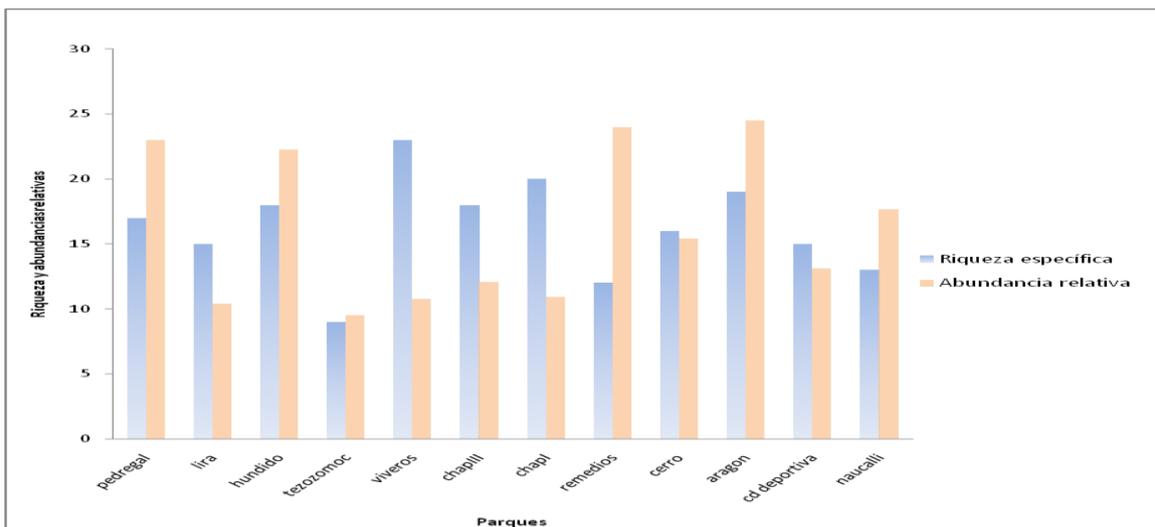


Figura 4: riqueza y abundancias relativas de las especies por cada parque (otoño 2008)

Diversidad

En la primavera la mayor diversidad se registró en los parques más grandes y poco urbanizados, como Chapultepec III, el Cerro de la estrella y Los Remedios (Figura 5). Los índices de diversidad (Shannon-Wiener) fueron menores en parques pequeños o más urbanizados como el Parque Hundido y la Ciudad Deportiva. Una excepción es el Lira ya que es el parque más pequeño (11 has) pero con un índice alto, lo que se podría explicar por la alta riqueza vegetal representada en un área pequeño (15 especies).

Los índices de diversidad mayores en otoño fueron en parques muy urbanizados y visitados, como la Ciudad Deportiva o el Lira (Figura 6).

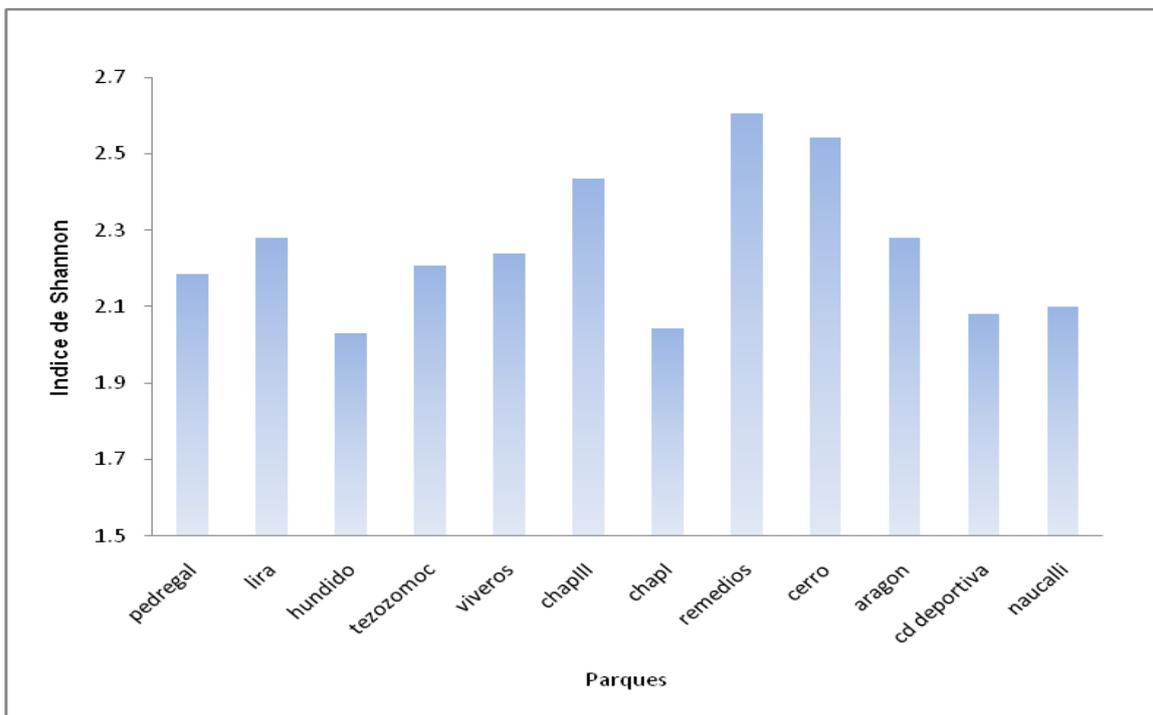


Figura 5: Diversidad de las especies por cada parque (primavera 2008)

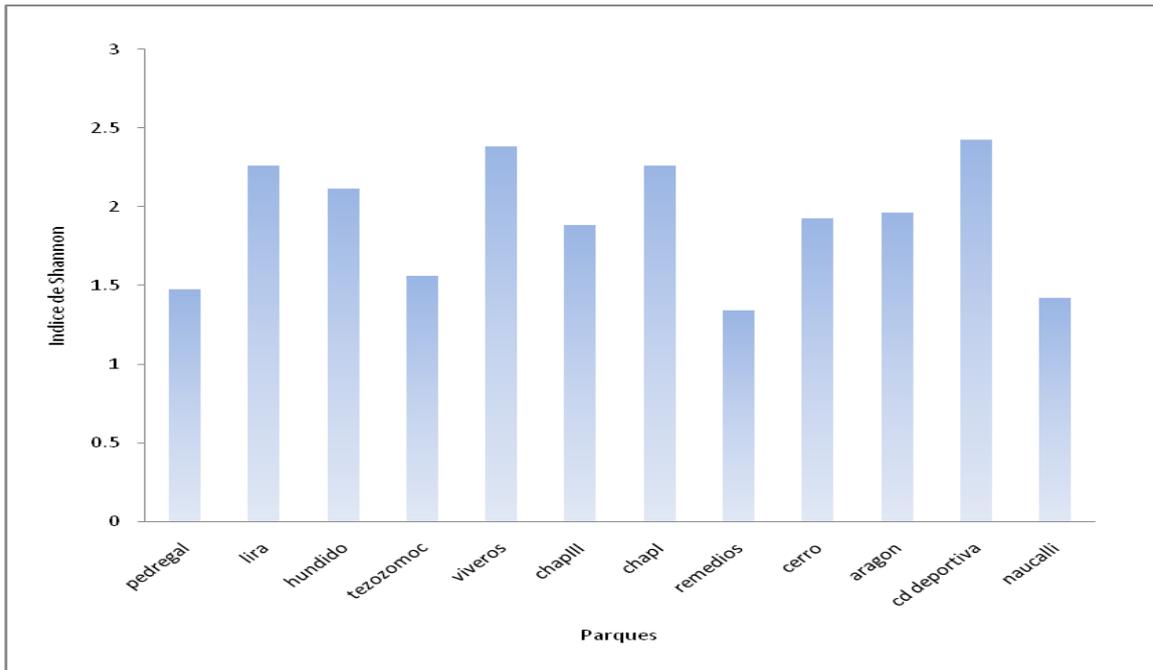


Figura 6: diversidad de las especies por cada parque (otoño 2008)

Gremios

Según las estrategias de forrajeo y uso de la vegetación, 31 especies de aves (para las que se obtuvieron registros de alimentación) se agruparon en cinco grupos distintos que representan grupos funcionales o gremios (Figura 7), debido a que explotan de manera similar a la vegetación: **nectarívoros** (principalmente colibrís), **mosqueros aéreos** (atrapan insectos al aire mediante vuelos rápidos y regresan a la rama de donde detectaron a una presa), **frugívoros-granívoros** (se alimentan de frutos y semillas grandes de los árboles), **insectívoros de follaje** (buscan artrópodos entre el follaje), **omnívoros** (principalmente se alimentan de frutos, semillas y artrópodos en el suelo), además de un grupo que incluye especies que no tienen la misma técnica de forrajeo o hábitos alimenticios que las demás; incluye a cuatro especies (*Thryotorus ludovicianus*, *Toxostoma curvirostre*, *Melospiza melodía* y

Lanius ludovicianus) que son en gran parte insectívoros, pero que se observan en sotobosque secos con vegetación baja y escasa. Suelen ser también **insectívoros “no estrictos”**, ya que cambian su dieta y tienden a comer otros tipos de alimentos (desperdicios humanos, semillas, frutos, etc.). Se observaron sobretodo en el suelo.

El análisis de discriminante demostró que los gremios están bien definidos ($\lambda_{\text{wilks}} < 0.001$).

Varias especies no se han incluido todavía en la clasificación debido a la falta de observaciones adicionales. El eje 2 de una ordenación de las 31 especies (Figura 8) separó a las especies omnívoras y oportunistas de los insectívoros de follaje y mosqueros aéreos (13.41% de la varianza), confirmando los resultados de la clasificación.

El eje 1, (29.36% adicional), separó los insectívoros no estrictos de los frugívoros-granívoros.

El eje 3 (Figura 9) (10.95% de la varianza), enfatiza la diferencia de los nectarívoros con respecto a las demás especies.

ab = Amazilia beryllina
bc = Bombycilla cedrorum
c = colibrí spp.
cap = Carduelis psaltria
cm = Carpodacus mexicanus
cl = Columbia livia
ci = Columbina inca
dc = Dendroica coronata
dt = Dendroica townsendi
em = Empidonax minimus
mae = Molothrus aeneus
mm = Melospiza melodia
pm = Pheucticus melanocephalus
pc = Ptilionys cinereus
pd = Passer domesticus
pf = Pipilo fuscus
poc = Polioptila caerulea
qm = Quiscalus mexicanus
rc = Regulus calendula
tb = Thryomanes bewickii
tl = Thryothorus ludovicianus
tm = Turdus migratorius
tr = Turdus rufopalliatus
vc = Vermivora celata
vr = Vermivora ruficapilla
wp = Wilsonia pusilla

Lista de abreviaciones de las Figuras 7, 8 y 9

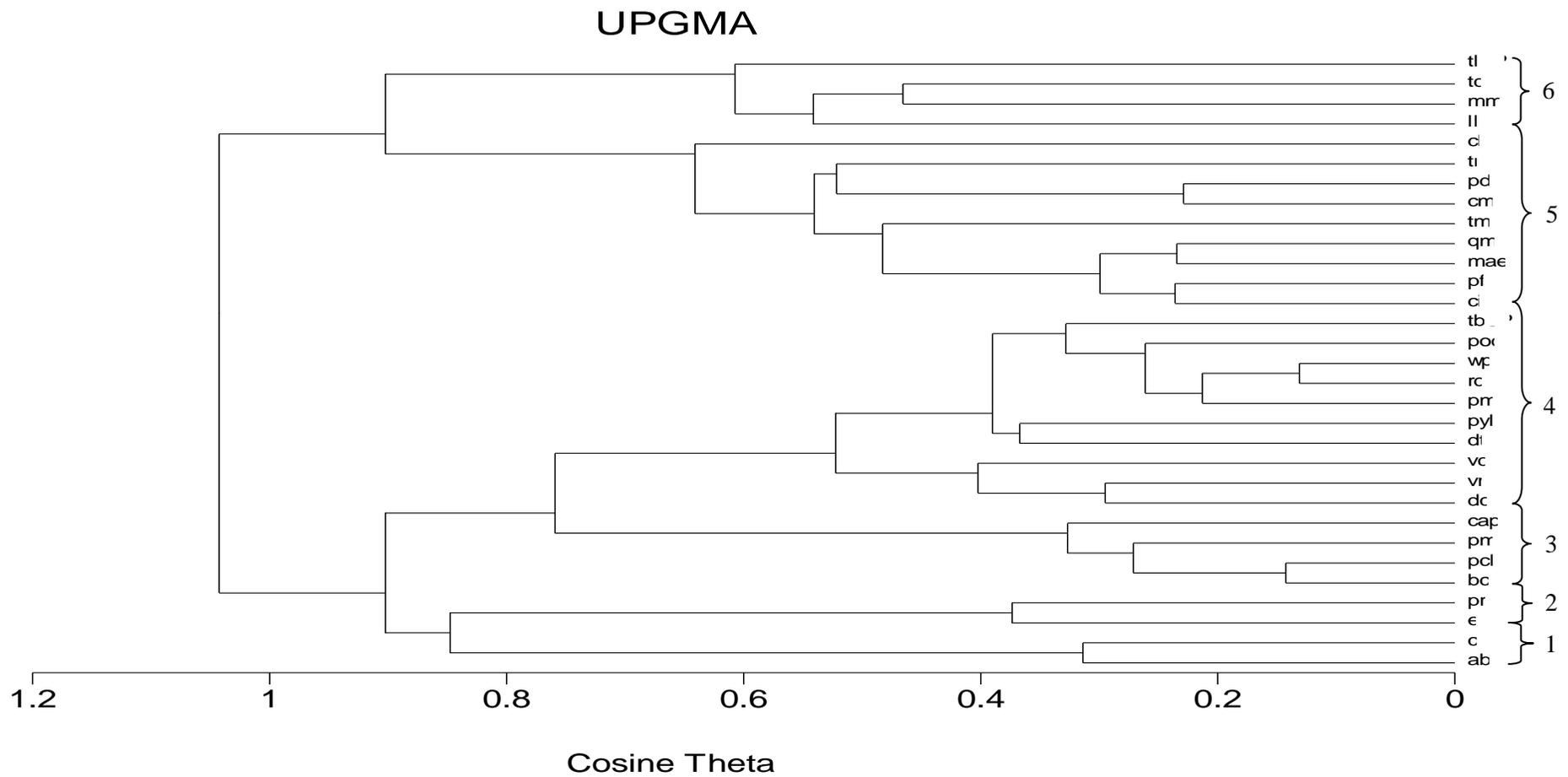


Figura 7: Clasificación de las aves en base al uso de la vegetación y sus estrategias de forrajeo. (1=nectarívoros, 2=frugívoros-granívoros, 3=mosqueros aéreos, 4=insectívoros de follaje, 5=omnívoros, 6=insectívoros no estrictos)

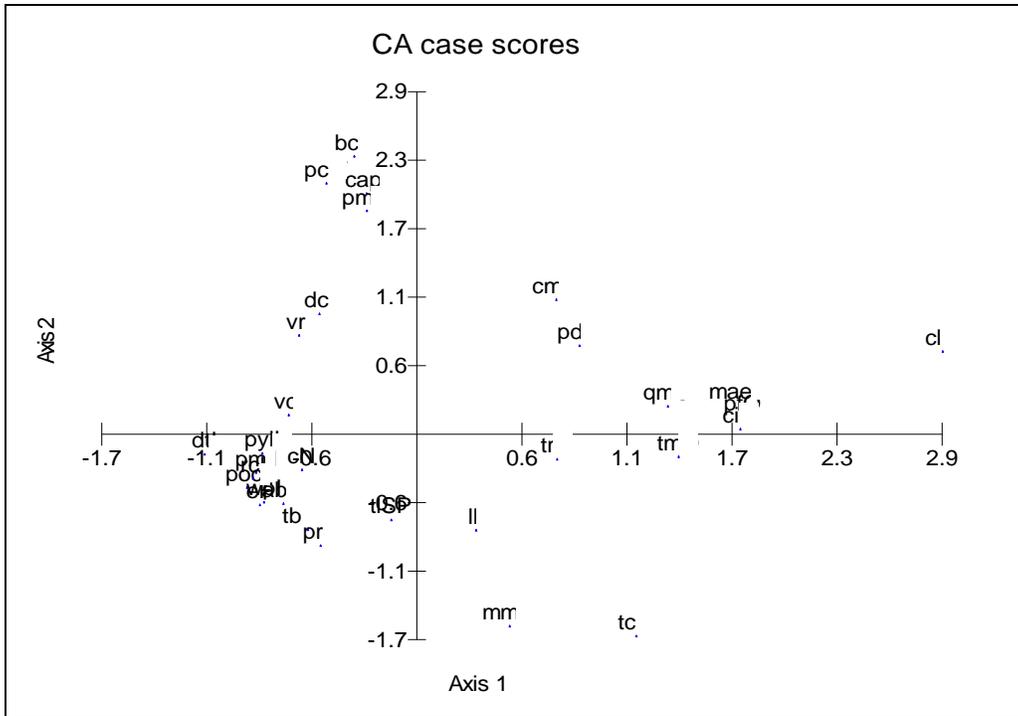


Figura 8: Analisis de correspondencia de las 31 especies de aves. El eje 1 explica 29.36% de la varianza y el eje 2, 13.41%.

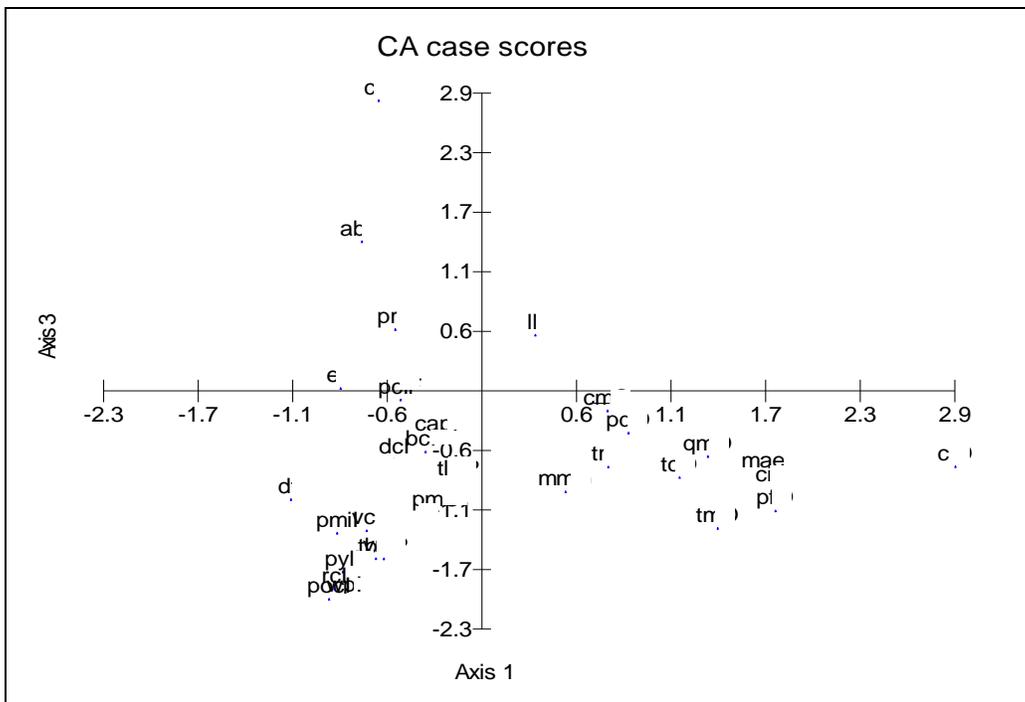


Figura 9: Analisis de correspondencia de las 31 especies de aves. El eje 1 explica 29.36% de la varianza y el eje 2, 10.95%.

Correlaciones

El número de especies de las aves insectívoras aumentó con el tamaño de los parques ($R^2=0.6261$, $F=8.3732$, $p=0.034$) (Figura 10). A pesar de aparecer en el gremio de insectívoros de follaje en el árbol de distancia, se eliminaron las especies de la familia de los Troglodytidae (originalmente incluidos en la clasificación), ya que no son estrictamente insectívoros de follaje, sino más bien de corteza.

La diversidad de aves también aumentó con el tamaño del los parques ($R^2=0.4283$, $F=7.4917$, $p=0.0209$) (Figura 11).

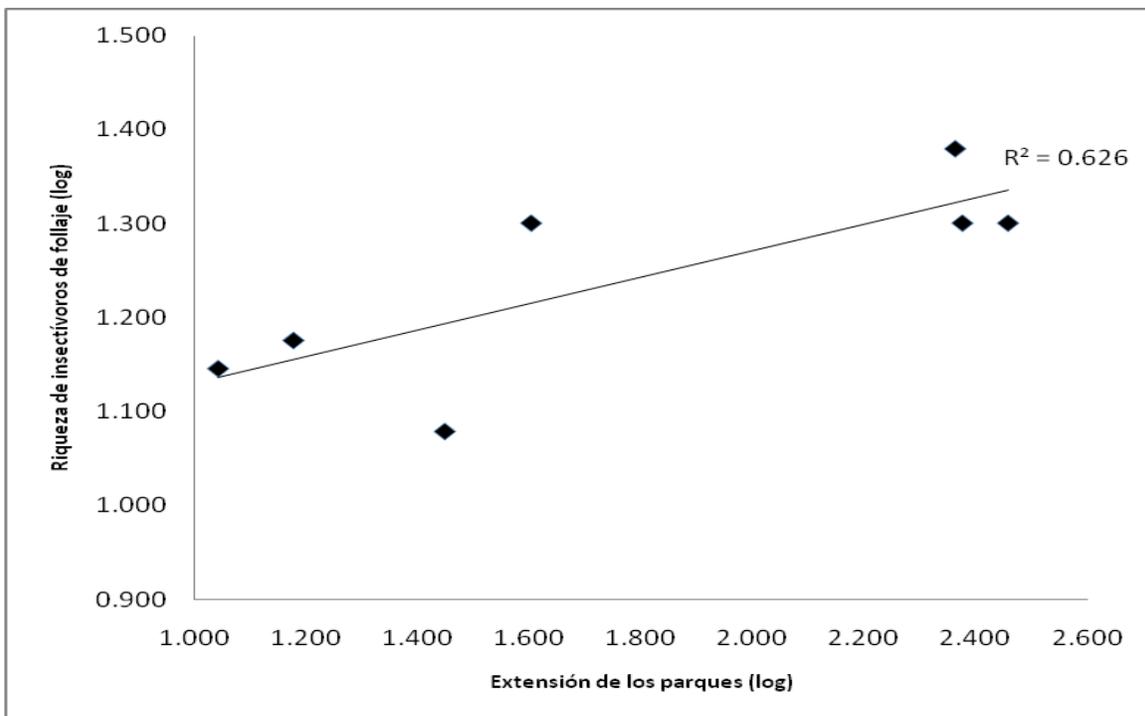


Figura 10: Correlación entre la riqueza de insectívoros de follaje y el área de los parques (primavera 2008)

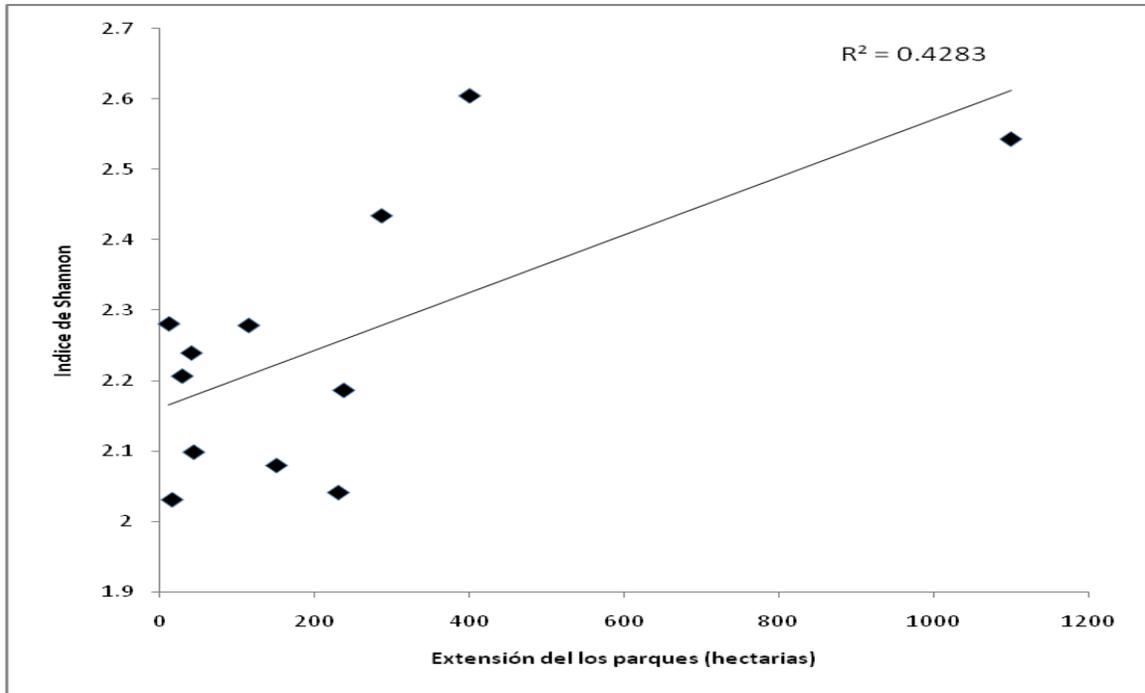


Figura 11: Correlación entre la diversidad de aves y el área de los parques (primavera 2008)

La abundancia de las aves migratorias encontradas en otoño 2008 disminuyó de manera significativa en los parques más alejados a los semillero naturales ($R^2=0.4024$, $F=6.7331$, $p=0.0267$) (Figura 12).

Las especies residentes encontradas en otoño 2008 presentaron abundancias mayores en los parques del centro de la ciudad ($R^2=0.382$, $F=6.1807$, $p=0.0322$) (Figura 13). Las especies residentes (incluyendo las endémicas y exóticas) se componen en gran parte de aves omnívoras y urbanófilas, y este patrón de abundancias se explica claramente por los hábitos alimenticios de estas especies.

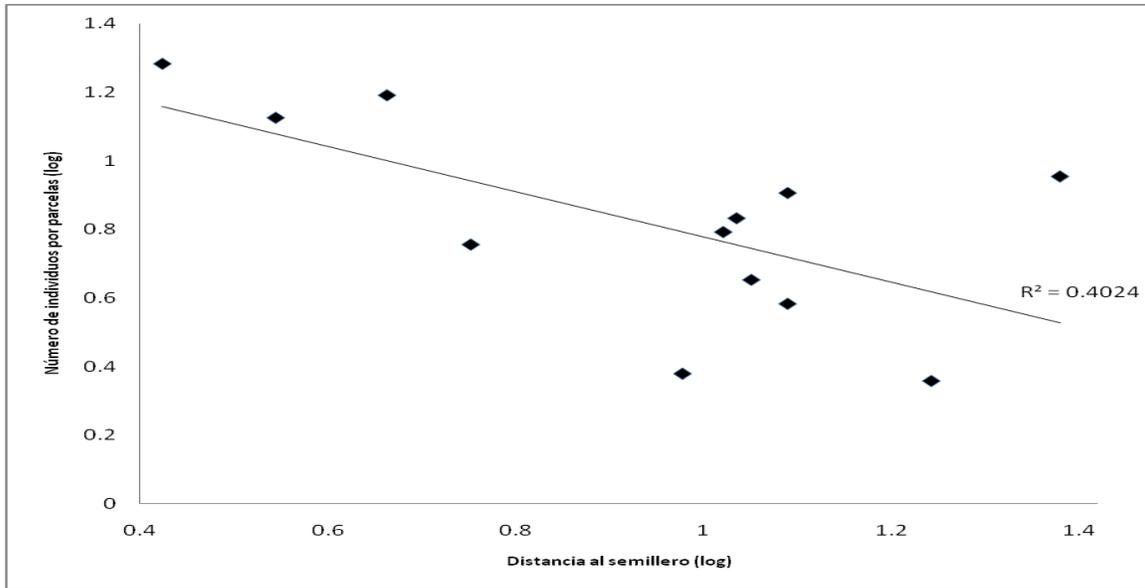


Figura 12: Correlación entre las abundancias relativas de las especies migratorias y la distancia de los parques al semillero (otoño 2008)

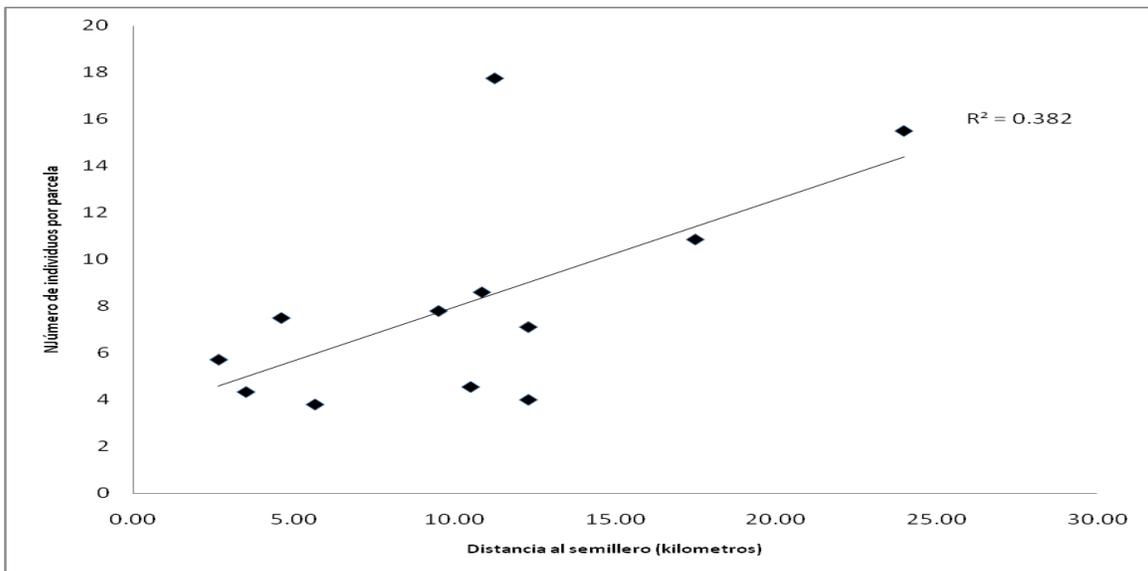


Figura 13: Correlación entre las abundancias relativas de las especies residentes y la distancia de los parques al semillero (otoño 2008)

En la primavera del 2008, la riqueza de las especies residentes estuvo negativamente correlacionada con el grado de urbanización ($R^2=0.4215$, $F=7.2870$, $p=0.0223$) mientras que su abundancia mostró un patrón inverso

($R^2=0.5207$, $F=10.8618$, $p=0.0081$) (Figura 14). En otoño 2008, las abundancias de las aves migratorias disminuyeron de manera significativa con el grado de urbanización ($R^2=0.4094$, $F=6.9317$, $p=0.025$) (Figura 15). Los parques con mayor porcentaje de instalaciones y senderos no son ambientes favorables para las especies migratorias, entre las que se incluyeran parte de las especies insectívoras. Éstos parques parecen favorecer a las especies omnívoras y urbanófilas (principalmente *Quiscalus mexicanus*, *Columbia livia*, *Columbina inca* y *Passer domesticus*).

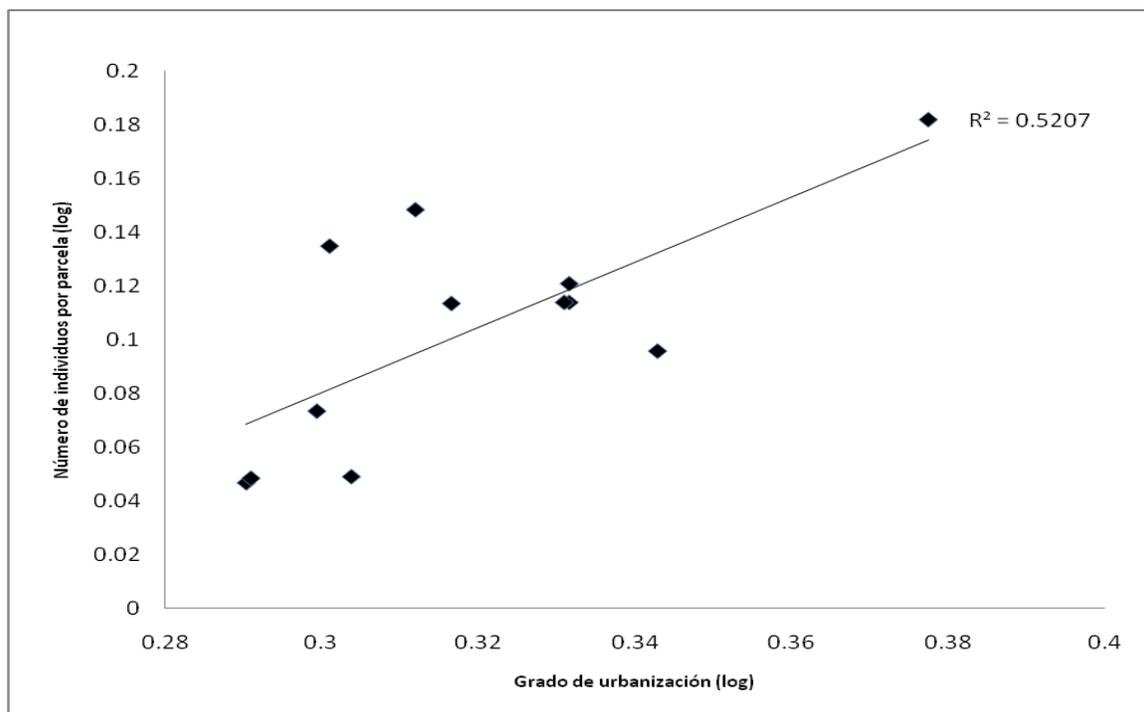


Figura 14: Correlación entre las abundancias relativas de especies residentes y el grado de urbanización de los parques (primavera 2008)

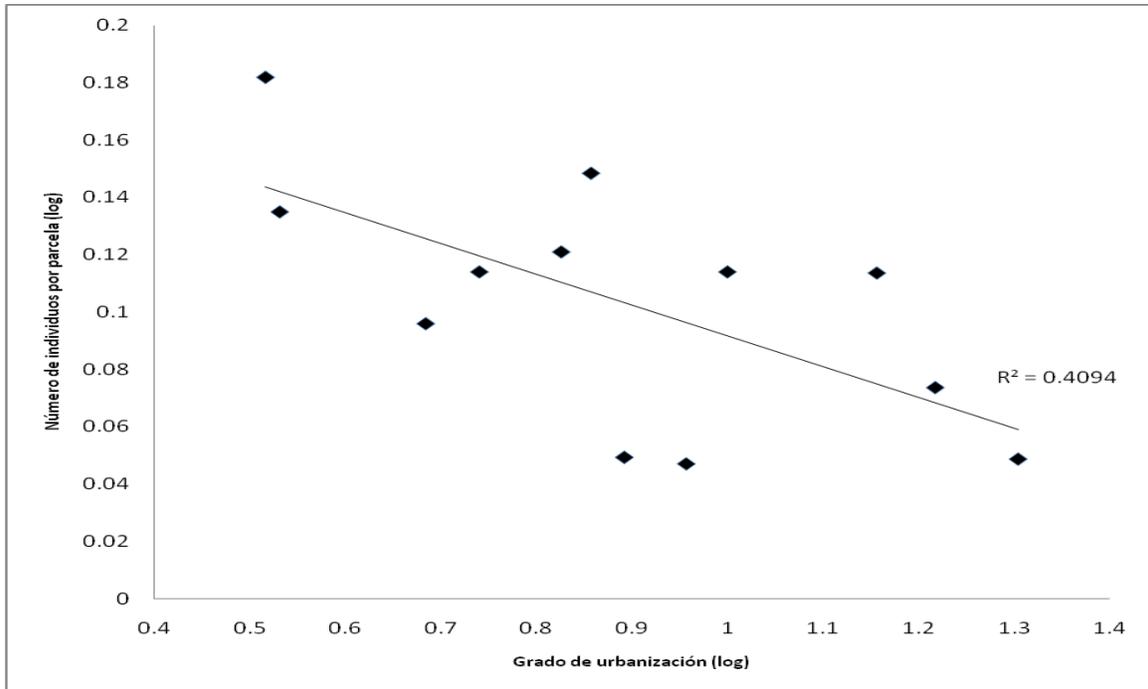


Figura 15: Correlación entre las abundancias relativas de las especies migratorias y el grado de urbanización (otoño 2008)

Durante la primavera 2008, se encontró una relación negativa significativa entre la riqueza de aves y la diversidad de cobertura total de los arboles ($R^2=0.3489$, $F=5.3577$, $p=0.0432$) (Figura 16). Este ultimo índice no toma en cuenta la presencia del follaje, solamente la presencia/ausencia de una especie arbórea. Esto significa que pocas especies de aves pueden usar una vegetación con estructura compleja y que la mayoría de ellas tienden a ser generalistas.

Los insectívoros fueron menos abundantes en parques con una mayor cobertura de especies micrófilas ($R^2=0.3318$, $F=4.9650$, $p=0.05$) (Figura 17).

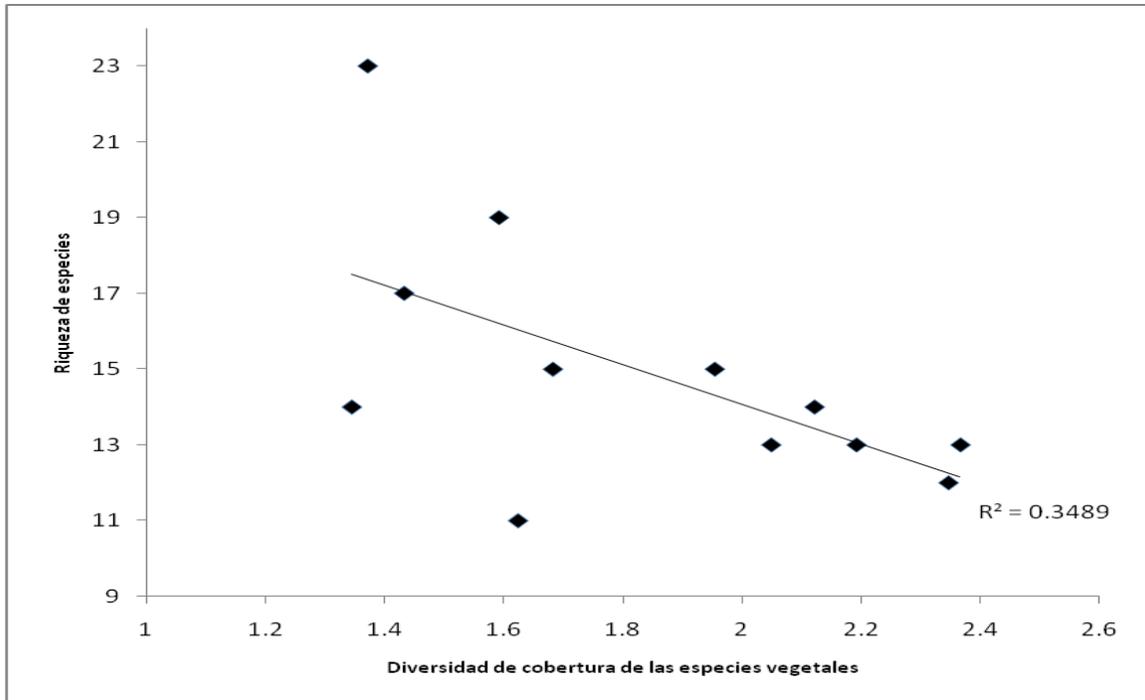


Figura 16: Correlación entre la riqueza de aves y la diversidad de cobertura de las especies vegetales (primavera 2008)

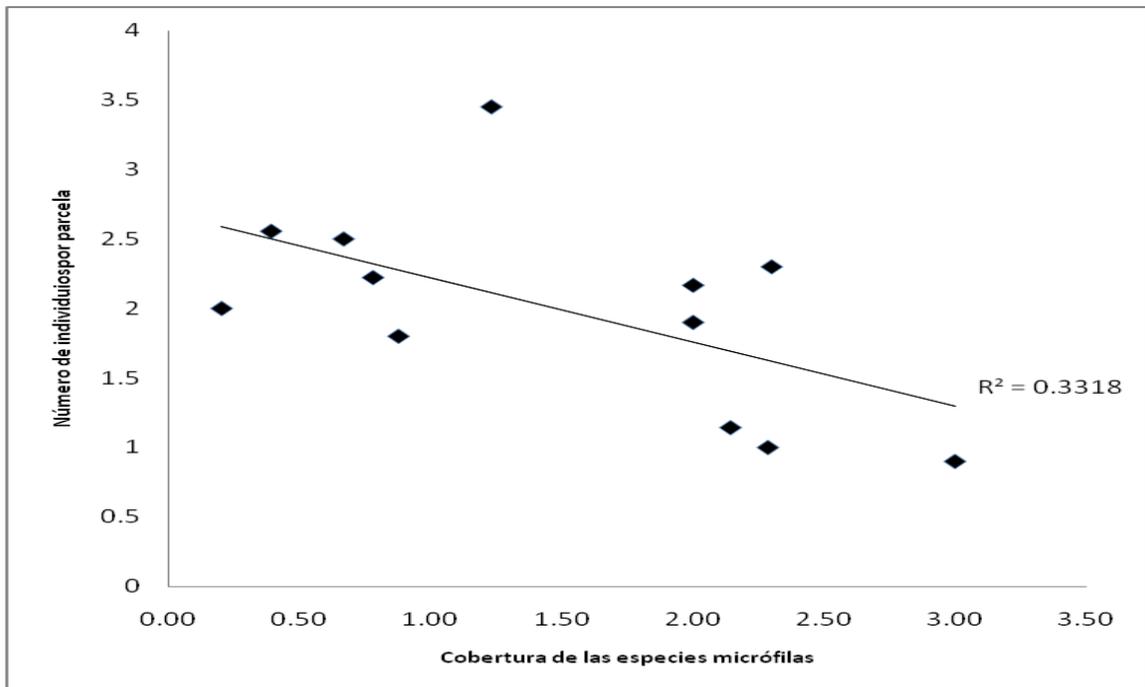


Figura 17: Correlación entre las abundancias relativas de las especies insectívoras de follaje y la cobertura de las especies micrófilas (primavera 2008)

Preferencias de forrajeo

La preferencia por las especies arbóreas se determinó para los insectívoros de follaje y omnívoros con observaciones realizadas en todos los parques.

Los insectívoros de follaje mostraron una preferencia significativa por *Eucalyptus spp.* ($X^2=31.9$, $gl=1$, $p<0.001$), *Shinus molle* ($X^2=12.7$, $gl=1$, $p<0.001$) y árboles con hojas micrófilas ($X^2=60.6$, $gl=1$, $p<0.001$). Los omnívoros también se alimentaron preferencialmente en los eucaliptos ($X^2=31$, $gl=1$, $p<0.001$), en árboles con hojas micrófilas ($X^2=9$, $gl=1$, $p<0.01$) y en *Casuarina equisetifolia* ($X^2=5$, $gl=1$, $p<0.05$).

Tabla 2: IPV de los gremios insectívoros y omnívoros para el total de los parques

árbol	insectívoros					omnívoros				
	o	e	IPV	X^2	nivel significancia	o	e	IPV	X^2	nivel significancia
<i>Casuarina equisetifolia</i>	3	4	-0	0.2		2	0.4	3.5	5.4	+
<i>Cupressus spp.</i>	14	38	-1	15	---	2	4.3	-1	1.2	
<i>Eucalyptus spp.</i>	86	47	0.8	32	+++	18	5.3	2.4	31	+++
<i>Fraxinus uhdei</i>	73	67	0.1	0.6		0	7.5	-1	7.5	--
<i>Taxodium micronatum</i>	2	3.4	-0	0.6		0	0.4	-1	0.4	
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>	3	3.2	-0	0		0	0.4	-1	0.4	
<i>Liquidambar styraciflua</i>	5	7.5	-0	0.9		0	0.8	-1	0.8	
<i>Populus alba</i>	8	4.8	0.7	2.2		0	0.5	-1	0.5	
<i>Pinus spp.</i>	12	21	-0	3.9	-	0	2.4	-1	2.4	
<i>Schinus molle</i>	16	6.7	1.4	13	+++	2	0.8	1.6	2	
<i>Ligustrum spp.</i>	27	46	-0	7.8	--	1	5.2	-1	3.4	-
<i>Buddleia cordata</i>	13	11	0.1	0.2		1	1.3	-0	0.1	
Otros	2	25	-1	21	---	1	2.8	-1	1.2	
hojas latifolias	8	14	-0	2.9	-	3	1.6	0.8	1.2	
hojas microfilas	40	12	2.2	61	+++	5	1.4	2.6	9.2	++

IPV= Índice de Preferencia Vegetal, +++: $p<0.001$, ++: $p<0.01$, +: $p<0.05$

Adicionalmente, se obtuvieron datos suficientes para el gremio de los insectívoros de follaje para tres parques (Tabla 3). Este grupo tuvo una preferencia por *Eucalyptus spp.* en los parques Tezozomoc ($\chi^2=35$, $gl=1$, $p<0.001$) y el Pedregal ($\chi^2= 20$, $gl=1$, $p<0.001$) y una preferencia por *Fraxinus uhdei* y *Grevillea robusta* en los Viveros de Coyoacán ($\chi^2=6.8$, $gl=1$, $p<0.01$).

Tabla 3: Nivel de significancia de los IPV del gremio insectívoros en tres parques

Especie de árbol	Tezozomoc	Viveros	Pedregal
<i>Casuarina equisetifolia</i>			
<i>Cupressus spp.</i>		-	
<i>Eucalyptus spp.</i>	+++		+++
<i>Fraxinus uhdei</i>	-	++	
<i>Grevillea robusta.</i>		+++	
<i>Taxodium micronatum</i>			
<i>Jacaranda mimosaeifolia</i>			
<i>Liquidambar styraciflua</i>			
<i>Mimosa spp.</i>			
<i>Populus alba</i>			
<i>Pinus spp.</i>	-		
<i>Schinus molle</i>			
<i>Ligustrum spp.</i>			
<i>Buddleia cordata</i>			
Otros			
Hojas latifoliadas		- -	
Hojas microfilas			

+++ : $p<0.001$, ++ : $p<0.01$, + : $p<0.05$

Conclusiones previas

Los objetivos del proyecto de maestría eran los siguientes:

Analizar la importancia de la vegetación y grados de urbanización y aislamiento de algunas áreas verdes de la Ciudad de México para la riqueza, abundancia relativa, diversidad y distribución de las aves presentes en estas mismas áreas. Y en particular:

1. Conocer la riqueza específica, la abundancia relativa y la dominancia de las aves en 12 parques de la ciudad.
2. Determinar la similitud de la composición de aves entre los distintos parques.
3. Estimar el tamaño de las áreas de muestreo, las distancias que las separan y su grado de aislamiento con respecto a las zonas naturales cercanas.
4. Evaluar el grado de urbanización de cada parque midiendo la proporción de áreas verdes con respecto a las urbanizadas (senderos y instalaciones).
5. Determinar la estructura de la vegetación y el tipo de follaje (forma y tamaño de hoja) de los árboles y arbustos en cada parque.
6. Agrupar a las aves en grupos funcionales en base al uso de la vegetación y a sus estrategias de forrajeo.

7. Determinar si existe una relación entre la diversidad de aves y los grados de urbanización y aislamiento.
8. Evaluar la relación entre la diversidad de aves y la estructura del hábitat (estratificación y cobertura del follaje).
9. Usar la teoría de la biogeografía de las islas para explicar la relación entre el grado de urbanización, la distancia de las zonas no perturbadas y el número de especies.
10. Proponer objetivos de conservación de las aves en las áreas verdes de la Ciudad de México.

Hipótesis:

1. Los parques más grandes, cerca a la zona natural, con vegetación más diversa y con una mayor complejidad estructural tendrán más gremios y una mayor diversidad de aves que aquellos pequeños, aislados, con vegetación más uniforme y menos diversa.
2. El grado de urbanización, así como ciertos factores ambientales (depredadores, el número de visitantes y el tráfico) pueden modificar las predicciones de la teoría de biogeografía de las islas: los parches más extensos y más cerca al semillero no necesariamente tendrán diversidades mayores.

3. Aunque la riqueza específica será menor en los parques más aislados y con menor cobertura vegetal de árboles y arbustos, las llamadas aves urbanófilas, que son oportunistas, omnívoras y no territoriales tendrán densidades altas.
4. Las especies territoriales típicas de las áreas naturales (migratorias en particular) que rodean a la ciudad estarán presentes en los parques más grandes, cercanos a los semilleros, y más arbolados.
5. Independientemente de su cobertura, las aves de los distintos gremios usarán preferencialmente a ciertas especies de árboles y arbustos para el forrajeo y el uso del hábitat.

Aunque la teoría de biogeografía de islas predice una mayor riqueza y diversidad en áreas más extensas y cercanas a la zona natural, los resultados indicaron que los parques más grandes no siempre soportaron una mayor riqueza avifaunística, lo que sugiere que existirían otros factores actuando sobre la diversidad.

Las especies tuvieron una distribución no aleatoria en base a sus requerimientos ecológicos: en el caso de los parques incluidos en el estudio, las especies migratorias fueron más comunes en parques cercanos a áreas naturales y las oportunistas y urbanófilas fueron más abundantes en el centro y en parques más urbanizados.

Aunque no todas las especies se incluyeron en los grupos funcionales por falta de datos, los insectívoros y los omnívoros tuvieron una preferencia por especies micrófilas y por exóticas como los eucaliptos. Los análisis para tres de los parques, por otro lado, indicaron que las preferencias por *Eucalyptus spp.*, *Fraxinus uhdei* y *Grevillea robusta* se debió a las abundancias de artrópodos. Esto sugiere que las aves buscan en especies con mayor cantidad de alimento (eucaliptos y grevilleas en flor) o en árboles con cierto tipo de follaje que les facilite la búsqueda (fresno). Las preferencias en parques individuales pueden variar según la composición y cobertura relativa de los árboles presentes.

Los datos de forrajeo son todavía preliminares y se requieren más observaciones para conocer:

- cuáles son las especies preferidas en los parques individuales,
- a qué se deben estas preferencias (arquitectura, presas o las dos),
- la relación entre las preferencias y la abundancia y riqueza de las aves.

Recomendaciones para la conservación

La urbanización se extiende aceleradamente en el mundo y existe un interés creciente por la ecología urbana y un reconocimiento de la importancia de las áreas verdes dentro de las ciudades para la conservación.

Varios estudios han encontrado una respuesta positiva de las comunidades de aves a la complejidad estructural de la vegetación, así como a la riqueza de

especies arbóreas y arbustivas que pueden proporcionar condiciones similares en parques urbanos a las que buscan las aves en áreas naturales.

Sin embargo, varios factores, como los depredadores (gatos y perros), el tráfico y el número de visitantes pueden modificar la respuesta de las aves.

En base a los resultados obtenidos hasta ahora, algunos objetivos para la conservación de la avifauna serían los siguientes:

- Establecer el monitoreo de las aves en los parques de la ciudad para diseñar un manejo de áreas verdes que optimice la biodiversidad.
- Mantener una vegetación nativa, diversa y con una complejidad estructural alta, pero mantener también algunas especies exóticas utilizadas por las aves y que contribuyen a la diversidad florística en la ciudad. Pero con densidades bajas, eso con fin de evitar la homogeneización biótica y la propagación de plagas en los árboles.
- caracterizar de manera precisa la arquitectura foliar para conocer su importancia en la preferencia de forrajeo de las aves.
- Identificar los factores ambientales que limitan la distribución de la avifauna urbana como podría ser el aislamiento del parque y los depredadores potenciales (gatos, perros).
- Evaluar la importancia de la conectividad (camellones, jardines privados, barrancas).
- Aumentar el uso de cajas de anidación y conservar las estructuras naturales de anidación (troncos y árboles caídos).

- Al nivel de uso de microhábitat, estudiar la dieta de los diferentes gremios para ver la relación entre abundancia, disponibilidad de presas y preferencia por las especies arbóreas.
- determinar el número de visitantes en zonas originalmente protegidas como los parques nacionales y respetar su estatus de conservación mediante información pública. En caso que no se pueda evitar la presencia de visitantes, limitar el acceso a las orillas de las áreas verdes, en donde el impacto sería menor.
- Facilitar el trabajo entre investigadores y organizaciones gubernamentales para controlar las especies de aves exóticas que pueden ser nocivas cuando sus poblaciones son grandes (i.e. *Columba livia*) y mejorar las condiciones para el establecimiento de especies nativas y migratorias.
- Difundir la importancia de las áreas verdes para mantener la diversidad de avifauna silvestre con una política de educación ambiental a diferentes niveles (escuelas, familias y trabajo).

MÉTODOS

Área de estudio

El clima de la cuenca del Valle de México, situada a 2240 msnm en promedio, presenta una variedad de microclimas con un gradiente positivo de humedad hacia el sur de la ciudad. Se define según la clasificación de Köppen, modificada por

García (1973) como templado-húmedo en el sur, y templado-seco en el norte. El promedio de las precipitaciones anuales oscila entre 700-800 mm (Sánchez *et al.*, 1979) y las temperaturas fluctúan entre 12.5°C y 20°C (Varona-Graniel, 2001). Se caracteriza por dos estaciones: la época de lluvia, que va de junio a septiembre, y la época seca, que va de octubre a mayo. En el presente estudio, la época seca se define como otoño y la de lluvia como primavera.

La Ciudad de México tiene coordenadas extremas que van de 19°03' a 19°36' de latitud Norte y 98°57' a 99°22' de longitud Oeste.

Se seleccionaron siete parques situados a lo largo de un eje Norte-Sur de la Ciudad (Tabla 3, Figura 18 y Anexos) para realizar observaciones de forrajeo y uso del hábitat. En todos los sitios se realizarán censos para conocer la riqueza y abundancia de las especies migratorias y se obtuvieron la cobertura, composición y estratificación de los árboles y arbustos.

Tabla 3: Delegación y área de los parques escogidos para el realizar observaciones de forrajeo y uso del hábitat de la avifauna.

Parque	Delegación	Extensión (ha)	número parcelas
Tezozomoc	Azcapotzalco	28	12
Chapultepec 1a Sección	Miguel Hidalgo	230	20
Chapultepec 3a. Sección	Miguel Hidalgo	286	18
Lira	Miguel Hidalgo	11	5
Hundido	Benito Juárez	15	8
Viveros de Coyoacán	Coyoacán	40	20
Pedregal/Jardín Botánico	Coyoacán	237	6

Vegetación y caracterización del hábitat

Cobertura vegetal

En el estudio previo, se obtuvieron datos sobre la cobertura del follaje de las plantas. En cada parcela se estimó la cobertura con una escuadra óptica marcada con dos líneas perpendiculares. La escuadra tiene dispuestos tres espejos con el fin de que una persona, mirando horizontalmente, pueda ver los objetos encontrados exactamente encima del aparato (Montaña y Ezcurra 1980).

En cada parcela se contó el número de contactos del follaje con el punto de intersección de las líneas trazadas en el aparato. Esto se repitió cada metro y medio en dos transectos (N-S y E-W). Se anotó también la forma de crecimiento de los árboles y arbustos en base al tipo de follaje. El número de contactos se usó para evaluar la cobertura de cada especie en cada parcela y para estimar la diversidad de los estratos foliares.

Los árboles se clasificaron según el tipo de follaje. Para esto, se consideraron las siguientes categorías: hojas aciculares, latifoliadas, micrófilas, y hojas de tipo cupreciformes. Además se agruparon en categorías caducifolias y perenes.

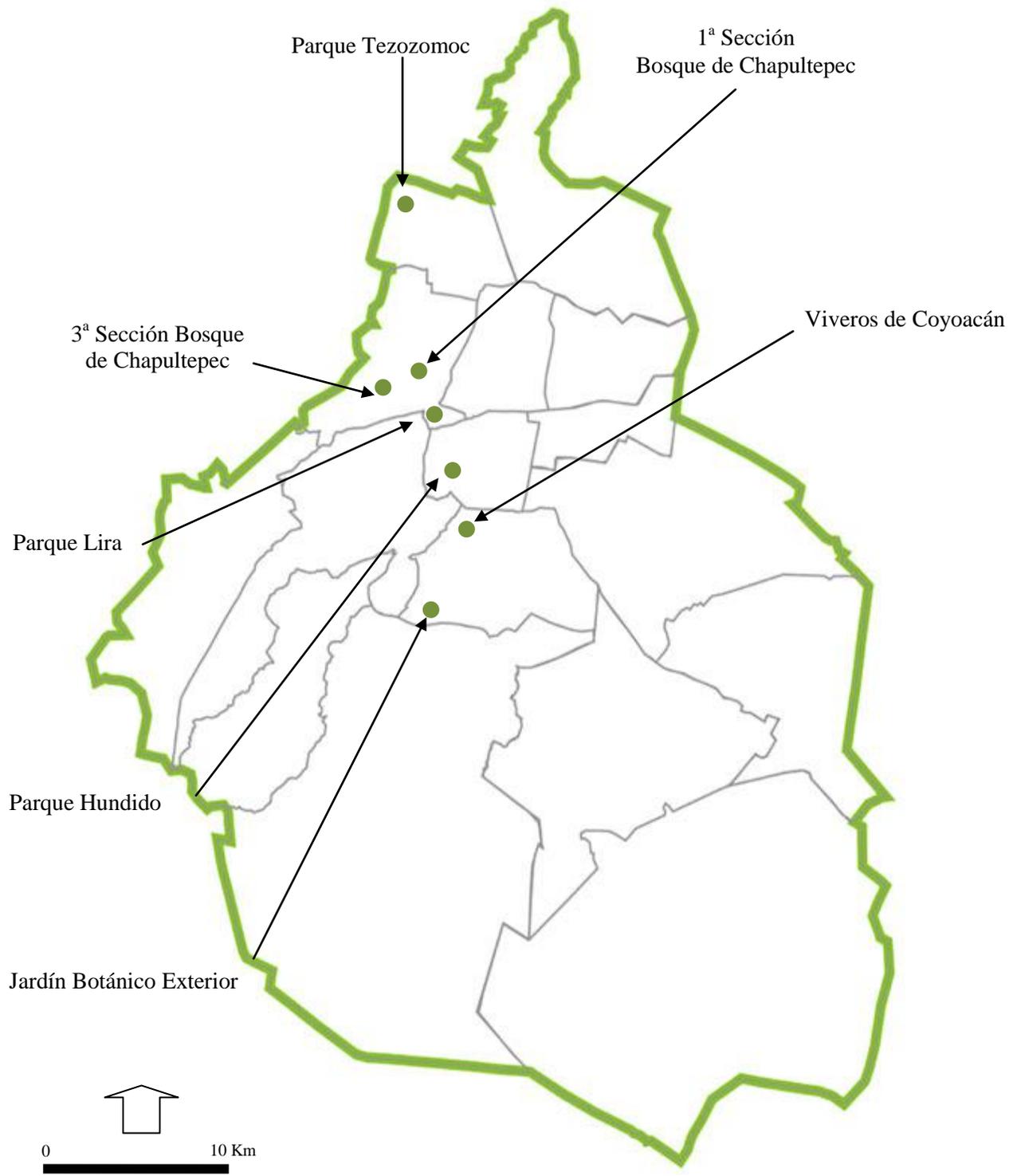


Figura 18: Ubicación de las áreas de estudio en la ciudad de México

Parámetros estructurales del follaje

Según la teoría del forrajeo óptimo, la arquitectura foliar puede afectar las tasas de encuentro con el alimento, la accesibilidad de presas, y el costo energético entre ataques y capturas de las presas (Greenberg y Gradwohl, 1980; Robinson y Holmes, 1982).

Con el fin de conocer la relación entre las preferencias y estrategias de forrajeo con la estructura, se considerarán las características siguientes.

Para cada rama de un metro escogida al azar entre 10 individuos de las especies que sean usadas o rechazadas significativamente por las aves, se medirá en base al estudio de Pennington y Sarukhán (1998):

1. Densidad de follaje
2. Área foliar, con un sistema analizador de imágenes de video (WinFOLIA® Pro v.2001, Regent Instruments Inc, Québec, Canadá)
3. Número de ramillas
4. Número de hojas
5. Proporción de hojas arriba y debajo de la rama principal
6. Promedio del tamaño del pedúnculo
7. Disposición de hoja (oposito, alterno, espiral)
8. Forma de crecimiento de las hojas (pinado, bipinado, o unifoliado)

9. Arquitectura (número de ramillas de orden 1, 2, 3 y 4)

Después se realizará una clasificación de las especies de árboles (Análisis en Componentes Principales) según estas variables para ver si aquellas que son más parecidas, son igualmente usadas por los pájaros.

Grados de perturbación

Además de las características de la vegetación, en cada parque se estimaron previamente el grado de urbanización en base a la proporción de áreas asfaltadas y de las áreas verdes, utilizando mapas.

El grado de aislamiento se evaluó midiendo la distancia de los parques con las áreas naturales más cerca.

Aves

De acuerdo a los resultados de avistamientos y de preferencias de forrajeo durante el 2008, se obtuvo una lista de aves migratorias insectívoras de follaje (tabla 4). Está compuesta de 26 especies que usan el follaje como sustrato de forrajeo.

Tabla 4. Lista de las aves migratorias insectívoras de follaje

<i>Basileuterus rufifrons</i>
<i>Dendroica chrysoparia</i>
<i>Dendroica coronata</i>
<i>Dendroica magnolia</i>
<i>Dendroica nigrescens</i>
<i>Dendroica occidentalis</i>
<i>Dendroica townsendi</i>
<i>Dendroica virens</i>
<i>Empidonax minimus</i>
<i>Mniotilta varia</i>
<i>Oropornis tolmiei</i>
<i>Piranga ludoviciana</i>
<i>Piranga rubra</i>
<i>Polioptila caerulea</i>
<i>Polioptila melanura</i>
<i>Regulus calendula</i>
<i>Seiurus novaborecensis</i>
<i>Troglodytes aedon</i>
<i>Vermivora celata</i>
<i>Vermivora crissalis</i>
<i>Vermivora ruficapilla</i>
<i>Vireo cassini</i>
<i>Vireo flavifrons</i>
<i>Vireo gilvus</i>
<i>Vireo solitarius</i>
<i>Wilsonia pusila</i>

Se realizarán visitas semanales a todos los parques para estimar la abundancia y riqueza y obtener datos sobre las estrategias de forrajeo de las aves durante el invierno. El número de visitas será el mismo para cada parque. Para obtener las abundancias relativas se usará un método de parcelas circulares de radio fijo de 30 metros (Hutto *et al.*, 1986). La separación entre parcelas será mayor a 60 metros y la duración del conteo de 10 minutos para cada una. La abundancia

relativa se calculará dividiendo el número total de individuos de cada especie por el número de parcelas. Las observaciones se efectuarán durante las primeras horas del día, desde el amanecer hasta las 11:30, que es cuando las aves son más activas y cuando el número de visitantes es menor. Se usarán binoculares de 8x40 y las guías de Peterson y Chalif (1998) y Kaufman (2005).

Para obtener la composición de las especies migratorias, se harán recorridos adicionales que abarquen el área de los parques.

La eficiencia del muestro se evaluará mediante análisis de rarefacción (James and Rathbun, 1981) y el índice de Jackknife (Krebs, 1999):

$$S = s + \frac{(n-1)k}{n}$$

en donde s es el número de especie presente en n parcela, y k el número de especies encontradas una sola vez.

Debido a que el número de parcelas estará limitado por el tamaño de cada parque, se usará el método de rarefacción de Hurlbert (1971) para estandarizar la riqueza esperada entre los parques.

La diversidad de las especies residentes se estimará con el índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1999):

$$H'_s = -\sum p_i \ln p_i$$

En donde p_i es la abundancia proporcional de cada especie.

La equidad se calculará con el índice de Pielou (Krebs 1999):

$$J = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{\sum p_i \ln p_i}{\ln S}$$

En donde S es la riqueza específica.

La dominancia (1-D) para cada parque se estimará mediante el índice de Simpson D (Krebs, 1999):

$$D = \sum p_i^2$$

Correlaciones

Se utilizarán regresiones lineales simples para evaluar la relación entre la riqueza, abundancia y diversidad de las aves con los parámetros de la vegetación, el tamaño de los parques, el grado de urbanización y la distancia a los semilleros más cercanos.

Pautas conductuales

A partir de los avistamientos, se construirá una base de datos para cada parque, cuyas columnas incluyeran pautas conductuales individuales, tales como las maniobras de forrajeo (pizcadores o *gleaners*, revoloteadores o *hoverers*) definidas por Robinson y Holmes (1981), y otras distintas actividades que se identificarán en el campo.

Estas actividades se relacionarán con las variables de perturbación para ver si influyen sobre en el tiempo dedicado a cada conducta con una clasificación de los parques en base a los datos de las conductas y un análisis de discriminante para conocer cuales variables explican las diferencias entre los grupos obtenidos.

Análisis del forrajeo

Con el fin de estimar las preferencias por las distintas especies arbóreas, se calculará un Índice de Preferencia Vegetal (IPV) (Peck, 1989):

$$IPV = (O-E)/E$$

en donde, O = el número de veces que el ave utiliza cada especie de árbol y E = el número de veces que se esperaría si los individuos utilizarán a cada árbol según su cobertura (i.e. al azar). Se usará una prueba de χ^2 con un grado de libertad para ver la significancia de los resultados.

Se usará un análisis canónico de correspondencia para relacionar las estrategias de forrajeo con las especies vegetales utilizadas.

Se aplicarán correlaciones para estimar la relación entre las abundancias de artrópodos encontrados y los IPV.

Artrópodos

Muestreo de artrópodos

El muestreo se llevará a cabo durante días soleados con velocidad de viento lenta para maximizar la calidad de las colectas. Se introducirá una rama de 50 cm en una bolsa de plástico. Una vez embolsada, se cortará y rociará con insecticida (Piretrina) (Hutto, 1990; Johnson, 2000). Se escogerán 20 individuos al azar de cada una de las especies de árboles comunes, incluyendo a las que son preferidas y rechazadas por las aves. El procedimiento se repetirá en 2 estratos (bajo y medio o dosel, cuando se pueda alcanzar). Los artrópodos se separarán en el laboratorio, y se guardarán en alcohol al 70% para su posterior identificación. Se realizarán dos colectas en invierno, que es la época en donde están presentes la mayoría de los insectívoros migratorios (medio y fin de temporada). Se calculará la densidad como el número total de individuos (para los dos estratos) de cada especie entre el número de individuos de una especie de árbol (i.e. 20). Al mismo tiempo se pesará cada recorte para el análisis de disponibilidad de recurso

Análisis de contenido estomacal

Para determinar el tipo de alimento consumido por las aves insectívoras, se capturarán especímenes con redes de niebla, a lo largo del estudio, y se analizarán sus contenidos estomacales. El objetivo de estos análisis es conocer

las preferencias y relacionarlas con los artrópodos presentes en los árboles (Skelhorn y Rowe, 2006), comparando las abundancias relativas encontradas con el muestreo y el contenido estomacal

El método utilizado para este propósito consiste en administrar una solución de tártaro emético o tártaro de antimonio-potasio (1.5%) que es una sustancia causante del vómito (Poulin y Lefebvre, 1994). El emético se administrará por medio de una cánula plástica que se introducirá cuidadosamente por la cavidad oral hasta alcanzar el buche de las aves. Este método es uno de los más eficientes para la obtención de contenidos estomacales, minimizando el daño causado a las aves sometidas a este tratamiento.

Una vez administrado el emético, las aves serán colocadas dentro de recipientes oscuros de plástico en donde depositarán las regurgitaciones. Las muestras se preservarán en recipientes plásticos con una solución de alcohol etílico al 70%. Cada muestra será revisada bajo el microscopio para la identificación de los artrópodos consumidos.

Disponibilidad de artrópodos

Debido a que la abundancia de los artrópodos no es necesariamente un indicador de su disponibilidad, también se usará el peso de los individuos encontrados en las ramas como parámetro para tener una medida de las preferencias por las distintas especies de árboles.

Debido a que los individuos serán medidos para explorar la posibilidad de que las aves usen más a ciertos artrópodos de cierto tamaño, la longitud se usará también para obtener la biomasa usando la ecuación propuesta por Sample *et al.* (1993):

$$W = 0.0305 (L)^{2.62}$$

En donde W es biomasa en miligramos, y L la longitud de artrópodos en milímetros.

Cada rama representará una unidad de muestreo. El peso de los artrópodos se expresará en término de biomasa por el peso de las ramas cortadas.

Para examinar las diferencias de disponibilidad de alimento entre hábitats (i.e. la especie arbórea) se aplicarán ANOVAS y pruebas de comparación múltiples (Tukey). El mismo procedimiento se usará para estimar las diferencias entre rangos de tamaño de las posibles presas y entre los órdenes más abundantes (Raley y Anderson, 1990).

Experimentos

La teoría del forrajeo óptimo plantea que los organismos minimizan el tiempo de búsqueda para obtener la máxima energía del alimento. En otras palabras, el comportamiento de forrajeo, en condiciones ideales, estaría determinado por la búsqueda, captura y consumo de alimentos que contengan más calorías, gastando la menor cantidad de energía posible (Stephens y Krebs, 1986). En el

caso de las aves migratorias, los individuos tienen que satisfacer la demanda de energía para sobrevivir durante la migración (Kuenzi *et al.*, 1991).

Los experimentos de Whelan (2001) sugieren que la morfología y el arreglo de las hojas favorecen el uso de ciertas tácticas para buscar presas. Robinson & Holmes (1982) y Whelan (2001) distinguen las siguientes estrategias: pizca (colecta directa de ramas pequeñas y hojas; revoloteo (vuelos cortos dentro del follaje o entre ramas para hacer que las presas se muevan y sean más fáciles de detectar), vuelo sostenido (el individuo se mantiene volando mientras busca y obtiene alimento); vuelo al aire (el individuo vuela desde una percha, atrapa un insecto en el aire y regresa a la percha).

Basándose en eso, las especies que usen diferentes maniobras de forrajeo serán seleccionados para analizar la importancia de la abundancia del alimento y de la arquitectura de la vegetación. Los resultados preliminares de preferencias de forrajeo obtenidos en 2008 demostraron una predilección por hojas latifoliadas (*Eucalyptus spp.* y *Fraxinus uhdei*, una especie nativa) y un rechazo para hojas aciculares (*Cupressus spp* y *Pinus spp.*).

De acuerdo con los resultados obtenidos por este método, se observarán en aviarios cinco individuos de cada especie buscando presas dispuestas de manera no aleatoria en ramas de las especies de árboles (las preferidas y las rechazadas

por las aves), para determinar ambos efectos de la estructura foliar y de la disponibilidad de alimento siguiendo el procedimiento de Whelan (2001):

En cada jaula, se dispondrán ramas de un metro de las especies rechazadas y preferidas.

Se llevarán a cabo cuatro experimentos con larvas de *Tenebrio molitor*.

- las especies con las mismas abundancias de larvas para ver si existe un efecto de la arquitectura de las ramas sobre el forrajeo.
- una especie con abundancias altas y las otras con abundancias bajas y viceversa para averiguar si la densidad de presa importa en cuanto a las preferencias alimenticias.

Para las abundancias altas, se colocarán 12 larvas de *Tenebrio molitor*, la mitad en el envés, la otra en la parte superior de un ensamble de 30 hojas. La misma experiencia se repetirá con seis larvas para las abundancias bajas. Eso en fin de distinguir las tácticas de forrajeo en cada especie.

El número de ataques se contabilizará durante un tiempo determinado (después de observaciones preliminares) para estandarizar los datos. Los individuos serán previamente sometidos a dieta durante un día para estimular la búsqueda de presas. Se repetirá tres veces la experiencia.

Los resultados se analizarán con análisis de varianza (ANOVA).

LITERATURA CITADA

- Brawn, J. D., S. K. Robinson, y F. R. Thompson III. 2001. The role of disturbance in the ecology and conservation of birds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32:251-276.
- Chace, J. F., y J. J. Walsh. 2004. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning* 74:46-69.
- Clergeau, P., C. Croci, J. Jokimäki, M-L. Kaisanlathi-Jokimäki, y M. Dinetti. 2006. Avifauna homogenization by urbanization: analysis at different European latitudes. *Biological Conservation* 127:336-344.
- Cody, M. L. 1981. Habitat selection in birds: the roles of vegetation structure, competitors, and productivity. *BioScience* 31(82):107-113.
- Cueto, V. R., J. Lopez De Casenave. 2002. Foraging behavior and microhábitat use of birds inhabiting coastal woodlands in Eastcentral Argentina. *The Wilson Bulletin* 114(3):342-348.
- Faeth, S. H., P. S. Warren, E. Shochat, W. A., Marussich. 2005. Trophic dynamics in urban communities. *Bioscience* 55(5):399-407.
- Fernández-Juricic, E. 2001. Avian spatial segregation at edges and interiors of urban parks in Madrid, Spain. *Biodiversity and Conservation* 10:1303-1316.
- Fernández-Juricic, E. 2003. Spatial and temporal analysis of the distribution of forest specialists in an urban fragmented landscape (Madrid, Spain),

implications for local and regional bird conservation. *Landscape and Urban Planning* 69:17-32.

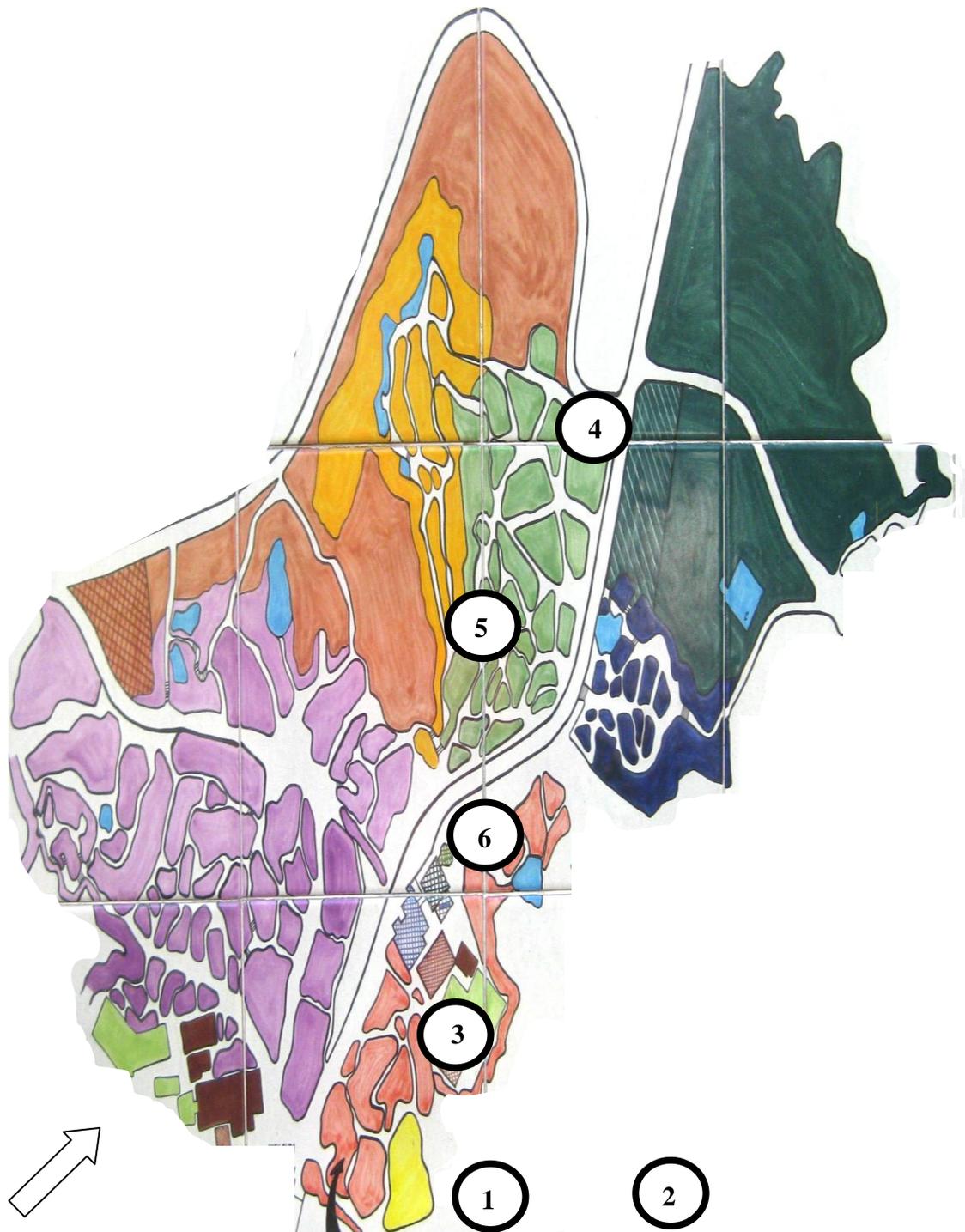
- Gabbe, A. P., S. C., Robinson, y J. D. Brawn. 2001. Tree-species preferences of foraging insectivorous birds: implications for floodplain forest restoration. *Conservation Biology* 16(2):462-470.
- García, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Greenberg, R., y J. Gradwohl. 1980. Leaf surface specialization of birds and arthropods in a Panamanian forest. *Oecologia* 46(1):115-124.
- Holmes, R. T., y S. K. Robinson. 1981. Tree species preferences of foraging insectivorous birds in a Northern hardwoods forest. *Oecologia* 48(1):31-35.
- Hostetler, M., y K. Knowles-Yanes. 2002. Land use, scale, and bird distributions in the Phoenix metropolitan area. *Landscape and Urban Planning* 62:55-68.
- Hurlbert, S. H. 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.
- Hutto, R. L., S. M. Pletschet, y P. Hendricks. 1986. A fixed-radius point method for non breeding and breeding season use. *The Auk* 103:593-602.
- Hutto, R. L. 1990. Measuring the availability of food resources. *Studies in Avian Biology* 13:20-28.
- James, F. C., y S. Rathbun. 1981. Rarefaction, relative abundance, and diversity of avian communities. *The Auk* 98:785-800.

- Johnson, M. D. 2000. Evaluation of an arthropod sampling technique for measuring food availability for forest insectivorous birds. *Journal Field Ornithology* 71(1):.88-109.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methods*. 2nd. ed. Benjamin Cummings. 624p.
- Kuenzi, A. J., F. R. Moore, y T. R. Simons. 1991. Stopover of neotropical migrants on East ship island following trans-gulf migration. *The Condor* 93(4):869-883.
- Mac Gregor-Fors, I. 2008. Relation between habitat attributes and bird richness in a Western Mexico suburb. *Landscape and Urban Planning* 84(1):92-98.
- Mc Kinney, M. L. 2006. Urbanization as a cause of major cause of homogenization. *Biological Conservation* 127:247-260.
- Miller, S. G., R. L. Knight, y C. K. Miller. 1998. Influence of recreational trails on breeding bird communities. *Ecological Applications* 8(1):162-169.
- Montaña, C., y E. Ezcurra. 1980. Simple instrument for quick measurement of crown projections. *Journal of Forestry* 78:699.
- Park, C. R., y W. S. Lee. 2000. Relationship between species composition and area in breeding birds of urban woods in Seoul, Korea. *Landscape and Urban Planning* 51:29-36.
- Peck, K. M. 1989. Tree species preferences shown by foraging birds in forest plantations in Northern England. *Biological Conservation* 48:41 57.
- Pennington, R.D., y J. Sarukhán. 1998. *Árboles tropicales de México*. UNAM, FCE, México. 498p.

- Peterson, P. T., y E. L. Chalif. 1998. Aves de México. Diana. 298p.
- Poulin, B., G. Lefebvre, R. Mc Nell. 1994. Characteristics of feeding guilds and variation in diets of bird species of three adjacent tropical sites. *Biotropica* 26(2):187-197.
- Raley, C. M., y S. H. Anderson. 1990. Availability and use of arthropod food resources by Wilson's warblers and Lincoln's sparrows in Southeastern Wyoming. *The Condor* 92(1):141-150.
- Renjifo, L. M. 2001. Effects of natural and anthropogenic landscape matrices on the abundance of sub-Andean bird species. *Ecological Applications* 1(1):14-31.
- Robinson, S. K., y R. T. Holmes. 1982. Foraging behavior of forest birds: the relationships among search tactics, diet, and habitat structure. *Ecology* 63(6):1918-1931.
- Robinson, S. K., y R. T. Holmes. 1984. Effects of plant species and foliage structure on the foraging behavior of forest birds. *The Auk* 101:672-684.
- Sample, B. E., R. J. Cooper, R. D. Greer, y R. C. Whitmore. 1993. Estimation of insect biomass by length and width. *American Midland Naturalist* 129(2):234-240.
- Sánchez, C. L. E. Beltrán, A. Sierra, R. Garduño, y O. Yañez. 1979. La reforestación en el Distrito Federal. Fin de la primera etapa. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. México. 59p.

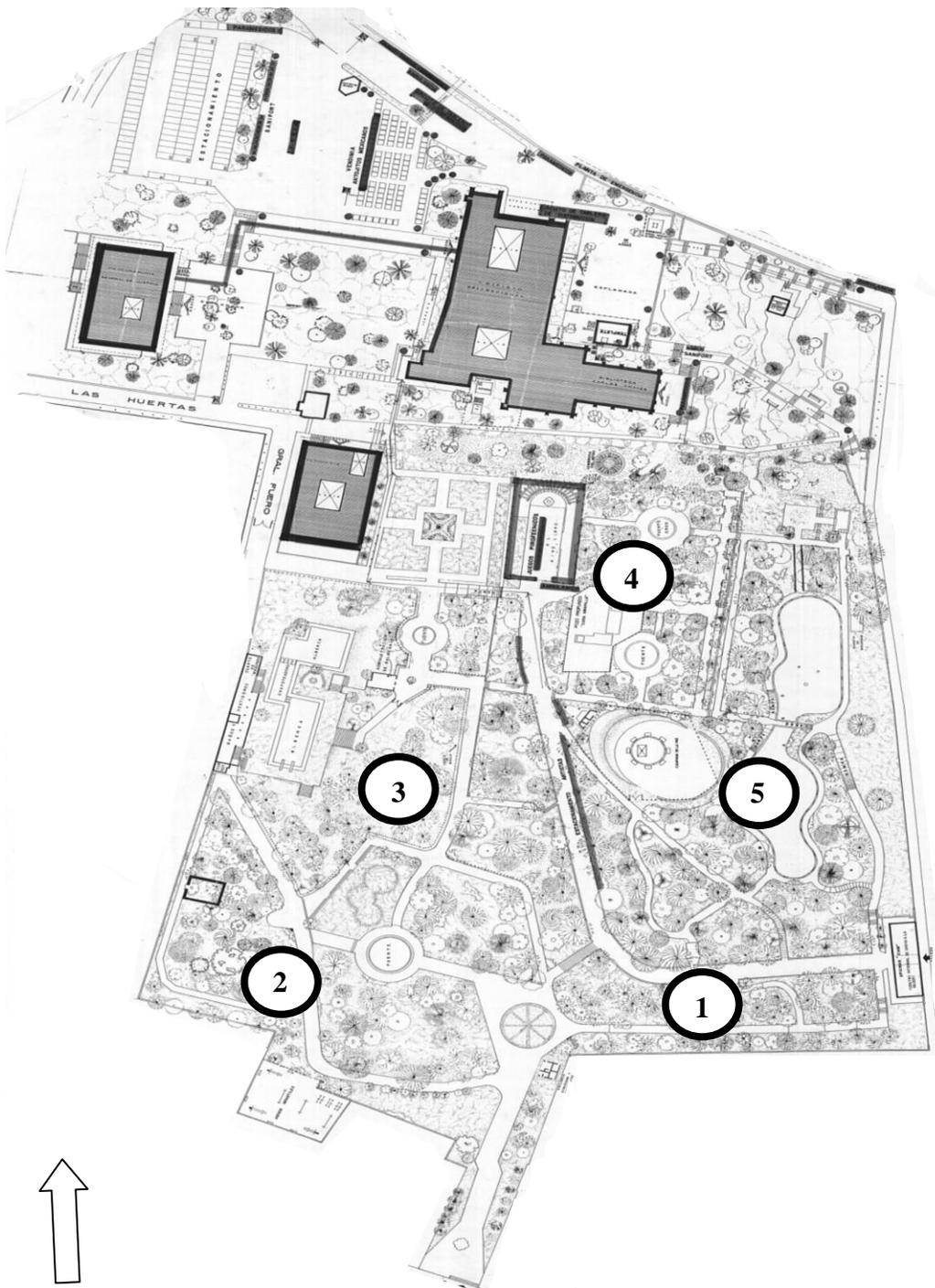
- Sandström, U. G., P. Angelstam, y G. Mikusinski. 2005. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape and Urban Planning* 77:39-53.
- Skelhorn, J., y C. Rowe. 2006. Prey palatability influences predator learning and memory. *Animal Behavior* (71):1111-1118.
- Slabbekoorn, H., y E. A. P. Ripmeester. 2008. Birdsong and anthropogenic noise: implications and application for conservation. *Molecular Ecology* 17(1):72-83.
- Spellerberg, I. F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7(5):317-333.
- Stephens, D. W., y J. R. Krebs. 1986. *Foraging theory*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Terborgh, J. 1989. *Where have all the birds gone?* Princeton University Press. 207p.
- Underwood, A. J. 1997. *Experiments in ecology*. Cambridge University press. 504p.
- Varona-Graniel, D. E. 2001. *Avifauna de áreas verdes urbanas del norte de la ciudad de México*. Universidad Nacional Autónoma Metropolitana. México.
- Whelan, C. J. 2001. Foliage structure influences foraging of insectivorous forest birds: an experimental study. *Ecology* 82(1):219-231.

Anexo 1. El Jardín Botánico del Pedregal



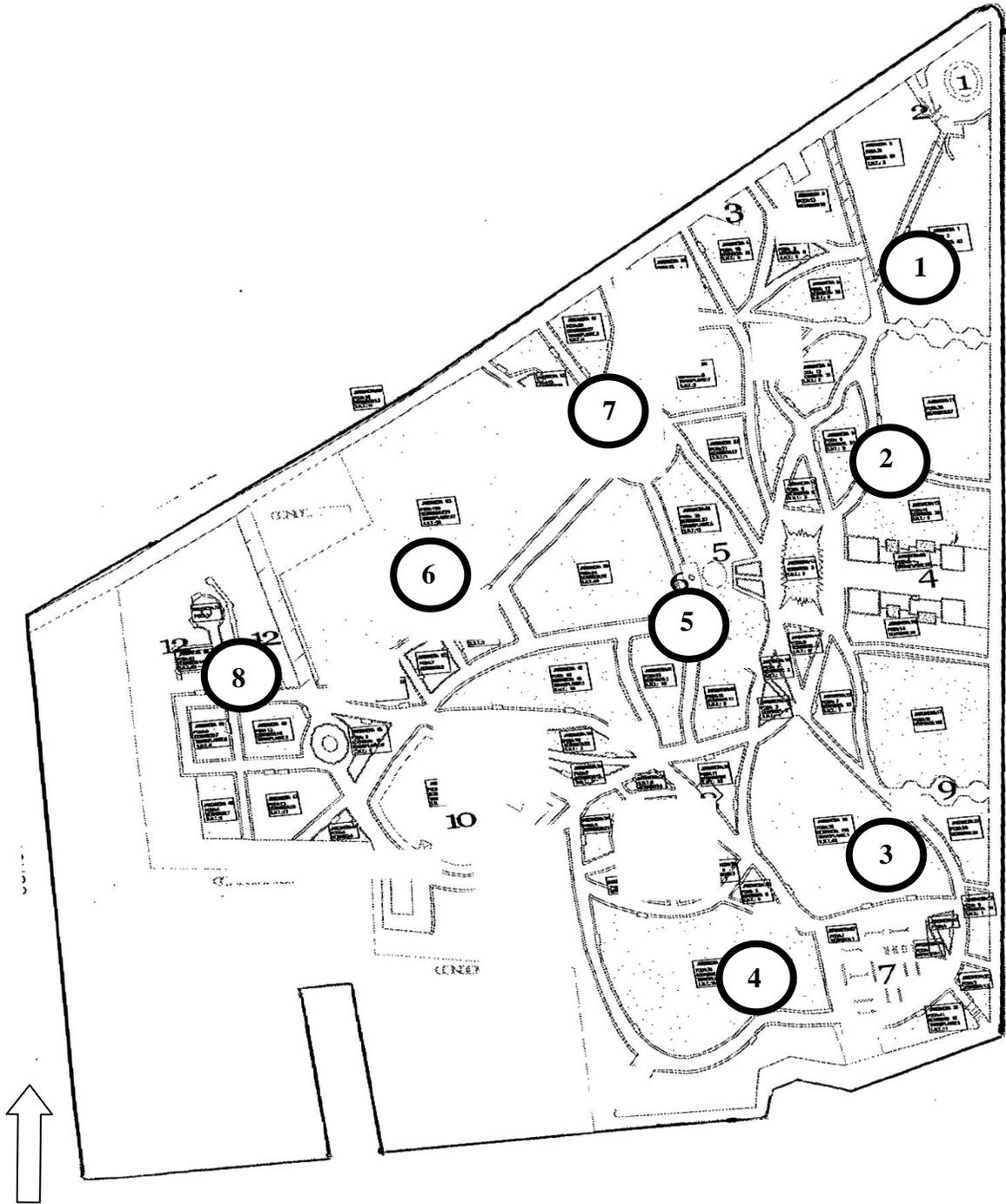
Esquema del Jardín Botánico Exterior y ubicación de los puntos de muestreo (no se presenta a escala)

Anexo 2. Parque La Lira



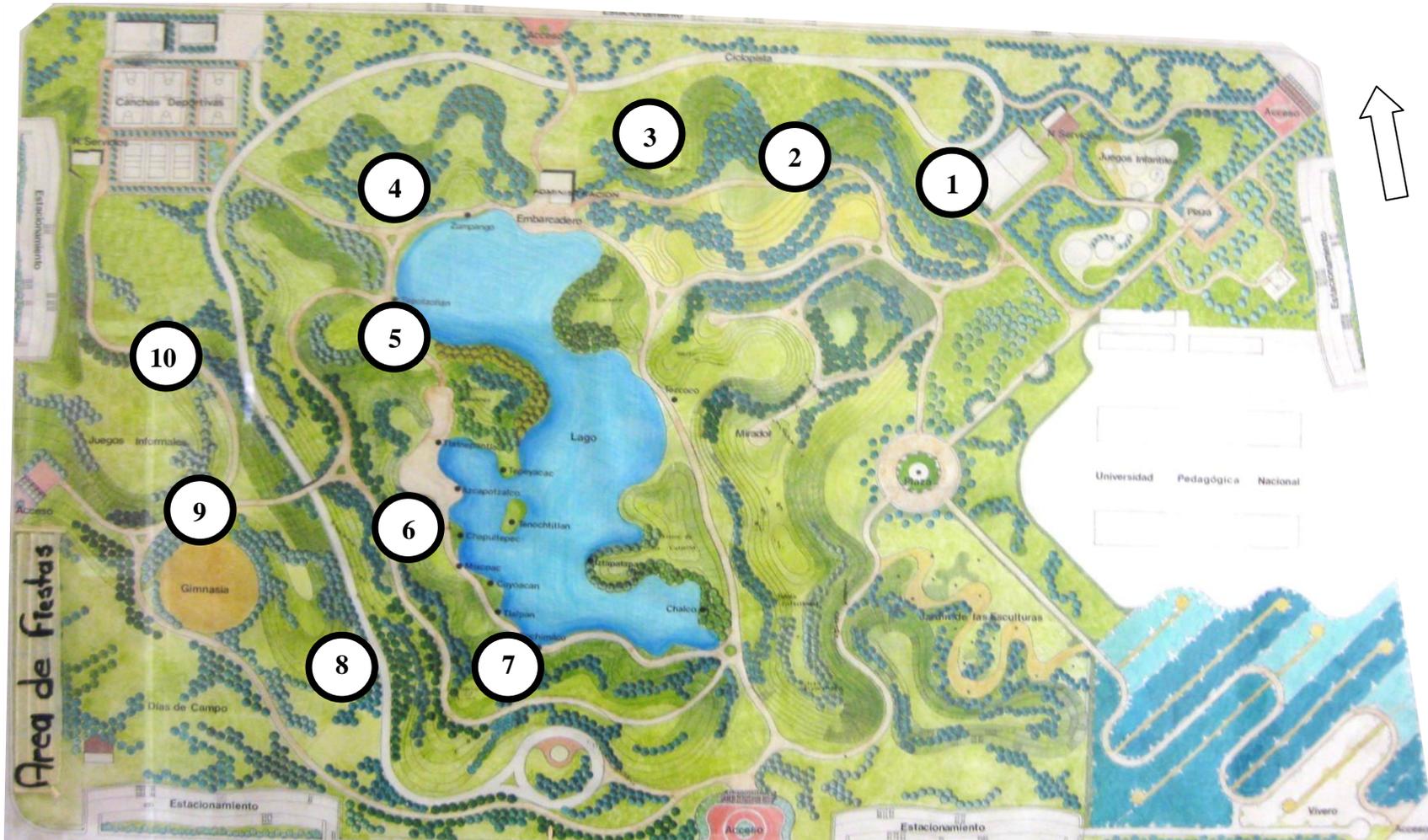
Esquema del Parque La Lira y ubicación de los puntos de muestreo
(no se presenta a escala)

Anexo 3. El Parque Hundido



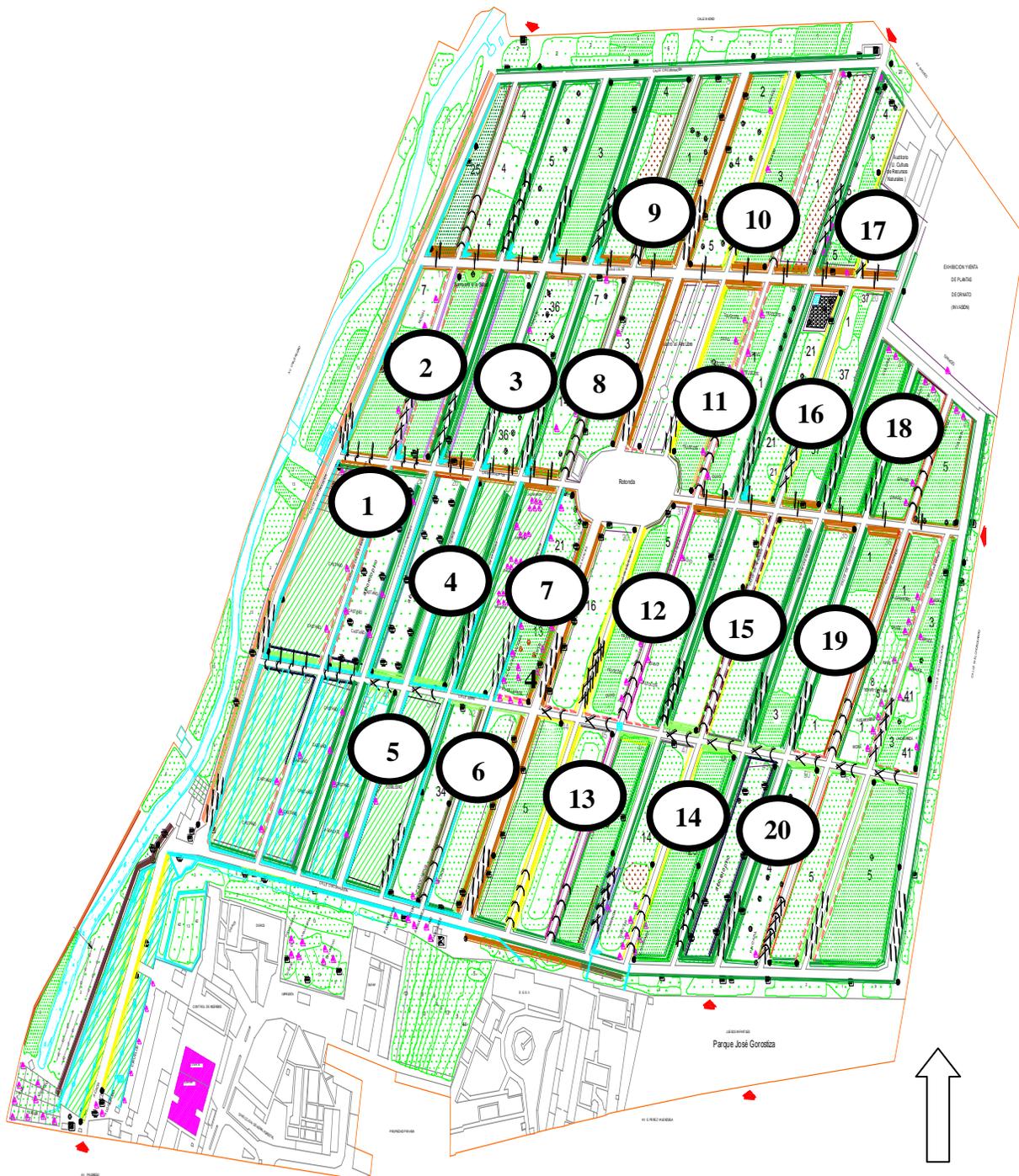
Esquema del Parque Hundido y ubicación de los puntos de muestreo
(no se presenta a escala)

Anexo 4. El Parque Tezozomoc



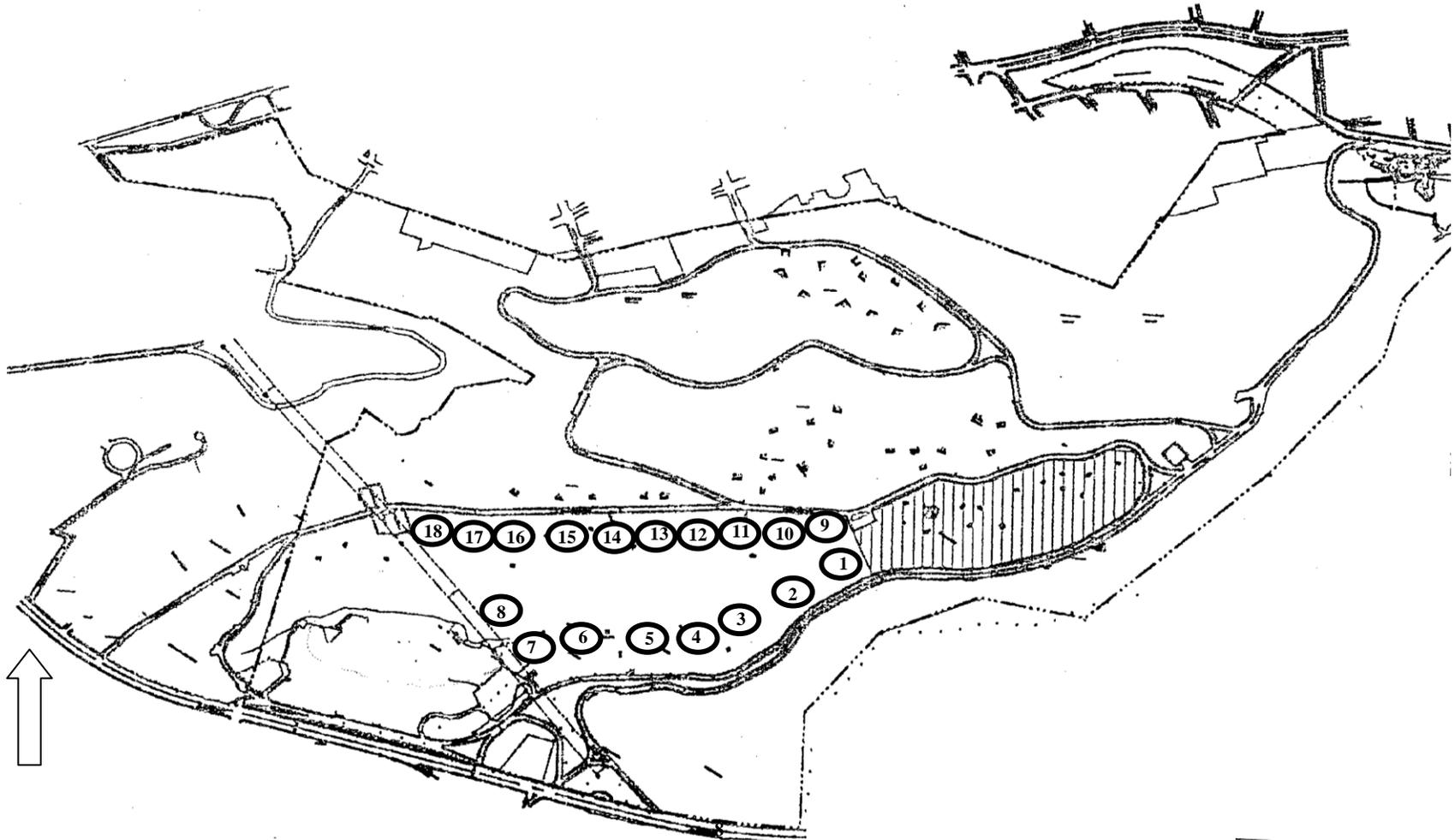
Esquema del Parque Tezozomoc y ubicación de los puntos de muestreo (no se presenta a escala)

Anexo 5. Los Viveros de Coyoacán



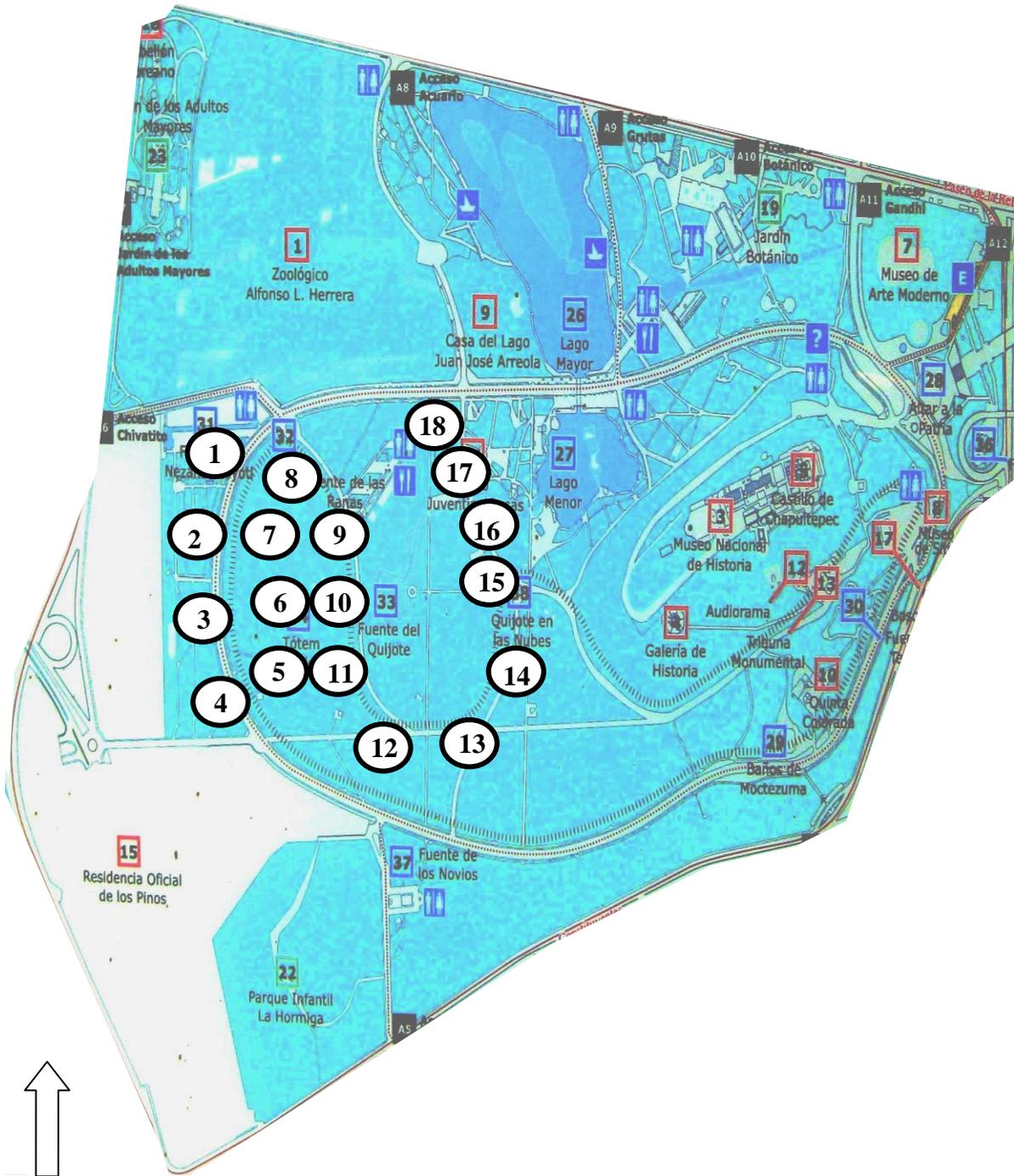
Esquema de Los Viveros de Coyoacán y ubicación de los puntos de muestreo (no se presenta a escala)

Anexo 6. La tercera sección del Bosque de Chapultepec



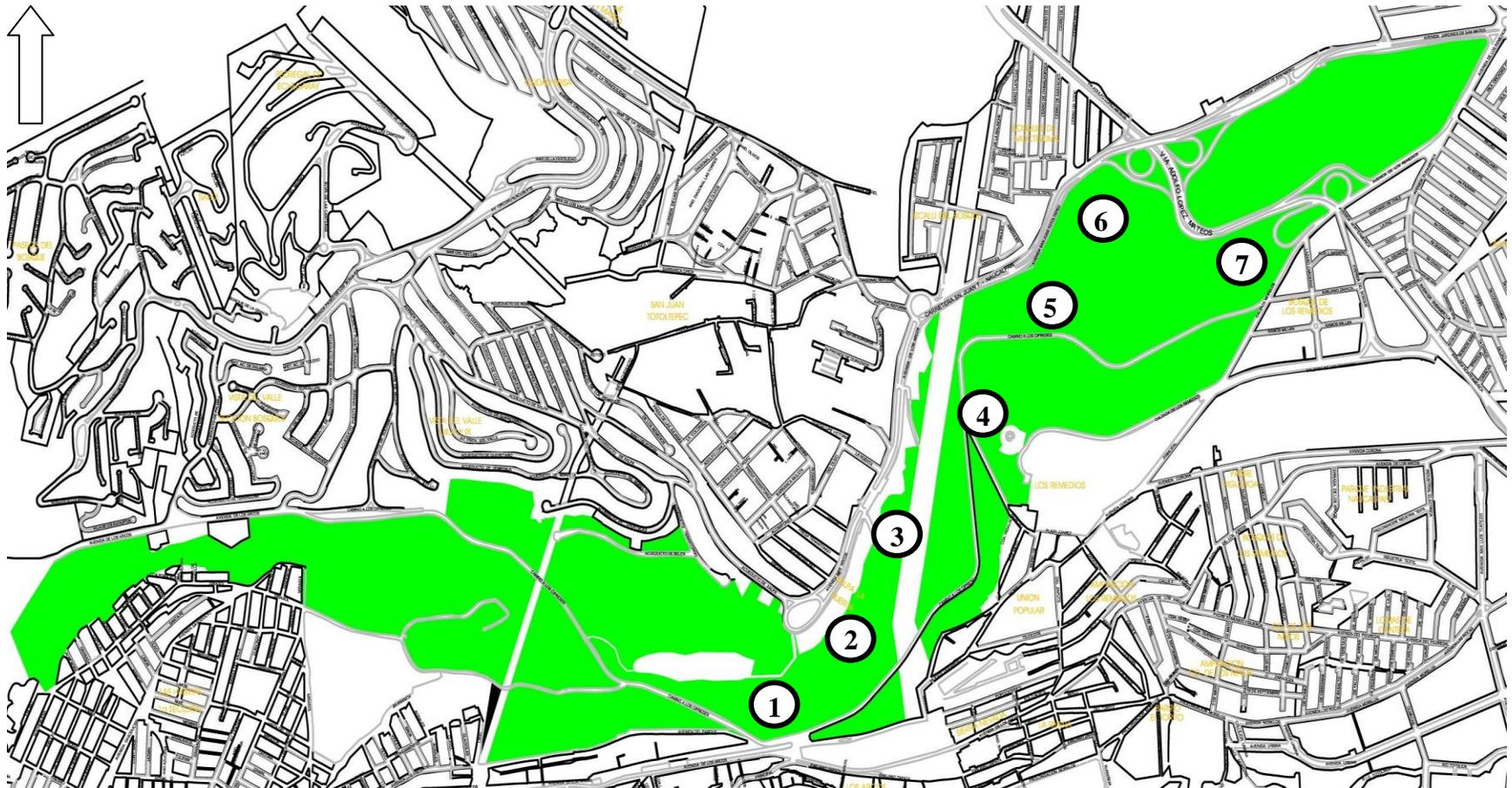
Esquema de la tercera sección del Bosque de Chapultepec y ubicación de los puntos de muestreo (no se presenta a escala)

Anexo 7. La primera sección del Bosque de Chapultepec



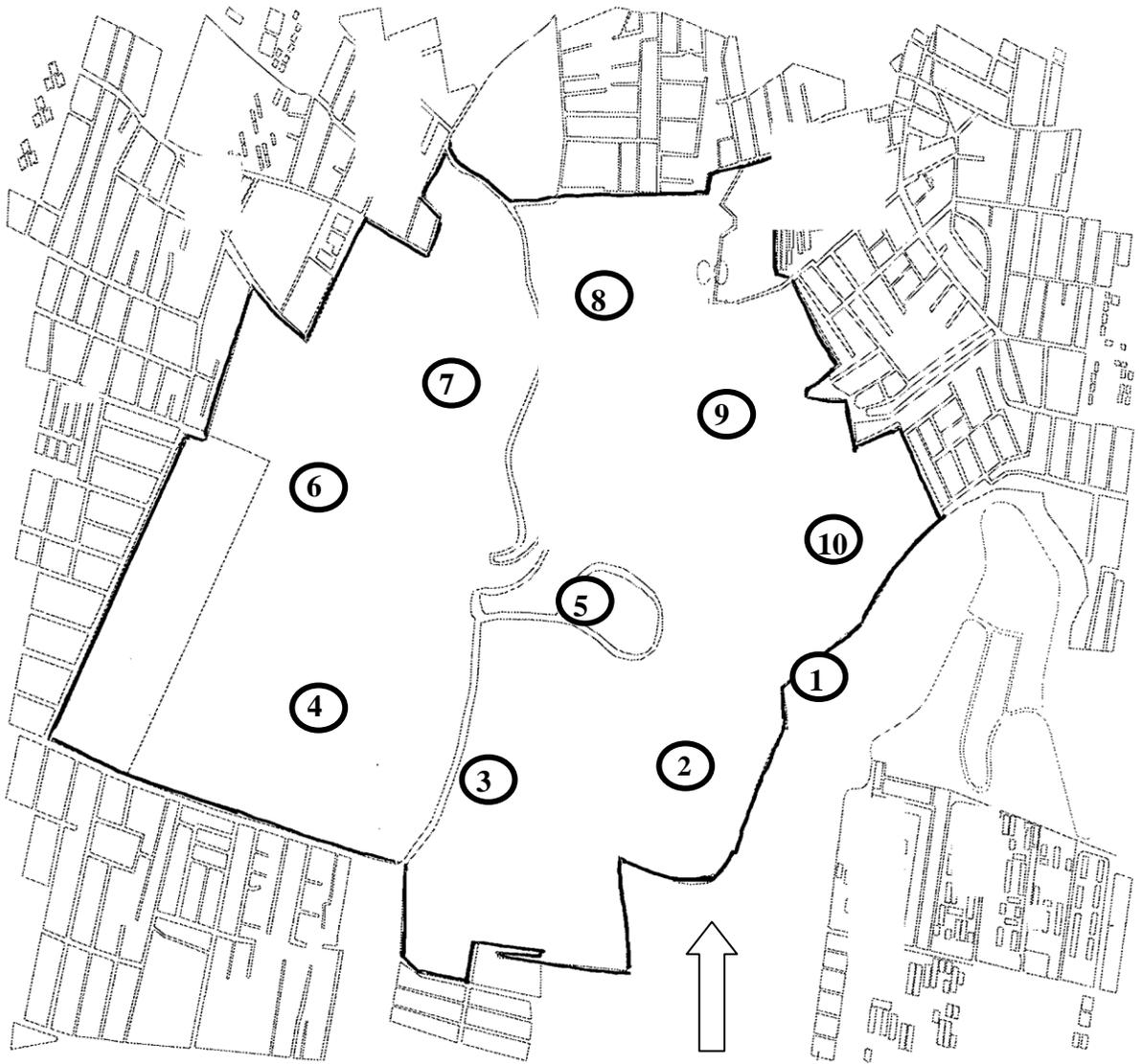
Esquema de la tercera sección del Bosque de Chapultepec y ubicación de los puntos de muestreo (no se presenta a escala)

Anexo 8. Parque Nacional Los Remedios



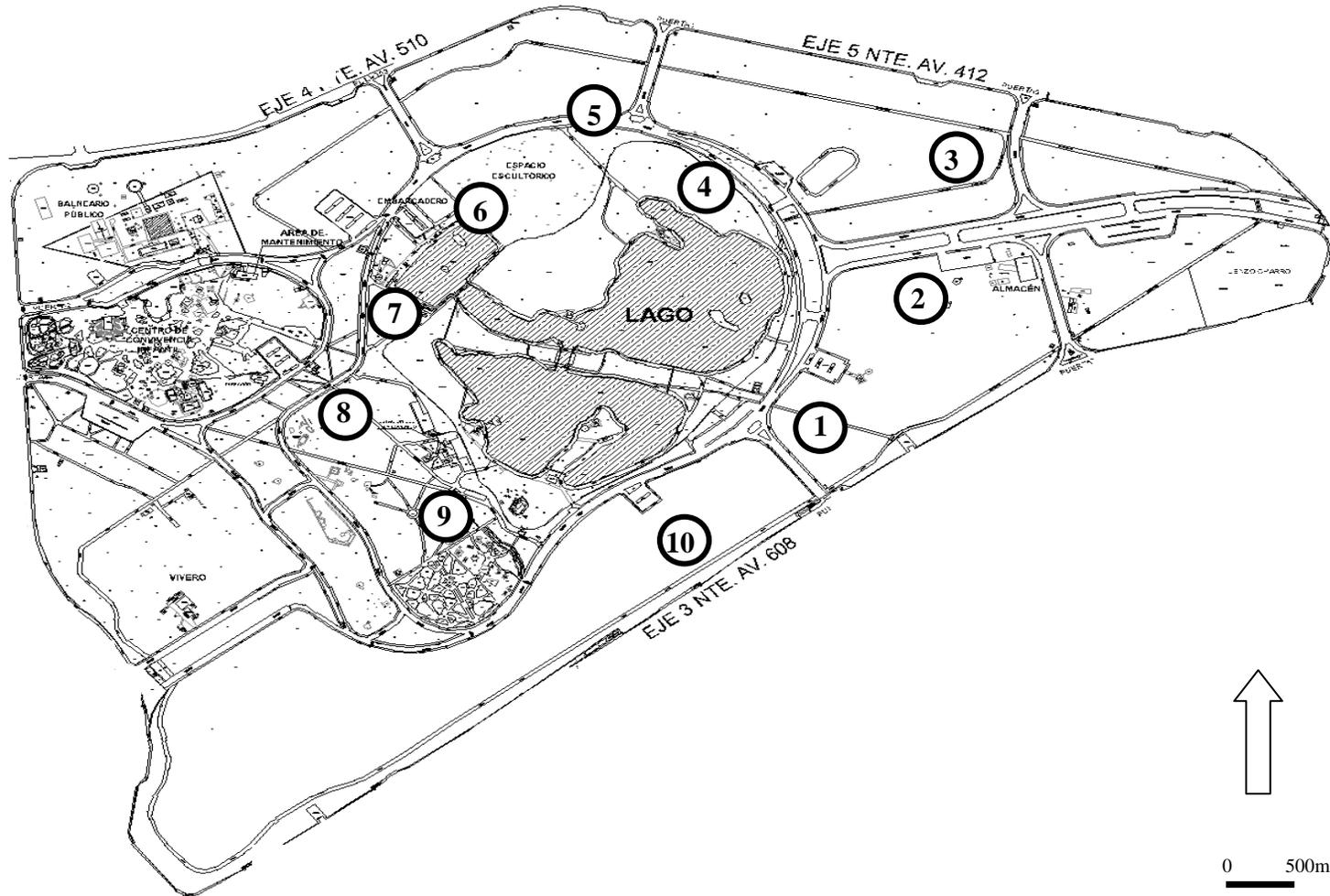
Esquema del Parque Nacional Los Remedios y ubicación de los puntos de muestreo
(no se presenta a escala)

Anexo 9. Parque Nacional El Cerro de la Estrella



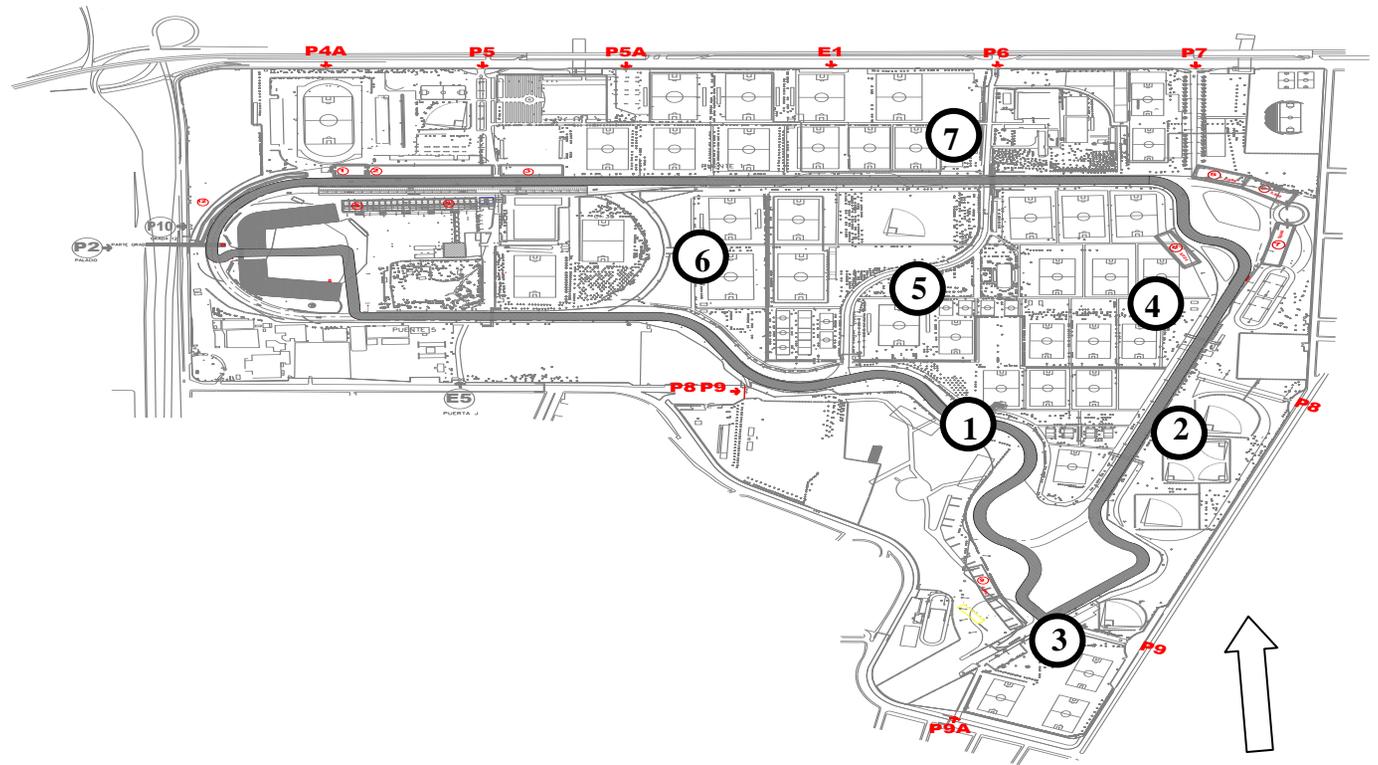
Esquema del Parque Nacional El Cerro de la Estrella y ubicación de los puntos de muestreo (no se presenta a escala)

Anexo 10. Bosque de San Juan de Aragón



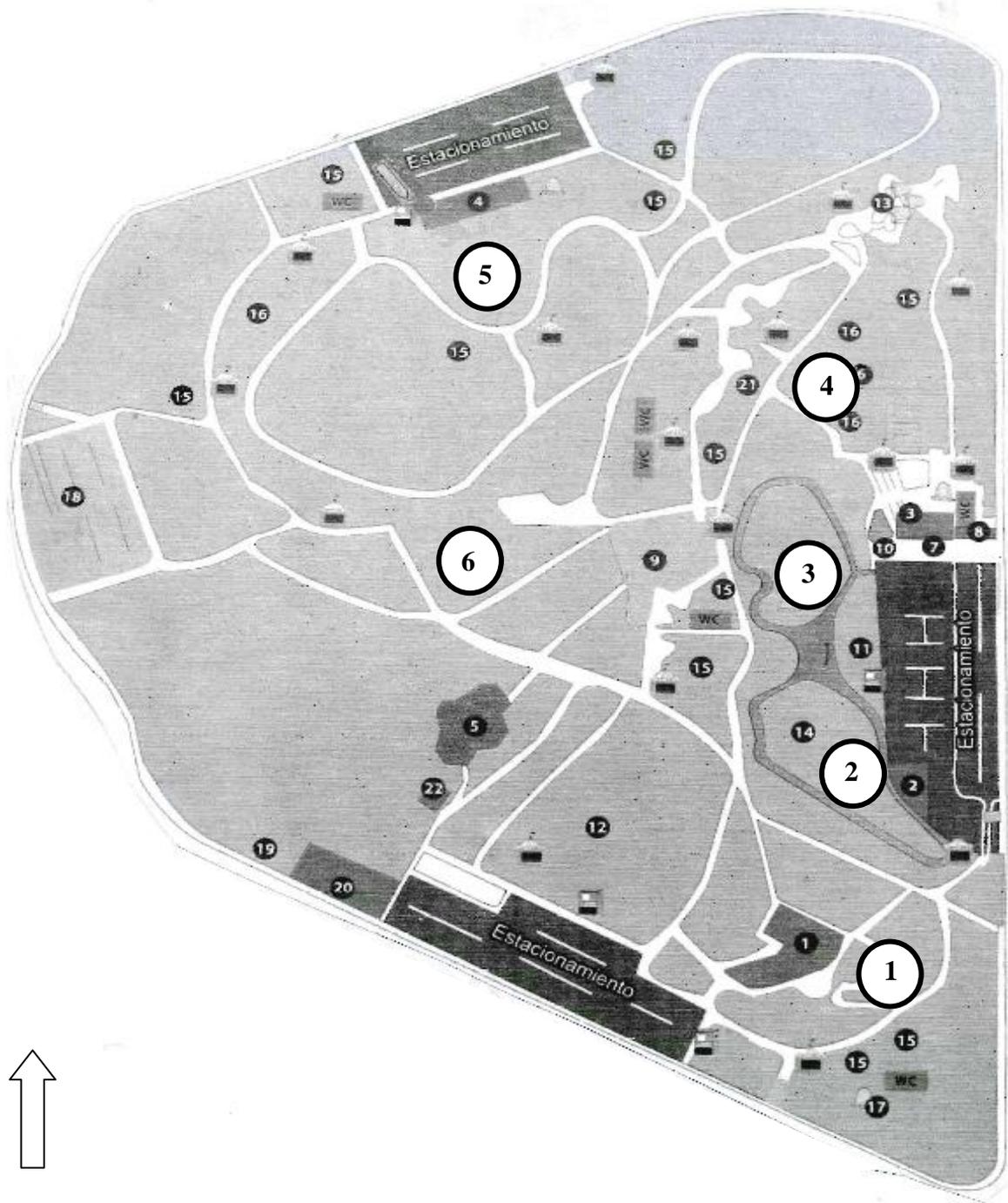
Esquema del Bosque San Juan de Aragón y ubicación de los puntos de muestreo

Anexo 11. La Ciudad Deportiva Mixiuhca



Esquema de la Ciudad Deportiva Mixiuhca y ubicación de los puntos de muestreo (no se presenta a escala)

Anexo 12. El Parque Naucalli



Esquema del Parque Naucalli y ubicación de los puntos de conteo
(no se presenta a escala)

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

GRÉGORY MICHAËL CHARRE MEUNIER

El día 17 de Julio del año 2009

Jurado

Presidenta: Leticia Ponce de León G.

Dra. Leticia Ponce de León García

Secretaria: Claudia

Dra. Claudia Haydée González de la Rosa

Vocal: Reyna

Dra. Reyna del Carmen Fierro Pastrana

Vocal: P. Corcuera

Dr. Pablo Corcuera Martínez del Río

Vocal: P. Escalante

Dra. Bertha Patricia Escalante Pliego