



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Nacional de Estudios Superiores,  
Unidad Morelia

DENSIDAD POBLACIONAL DE  
*COLUMBA LIVIA*, Y COSTOS ASOCIADOS  
A SU MANEJO EN EL CAMPUS CENTRAL  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO Y LA RESERVA  
ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN  
ÁNGEL.

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

P R E S E N T A

MARIANO MEJÍA VALENZUELA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JORGE ERNESTO SCHONDUBE FRIEDEWOLD

CO-TUTOR DE TESIS: DR. EDUARDO GARCÍA FRAPOLLI

MORELIA, MICHOACÁN

MAYO, 2014.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA  
SECRETARÍA GENERAL  
SERVICIOS ESCOLARES

DR. ISIDRO ÁVILA MARTÍNEZ  
DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR, UNAM  
PRESENTE.

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la sesión ordinaria 02 del H. Consejo Técnico de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia celebrada, el día 12 de febrero del 2014, acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el Examen Profesional del alumno **MARIANO MEJÍA VALENZUELA** con número de cuenta **411005636**, con la tesis titulada: "Densidad poblacional de *Columba livia*, y costos asociados a su manejo en el campus central de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel" bajo la dirección del Tutor.- Dr. Jorge Ernesto Schondube Friedewold.

Presidente: Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros  
Vocal: Dra. Ana Isabel Moreno Calles  
Secretario: Dr. Jorge Ernesto Schondube Friedewold  
Suplente: Dr. Eduardo García Frapolli  
Suplente: Dr. Alejandro Casas Fernández

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Morelia, Michoacán a, 19 de mayo del 2014.

  
DRA. TAMARA MARTÍNEZ RUIZ  
SECRETARÍA GENERAL

CAMPUS MORELIA

Apartado Postal 27-3 (Santa Ma. De Guido), 58090, Morelia, Michoacán  
Antigua Carretera a Pátzcuaro N° 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta  
58190, Morelia, Michoacán, México. Tel: (443)322.38.05 y (55)56.23.28.05  
[www.enesmorelia.unam.mx](http://www.enesmorelia.unam.mx)

## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Licenciatura en Ciencias Ambientales y a todos los profesores que brindaron su apoyo a lo largo de mi proceso universitario.
- Al financiamiento del presupuesto operativo del Laboratorio de Ecología Funcional del Centro de Investigación en Ecosistemas.
- A los miembros del jurado por ser una parte esencial de esta tesis asesorada por Jorge E. Schondube:
  - Alejandro Casas, Ana Isabel Moreno, Eduardo García y Roberto Lindig.
- A Guillermo Gil por su apoyo y atención, sin él el muestreo en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel nos hubiera sido imposible.
- A Alejandro Rebollar, por su invaluable ayuda en el proceso administrativo.

## **DEDICATORIA**

A mis arquitectos:  
Por todos estos años de obra.

## AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mis papás: Por haberme acompañado de la mano hasta que fue necesario y por entender que hay un momento en el que se debe dejar ir. Gracias por haber formado la mejor familia, por ser mis amigos incondicionales, por ser el mejor ejemplo y por hacerme sentir orgulloso todos los días.

A mi hermano: Por ser mi mejor amigo, no hay palabras para expresar el cariño que te tengo.

A Chon: Por el incomparable aprendizaje, las anécdotas, las salidas a campo, el ping-pong, los intercambios de música y el resto de todas esas pequeñas cosas que hacen la gran diferencia; pero más importante, gracias por ser más que mi tutor, mi amigo.

A Frapolli: Por su impresionante velocidad para revisar, por siempre atenderme tan de buenas y por esa carga de humor característica que no podría faltar ni en la licenciatura ni en mi comité.

A Pau: Por acompañarme en cada paso de la licenciatura, de la tesis y de una parte muy importante de mi vida; nada sería igual sin ti.

A Alejandro Cerna, Laura Fraga y a Ana Laura: Por haber cruzado la línea, y de extraños, convertirse en parte de mi familia, gracias por siempre hacerme sentir en casa.

A Pilar: Por haberme aceptado en su pedacito de paraíso aunque fuera por unos días. Gracias por tu hospitalidad, tu buen humor, las comidas tan ricas y por tener siempre de buenas a mi tutor.

A los disfuncionales: Por integrar el laboratorio más exquisito (en todo sentido) del campus, un placer haber estado con ustedes.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
ANTECEDENTES.....	12
<i>Columba livia</i> , historia natural.....	12
<i>Passer domesticus</i> , historia natural.....	14
Problemas originados por la presencia de <i>Columba livia</i> y <i>Passer domesticus</i> .....	15
Problemas de Higiene y Salud Humana.....	16
Daños a la agricultura.....	16
Daños a infraestructura urbana.....	17
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	19
MÉTODOS.....	20
Descripción de la zona de estudio.....	20
Puntos de conteo.....	20
Análisis de datos.....	23
RESULTADOS.....	25
Ecología urbana de <i>Columba livia</i> y <i>Passer domesticus</i> .....	25
Diferencias para variables de hábitat entre periodos con diferente actividad humana.....	25
Densidades.....	25
Elementos del hábitat que explican su presencia y abundancia.....	27
Respuestas ante riesgos.....	28
Otras especies de aves.....	28
Densidades y factores que explican su abundancia y distribución.....	28
Respuesta ante riesgos.....	30
Factores que afectan la riqueza de especies.....	30
Respuesta de la riqueza de especies ante riesgos.....	30
DISCUSIÓN.....	30
Patrones de actividad humana en CU.....	31
<i>Columba livia</i> .....	32
<i>Passer domesticus</i> .....	35
Otras especies de aves.....	37
Escenarios de manejo.....	40

Escenario actual ( <i>Business as usual</i> ).....	40
Escenario 1: Fatalista.....	42
Escenario 2: Ideal.....	43
CONCLUSIONES.....	45
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS.....	51

## RESUMEN

La introducción de especies exóticas invasoras se ha convertido en uno de los problemas ambientales más importantes de nuestros tiempos. Dos especies exóticas invasoras comunes en nuestro país son la paloma europea (*Columba livia*) y el gorrión común (*Passer domesticus*). A pesar de que en otros países se tiene una amplia documentación sobre el impacto que han llegado a causar estas especies, poco se sabe sobre su impacto en ciudades mexicanas. Nuestro estudio fue realizado en el campus central de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), así como la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA). El campus central de la UNAM cuenta con la categoría de Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, por lo que junto con la REPSA, representan áreas relevantes para la conservación del patrimonio cultural y natural. Utilizamos puntos de conteo con estimación de distancias para evaluar la distribución, abundancia y uso del hábitat por parte de estas dos especies y el resto de la comunidad de aves del campus universitario. Realizamos tres muestreos con la finalidad de representar la variación de la actividad humana en el campus: Entre semana (ES), fin de semana (FDS) y vacaciones (VAC). Encontramos diferencias en la abundancia y distribución de estas aves durante los distintos periodos de actividad humana, existiendo cambios en la forma en la que las aves interactúan con las características del hábitat, lo que tiene implicaciones para la creación de planes de manejo. Dentro de las variables de hábitat más relevantes para la distribución de las aves encontramos al número de perros, la cobertura de arbustos y la cobertura arbórea. A pesar de que la abundancia de *Columba livia* en la zona de estudio es baja en comparación a la literatura, encontramos las mayores abundancias en las zonas del Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO, por lo que se sugiere tomar medidas de control. Por otra parte, existen múltiples zonas potenciales que a largo plazo podrían ser ocupadas por individuos de esta especie de no establecerse un plan de manejo, lo que representaría mayores costos a largo plazo. Encontramos que *Passer domesticus* actuó de manera dominante, disminuyendo tanto la densidad como la riqueza de especies en los tratamientos ES y FDS. No encontramos individuos de *Columba livia* o *Passer domesticus* presentes en la REPSA. Hace falta realizar un monitoreo más completo para conocer los impactos económicos que se generan por la actividad de *Columba livia* y así poder generar un plan de manejo adecuado. Sin embargo, proponemos como una medida básica el reemplazo de los botes de basura tradicionales por botes de basura con trampilla para animales, que como se observó en nuestro estudio, representan una fuente de alimento para *Columba livia* y *Passer domesticus*, el manejo de los jardines para aumentar la cobertura arbórea y disminuir la cobertura de arbustos, y una zonificación para controlar la actividad de los perros.

## ABSTRACT

Exotic invasive species introduction has become into one of the biggest environmental problems of our times. Two exotic invasive species that are common in our country are the rock pigeon (*Columba livia*) and the house sparrow (*Passer domesticus*). Even though there's plenty information about the impact caused by these species in other countries, little is known about the impact caused in Mexican cities. Our study took place in the central campus of the National Autonomous University of Mexico (UNAM) and the Pedregal de San Ángel Ecologic Reserve (REPSA). The central campus of the UNAM holds the UNESCO's World Heritage category, so that with the REPSA, represent relevant spots for the conservation of the cultural and natural heritage of our country. We used point transects with distance estimation to evaluate the distribution, abundance and habitat use by these two species and the rest of the bird community in the University's campus. We realized three samples in order to represent the human activity's variation in the study zone: In the middle of the week (ES), weekend (FDS) and vacations (VAC). We found differences in the abundance and distribution of the birds between the different periods of human activity, featuring important changes in the interaction among birds and the habitat's characteristics, which has implications for the generation of an adequate management plan. Within the most relevant habitat's variables for the bird's distribution, we found the number of dogs, the bush coverage and the tree coverage. Despite that the abundance of *Columba livia* in our study zone was low compared to the literature, we found the biggest abundances at the World Heritage zone, which suggest taking population control measures in these spots. On the other hand, there are multiple potential places that in a long term might be occupied by individuals of this specie if a management plan is not established; the latter would only represent bigger costs on the long term. We found that *Passer domesticus* performed in a dominant way, decreasing the species' density and richness during the ES and FDS treatments. We didn't found any *Columba livia* or *Passer domesticus* individuals in the REPSA. A more complete sample is needed in order to evaluate the economic impacts caused by the activity of *Columba livia* and so, generating an adequate management plan. We propose as a basic measure the replacement of the traditional trash cans for animal-prove ones; as we observed in our sampling, the trash cans represent a food source for *Columba livia* and *Passer domesticus*. We also propose a garden restructuration in order to increase the tree coverage and to decrease the bush coverage and the establishment of a regulation that controls the dog walking.

## INTRODUCCIÓN

La introducción de especies exóticas invasoras se ha convertido en uno de los problemas ambientales más importantes de nuestros tiempos. El crecimiento urbano, el desarrollo y diversificación de medios de transporte y los procesos de globalización han potenciado el traspaso de especies alrededor del mundo con severas consecuencias ecológicas y económicas (Comité Asesor Nacional Sobre Especies Invasoras, 2010). Las especies exóticas invasoras, además de ser una gran amenaza para la biodiversidad mundial, generan conflictos de alta complejidad que representan gastos enormes para distintas actividades humanas tales como la agricultura, la pesca, la ganadería y la salud, entre otras (Wittenberg y Cock, 2001).

La escasez de información sobre aspectos biológicos y ecológicos de las especies exóticas invasoras lleva a la subestimación de las consecuencias de sus invasiones. Un ejemplo de ello se ve reflejado en el caso del pez diablo (*Hypostomus plecostomus*). La introducción de esta especie originaria de Sudamérica en la presa de Infiernillo, Michoacán, ha traído graves consecuencias para el equilibrio del ecosistema y para la economía de los pescadores de la zona. A pesar de que en un inicio se buscaba explotar esta especie como recurso pesquero, el poco conocimiento sobre la ecología del mismo llevó a una competencia desigual con las especies nativas de la presa y a un colapso del sistema pesquero. (Comité Asesor Nacional Sobre Especies Invasoras, 2010). En Estados Unidos, se estimó que tan solo en el 2004, las pérdidas económicas generadas por especies exóticas invasoras alcanzaron los 120 000 millones de dólares anuales (Pimentel *et al.*, 2004). Aunque se sabe que nuestro país cuenta con la presencia de varias de las especies exóticas invasoras más conflictivas, no sólo por ser invasoras a nivel global, sino por los daños que se les asocian, aún no existen datos exactos sobre las consecuencias generadas por su presencia (Comité Asesor Nacional Sobre Especies Invasoras, 2010).

En la actualidad, el impacto de aves como especies exóticas en México es casi desconocido (MacGregor *et al.*, 2009). No obstante, con base en estudios en otros países se sabe que al convertirse en plagas, las especies exóticas invasoras suelen excluir a aves nativas, causan daños sobre distintas infraestructuras urbanas, afectan cultivos e incluso pueden transmitir enfermedades a animales domésticos y a la propia población humana (Wittenberg y Cock, 2001).

Una especie exótica invasora común en nuestro país es la paloma común o paloma de iglesia (*Columba livia*). Esta especie, nativa de Medio Oriente, fue introducida a América por los conquistadores españoles durante el periodo colonial, y actualmente vive de forma comensal con las poblaciones humanas dentro de asentamientos humanos, y en zonas de agricultura (Johnston, 1992). Dentro de los efectos que se le han asociado a *Columba livia* como especie invasora están: daños a la infraestructura urbana y problemas de tipo sanitario, debido a la transmisión de enfermedades a seres humanos y a otras especies de aves (Haag, 1995).

Además de *Columba livia*, otra ave exótica que ha adquirido gran relevancia en el continente americano y en nuestro país es el gorrión común (*Passer domesticus*). Esta ave se ha adaptado a los centros urbanos de manera impresionante, incrementando su densidad de las 100 aves originales introducidas en 1843 a 150 millones de individuos en 1943 (Lowther y Cink, 2006). Al igual que *Columba livia*, los efectos generados por *Passer domesticus* incluyen daños a la infraestructura urbana, transmisión de enfermedades, e incluso la exclusión de especies nativas (Pimentel *et al.*, 2004; MacGregor *et al.*, 2009).

Para el caso específico de las ciudades mexicanas, en las cuales destacan elementos arquitectónicos de diferentes etapas históricas, las aves pueden ser uno de los grupos más dañinos para la conservación de este patrimonio cultural (Sacci *et al.*, 2001). Este aspecto es importante en un país como México, que además de ser megadiverso (Sarukhán *et al.*, 2012) posee múltiples sitios considerados patrimonio de la humanidad por la UNESCO. Estos sitios juegan un papel fundamental tanto para la identidad nacional como para el sector turismo, por lo que su conservación exitosa debe ser una prioridad para el país.

Realizar una conservación exitosa del patrimonio arquitectónico y ecológico del país requiere la generación de conocimiento científico que se convierta en información estratégica para los tomadores de decisiones (Wittenberg *et al.*, 2001). A pesar de que constantemente se hace hincapié sobre la importancia de que la toma de decisiones en el ámbito público se lleve a cabo con información científica pertinente, es una realidad que estamos lejos de conseguirlo. De ahí la importancia de generar estudios de caso específicos que aporten elementos pertinentes para la gestión.

En este trabajo hacemos un análisis de la densidad poblacional de la paloma común (*Columba livia*) y del gorrión común (*Passer domesticus*) en Ciudad Universitaria (CU), un sitio designado como patrimonio de la humanidad por la UNESCO. Evaluamos tanto las variables con las que se asocia su presencia, como los costos ecológicos y económicos asociados a la presencia y manejo de estas especies en el campus universitario. A su vez, se propone una estrategia de manejo con la finalidad de evitar pérdidas monetarias a causa de la atención tardía de los problemas causados por estas especies exóticas.

## **ANTECEDENTES**

### *Columba livia*, historia natural

La paloma común pertenece a la familia Columbidae. Es un ave de tamaño mediano (32-33 cm). Su pico es negro, con una cera blanca en la base, mientras que sus patas son de un tono rojizo variable. No existe dimorfismo sexual dentro de esta especie, sin embargo la variación de plumajes entre individuos es amplia. El patrón original de la especie se caracteriza por un color gris oscuro que se va degradando de la cabeza hacia la cola, combinado con una franja de plumas color esmeralda y morado en el cuello. Sus alas tienen dos franjas de color negro similares a las que caracterizan a la cola (Johnston, 1992). Se alimenta principalmente de granos, semillas e invertebrados (Johnston y Janiga, 1995). Sus principales depredadores son el mapache (*Procyon lotor*), el tlacuache (*Didelphis virginianus*), el búho chico (*Otus asio*), el búho cornudo (*Bubo virginianus*), el halcón mexicano (*Falco mexicanus*) y el cuervo común (*Corvus corax*; Johnston, 1992).

A pesar de que su distribución abarca la totalidad de nuestro país, ubicándose principalmente en zonas urbanas, *Columba livia* es originaria del Viejo Continente. Fue traída de Europa a América por los conquistadores españoles en las primeras décadas del siglo XVII. Una vez en el continente, comenzó su expansión de manera constante hasta encontrarse presente en la mayor parte del mismo (Johnston y Janiga, 1995). A pesar de que *Columba livia* ha sido sujeto de estudio en temas tan variados como aerodinámica y vuelo, termorregulación, metabolismo, orientación, navegación, y genética entre otros campos, nada se sabe sobre sus impactos como ave invasora en México (Salgado, 2012).

*Columba livia* es un ave altamente sociable, por lo que forma grandes colonias, conformadas por un porcentaje similar de hembras y machos. *Columba livia* alcanza la

madurez sexual con relativa rapidez, a los 5 meses de vida. La reproducción puede llevarse a cabo en cualquier momento del año, siempre y cuando se cuente con los recursos alimenticios suficientes, aunque existen picos reproductivos marcados durante la primavera y el otoño (Johnston, 1992). Debido a lo anterior, el exceso de recursos en las ciudades permite que *Columba livia* se reproduzca todo el año, poniendo de 1 a 3 huevos por puesta, hasta 6 veces al año (Johnston, 1992).

*Columba livia* es un ave monógama por lo que una vez que forma una pareja tiende a conservarla durante toda la temporada reproductiva, y en algunos casos durante más de una temporada (Johnston y Janiga, 1995). En cuanto a la estructura de las colonias, el porcentaje entre machos y hembras es bastante similar (Salgado, 2012). En general, solo el 60% de los individuos de una colonia se encuentran sanos y maduros en términos sexuales para lograr la reproducción (Salgado, 2012). El agua es un factor decisivo en la distribución de *Columba livia*. Estas aves llegan a consumir hasta el 15% de su peso diario en agua, razón por la que su presencia en centros urbanos se asocia con fuentes constantes de este recurso (Salgado, 2012).

Las poblaciones de *Columba livia* en nuestro país se encuentran prácticamente restringidas a zonas urbanas y suburbanas, sin embargo pueden utilizar zonas pedregosas o de acantilados para establecerse. La razón por la que la *Columba livia* encuentra tan atractivas las zonas urbanas debe su origen al tipo de estructuras que imperan en ellas, y que son similares a los acantilados que utilizaban en su hábitat original en Medio Oriente (Sacci *et al.*, 2001). México, al tener un número importante de ciudades de origen colonial, posee importantes áreas dominadas por edificios de cantera con repechos y balcones ideales para que *Columba livia* establezca sus nidos y/o sitios de descanso. Lo anterior se puede apreciar en casi cualquier ciudad de nuestro país, donde *Columba livia* se ubica principalmente en la zona céntrica de la ciudad donde están ubicados los edificios históricos, resguardándose en las construcciones coloniales. Sin embargo, no se limitan a este tipo de edificios, de hecho, *Columba livia* se puede adaptar a una gran diversidad de sitios, siempre y cuando puedan establecer sus nidos y acceder a recursos alimenticios (Haag y Geigenfeind, 2008; Johnston, 1992).

Además, *Columba livia* se ve beneficiada por la gran abundancia de alimentos a la que tienen acceso en zonas urbanas y suburbanas (Dobeic *et al.*, 2011). Las fuentes principales de alimento para *Columba livia* en áreas urbanas son los restos de comida en

zonas gastronómicas, los basureros y la alimentación voluntaria en espacios abiertos como plazas y áreas verdes. Las grandes cantidades de alimento y sitios de anidación disponibles han generado que *Columba livia* se haya convertido en una de las aves más abundantes en los centros urbanos (Haag, 1995).

#### *Passer domesticus*, historia natural

El gorrión común (*Passer domesticus*) pertenece a la familia Passeridae, y fue introducido de Europa a Brooklyn, Estados Unidos, alrededor de 1843 (Lowther y Cink, 2006). Gracias a sus grandes capacidades de adaptación, su preferencia por las zonas urbanas, y el uso de estructuras humanas para anidar, el *Passer domesticus* se expandió de forma veloz por Estados Unidos y Canadá, hasta llegar a ocupar la mayor parte del continente americano hoy en día (Lowther y Cink 2006).

*Passer domesticus* mide entre 15 y 17 cm y llega a pesar entre 27 y 29 gramos (Dunne, 2006). Debido a que fue introducido en América, no está relacionado con las demás especies de gorriones del continente. A diferencia de los gorriones americanos, *Passer domesticus* es más corpulento, con una cabeza más grande y una cola más corta. El plumaje del macho presenta una mancha gris en la cabeza, mejillas blancas, un característico babero negro en el pecho y el resto del cuello color canela. La hembra por su parte, posee un plumaje café claro desde la cabeza hasta la parte inferior del pecho. La espalda de los individuos de ambos sexos es rayada con tonos que van del beige al negro (Lowther y Cink. 2006).

El alimento principal del *Passer domesticus* son los granos y semillas, aunque también puede alimentarse de distintas fuentes como insectos, restos de alimentos humanos, e incluso algunos pastos (Lowther y Cink. 2006). En las ciudades, la presencia de *Passer domesticus* se ve asociada principalmente a zonas con arbustos y jardines, donde puede encontrar alimento (Chamberlain *et al.*, 2007).

Al igual que *Columba livia*, *Passer domesticus* se caracteriza por ser un ave altamente social. Además de alimentarse en grandes grupos, llega a anidar y a alimentar a las crías de manera cooperativa, de forma que si los encargados de un nido no pueden atenderlo, el resto del grupo toma la responsabilidad, generando tasas de supervivencia más altas (MacGregor, *et al.*, 2009). Los nidos, hechos de vegetación seca y materiales como papel

e hilo, suelen ser reutilizados para puestas posteriores. Si *Passer domesticus* cuenta con los recursos alimenticios suficientes y condiciones climáticas favorables, pueden llegar a tener incluso 4 puestas por año, que van de 1 a 8 huevos. Cuando los juveniles alcanzan la edad reproductiva, forman nuevas parvadas y parten en búsqueda de territorios distintos a los de sus progenitores (Lowther y Cink, 2006).

En cuanto a su relación con otras especies, se sabe que *Passer domesticus* suele comportarse de forma agresiva, atacando a especies de tamaño similar o más pequeño en zonas de acceso a recursos alimenticios llegando incluso a destruir nidos de otras aves (MacGregor *et al.*, 2009). Sus múltiples eventos de reproducción anuales, aunados a su dieta plástica y sus grandes capacidades para moverse e invadir nuevos sitios han dado como resultado que de las 50 parejas introducidas en 1843, la población de esta especie alcanzara un estimado de 150 millones de individuos en el continente americano para el año 1943 (Lowther y Cink, 2006).

Aunque en sus inicios *Passer domesticus* se introdujo en el continente americano con el pretexto de que podía actuar como un control de plagas, los resultados que se obtuvieron fueron inversos. Para el año 1900, *Passer domesticus* ya era considerado una plaga debido a los daños que generaba en zonas urbanas y agrícolas (Robinson *et al.*, 2005). Debido a sus grandes densidades poblacionales y su dieta de granos, *Passer domesticus* ha causado grandes estragos en diferentes cultivos (Pimentel *et al.*, 2004). Además del impacto económico, *Passer domesticus* ha generado cambios en la estructura de distintos ecosistemas debido a su dominancia sobre aves como *Pyrocephalus rubinus*, *Icterus galbul*, *Coccyzus americanus*, entre otros (MacGregor *et al.*, 2009).

#### Problemas originados por la presencia de *Columba livia* y *Passer domesticus*

Los factores culturales que determinan la relación persona-ave son uno de los aspectos más importantes a considerar cuando se intenta comprender los patrones de presencia y abundancia de *Columba livia* y *Passer domesticus* en las ciudades (Haag, 1995). Aunque la ciudad les brinda resguardo, en numerosas ocasiones el ser humano propicia directa o indirectamente la presencia de estas aves en centros urbanos, ya sea mediante la alimentación directa o por mecanismos como la generación y almacenamiento de basura, entre otros. A pesar de esta relación tan estrecha, la transformación de estas colonias de aves en plagas urbanas es un fenómeno relativamente reciente (Salgado, 2012). Algunos de los factores que explican que estas aves sean plaga en ambientes urbanos y agrícolas

son el acceso a grandes bancos de comida, la generación de microclimas más suaves, y la ausencia de depredadores naturales (Salgado, 2012).

#### Problemas de higiene y salud humana

Actualmente, la actividad de *Columba livia* y *Passer domesticus* representa un riesgo potencial en 3 grandes campos: la salud pública, daños a la infraestructura urbana, y daños a la agricultura. Distintos estudios demuestran que estas aves son reservorios y vectores potenciales de un gran número de microorganismos que pueden llegar a causar varios procesos infecciosos o reacciones alérgicas en el ser humano y el ganado (Giunchi *et al.*, 2012; Pimentel *et al.*, 2004). El ser humano puede verse en contacto con estos microorganismos por su interacción con excretas, secreciones, nidos y plumas de *Columba livia* y *Passer domesticus*. El punto anterior es fundamental ya que no es necesario estar en contacto directo con estas aves para verse contagiado por varios de sus microorganismos patógenos (Giunchi *et al.*, 2012).

Algunos de los microorganismos más relevantes asociados con la presencia de estas aves son los ácaros, las pulgas y las garrapatas. Entre los patógenos más transmitidos a los seres humanos destacan *Chlamydochlamydia psittaci*, la bacteria responsable de la Clamidia, y *Cryptococcus neoformans*, un hongo que puede almacenarse en los pulmones, formar colonias y generar complicaciones posteriores en el sistema nervioso central. (Giunchi *et al.*, 2012). Sin embargo, la transmisión de microorganismos no se limita a seres humanos. Al entrar en contacto con otras especies de aves, *Columba livia* y *Passer domesticus* pueden funcionar como vectores traspasando estos patógenos a distintas poblaciones de aves migratorias, paserinos y otras aves pertenecientes a la familia Columbidae (Giunchi *et al.*, 2012).

#### Daños a la agricultura

Los campos agrícolas se han convertido en una fuente de alimentos importante para *Passer domesticus* y *Columba livia*. De hecho, se ha demostrado que las poblaciones de *Columba livia* en las ciudades llegan a alcanzar densidades más altas cuando existen extensiones de cultivos cerca de las zonas urbanas (Giunchi *et al.*, 2012). El daño infligido por *Columba livia* en las zonas agrícolas depende del tamaño de las poblaciones así como del tipo de cultivo que se esté llevando a cabo.

*Columba livia* y *Passer domesticus* pueden afectar los cultivos en dos momentos: mientras éstos se encuentran aún sembrados o durante su almacenamiento. Existen casos en los que *Columba livia* y *Passer domesticus* solo tienen acceso al recurso en uno de los dos momentos, como el del maíz, donde pueden acceder a la semilla hasta que ésta es almacenada. Por otra parte, en cultivos donde la semilla se encuentra más expuesta, como el caso de la semilla de girasol, estas aves afectan en ambos momentos del proceso. A pesar de que existen poca información sobre las pérdidas monetarias que infligen estas aves sobre campos agrícolas, se sabe que pueden causar pérdidas millonarias (Van Niekerk, 2009).

#### Daños a infraestructura urbana

Los daños principales causados por *Columba livia* y *Passer domesticus* a la infraestructura urbana tienen que ver con sus excretas y la colocación de sus nidos. Los ácidos fosfórico y úrico presentes en las excretas de las aves pueden reaccionar formando compuestos como la alantoína, que genera altos niveles de corrosión sobre materiales como metal y roca (Salgado, 2012). Por otra parte, se sabe que un solo individuo de *Columba livia* llega a producir entre 10 y 12 kg de excremento anualmente. Al multiplicar estas cantidades de excreta por la densidad de aves presentes en las colonias, los daños superficies tales como la cantera, el cemento, el hormigón, la piedra caliza, entre otros, son inminentes. Además, la presencia de heces de *Columba livia* se asocia con el crecimiento de mohos que contribuyen a los procesos de erosión de edificios, monumentos históricos, esculturas y demás elementos urbanos expuestos (Haag y Geigenfeind, 2008). Aunque el impacto de *Passer domesticus* sobre la infraestructura no ha sido evaluado, es posible esperar que, dada su abundancia en zonas urbanas, esta especie puede generar importantes daños a través de sus excretas (Salgado, 2012).

*Columba livia* y *Passer domesticus* pueden adaptarse a casi cualquier estructura urbana mientras que ésta les permita colocar sus nidos. La acumulación de basura es un fenómeno común en los sitios de anidación de estas dos especies. Este fenómeno llega a causar problemas como la obstrucción de canaletas y desagües que desencadena una serie de daños estéticos y estructurales en edificios. Otra actividad nociva para las construcciones ejecutada por *Columba livia* es el picoteo de estructuras vulnerables como tejados o fachadas en búsqueda de minerales ausentes en su dieta (Salgado, 2012).

El daño generado por *Passer domesticus* se centra principalmente en la colocación del nido. A diferencia de *Columba livia*, que prefiere espacios abiertos para la colocación de los nidos, *Passer domesticus* opta por colocarlos en pequeños orificios. Tubos, sistemas de drenaje y ventilación, orificios en las paredes, el luminario público, entre otros elementos urbanos, son utilizados por *Passer domesticus* como sitio de anidación. Al desocupar el nido, la estructura queda rellena por una especie de tapón hecho a base de pasto seco y otros materiales, lo que la daña y obliga al usuario a darle mantenimiento. De este modo pueden llegar a bloquear ductos de ventilación, y acumular material inflamable en espacios diseñados para cableado eléctrico, de comunicaciones y de cómputo, lo que genera riesgos importantes de incendio, y daño a infraestructuras claves (Chamberlain *et al.* 2007).

En zonas donde los edificios son considerados como patrimonio arquitectónico, el daño infligido por *Columba livia* y *Passer domesticus* es aún más significativo. Por esta razón, mantener controladas las poblaciones de estas especies se vuelve fundamental para la conservación del patrimonio cultural. Como menciona Haag (1995), en diversas ciudades el manejo y/o exclusión de estas especies ha sido una actividad crucial para mantener la infraestructura urbana.

Los costos asociados al control de *Columba livia* y *Passer domesticus* han sido poco estudiados. Uno de los pocos casos es el estudio realizado por Daniel Haag (1995) en la ciudad de Basel, Suiza. En su análisis el autor estimó que el costo que implicaban *Columba livia* para la ciudad era de al menos 9 dólares por individuo al año. David Pimentel, extrapola los resultados obtenidos por Haag y estimó que en Estados Unidos, las pérdidas causadas por *Columba livia* rondan el billón de dólares anuales tan solo por daño en infraestructura (Pimentel *et al.*, 2004).

Para el caso de nuestro sitio de estudio, el campus central de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), la situación es delicada. No solo por la categoría de Patrimonio de la Humanidad y de Reserva Ecológica con la que cuentan estas zonas, sino por la gran cantidad de personas que las frecuenta e interactúa con el entorno. Es sabido que existen poblaciones de estas especies en el sitio de estudio, sin embargo, el estado en el que se encuentran así como el grado en el que afectan a su entorno es desconocido (página de la RESPA).

Dado el contexto anterior, esta investigación tiene como finalidad diagnosticar el estado de las poblaciones de *Columba livia* y *Passer domesticus* dentro del Campus de Ciudad Universitaria de la UNAM y de la REPSA, determinando la densidad de los grupos, las zonas que frecuentan y los lugares que utilizan para descansar y colocar sus nidos. Además, se analiza si su presencia en la zona afecta la abundancia y diversidad de otras especies de aves. Por otra parte, con base en los resultados obtenidos de la parte de ecología urbana y haciendo uso de la observación participante y la consulta bibliográfica, se plantean tres escenarios distintos de manejo para generar un análisis sobre los costos e implicaciones de distintas estrategias de manejo: 1) Escenario actual (Business as usual), 2) Escenario óptimo, y 3) Escenario fatalista.

## **OJETIVOS E HIPÓTESIS**

### Objetivo General

- Conocer la distribución y abundancia de *Columba livia* y *Passer domesticus* en Ciudad Universitaria y la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

### Objetivos particulares

- Conocer los efectos que generan las poblaciones de *Columba livia* y *Passer domesticus* sobre la infraestructura de Ciudad Universitaria, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y el resto de la comunidad de aves de la zona de estudio.
- Realizar mapas con la distribución y abundancia de las aves en Ciudad Universitaria.
- Generar 3 escenarios de manejo distintos proyectando a largo plazo las posibles consecuencias de la presencia de *Columba livia* y *Passer domesticus*.

### Hipótesis

- Hipótesis: La distribución y abundancia de *Columba livia* y *Passer domesticus* estarán favorecidas por los sitios con una mayor urbanización, con acceso a desechos humanos (puestos de comida, abarrotes, zonas de alimentación, basureros) y durante periodos con mayor actividad humana dentro del campus.

- Dado que la zona del patrimonio presenta grandes densidades humanas, las poblaciones de *Columba livia* y *Passer domesticus* tendrán abundancias elevadas en esta zona, representando un riesgo para la conservación del lugar.
- *Passer domesticus* representará un riesgo para el resto de las especies de aves.

## MÉTODOS

### Descripción de la zona de estudio

Nuestra zona de estudio es Ciudad Universitaria, que es el conjunto de edificios y espacios que integran el campus principal de la Universidad Nacional Autónoma de México, y la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA), ubicada al sur de la Ciudad de México. El campus universitario fue construido entre 1949 y 1952 y está conformado por un conjunto de edificios, instalaciones deportivas y espacios abiertos. Además de involucrar a más de 60 arquitectos, durante su construcción trabajaron artistas de gran renombre como Diego Rivera y David Alfaro Siqueiros. El resultado fue la creación de un conjunto monumental que ejemplificó el modernismo mexicano del siglo XX, mezclado con un homenaje al origen prehispánico de los mexicanos, razones por las cuales recibió el título de Patrimonio Cultural de la Humanidad de la UNESCO en el 2007 (Red Nacional de Información Cultural, 2010).

La REPSA por su parte, recibió su categoría de zona ecológica inafectable el 3 de octubre de 1983 bajo la rectoría del Dr. Octavio Rivero Serrano. Esta área de 237 hectáreas pertenece al campus universitario, y se caracteriza por albergar un ecosistema conformado por matorral xerófilo de palo loco (*Pittocaulon praecox*). Este tipo de matorral es resistente a las sequías y tiene plantas de mediana y baja altura en su mayoría. Se estima que en la REPSA existen 1553 especies nativas de este tipo de ecosistema, así como 251 introducidas, dentro de las cuales se encuentran *Columba livia* y *Passer domesticus* (página de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel).

### Puntos de conteo

El método que utilizamos para llevar a cabo los muestreos de *Columba livia*, *Passer domesticus* y otras aves fue la de 'puntos de conteo con estimación de distancias' (Bibby *et al.*, 2000). En esta metodología, se definen puntos a muestrear dentro de la zona de estudio, en los cuales se registran a todas las aves vistas o escuchadas por el observador, quien utiliza un distanciómetro para determinar la distancia a la que se

encuentran las aves. Una vez que se tienen los datos se utiliza un programa computacional para estimar la densidad poblacional de la especie muestreadas (Distance 5.0; Thomas *et al.*, 2005).

Se llevaron a cabo 3 muestreos con la finalidad de identificar las variaciones en la actividad de *Columba livia*, *Passer domesticus* y otras aves en distintas condiciones: período vacacional (VAC), fin de semana (FDS) y entre semana (ES). Esto con el fin de determinar cómo la actividad humana y otros factores afectados por esta, modifican la presencia y abundancia de aves en el campus de CU y la REPSA. Consideramos estas tres condiciones como tratamientos. Se escogieron un total de 30 puntos en CU, con una separación mínima de 250 m entre sí, los cuales fueron muestreados una vez por periodo. Adicionalmente, muestreamos 15 puntos dentro de la REPSA, los cuales fueron muestreados una sola vez. Cada punto fue muestreado durante 5 minutos, entre el amanecer y las 10:00 am. La distribución de los puntos cubrió tanto áreas verdes dentro del campus, como zonas de edificios y de reserva (Fig. 1). Los muestreos fueron realizados en los meses de marzo (vacaciones) y septiembre (fin de semana, entre semana y puntos de la REPSA) del 2013.



Figura 1. Locación de los puntos de conteo realizados dentro del campus central de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Reserva del Pedregal de San Ángel.

Punto	Nombre
1	Biblioteca CU
2	Islas 1
3	Islas 2
4	Canchas de Basquet
5	Medicina
6	IIMAS
7	Copy UNAM
8	Arquitectura
9	Estadio
10	Cancha Americano
11	Ruta Ciclista
12	Fac. Ingeniería
13	Cafetería
14	Fac. Ciencias
15	Andador
16	Edificio Física
17	Instituto Química
18	Geografía
19	Facultad de Veterinaria
20	Edificio 3 Veterinaria
21	CELE
22	Hemeroteca

Punto	Nombre
23	Sala Neza
24	Coordinación de Estudios
25	DGAPA
26	Estacionamiento DGAPA
27	Universum
28	Filológicas
29	Estacionamiento Economía
30	Patio Islas
31	Reserva1
32	Reserva2
33	Reserva3
34	Reserva4
35	Reserva5
36	Reserva6
37	Reserva7
38	Reserva8
39	Reserva9
40	Reserva10
41	Reserva11
42	Reserva12
43	Reserva13
44	Reserva14
45	Reserva15

En cada uno de los puntos de conteo se midieron distintas variables de hábitat. Las variables medidas se dividieron en 4 categorías:

- Variables de cobertura: cobertura de árboles, cobertura de arbustos, cobertura de herbáceas, cobertura de piso de cemento y cobertura de edificios. Estas variables se midieron como porcentajes.
- Estructura vegetal: número de árboles, número de especies de árboles, altura mínima de árboles, altura máxima de árboles, diámetro a la altura del pecho mínima de árboles, diámetro a la altura del pecho máxima de árboles, número de arbustos, número de especies de arbustos, altura mínima de arbustos, altura máxima de arbustos, altura mínima de herbáceas y altura máxima de herbáceas. Estas variables fueron medidas como variables continuas.
- Estructura urbana: altura mínima de construcciones, altura máxima de construcciones, número de pisos mínimo, número de pisos máximo, número de postes, número de postes de alumbrado, número de cables, número de nichos, número de balcones, número de pararrayos, número de antenas, número de varillas, número de basureros, número de bancas, número de puestos de comida y número de abarrotes. Estas variables fueron medidas como variables continuas.
- Riesgos potenciales: número de coches/minuto, número de peatones/minuto, número de perros/minuto y presencia de basura. Estas variables fueron medidas como variables continuas, salvo la basura, que fue medida utilizando tres categorías: nula, baja, y alta. Lo cual representamos con los valores de 0, 5 y 10 respectivamente.

Estas variables se midieron con la finalidad de entender la manera en la que la comunidad de aves de CU utiliza el hábitat. A excepción de la categoría de riesgos, todas las variables fueron medidas una sola vez, puesto que permanecen constantes. La categoría de riesgos se midió durante cada uno de los tres muestreos en los que se llevaron a cabo los puntos de conteo.

### Análisis de datos

Para determinar si había diferencias entre los valores de actividad humana y riesgos para los tres periodos de muestreo (fin de semana, entre semana y vacaciones) utilizamos una prueba de Kruskal-Wallis y un análisis pareado de Wilcoxon. Determinamos si había diferencias en las densidades tanto de *Columba livia* como de *Passer domesticus* para los

tres periodos de muestreo comparando los intervalos de confianza al 84% generados por el programa Distance 5.0 (Thomas *et al.*, 2005). Cuando los intervalos de confianza no se traslaparon, consideramos que los valores eran estadísticamente diferentes con un  $\alpha$  de 0.05 (MacGregor y Payton, 2013). Determinamos los sitios con una mayor presencia y abundancia de *Columba livia* y *Passer domesticus* (distribución espacial) por medio de comparar los valores de abundancia de los tres periodos entre todos los puntos de muestreo utilizando una prueba de Wilcoxon, y colocando sus abundancias sobre un mapa de CU, lo que nos permitió determinar cuáles puntos de muestreo tuvieron mayores valores de abundancia. Relacionamos las abundancias de *Columba livia* y *Passer domesticus* con las características del hábitat separando a estas en 3 grupos (cobertura, estructura urbana y estructura vegetal).

Para cada uno de estos tres grupos de características de hábitat llevamos a cabo un análisis de correlación multivariado no paramétrico para cada periodo de muestreo. Esto nos permitió ver si la forma que *Columba livia* y *Passer domesticus* respondieron a los atributos del hábitat cambió con la actividad humana y otros riesgos presentes en el campus durante los tres periodos (fin de semana, entre semana, y vacaciones). De forma similar analizamos los efectos que los riesgos tuvieron sobre las abundancias de *Columba livia* y *Passer domesticus*.

Finalmente analizamos los datos para las otras especies de aves presentes en el campus. Para las demás especies de aves determinamos si existía una relación entre el número de especies y sus abundancias totales y la abundancia de *Columba livia* y *Passer domesticus* para todos los puntos del campus utilizando análisis de correlación no paramétricos. Posteriormente relacionamos la riqueza de especies y las abundancias sumadas de todas las otras especies de aves con las características del hábitat separando estas en 3 grupos (cobertura, estructura de hábitat urbana y estructura de hábitat vegetal). Para cada uno de estos tres grupos de características de hábitat llevamos a cabo un análisis de correlación multivariado no paramétrico para cada periodo de muestreo. Esto nos permitió ver si la forma en que las otras aves respondieron a los atributos del hábitat cambió con la actividad humana y otros riesgos presentes en el campus durante los tres periodos. De forma similar analizamos los efectos que los riesgos tuvieron sobre la riqueza y abundancia de las otras especies de aves, incluyendo como riesgos la abundancia de *Columba livia* y *Passer domesticus*.

## RESULTADOS

### Ecología urbana de *Columba livia* y *Passer domesticus*

Diferencias para variables de hábitat entre periodos con diferente actividad humana

Las variables de coches/minuto, personas/minuto, número de perros y cantidad de basura mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Los coches/minuto variaron significativamente entre los periodos de ES, FDS y VAC ( $7.36 \pm 1.97$ ,  $0.36 \pm 1.97$ , y  $0.54 \pm 2.30$ ;  $\chi^2_{2,79} = 10.49$ ,  $p = 0.005$  de un Kruskal-Wallis). Los valores para ES fueron mayores a los encontrados para FDS y VAC ( $p = 0.010$  y  $p = 0.008$  respectivamente de un análisis pareado de Wilcoxon).

La variable número de perros presentó diferencias significativas entre tratamientos. El número de perros por punto presentó variaciones entre los tratamientos ES, FDS y VAC ( $0.33 \pm 0.30$ ,  $1.76 \pm 0.30$ , y  $0.18 \pm 0.35$ ;  $\chi^2_{2,79} = 15.89$ ,  $p < 0.001$  de un Kruskal-Wallis). Los valores para el tratamiento FDS fueron superiores a los encontrados para ES y VAC ( $p = 0.001$  y  $p = 0.002$  respectivamente de un análisis pareado de Wilcoxon).

Al igual que las otras variables, los valores de la variable personas/minuto presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $38.06 \pm 5.09$ ,  $3.23 \pm 5.09$ , y  $1.63 \pm 5.09$ ;  $\chi^2_{2,79} = 42.92$ ,  $p < 0.001$  de un Kruskal-Wallis). El tratamiento ES tuvo los valores más altos ( $p < 0.001$  y  $p < 0.001$  respectivamente de un análisis pareado de Wilcoxon).

No encontramos diferencias significativas en la cantidad de basura presente en el campus entre tratamientos ( $\chi^2_2 = 2.09$ ,  $p = 0.35$ ). Sin embargo, existe una tendencia a encontrar más basura en CU durante el periodo de FDS.

#### Densidades

Tanto las densidades de *Columba livia* como las de *Passer domesticus* mostraron diferencia entre tratamientos. *Columba livia* tuvo densidades mayores durante VAC, que durante FDS y ES ( $16.4 \pm 58.37$ ,  $1.38 \pm 0.23$ , y  $2.59 \pm 0.91$  ind/ha respectivamente; Fig. 2). *Passer domesticus* tuvo una densidad mayor en los periodos de VAC y ES, que durante FDS ( $78.8 \pm 9.06$ ,  $70.0 \pm 4.39$ , y  $32.3 \pm 2.27$  ind/ha respectivamente; Fig. 3).

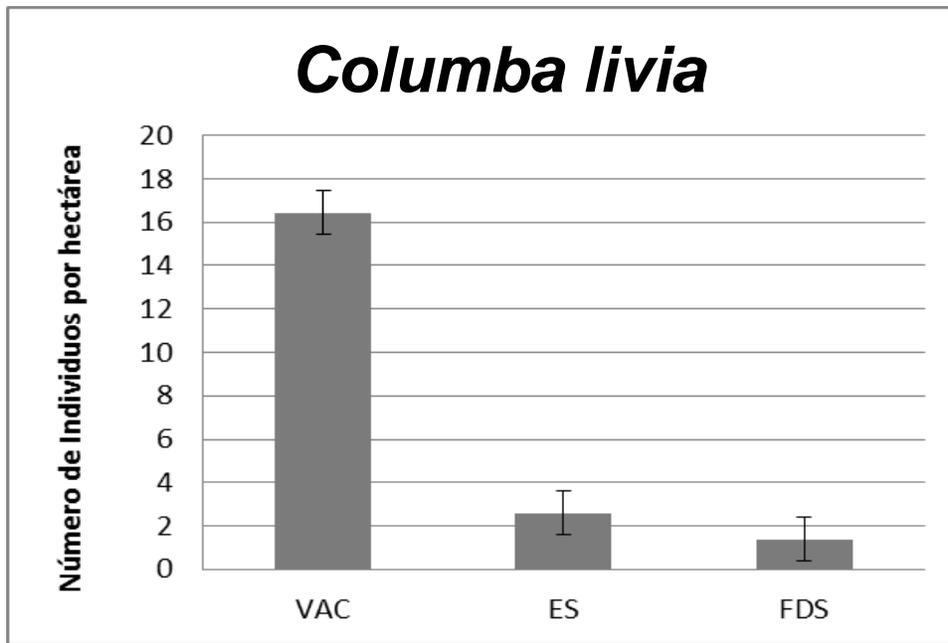


Figura 2. Diferencias entre el número de individuos por hectárea de la especie *Columba livia* entre los muestreos de vacaciones (VAC), entre semana (ES) y fin de semana (FDS).

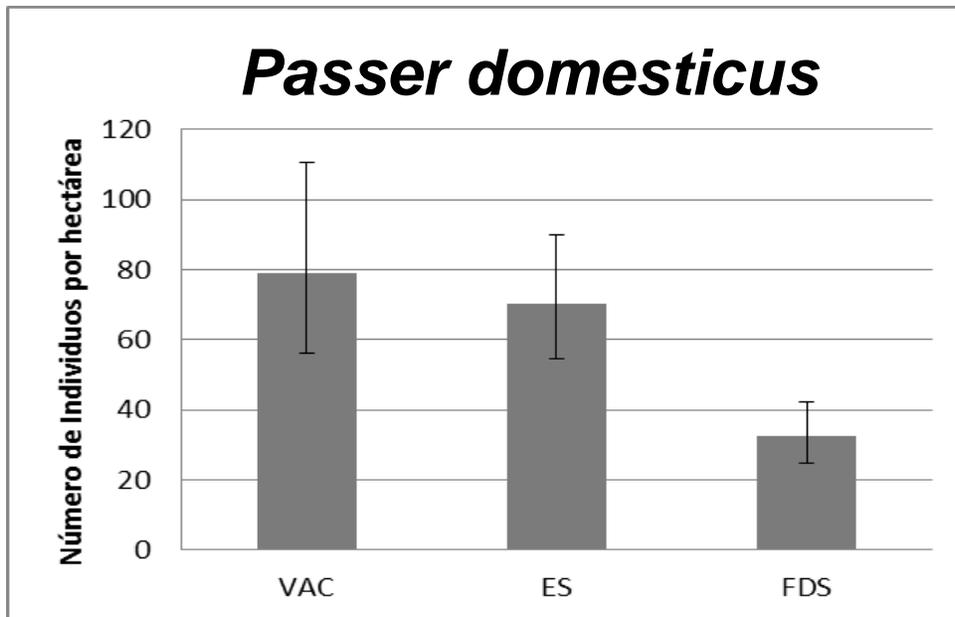


Figura 3. Diferencias entre el número de individuos por hectárea de la especie *Passer domesticus* entre los muestreos de vacaciones (VAC), entre semana (ES) y fin de semana (FDS).

### Patrones de distribución espacial

El sitio que presentó mayor abundancias de *Columba livia* fue Biblioteca Central (Promedio=20.33±2.73 ES;  $\chi^2_{2, 29}=55.31$ ,  $p=0.0023$  de una prueba de Wilcoxon). Los sitios de Islas 1, Islas 2 y Facultad de Ciencias presentaron valores intermedios entre el de Biblioteca Central y el resto del campus, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre estos valores (4.66, 5, 3.66 individuos promedio respectivamente). Para el sitio Biblioteca Central, hubo diferencias importantes en cuanto a la abundancia de *Columba livia* entre muestreos, habiendo una mayor abundancia durante VAC (48 individuos) que en ES (10 individuos) y FDS (3 individuos).

El sitio que presentó la mayor abundancia de *Passer domesticus* fue Universum (Promedio=22.33 ± 2.25 ES;  $\chi^2_{2, 29}=54.77$ ,  $p=0.0026$  de una prueba de Wilcoxon). Este valor de abundancia no fue diferente al encontrado en los puntos: canchas de básquet (12.33), Copy UNAM (10.66), Facultad de Ciencias (13), Edificio 3 Veterinaria (10), y estacionamiento DGAPA (11.33), Escaleras de Arquitectura (9.33) e Instituto de Investigaciones Filológicas (9.66; valores representan individuos promedio por sitio). Estos puntos tuvieron valores de abundancia que no fueron estadísticamente diferentes al resto de los puntos. Para *Passer domesticus* no se encontraron variaciones importantes en cuanto a las abundancias por punto entre tratamientos.

### Elementos del hábitat que explican la presencia y abundancia

Durante el periodo de ES, la presencia y abundancia de *Columba livia* fue afectada positivamente por las variables de número máximo de pisos ( $\beta=1.99$ ,  $t=2.32$ ,  $p=0.040$ ) y número de antenas ( $\beta=3.94$ ,  $t=2.26$ ,  $p=0.045$ ). Durante el periodo de FDS, la única variable que influyó positivamente sobre la abundancia y presencia de *Columba livia* fue el número máximo de pisos ( $\beta=1.25$ ,  $t=3.99$ ,  $p=0.001$ ), mientras que la cobertura de hierbas ( $\beta=-4.79$ ,  $t=-2.08$ ,  $p=0.048$ ) y la cobertura de concreto ( $\beta=-5.84$ ,  $t=-2.39$ ,  $p=0.025$ ) lo hicieron de forma negativa. Para el tratamiento VAC, las variables que influyen de forma positiva sobre la abundancia de *Columba livia* fueron el número de nichos ( $\beta=1.59$ ,  $t=0.43$ ,  $p=0.035$ ) y el número de antenas ( $\beta=39.69$ ,  $t=8.38$ ,  $p=0.017$ ). Por otra parte, las variables que influyen negativamente fueron el número de especies de árboles ( $\beta=-6.08$ ,  $t=1.68$ ,  $p=0.003$ ), la altura máxima de los arbustos ( $\beta=23.21$ ,  $t=5.84$ ,  $p=0.001$ ), el número de especies de arbustos ( $\beta=-2.03$ ,  $t=0.77$ ,  $p=0.022$ ) y el número de puestos de comida ( $\beta=-28.36$ ,  $t=8.72$ ,  $p=0.047$ ).

Durante el periodo de ES, las variables que influyeron de manera positiva sobre la presencia y abundancia de *Passer domesticus* fueron la cobertura de arbustos ( $\beta=42.36$ ,  $t=2.56$ ,  $p=0.017$ ) y el número de arbustos ( $\beta=0.37$ ,  $t=4.74$ ,  $p<0.001$ ). Las variables que influyeron de forma negativa fueron el número de árboles ( $\beta=-0.26$ ,  $t=-2.49$ ,  $p=0.025$ ) y la altura mínima de los árboles ( $\beta=-1.09$ ,  $t=-2.27$ ,  $p=0.038$ ). Durante el periodo de FDS, el número de arbustos ( $\beta=0.19$ ,  $t=2.40$ ,  $p=0.029$ ) influyó de manera positiva sobre la presencia de *Passer domesticus*. Durante el periodo de VAC, no encontramos variables que explicaran la presencia y densidad de *Passer domesticus*.

#### Respuestas ante riesgos

Para *Columba livia*, el único periodo en el que los riesgos influyen de forma significativa fue FDS, donde la cantidad de basura (Spearman  $p=0.4360$ ,  $p=0.0160$ ) y la presencia de perros (Spearman  $p = 0.4081$ ,  $p=0.0252$ ) actuaron de forma positiva sobre su abundancia. Durante los periodos ES y VAC, no encontramos interacciones significativas entre la abundancia de *Columba livia* y los riesgos.

Durante el periodo de ES, el número de perros (Spearman  $p=0.4528$ ,  $p=0.012$ ) afectó de forma positiva la abundancia de *Passer domesticus*. Durante el periodo de FDS, la presencia de basura (Spearman  $p=0.3989$ ,  $p=0.029$ ) afectó positivamente la presencia de *Passer domesticus*. Durante el periodo de VAC, no hubo interacciones significativas entre *Passer domesticus* y los riesgos.

#### Otras especies de aves

##### Densidades y factores que afectan su abundancia y distribución

La densidad de la comunidad total de aves siguió el mismo patrón que la densidad de *Passer domesticus*, presentando mayores de densidad durante los periodos VAC y ES que durante el periodo de FDS ( $97.7\pm 11.95$ ,  $56.5\pm 2.50$ , y  $46.3\pm 1.08$  ind/ha respectivamente; Fig. 4). Durante el periodo de ES, la única variable que influyó positivamente sobre la densidad de otras especies de aves fue el diámetro máximo a la altura del pecho ( $\beta=17.14$ ,  $t=2.92$ ,  $p=0.010$ ), mientras que el número de especies de arbustos ( $\beta=-1.26$ ,  $t=-2.38$ ,  $p=0.031$ ) influyó de manera negativa. Durante el periodo de FDS, la densidad de otras especies de aves se vio favorecida por las variables cobertura de árboles ( $\beta=17.98$ ,  $t_{5,29} = 2.53$ ,  $p=0.018$ ), cobertura de concreto ( $\beta=15.21$ ,  $t_{5,29} = 2.12$ ,  $p=0.044$ ), cobertura de edificios ( $\beta=26.68$ ,  $t_{5,29} = 2.55$ ,  $p=0.017$ ), número de varillas ( $\beta=0.56$ ,  $t=3.44$ ,  $p=0.004$ ) y el número de postes de alumbrado ( $\beta=1.00$ ,  $t=2.25$ ,  $p=0.042$ ),

mientras que el número de nichos ( $\beta=-0.40$ ,  $t=-2.73$ ,  $p=0.017$ ) y el número de antenas ( $\beta=-5.47$ ,  $t=-2.46$ ,  $p=0.028$ ) fueron las variables que la afectaron de forma negativa. Durante el periodo de VAC no encontramos variables que influyan significativamente sobre la abundancia de las otras especies de aves.

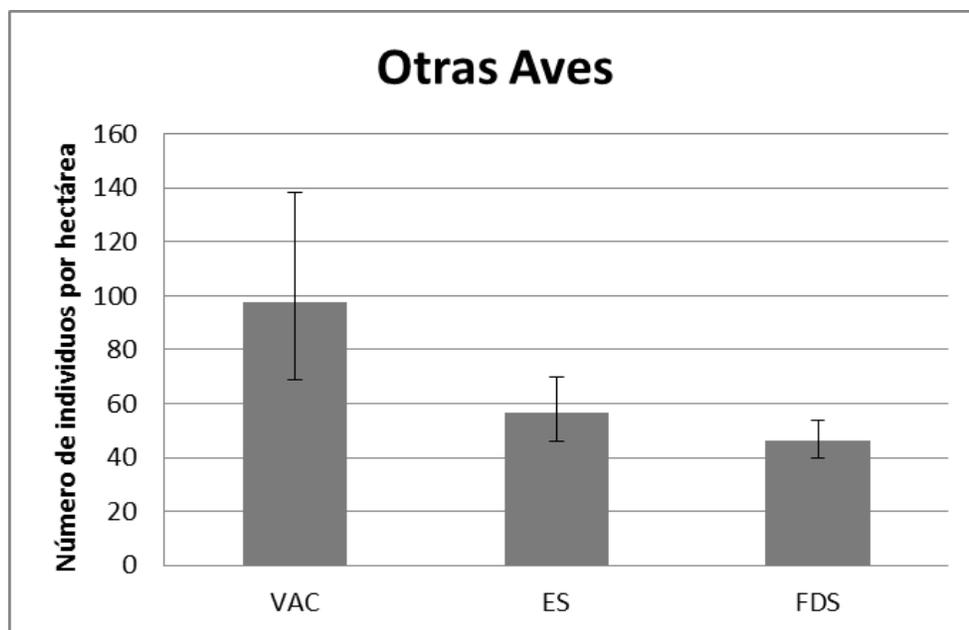


Figura 4. Diferencias entre el número de individuos por hectárea del resto de las especies (excluyendo a *Columba livia* y *Passer domesticus*) entre los muestreos de vacaciones (VAC), entre semana (ES) y fin de semana (FDS).

### Respuesta ante riesgos

Durante el periodo de ES, existió una relación negativa entre la presencia de *Passer domesticus* y la abundancia del resto de las especies de aves (Spearman  $p=-0.41$ ,  $p=0.022$ ). Durante el periodo de FDS, encontramos nuevamente una interacción negativa entre *Passer domesticus* y la abundancia del resto de las especies de aves (Spearman  $p=-0.45$ ,  $p=0.011$ ). Durante el periodo de VAC no encontramos relaciones entre la abundancia del resto de las aves y los riesgos o la basura.

### Factores que afectan la riqueza de especies

Durante el periodo de ES, no encontramos variables que influyeran sobre la riqueza de aves. Durante el periodo de FDS encontramos que el número de varillas ( $\beta=0.28$ ,  $t=2.23$ ,  $p=0.041$ ) y el número de postes de alumbrado ( $\beta=0.80$ ,  $t=2.26$ ,  $p=0.041$ ) influyeron de forma positiva sobre la riqueza de aves, mientras que el número de tiendas de abarrotes ( $\beta=-1.43$ ,  $t=-2.17$ ,  $p=0.049$ ) influyó de manera negativa. Durante el periodo de VAC ninguna variable fue significativa.

### Respuesta de la riqueza de especies ante riesgos

Durante el periodo de ES, la abundancia de *Passer domesticus* (Spearman  $p=-0.39$ ,  $p=0.031$ ) redujo la riqueza de especies. Durante el periodo de FDS, la abundancia de *Passer domesticus* (Spearman  $p=-0.36$ ,  $p=0.031$ ), el número de personas/minuto (Spearman  $p=-0.50$ ,  $p=0.0048$ ), el número de perros (Spearman  $p=-0.38$ ,  $p=0.033$ ), y la presencia de basura (Spearman  $p=-0.39$ ,  $p=0.029$ ) influyeron de manera negativa sobre la riqueza de especies de aves en CU. Durante el periodo de VAC ni los riesgos, ni la basura afectaron de manera significativa el número de especies de aves.

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que *Columba livia* y *Passer domesticus* presentan diferencias en su distribución y abundancia en los fines de semana (FDS), entre semana (ES), y en vacaciones (VAC; Ver Figuras 2 y 3). La riqueza y abundancia de las demás especie de aves también cambia entre estos periodos (Ver Figura 4). Adicionalmente, encontramos que la forma en que las especies de aves responden a las características del hábitat cambia entre los tres periodos, indicando que hay una interacción significativa entre la actividad humana y las características del hábitat. En esta sección primero describimos los patrones de actividad humana entre los tres periodos de muestreo que realizamos (entre semana, fin de semana y vacaciones). Después discutimos nuestros

resultados sobre *Columba livia*, seguidos por los de *Passer domesticus*, y otras especies de aves. Finalmente presentamos los escenarios de costo/beneficio asociados a diferentes opciones de manejo, y presentamos recomendaciones de manejo de estas dos especies invasoras dentro de CU y la REPSA.

#### Patrones de actividad humana en CU.

Debido a las diferencias que encontramos para las variables que consideramos como riesgos (coches/minuto, peatones/minuto, número de perros y cantidad de basura) entre los tratamientos de FDS, ES, y VAC, podemos indicar que las aves se enfrentan con tres escenarios distintos. Estos escenarios difirieron principalmente en las variables de peatones/minuto y número perros, aunque también hubo diferencias con la presencia de basura y los coches por minuto.

Durante el periodo de ES, se presentaron los valores más altos de peatones/minuto y coches/minuto. Cabe señalar que durante este periodo la mayor cantidad de peatones son estudiantes que se desplazan caminando por el campus, o se encuentran reposando en zonas con árboles, por lo que a pesar de presentarse en grandes cantidades puede que no estén siendo identificados por las aves como un riesgo. Los perros observados durante este periodo iban con correa, aunque siguen generando un efecto negativo sobre las aves como se ha observado en distintos estudios, la intensidad del efecto es menor que si se pasean sin correa. Esto se debe a que al acompañar a su dueño, tanto el dueño como el perro afectan a las aves de forma conjunta (Banks y Bryant, 2007). A pesar de que se podrían esperar grandes niveles de basura durante este periodo, la labor del personal de mantenimiento limita las cantidades de basura, por lo que no debería de generar un efecto sobre las aves. En cuanto al elevado número de coches, se espera que represente un riesgo para las aves menos adaptadas a entornos urbanos.

Durante el FDS, se presentaron los valores más altos de número de perros y cantidad de basura. En este periodo, además de haber presentado los valores más altos, los perros observados iban sin correa, lo que puede llegar a disminuir hasta en un 41% la abundancia de aves y un 35% su riqueza de especies (Banks y Bryant, 2007). A pesar de que el número de peatones durante este periodo fue bajo, su comportamiento fue distinto al presentado durante el periodo ES. En este periodo, la mayoría de los peatones se encuentran haciendo ejercicio (corriendo, jugando algún deporte, andando en bicicleta) o paseando a sus perros, lo que representa un riesgo potencial distinto para las aves. Las

cantidades de basura altas pueden deberse a que se acumula la basura del viernes con la del fin de semana. El incremento en esta variable podría generar cambios sobre el uso del hábitat, al representar un acceso potencial a alimentos. La variable coches/minuto presentó valores bajos por lo que no debería de representar un riesgo para las aves.

Durante el periodo de VAC, se presentaron los niveles más bajos de riesgos. Por lo anterior, podríamos esperar que las aves se vean menos afectadas por las actividades humanas en el campus durante este periodo. Al haber pocos peatones durante las VAC, las cantidades de basura, el número de perros y el número de coches también permanecen bajos. Adicionalmente, se cierra el tránsito vehicular en diversas zonas del campus. Todo esto genera un escenario donde estas variables no deberían de representar un riesgo para las aves.

#### *Columba livia.*

En nuestro estudio, la presencia de *Columba livia* estuvo asociada a edificios altos, con abundancia de sitios para que estas puedan perchar (antenas, pararrayos y varillas), y lugares para colocar sus nidos (nichos). Aunque varios de los puntos en el campus presentan estas condiciones, *Columba livia* se encontró principalmente en la zona de CU que ha sido denominada como patrimonio de la humanidad. Esto puede deberse a que esta zona conjuga varios elementos importantes para esta especie como un área verde abierta de gran tamaño, edificios con un gran número de nichos y sitios para que *Columba livia* perche y anide, sitios de venta de comida, y bancas para descanso donde la población de profesores y estudiantes suele consumir alimentos. No encontramos ningún individuo de esta especie en la zona de la reserva, a pesar de que ésta se encuentra rodeada por el campus universitario, y a pesar de que al ser zona de pedregal es un lugar que *Columba livia* podría utilizar como hábitat, sobre todo de anidación, debido a su parecido con el hábitat original de esta especie en el viejo mundo (Johnston y Janiga, 1995).

Las densidades de *Columba livia* dentro de CU variaron entre los tres periodos de muestreo, habiendo mayores densidades durante las vacaciones que entre semana o durante los fines de semana (Ver Figura 2). Debido a que estas aves tienen una relación muy cercana con los seres humanos, y a que en diversos casos sus densidades han aumentado debido a la alimentación directa (Haag, 1995), esperábamos que hubiera una

mayor densidad de *Columba livia* entre semana que en los dos otros dos periodos de muestreo (FDS y VAC). Lo cual no ocurrió.

Durante el periodo de ES, las variables que afectaron de forma positiva a la abundancia de *Columba livia* fueron el número de pisos máximo y el número de antenas. MacGregor y Schondube (2011) encontraron que las especies mejor adaptadas a la urbanización, suelen verse relacionadas con estas variables, por lo que no es sorprendente que *Columba livia* esté concentrándose en estas zonas. Este tipo de infraestructura urbana ofrece espacios adecuados para perchar, dormir y anidar, limitando la exposición a depredadores, y limitando la competencia con otras aves que no están acostumbradas a usar estructuras humanas (MacGregor y Schondube, 2011). A pesar de que en este periodo se presentaron los valores más altos de las variables personas/minuto y coches/minuto, *Columba livia* no respondió de forma negativa a estas variables, lo que refuerza la idea de que los riesgos para las especies adaptadas a la urbanización son distintos a los de las especies nativas que no son tan abundantes dentro zonas urbanas (MacGregor y Schondube, 2011).

Durante el periodo de FDS, los valores de densidad de *Columba livia* bajaron de manera drástica. Creemos que estas bajas densidades están asociadas a la forma en que las características del hábitat pueden interactuar con la actividad humana. Encontramos que durante este periodo de muestreo sus abundancias respondieron de manera positiva a la presencia de edificios altos y basura, y negativamente ante la cobertura de herbáceas y la cobertura de concreto. Durante este periodo de muestreo observamos cambios importantes en la conducta de *Columba livia*. A diferencia de los periodos de entre semana y vacaciones, donde *Columba livia* se observó principalmente a nivel del suelo, en el periodo del fin de semana *Columba livia* se encontró principalmente sobre los edificios.

Durante este periodo, como se mencionó antes, la mayoría de los perros se encuentran sin correa, deambulando libres, por lo que creemos que su presencia desplaza a *Columba livia* de zonas abiertas (con altas coberturas de herbáceas y concreto), a zonas con edificios altos, donde se encuentran fuera del alcance de los perros. Resultados similares se han observado en otros estudios, donde la presencia de perros sueltos redujo de manera importante la presencia de aves, afectando principalmente a las especies que forrajean en el suelo, como *Columba livia*, forzándolas a buscar refugio (Banks y Bryant,

2007). Adicionalmente, durante el periodo de fin de semana encontramos las cantidades más altas de basura, lo que es generado por la falta de recolección durante este periodo. *Columba livia* parece estar utilizando esta basura como alimento, lo cual puede deberse, tanto a su capacidad para ingerir una alta diversidad de tipos de alimento, como al hecho de que al ser desplazadas de las áreas abiertas por los perros, lugares donde tienden a alimentarse de semillas e insectos, podrían estar dependiendo más de los desechos humanos como alimento.

En el periodo vacacional encontramos las densidades más altas de *Columba livia*. Esto puede deberse a que el muestreo de vacaciones correspondió a su época reproductiva (Salgado, 2012), por lo que pudo haber un mayor número de individuos contando tanto a los adultos como a los individuos juveniles. Lo anterior también se relaciona con el hecho de que durante este periodo, la abundancia de *Columba livia* estuvo asociada a sitios con nichos que podían ser utilizados como lugares de anidación. Adicionalmente, durante este periodo los riesgos potenciales para las aves presentaron sus niveles más bajos, lo que puede explicar la gran densidad de esta especie durante este periodo de muestreo. Las variables que se relacionaron negativamente con la abundancia de *Columba livia* fueron el número de especies de árboles, el número de especies de arbustos, la altura máxima de los arbustos, y el número de puestos de comida. Las relaciones negativas entre la abundancia de *Columba livia* y la diversidad y tamaño de árboles y arbustos, puede estar ligada a que esta especie, prefiere utilizar zonas abiertas para alimentarse (Johnston, 1992). Además, debido a que *Columba livia* es un ave que brinda una gran cantidad de cuidados a sus crías, puede que en la época reproductiva esté restringiendo su actividad a espacios cercanos a los nidos, que en este caso se encuentran en los edificios (Johnston, 1992). A lo anterior podemos sumarle que al haber una baja cantidad de riesgos potenciales, *Columba livia* puede también utilizar sitios abiertos, y por lo tanto no existen mayores razones para que *Columba livia* se desplace a zonas de arbustos o árboles, donde le es más complicado acceder a su alimento (Johnston, 1992). La interacción negativa con el número de puestos de comida puede estar ligada a que aunque *Columba livia* los frecuenta normalmente, el hecho de que estén cerrados por el periodo vacacional crea un declive en la presencia de individuos en estos puntos.

Aunque en otros estudios se ha visto que la abundancia de *Columba livia* puede aumentar como respuesta a mayores densidades humanas, debido a un mayor acceso potencial a alimentos (Haag, 1995), nosotros encontramos lo contrario. Esto puede deberse a que la

densidad humana *per se*, no siempre es el mejor indicador de actividades positivas para *Columba livia*. Por ejemplo, en vacaciones observamos a unas pocas personas alimentando directamente a *Columba livia* de forma masiva, lo que seguiría vinculando a esta especie con la actividad humana (aparentemente menor durante las vacaciones). Adicionalmente, es posible que exista un umbral de densidad humana a partir del cual, la presencia humana sea negativa para *Columba livia*. Por lo cual, las altas densidades de personas que utilizan CU entre semana (100,000 personas y 70,000 automóviles diarios en el campus universitario; Censo Dirección General de Servicios Generales, 2007), podrían ahuyentar a los individuos, o forzarlos a mantener números más bajos de lo que lo harían con densidades humanas intermedias o bajas.

Debido a que la zona en la que se presenta una mayor abundancia de estas aves es la zona en la que pueden causar un daño más significativo, dada las condición de Patrimonio de la Humanidad que posee la zona donde están los puntos de Biblioteca Central y Las Islas, es recomendable tomar medidas para controlar a las poblaciones de *Columba livia* en esta zona. Para poder establecer un plan de manejo de esta especie, el primer paso es monitorear a las poblaciones de esta ave para conocer los impactos que está generando su actividad (Giunchi *et al.*, 2010; Haag, 1995). Una vez que se tiene un estimado del daño generado, se puede decidir si es necesario modificar la estructura urbana para evitar su uso por parte de *Columba livia* o si otro tipo de medidas de control son más aptas.

#### *Passer domesticus*

La densidad del *Passer domesticus* fue mayor en los periodos de VAC y ES que durante FDS, y su presencia estuvo ligada de manera muy importante a la cobertura arbustiva. A diferencia de *Columba livia* cuya actividad en el campus se vio limitada principalmente a zonas abiertas con edificios altos, *Passer domesticus* estuvo presente en todos los puntos de conteo dentro de CU, a excepción de los que llevamos a cabo dentro de la REPSA, donde no encontramos ningún individuo de esta especie. La presencia de infraestructura urbana, alimento continuo y una gran cobertura arbustiva en el campus de CU son los factores más importantes para explicar la presencia y abundancia de *Passer domesticus*.

Durante el periodo de ES, la abundancia de *Passer domesticus* se relacionó positivamente con la cobertura de arbustos, el número de estos, y el número de perros. Por otra parte, esta especie evadió las zonas con grandes densidades de árboles, y/o

árboles altos. Durante este periodo de muestreo, al igual que *Columba livia*, *Passer domesticus* presentó una abundancia media. Nuestros resultados sobre la distribución coinciden con lo observado en otros estudios, donde se indica que *Passer domesticus*, al ser una especie adaptada a la urbanización, prefiere zonas con infraestructura urbana, lo que explica el bajo número de individuos encontrado en zonas con árboles y/o árboles altos (MacGregor y Schondube, 2011).

En cuanto a la interacción entre la actividad humana y las características del hábitat, consideramos que las grandes cantidades de transeúntes presentes en el campus entre semana, aunque no representan un riesgo *per se*, provocan un desplazamiento de los individuos a zonas donde puede encontrar refugio. Los arbustos se convierten así en el lugar ideal para la actividad de *Passer domesticus*, puesto que además de brindar refugio representan un espacio idóneo para la adquisición de alimento (Shaw *et al.*, 2007). Por otra parte, las zonas con mayor cobertura arbórea, y con árboles altos, que tienden a carecer de arbustos y de infraestructura urbana, no ofrecen a *Passer domesticus* sitios idóneos para esconderse, por lo cual quedan expuestos a la actividad humana y a depredadores naturales como halcones (obs. pers.). Curiosamente encontramos que la variable número de perros tuvo un efecto positivo sobre la abundancia de *Passer domesticus*. Creemos que esto se debe a que los perros pueden estar siendo paseados por algunas de las zonas que por su estructura urbana son utilizadas preferentemente por *Passer domesticus*, como es la zona del Centro Cultural Universitario. Dado que durante este periodo los perros son paseados con correa, podrían no estar representando un riesgo real para *Passer domesticus*, por lo cual no se desplazan.

Al igual que *Columba livia*, *Passer domesticus* presentó sus densidades más bajas durante el periodo del fin de semana. En el fin de semana, las variables que se relacionaron positivamente con la abundancia de *Passer domesticus* fueron el número de arbustos y la presencia de basura. Creemos que el incremento en el número de perros durante este periodo, y el hecho de que la mayoría de estos se encuentran libres (sin correa), mantiene a *Passer domesticus* en zonas fuera de su alcance. A diferencia del periodo entre semana, no hubo una interacción negativa con las zonas arboladas lo que puede deberse a que la disminución de peatones en el campus puede estar permitiéndole a *Passer domesticus* utilizar estas áreas donde los perros no son tan abundantes. Al igual que *Columba livia*, la presencia de *Passer domesticus* se vio vinculada a espacios con

acceso a basura, la cual puede ser muy importante como alimento, más aún cuando no hay muchas personas que los alimenten activamente.

Durante el periodo de vacaciones no encontramos ninguna variable que explicara la abundancia de *Passer domesticus*, a pesar de que fue en este periodo en el que hubo mayores densidades de esta especie. Esto puede deberse a que durante este periodo se presentaron los niveles de riesgos potenciales más bajos, por lo cual *Passer domesticus* puede estar desplazándose por todo el campus sin mostrar preferencia específicas por áreas con presencia de refugios, incluso utilizando sitios donde la presencia de refugios es baja (Banks y Bryant, 2007).

Se sabe que las altas abundancias de *Passer domesticus* en las ciudades se deben a varios factores como el fácil acceso a recursos alimenticios y sitios de anidación, su dominancia sobre las especies de tamaño intermedio y pequeño presentes en la ciudad, y la baja presencia de depredadores (MacGregor *et al.*, 2008). Sin embargo, la literatura reciente muestra que la presencia de *Passer domesticus* en múltiples ciudades del mundo ha decaído dramáticamente. Una de las hipótesis más aceptadas para explicar este fenómeno argumenta que la transformación del hábitat, y más específicamente, la sustitución de pequeños jardines por espacios menos aptos para el forrajeo de *Passer domesticus* como son zonas cubiertas con suelo de concreto puede estar limitando las poblaciones de esta especie (Crick *et al.*, 2002; Robinson *et al.*, 2005). En nuestro estudio, la presencia de *Passer domesticus* está claramente ligada con la cobertura arbustiva, por lo que si se reduce el número de arbustos, o se les reemplaza por otro tipo de cobertura, como podría ser la arbórea, las densidades de *Passer domesticus* podrían disminuir.

#### Otras especies de aves.

En los tres periodos de muestreo encontramos un total de 57 especies de aves, sin contar a *Columba livia* y a *Passer domesticus*, de las cuales 23 estuvieron presentes tanto en CU como en la REPSA, 25 únicamente en el campus y 10 únicamente en la reserva. Cabe destacar que a pesar de que la reserva está rodeada por completo por el campus y zonas urbanizadas, no encontramos ningún individuo de *Columba livia* o *Passer domesticus* dentro de ella, lo que acentúa la importancia de la reserva para la conservación de especies de aves nativas en el área de CU y el sur de la ciudad de México.

En nuestros tres periodos de muestreo encontramos que la riqueza de especies de aves por punto estuvo relacionada con diferentes variables. Durante el periodo de ES, la única variable que se relacionó de forma significativa con la riqueza de especies en el campus fue la presencia de *Passer domesticus*. La presencia de *Passer domesticus* afectó de forma negativa la riqueza de otras especies de aves, como se ha observado previamente (MacGregor *et al.*, 2009). El hecho anterior no es de sorprender, ya que como se mencionó antes, al tener una dieta generalista, estar bien adaptado a la infraestructura urbana, y agredir al resto de las especies de tamaño similar, es de esperar que las demás especies de aves estén siendo desplazadas por competencia directa o indirecta con *Passer domesticus* (MacGregor *et al.*, 2008).

Durante el periodo de FDS, las varillas y los postes se relacionaron de manera positiva con la riqueza de especies mientras que el número de tiendas de abarrotes, el número de peatones/minuto, el número de perros y la cantidad de basura la afectaron de manera negativa. Las varillas y postes pueden estar siendo utilizados con mayor intensidad durante este periodo debido al incremento en el número de perros y la mayor necesidad de encontrar refugio. La relación negativa observada con el número de tiendas de abarrotes puede deberse al hecho de que al estar cerrados, las especies que normalmente los frecuentan se ausentan de estos sitios durante este periodo. La cantidad de basura, al estar asociada a la presencia de *Passer domesticus* durante este periodo, está siendo evitada por las demás especies. Por otra parte, se ha llegado a observar que aunque estas zonas pueden representar una fuente de alimento para ciertas especies, son a su vez fuente de enfermedades potenciales, por lo que otras especies de aves las evaden (MacGregor y Schondube, 2011). Como se mencionó con anterioridad, es un hecho que la caminata con perros no sólo disminuye la cantidad de aves en la zona, sino que afecta directamente al número de especies, por lo que nuestros resultados coinciden con lo reportado previamente en la literatura (Bryants y Banks, 2007).

Al igual que con *Passer domesticus*, durante el periodo de VAC no encontramos ninguna variable que explicara la riqueza de especies en CU. Lo anterior resulta interesante, puesto que a pesar de que el *Passer domesticus* representó un riesgo para la distribución y abundancia del resto de las especies en los demás tratamientos, durante las vacaciones no fue así. Lo anterior nos lleva a pensar que al disminuir los riesgos potenciales en el campus, y poder las aves utilizar múltiples zonas, la competencia por recursos disminuye,

y por ende el número de especies no responde ante ninguna de las variables de hábitat que medimos, aunque esta idea debe ser evaluada.

#### Abundancia

La abundancia y distribución de las demás especies de aves en el campus estuvieron relacionadas principalmente a sitios con una alta cobertura arbórea y a una baja abundancia de *Passer domesticus*. Esto puede deberse a que como se mencionó anteriormente, se ha documentado que la presencia de *Passer domesticus* provoca efectos negativos sobre la riqueza y abundancia de especies nativas (MacGregor *et al.*, 2008). En cuanto a la cobertura arbórea, se encuentra ampliamente documentado que esta variable se asocia a especies nativas y menos adaptadas a la urbanización (MacGregor y Schondube, 2011). Dado que las zonas donde la infraestructura urbana es abundante y compleja se encuentran frecuentemente dominadas por unas cuantas especies de aves invasoras o nativas adaptadas a la urbanización, no es de sorprender que el resto de las aves se localicen en los parches con cobertura arbórea. Adicionalmente los árboles suelen proveer con otro tipo de alimentos como algunos tipos de insectos, fruta y néctar, que no son comunes en sitios altamente urbanizados (Reis *et al.* 2012).

En el periodo de muestreo de entre semana, la única variable que favoreció la abundancia del resto de las especies de aves fue el diámetro máximo de los árboles a la altura del pecho. Ésta variable se asocia a árboles de mayor edad, tamaño y por consecuencia mayores sitios potenciales para anidar, perchar, y obtener alimento (Ortega y MacGregor 2010). Como se ha observado en otros estudios, hay especies que se ven claramente beneficiadas por esta variable (Ortega, MacGregor, 2010). Por otra parte, el número de especies de arbustos, así como el número de individuos de *Passer domesticus* generaron declives en la abundancia del resto de las aves. Como esperábamos, *Passer domesticus* tuvo un efecto negativo sobre el resto de las especies durante este periodo, y al estar vinculados con la presencia de arbustos, creemos que es *Passer domesticus* quien indirectamente está generando una interacción negativa entre el número de especies de arbustos y la abundancia del resto de las aves.

En el periodo del fin de semana se presentaron las abundancias más bajas de otras especies de aves, de forma similar a lo ocurrido con *Passer domesticus* y *Columba livia*. En este periodo, la cobertura arbórea, la cobertura de edificios, la cobertura de concreto,

las varillas y los postes de alumbrado promovieron la presencia del resto de las especies de aves. Durante los fines de semana, las otras especies de aves se ven beneficiadas por los sitios donde pueden alejarse del suelo y de áreas abiertas. Al igual que en el caso de *Columba livia* y *Passer domesticus*, creemos que el incremento en el número de perros libres durante los fines de semana, está desplazando a las aves hacia zonas que les brinden resguardo de estos, como son las zonas arboladas y las zonas con edificios (ligadas a la cobertura de concreto, las varillas y el alumbrado). Aunque la variable número de perros no afectó de forma significativa la abundancia de otras especies de aves, la tendencia indica que a mayores abundancias de perros, la abundancia de el resto de las especies de aves disminuye. Por otro lado, el número de nichos, el número de antenas y el número de individuos de *Passer domesticus* tuvieron efectos negativos sobre la abundancia del resto de las especies de aves. Esto puede deberse al uso intensivo de estas estructuras por *Columba livia* y *Passer domesticus* (MacGregor y Schondube, 2011).

En vacaciones, aunque el resto de las especies de aves presentaron sus abundancias más altas, no encontramos ninguna variable que explique la distribución y abundancia del resto de las especies de aves en CU. Curiosamente durante este periodo aunque *Passer domesticus* presentó sus mayores densidades, no representó un riesgo para el resto de las aves. Esto sugiere que al reducirse la actividad humana, zonas generalmente utilizadas por los estudiantes, quedan libres para su uso por las aves, permitiendo un mayor número de individuos de aves en el campus.

### Escenarios de manejo

En aras de comprender los efectos positivos y negativos que pudieran tener distintas estrategias de manejo, a partir de la descripción de la situación actual de manejo que se lleva a cabo en CU, describimos dos escenarios hipotéticos, uno ideal y otro fatalista, y reflexionamos en torno a las actividades que pudieran llevarse a cabo para mantener controlados los efectos negativos de las aves en el campus central de la UNAM.

#### Escenario actual (*Business as usual*)

*Columba livia* estuvo presente en poco más de la mitad de los puntos muestreados dentro del campus (18/30), mientras que en la reserva no encontramos ningún individuo de esta especie. El punto donde se presentaron densidades más altas de *Columba livia* fue el de Biblioteca Central (ver Figura 5a). Las variables de hábitat que favorecieron a esta

especie fueron la altura máxima de los edificios, la presencia de antenas y el número de nichos, mientras que se vio perjudicada por la cobertura arbórea y la cobertura de concreto.

En el caso de *Passer domesticus*, los resultados muestran que esta especie estuvo presente en cada uno de los puntos de conteo realizados a excepción de los de la Reserva. El punto que presentó una abundancia mayor fue el de Universum (ver Figura 7b). Las variables que fomentaron la presencia de esta especie fueron la infraestructura urbana, la presencia de cobertura arbustiva y la probable alimentación humana o acceso a basura. A su vez, encontramos que la presencia de *Passer domesticus* afecta la cantidad y diversidad de otras aves, reduciendo ambas.

Es importante mencionar que las poblaciones de *Columba livia* y de *Passer domesticus* presentes en CU no pueden considerarse aisladas del resto de las poblaciones de estas aves presentes en la Ciudad de México. Como explican Giunchi *et al.* (2012), las aves de una misma ciudad deben ser consideradas como una sola unidad de manejo. Las poblaciones de ambas especies deberían encontrarse estables en la Ciudad de México, debido a que al haberse establecido desde hace muchos años, la capacidad de carga del ecosistema debería haber sido alcanzada (Giunchi *et al.* 2012). Sin embargo, nuestros resultados muestran que existen múltiples sitios que *Columba livia* podría utilizar potencialmente y que aun así permanecen desocupados, lo que puede deberse a que esta ave aún no se adapta por completo a los cambios que sufre CU entre periodos del año con diferentes niveles de actividad humana.

Sabemos, a través de entrevistas con el personal encargado del Patrimonio de la UNESCO, que tanto los recursos humanos como los monetarios que se destinan a reparar los daños generados por la actividad y presencia de *Columba livia* y *Passer domesticus* en CU son desconocidos por las autoridades del mismo. Aunque existe presencia de ambas especies en múltiples zonas del campus, aparentemente las poblaciones de estas aves no generan grandes impactos sobre la infraestructura, razón por la que creemos no se ha generado el esfuerzo para conocer la magnitud de sus impactos en el campus. Consideramos que este punto es importante, puesto que como se mencionó antes, la subestimación de los impactos ecológicos y económicos de las especies invasoras es lo que conduce a posteriores problemas de manejo.

## Escenario 1: Fatalista

La presencia de personas alimentando a las aves, aunado al constante acceso a comida, un hábitat adecuado y la ausencia de depredadores y competidores naturales, podría generar que la densidad de *Columba livia* y *Passer domesticus* se disparen, y ocupen los sitios potenciales restantes del campus, incluyendo en el caso de *Columba livia*, zonas rocosas dentro de la reserva.

Debido a que la presencia de estas especies está ligada de forma directa con la infraestructura urbana y a que los edificios del campus poseen múltiples sitios para la colocación de nidos, las poblaciones de *Columba livia* y *Passer domesticus* deben llegar a utilizar edificios donde actualmente no están presentes. Dado que las mayores abundancias de *Columba livia* se registraron en la Biblioteca Central y Las Islas, en estos mismos sitios es donde esperamos que ocurra el mayor daño.

Además del daño a la infraestructura urbana, se ha documentado que *Columba livia* puede llegar a transmitir distintos parásitos a los seres humanos (Haag, 2004; Salgado, 2012), por lo que un incremento poblacional en una zona como CU que cuenta con múltiples sitios gastronómicos, podría tener un impacto negativo en la salud humana (Haag, 2004; Salgado, 2012). *Passer domesticus*, por su parte, al tener efectos negativos sobre la riqueza de aves, podría monopolizar aún más la comunidad de aves presente en CU, reduciendo la diversidad de aves en por lo menos un 30% (MacGregor *et al.*, 2008).

El aumento de los efectos negativos causado por estas especies obligaría a las autoridades universitarias a implementar estrategias de control específicas. Sin embargo, como mencionan Giunchi *et al.* (2012), tomar decisiones adecuadas cuando no existe información actualizada sobre las poblaciones es difícil, costoso y puede convertirse en un proceso largo. Comúnmente, como mencionan estos autores, la estrategia de manejo más utilizada en esta situación es el exterminio de individuos. Sin embargo, se ha documentado que esta estrategia lejos de resolver el problema, genera huecos en las poblaciones que son rellenados por nuevos individuos jóvenes, incrementando el tamaño de las poblaciones y el daño que generan, a la vez que se desperdicia el recurso monetario usado en el manejo.

## Escenario 2: Ideal

Siguiendo el marco conceptual propuesto por el Global Invasive Species Programme (2001), hay tres ejes cruciales para el manejo de especies invasoras, como se indica en la Figura 8 y se explica en los siguientes párrafos.

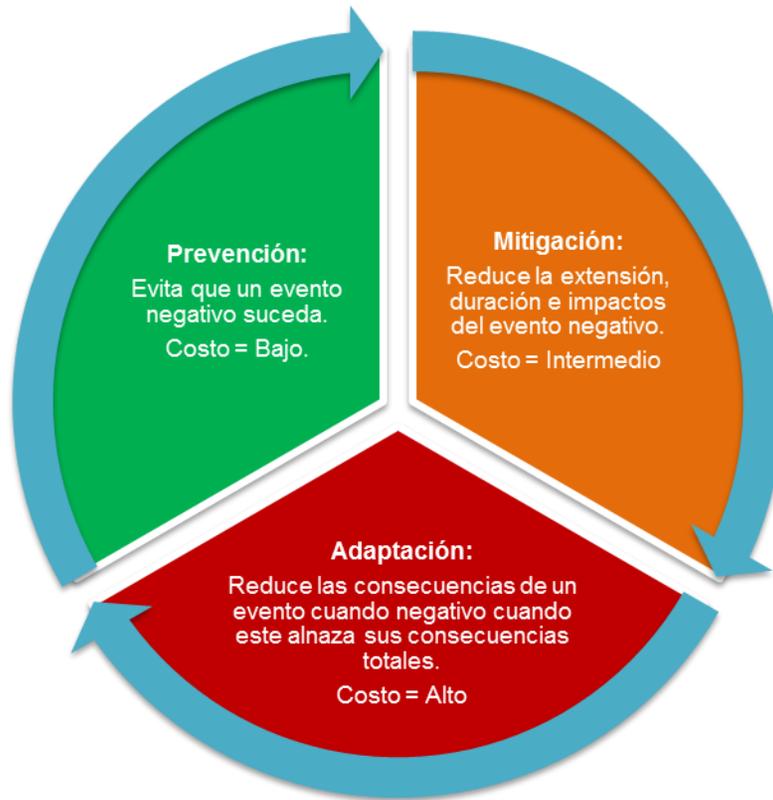


Figura 8. Ejes principales para el manejo de especies invasoras. Modificado de Global Invasive Species Programme 2001.

En la etapa de prevención, se busca evitar el establecimiento de una especie invasora en un área determinada, que en nuestro caso de estudio sería la zona de la REPSA, donde no se han registrado poblaciones de *Columba livia* y *Passer domesticus*. Esta etapa se caracteriza por ser la menos costosa en el largo plazo, ya que al evitar el establecimiento de la especie se evitan las pérdidas asociadas a su presencia. Dentro del margen de acciones que se pueden tomar para garantizar la prevención efectiva se encuentran la educación ambiental, la creación de un marco normativo que evite la introducción de especies invasoras, la realización de análisis de impacto ambiental y la clasificación de especies en base al riesgo potencial que representan para la zona (ver Atlas de Riesgos de la REPSA).

La etapa de mitigación, por otra parte, busca eliminar por completo, o en caso de no ser posible, reducir los niveles poblacionales de especies problema a niveles aceptables. En esta etapa es fundamental identificar la meta de la estrategia planteada; es decir, si se busca erradicar por completo a la especie, o si se busca reducir sus números hasta dónde se consideran aceptables, y la forma en la que se mantendrán estos estándares.

Para el caso de CU, consideramos que dado que las poblaciones de *Columba livia* no presentaron densidades tan altas como en otras ciudades (Haag, 1995) aún no es necesario llegar a la etapa de adaptación, en la que es necesario modificar distintas variables del hábitat. Sin embargo, pensar en la eliminación por completo de las poblaciones de esta especie es complicado, pues como se mencionó con anterioridad, las poblaciones de *Columba livia* de una misma ciudad deben ser consideradas como una sola unidad de manejo.

Tras haber realizado entrevistas a los encargados del patrimonio en CU, observamos que en la actualidad no existe un estimado de los costos económicos de mantenimiento generados por *Columba livia* y *Passer domesticus*. Por lo tanto, el primer paso para una correcta toma de decisiones es el monitoreo. Como se ha visto en otros estudios (Giunchi *et al.* 2012; Haag, 1995; McNeely *et al.* 2001) un monitoreo adecuado brinda la oportunidad de conocer los impactos que se están causando y por lo tanto, se podría identificar el número aceptable de individuos de estas aves que puede albergar CU.

Nuestro monitoreo mostró que las zonas prioritarias de acción son la Biblioteca Central y las zona de Las Islas, sin embargo para la implementación de un plan de manejo exitoso es necesario un monitoreo más completo.

Dentro de las acciones que se podrían tomar para controlar las poblaciones de *Columba livia* en las zonas prioritarias, recomendaríamos la implementación de un manejo integral que involucre acciones mecánicas como: (1) la remoción de nidos y huevos de individuos en los edificios, (2) la modificación del hábitat mediante el remplazo de basureros tradicionales con basureros con trampilla para animales, (3) cambios en los jardines que incluyan la diversificación de las especies de árboles y arbustos nativos, y (4) llevar a cabo una campaña de educación ambiental a fin de evitar la alimentación directa de individuos de estas dos especies. Dado que *Passer domesticus* se encontró en todos los puntos de conteo, creemos que una adaptación del entorno es necesaria para su manejo. Debido a que su presencia se vio fuertemente ligada a la cobertura arbustiva, proponemos la remoción de este tipo de cobertura y su remplazo por cobertura arbórea, a fin de disminuir las poblaciones de esta ave.

Debido a que CU es parte de la ciudad de México, se puede controlar el tamaño de las poblaciones de *Columba livia* y *Passer domesticus* dentro del campus sin tener que sacrificar individuos. Por medio de las medidas mencionadas anteriormente, al modificar el hábitat se puede reducir la calidad que este tiene para ambas especies exóticas, obligándolas a ir a sitios urbanos adyacentes. Este tipo de manejo implica generar sitios menos amistosos para estas dos especies dentro de CU, de los que existen en zonas adyacentes.

## **CONCLUSIONES**

Nuestros resultados muestran que los distintos periodos de actividad humana influyen sobre la manera en la que las aves utilizan los hábitats presentes en CU, lo que puede tener implicaciones importantes para posteriores planes de manejo. La mayoría de las variables consideradas como riesgos, no se comportaron como tal para el caso de *Columba livia* y *Passer domesticus*, lo que sugiere que al ser especies altamente adaptadas a la urbanización respondan a otro tipo de riesgos.

*Columba livia* estuvo presente en 18/30 puntos de conteo dentro de CU, mientras que no se encontró ningún individuo en la reserva. Las densidades más altas se registraron en la zona del Patrimonio, por lo que se recomienda tomar acciones para controlar a su población en esa zona. *Passer domesticus* estuvo presente en 30/30 puntos de conteo dentro de CU, más no detectamos ningún individuo en la reserva. Al tener un efecto negativo sobre la diversidad de aves en el campus y estar ligado directamente a la cobertura arbustiva, recomendamos la remoción de esta última y su remplazo por cobertura arbórea.

Debido a la forma que todas las especies de aves respondieron a la presencia de perros libres, se deberían establecer medidas que controlen su actividad. Los perros libres pueden permitirse solo en áreas abiertas sin árboles, lo que reduzca el uso de estas zonas por palomas y gorriones, y eliminar su presencia de zonas con una estructura de la vegetación más compleja. En zonas donde la vegetación reduce la presencia de *Columba livia* y *Passer domésticus*, podría permitirse la presencia de perros, siempre y cuando estos sean paseados con correa.

Los daños que estas dos especies generan sobre la infraestructura de CU son desconocidos, por lo que se recomienda realizar un muestreo completo, acompañado de una serie de entrevistas al personal de limpieza para obtener una relación del tiempo y esfuerzo invertido para reparar y limpiar estructuras dañadas por estas aves.

Hace falta realizar un muestreo más completo para poder tomar decisiones sobre el tipo de manejo que se piensa implementar, sin embargo, nosotros consideramos que una de las medidas más prácticas y que brindarían mayores beneficios es el remplazo de botes de basura tradicionales por botes de basura con trampillas para animales, que además de reducir la fuente de alimento para las aves, también evitan la presencia de perros y gatos ferales, y ratas y ratones exóticos en el campus, y limita el que la fauna silvestre de la reserva sea atraída hacia la zona urbanizada de CU.

## REFERENCIAS

- Lot, A., M. Pérez Escobedo, G. Gil Alarcón, S. Rodríguez Palacios, P. Camarena. 2012. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Atlas de Riesgos. Secretaría Ejecutiva REPSA, Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.
- Tübke, A., K. Ducatel, J. Gavigan, P. Moncada Paternò-Castello. 2005. The IPTS Report. European Science and Technology Observatory.
- Richard, J. 1992. All about birds Columba, Rock Pigeon (*Columba livia*). In The Birds of North America, No. 13 (A. Poole, Ed.). The Birds of North America Online, Ithaca, New York.
- Lowther, P., C. Cink, 2006. All about birds, House Sparrow (*Passer domesticus*). In The Birds of North America, No. 12 (A. Poole, Ed.). The Birds of North America Online, Ithaca, New York.
- Bergman, D., M. Chandler, A. Locklear, 2000. The Economic Impact of invasive species to wildlife services' cooperators. In Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations . Paper 21.
- Bibby, C., N. Burgess , D. Hill, S. Mustoe. 2003. Bird Census Techniques. Academic Press, London.  
Dirección General de Servicios Generales, Universidad Nacional Autónoma de México, Censo 2007.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Crick, H., R. Robinson, G. Appleton, N. Clark, A. Rickard. 2002. (eds) Investigation into the causes of the decline of starlings and house sparrows in Great Britain. BTO Research Report 290. Defra, London.
- Haag-Wackernagel, D., R. Spiewak. 2004. Human infestation by Pigeon Fleas (*Ceratophyllus columbae*) from Feral Pigeons. In Annals of Agricultural and Environmental Medicine 11. Pp 343-346.
- Haag-Wackernagel, D., H. Moch. 2004. Health hazards posed by feral pigeons. In Journal of Infection 48. Pp 307-313.
- Chamberlain, D., M. Toms, R. Cleary-McHarg, A. Banks. 2007. House sparrow (*Passer domesticus*) habitat use in urbanized landscapes . In Journey of Ornithology 148. Pp 453-462.
- Haag-Wackernagel, D., I. Geigenfeind. 2008. Protecting buildings against feral pigeons. In European Journal of Wildlife Research. Pp 715-721.
- Pimentel, D., R. Zuñiga, D. Morrison. 2004. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. In Ecological Economics 52. Pp 273- 288.

Giunchi, D., V. Gaggini, N. Baldaccini. 2007. Distance sampling as an effective method for monitoring feral pigeon (*Columba livia* f. *domestica*) urban populations. In *Urban Ecosystems* 10. Pp 397-412.

Giunchi, D., Y. Albores-Barajas, N. Baldaccini, L. Vanni, C. Soldatini. 2012. Feral Pigeons: Problems, Dynamics and Control Methods. In *Integrated Pest Management and Pest Control – Current and Future Tactics*, Chapter 10. Pp 215-237.

Dobeic, M., Š. Pintaric, K. Vlahovic, A. Dovc. 2011. Feral pigeon (*Columba livia*) population management in Ljubljana. In *Veterinarski Arhiv* 81. Pp 285-298.

Dunne, P. 2006. *Pete Dunne's essential field guide companion*. Houghton Mifflin, Boston.

Ehrlich, P., D. Dobkin, D. Wheye. 1988. *The birder's handbook*. Simon & Schuster Inc., New York.

Reis, E., G. López-Iborra, R. Torres Pinheiro. 2012. Changes in bird species richness through different levels of urbanization: Implications for biodiversity conservation and garden design in Central Brazil. In *Landscape Urban Planning* 107. Pp 31-42.

Emerton, L., G. Howard. 2008. *A Toolkit for the Economic Analysis of Invasive Species*. Global Invasive Species Programme. Nairobi, Kenya. 110p.

Ferman, L., H. Peter, D. Montalti. 2010. A study of feral pigeon *Columba livia* var. in urban and suburban areas in the city of Jena, Germany. *EN Arxius de Miscel·lània Zoològica* 8. Pp 1-8.

Gallopín, G., H. Vessuri. 2006. Science for sustainable development: articulating knowledges. In *Interfaces between Science and Society*.

Vessuri, H. 2003. Science, politics, and democratic participation in policy-making: a Latin American view. In *Technology in Society* 25. Pp 263-273.

Haag-Wackernagel, D. 1995. Regulations of street pigeon in Basel. In *Wildlife Society Bulletin* 23. Pp 256-260.

MacGregor-Fors, I., J.E. Schondube. 2011. Gray vs. green urbanization: Relative importance of urban features for urban bird communities. *Basic and Applied Ecology* 12. Pp 372–381.

De Laet, J., J.D. Summers-Smith. 2007. The status of the urban house sparrow *Passer domesticus* in north-western Europe: A review. In *Journey of Ornithology* 148, Supplement 2. Pp 275-278.

Buijs, J., J. Van Wijnen. Survey of feral rock doves (*Columba livia*) in Amsterdam, a bird-human association. In *Urban Ecosystems* 5. Pp 235-241.

Van Niekerk, J.H. 2009. Loss of sunflower seeds to columbids in South Africa: economic implications and control measures. In *Ostrich: Journal of African Ornithology* 80. Pp 47-52.

Johnston, R. F., M. Janiga. 1995. *The Feral Pigeons*. Oxford University Press, London.

Bäckstrand, K. 2003. Civic science for sustainability: Reframing the role of experts, policy makers and citizens in environmental governance. In *Global Environmental Politics* 3.

London Assembly Environment Committee. 2005. Crazy paving, the environmental importance of London's front gardens. Greater London Authority, City Hall.

Lorna M., D. Chamberlain, M. Evans. 2008. The House Sparrow *Passer domesticus* in urban areas: reviewing a possible link between post-decline distribution and human socioeconomic status. In *Journey of Ornithology* 149. Pp 293-299.

MacGregor-Fors, I., L. Morales Pérez, J. Quesada, J. E. Schondube . 2009. Relationship between the presence of House Sparrows (*Passer domesticus*) and Neotropical bird community structure and diversity. In *Biological Invasions*.

MacGregor-Fors, I., E. Payton Mark. 2013. Contrasting Diversity Values: Statistical Inferences Based on Overlapping Confidence Intervals. *Plos One* 8:1-4.

Wittingham, M. J., K. L. Evans. 2004. The effects of habitat structure on predation risk of birds in agricultural landscapes. In *Ibis* 146, Supplement 2. Pp 210-220.

McNeely, J.A., H.A. Mooney, L.E. Neville, P. Schei, J.K. Waage. 2001. *A Global Strategy on Invasive Alien Species*. IUCN Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. x + 50 pp.

Rosenzweig, M.L. 2001 . The four questions: What does the introduction of exotic species do to diversity? In *Evolutionary Ecology Research* 3. Pp 361-367.

Navarro, A.G., A.T., Peterson. (2007). *Columba livia* (paloma doméstica) residencia permanente. Distribución potencial. Extraído del proyecto CE015: Mapas de las aves de México basados en Wildlife Worldwide. Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, UNAM & University of Kansas, Museum of Natural History.

Banks, P., J.V. Bryant. 2007. Four-legged friend or foe? Dog walking displaces native birds from natural areas. In *Biology Letters* 3. Pp 611-613.

Clergeau, P., S. Croci, J. Jokimaki, M. Kisanlahti-Jokimaki, M. Dinetti. 2005. Avifauna homogenisation by urbanisation: Analysis at different European latitudes. In *Biological Conservation* 127. Pp 336-344.

Carbó-Ramírez, P., I. Zuria. 2010. The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city. In *Landscape and Urban Planning* 100. Pp 213–222

Posgrado de la Facultad de Ingeniería, 2006. Estudio de generación de Residuos Sólidos en la Ciudad Universitaria. Facultad de Ingeniería, DISyA, DICyG; PUMA y DGOC, UNAM.

Murton, R.K, R. J. P. Thearle, J. Thompson. 1972. Ecological Studies of the Feral Pigeon *Columba livia* var. I. Population, Breeding Biology and Methods of Control. In *Journal of Applied Ecology* 9, No. 3. Pp 835-874.

Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, S. E. (s.f.). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Recuperado el 30 de Junio de 2013 de <http://www.repsa.unam.mx>

Robinson, R., G. Siriwardena, M. Humphrey, Q. P. Crick. 2005. Size and trends of the House Sparrow *Passer domesticus* population in Great Britain. In *Ibis* British Ornithologists' Union 147. Pp 552–562.

Sacchi, R., A. Gentili, E. Razzetti, F. Barbieri. 2001. Effects of building features on density and flock distribution of feral pigeons *Columba livia* var. *domestica* in an urban environment. In NRC Research Press Web Site at <http://cjz.nrc.ca>

Rose, E., P. Nagel, D. Haag-Wackernagel. 2006. Spatio-temporal use of the urban habitat by feral pigeons (*Columba livia*). In *Behavioral Ecology and Sociobiology* 60. Pp 242-254.

Ortega-Álvarez, R., I. MacGregor-Fors. 2008. Living in the big city: Effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. In *Landscape and Urban Planning* 90. Pp 189–195.

Ortega-Álvarez, R., I. MacGregor-Fors. 2010. What matters most? Relative effect of urban habitat traits and hazards on urban park birds. En *Ornitología Neotropical* 21. Pp 519-533.

Salgado Goyena, E. 2012. Los macroparásitos digestivos de la paloma (*Columba livia*) como biomonitores de contaminación ambiental por metales. Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, Tesis de Doctorado.

Sarukhán, J., J. Carabias, P. Koleff, T. Urquiza-Haas. 2012. *Capital Natural de México: Acciones estratégicas para su valoración, preservación y recuperación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Senar, J. C., J. Carrillo, L. Arroyo, T. Montalvo, V. Peracho. 2009. Estima de la abundancia de palomas (*Columba livia* var.) de la ciudad de Barcelona y valoración de la efectividad del control por eliminación de individuos. En *Arxius de Miscel·lànea Zoològica* 7. Pp 62-71.

Shine, C. 2008. *A Toolkit for Developing Legal and Institutional Frameworks for Invasive Alien Species*. Global Invasive Species Programme. Nairobi, Kenya. 120p.

Fontana, S., T. Sattler, F. Bontadina, M. Moretti. 2011. How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure. In *Landscape and Urban Planning* 101. Pp 278–285.

Sistema de Información Cultural. 2010. Campus Central de Ciudad Universitaria de la UNAM. Recuperado el 5 de Julio de 2013, de [http://www.sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=patrimonio\\_humanidad&table\\_id=31](http://www.sic.conaculta.gob.mx/ficha.php?table=patrimonio_humanidad&table_id=31)

USGS Patuxent Wildlife Research Center. 2011. *Longevity Records of North American Birds*.

Wittenberg, R., M.J.W. Cock (eds.). 2001. *Especies exóticas invasoras: Una guía sobre las mejores prácticas de prevención y gestión*. CAB Internacional, Wallingford, Oxon, Reino Unido, Pp 17- 228.

## ANEXOS

### Anexo1. Listado de Especies detectadas en los muestreos.

Nombre Científico	CU	RESERVA	AMBOS
<i>Passerculus sandwichensis</i>	X		
<i>Accipiter striatus</i>	X		
<i>Amazilia beryllina</i>			X
<i>Aphelcoma ultramarina</i>	X		
<i>Aphelcoma californica</i>		X	
<i>Arremon virenticeps</i>		X	
<i>Basileuterus Rufifrons</i>		X	
<i>Campylorhynchus gularis</i>	X		
<i>Cardellina pusilla</i>			X
<i>Catherpes mexicanus</i>		X	
<i>Charadrius vociferus</i>	X		
<i>Chondestes grammacus</i>	X		
<i>Columba livia</i>	X		
<i>Columbina inca</i>	X		
<i>Contopus pertinax</i>			X
<i>Cyananthus latirostris</i>			X
<i>Setophaga Occidentalis</i>	X		
<i>Empidonax fulvifrons</i>	X		
<i>Empidonax occidentalis</i>		X	
<i>Fulica americana</i>		X	
<i>Gallinula galeata</i>		X	
<i>Haemorhous mexicanus</i>			X
<i>Hirundo rustica</i>			X
<i>Icterus Abeilei</i>			X
<i>Lanius ludovicianus</i>	X		
<i>Melanotis caerulescens</i>	X		
<i>Melospiza melodia</i>			X
<i>Melozone fusca</i>			X
<i>Mniotilta varia</i>	X		
<i>Molothrus aeneus</i>	X		
<i>Myiarchus cinerascens</i>		X	
<i>Myiopsitta monachus</i>			
<i>Oreothlypis celata</i>			X
<i>Oreothlypis ruficapila</i>			X
<i>Passerina caerulea</i>		X	
<i>Passer domesticus</i>	X		
<i>Pheuticus melanocephalus</i>			X
<i>Picoides scalaris</i>			X
<i>Piranga ludoviciana</i>		X	
<i>Piranga rubra</i>	X		

Nombre Científico	CU	RESERVA	AMBOS
Pitangus sulphuratus	X		
Polioptila caerulea			X
Psaltriparus minimus			X
Ptilogonys cinereus			X
Pyrocephalus rubinus			X
Quiscalus mexicanus	X		
Regulus calendula	X		
Setophaga coronata			X
Setophaga townsendi	X		
Spinus psaltria			X
Spizella passerina	X		
Thryomanes bewicki			X
Toxostoma curvirostre			X
Troglodytes aedon	X		
Turdus migratorius			X
Turdus rufopalliatu	X		
Tyrannus vociferans			X
Vireo solitarius	X		
Zenaida macroura	X		
Total de Especies	25	10	23

Figura 5a. Zona 1 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuos de la especie *Columba livia*, así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Punto	Nombre	Tratamiento	No. Palomas	Punto	Nombre	Tratamiento	No. Palomas
1	Biblioteca CU	ES	10	7	Copy UNAM	ES	2
1	Biblioteca CU	FDS	3	7	Copy UNAM	FDS	2
1	Biblioteca CU	VAC	48	7	Copy UNAM	VAC	0
2	Isias 1	ES	3	8	Arquitectura	ES	0
2	Isias 1	FDS	5	8	Arquitectura	FDS	0
2	Isias 1	VAC	6	8	Arquitectura	VAC	0
3	Isias 2	ES	8	9	Estadio	ES	0
3	Isias 2	FDS	5	9	Estadio	FDS	0
3	Isias 2	VAC	2	9	Estadio	VAC	0
4	Canchas de Basquet	ES	0	21	CELE	ES	0
4	Canchas de Basquet	FDS	1	21	CELE	FDS	0
4	Canchas de Basquet	VAC	4	21	CELE	VAC	0
5	Medicina	ES	0	30	Patio Isias	ES	2
5	Medicina	FDS	0	30	Patio Isias	FDS	0
5	Medicina	VAC	5	30	Patio Isias	VAC	0
6	IMAS	ES	0				
6	IMAS	FDS	0				
6	IMAS	VAC	2				

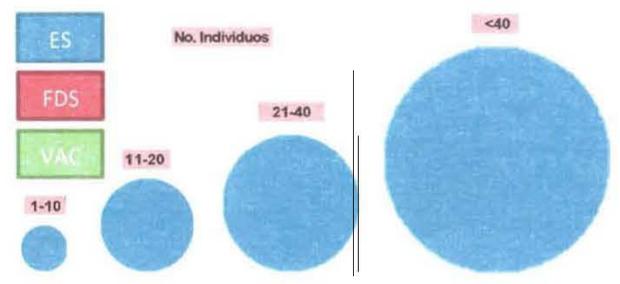
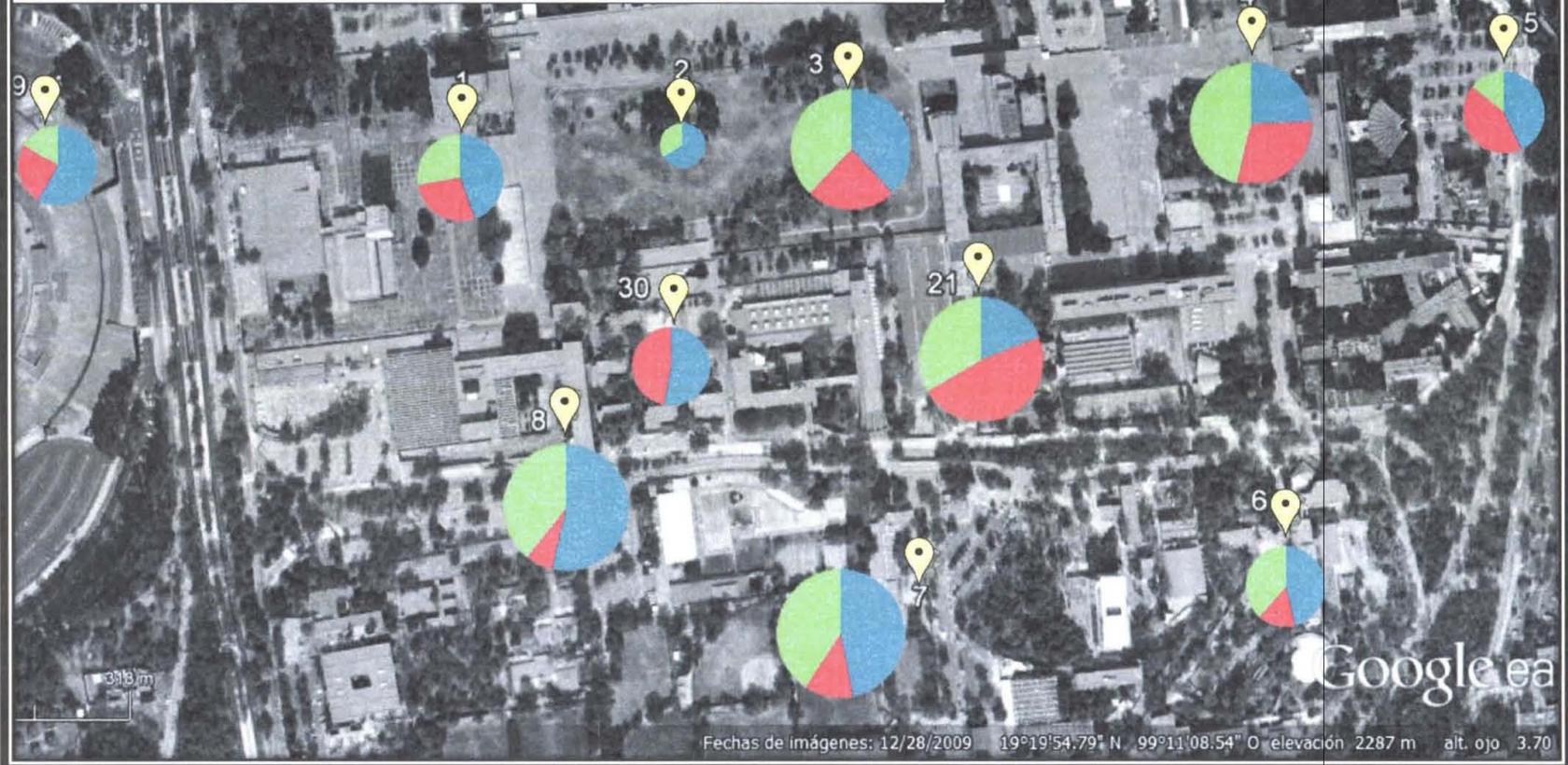


Figura 5b. Zona 1 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuos de la especie *Passer domesticus*, así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Fechas de imágenes: 12/28/2009 19°19'54.79" N 99°11'08.54" O elevación 2287 m alt. ojo 3.70

Punto	Nombre	Tratamiento	No. Passer	Punto	Nombre	Tratamiento	No. Passer
1	Biblioteca CU	ES	8	7	Copy UNAM	ES	15
1	Biblioteca CU	FDS	5	7	Copy UNAM	FDS	4
1	Biblioteca CU	VAC	5	7	Copy UNAM	VAC	13
2	Islas 1	ES	2	8	Arquitectura	ES	15
2	Islas 1	FDS	0	8	Arquitectura	FDS	2
2	Islas 1	VAC	1	8	Arquitectura	VAC	11
3	Islas 2	ES	11	9	Estadio	ES	7
3	Islas 2	FDS	7	9	Estadio	FDS	3
3	Islas 2	VAC	11	9	Estadio	VAC	2
4	Canchas de Basquet	ES	9	21	CELE	ES	4
4	Canchas de Basquet	FDS	11	21	CELE	FDS	10
4	Canchas de Basquet	VAC	17	21	CELE	VAC	7
5	Medicina	ES	6	30	Pato Islas	ES	9
5	Medicina	FDS	6	30	Pato Islas	FDS	8
5	Medicina	VAC	2	30	Pato Islas	VAC	8
6	IMAS	ES	6				
6	IMAS	FDS	2				
6	IMAS	VAC	5				

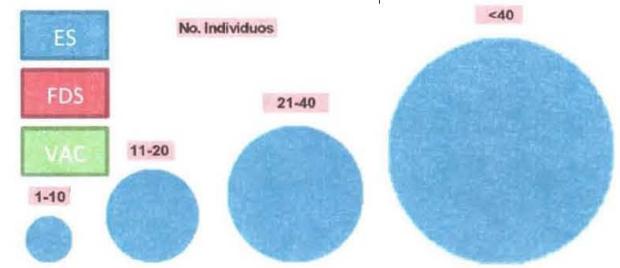


Figura 5c. Zona 1 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuo del resto de las especies de aves (excluyendo a *Columba livia* y a *Passer domesticus*), así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Punto	Nombre	Tratamiento	Otras Aves	Punto	Nombre	Tratamiento	Otras Aves
1	Biblioteca CU	ES	24	7	Copy UNAM	ES	16
1	Biblioteca CU	FDS	4	7	Copy UNAM	FDS	11
1	Biblioteca CU	VAC	2	7	Copy UNAM	VAC	5
2	Islas 1	ES	15	8	Arquitectura	ES	1
2	Islas 1	FDS	5	8	Arquitectura	FDS	1
2	Islas 1	VAC	29	8	Arquitectura	VAC	9
3	Islas 2	ES	1	9	Estadio	ES	2
3	Islas 2	FDS	2	9	Estadio	FDS	10
3	Islas 2	VAC	7	9	Estadio	VAC	4
4	Canchas de Basquet	ES	4	21	CELE	ES	5
4	Canchas de Basquet	FDS	4	21	CELE	FDS	2
4	Canchas de Basquet	VAC	6	21	CELE	VAC	7
5	Medicina	ES	15	30	Patio Islas	ES	8
5	Medicina	FDS	7	30	Patio Islas	FDS	5
5	Medicina	VAC	11	30	Patio Islas	VAC	5
6	IMAS	ES	16				
6	IMAS	FDS	7				
6	IMAS	VAC	7				

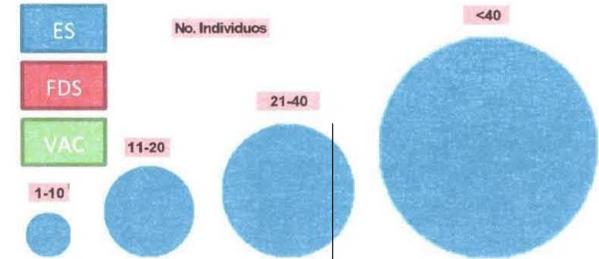


Figura 6a. Zona 2 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuos de la especie *Columba livia*, así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Punto	Nombre	Tratamiento	No. Columba	Punto	Nombre	Tratamiento	No. Columba
10	Cancha Americano	ES	0	16	Edificio Física	ES	0
10	Cancha Americano	FDS	0	16	Edificio Física	FDS	0
10	Cancha Americano	VAC	0	16	Edificio Física	VAC	1
11	Ruta Ciclista	ES	2	17	Instituto Química	ES	2
11	Ruta Ciclista	FDS	1	17	Instituto Química	FDS	1
11	Ruta Ciclista	VAC	3	17	Instituto Química	VAC	1
12	Fac Ingeniería	ES	0	18	Geografía	ES	0
12	Fac Ingeniería	FDS	1	18	Geografía	FDS	0
12	Fac Ingeniería	VAC	3	18	Geografía	VAC	4
13	Cafeteria	ES	0	19	Facultad de Veterinaria	ES	0
13	Cafeteria	FDS	0	19	Facultad de Veterinaria	FDS	0
13	Cafeteria	VAC	0	19	Facultad de Veterinaria	VAC	0
14	Fac Ciencias	ES	0	20	Edificio 3 Veterinaria	ES	1
14	Fac Ciencias	FDS	2	20	Edificio 3 Veterinaria	FDS	0
14	Fac Ciencias	VAC	9	20	Edificio 3 Veterinaria	VAC	0
15	Andador	ES	0				
15	Andador	FDS	0				
15	Andador	VAC	0				

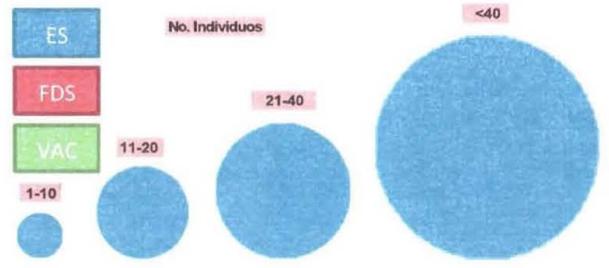


Figura 6b. Zona 2 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuos de la especie *Passer domesticus*, así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Punto	Nombre	Tratamiento	No. Passer	Punto	Nombre	Tratamiento	No. Passer
10	Cancha Americano	ES	1	16	Edificio Fisica	ES	11
10	Cancha Americano	FDS	0	16	Edificio Fisica	FDS	5
10	Cancha Americano	VAC	4	16	Edificio Fisica	VAC	4
11	Ruta Ciclista	ES	5	17	Instituto Quimica	ES	6
11	Ruta Ciclista	FDS	2	17	Instituto Quimica	FDS	2
11	Ruta Ciclista	VAC	3	17	Instituto Quimica	VAC	6
12	Fac. Ingenieria	ES	10	18	Geografia	ES	3
12	Fac. Ingenieria	FDS	2	18	Geografia	FDS	0
12	Fac. Ingenieria	VAC	8	18	Geografia	VAC	5
13	Cafeteria	ES	4	19	Facultad de Veterinaria	ES	9
13	Cafeteria	FDS	2	19	Facultad de Veterinaria	FDS	2
13	Cafeteria	VAC	14	19	Facultad de Veterinaria	VAC	2
14	Fac. Ciencias	ES	20	20	Edificio 3 Veterinaria	ES	12
14	Fac. Ciencias	FDS	8	20	Edificio 3 Veterinaria	FDS	5
14	Fac. Ciencias	VAC	11	20	Edificio 3 Veterinaria	VAC	13
15	Andador	ES	0				
15	Andador	FDS	0				
15	Andador	VAC	2				

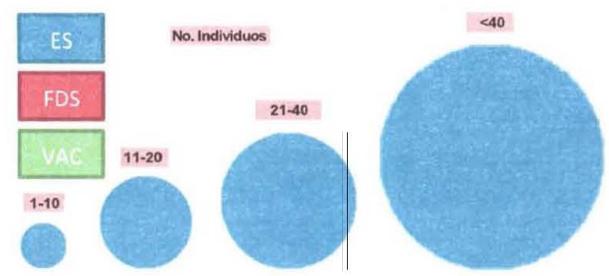
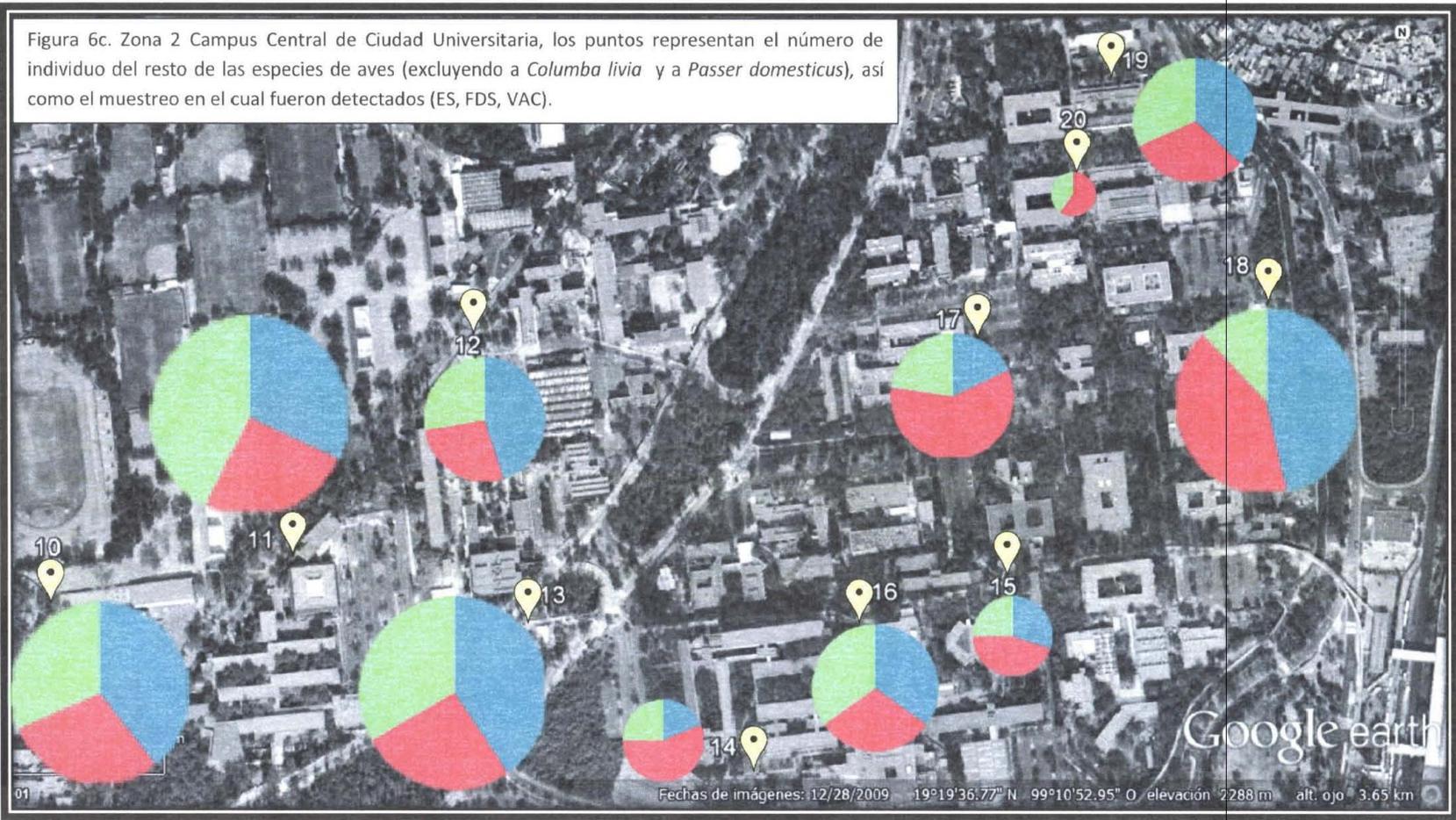


Figura 6c. Zona 2 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuo del resto de las especies de aves (excluyendo a *Columba livia* y a *Passer domesticus*), así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Punto	Nombre	Tratamiento	Otras aves	Punto	Nombre	Tratamiento	Otras aves
10	Cancha Americano	ES	20	16	Edificio Fisica	ES	8
10	Cancha Americano	FDS	15	16	Edificio Fisica	FDS	7
10	Cancha Americano	VAC	16	16	Edificio Fisica	VAC	8
11	Ruta Ciclista	ES	15	17	Instituto Quimica	ES	4
11	Ruta Ciclista	FDS	12	17	Instituto Quimica	FDS	13
11	Ruta Ciclista	VAC	20	17	Instituto Quimica	VAC	5
12	Fac Ingenieria	ES	13	18	Geografia	ES	19
12	Fac Ingenieria	FDS	8	18	Geografia	FDS	17
12	Fac Ingenieria	VAC	8	18	Geografia	VAC	5
13	Cafeteria	ES	17	19	Facultad de Veterinaria	ES	14
13	Cafeteria	FDS	11	19	Facultad de Veterinaria	FDS	12
13	Cafeteria	VAC	14	19	Facultad de Veterinaria	VAC	12
14	Fac Ciencias	ES	3	20	Edificio 3 Veterinaria	ES	0
14	Fac Ciencias	FDS	9	20	Edificio 3 Veterinaria	FDS	3
14	Fac Ciencias	VAC	4	20	Edificio 3 Veterinaria	VAC	2
15	Andador	ES	6				
15	Andador	FDS	9				
15	Andador	VAC	5				

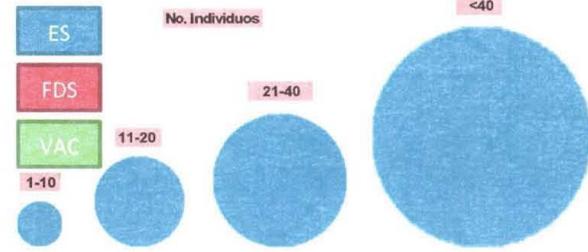
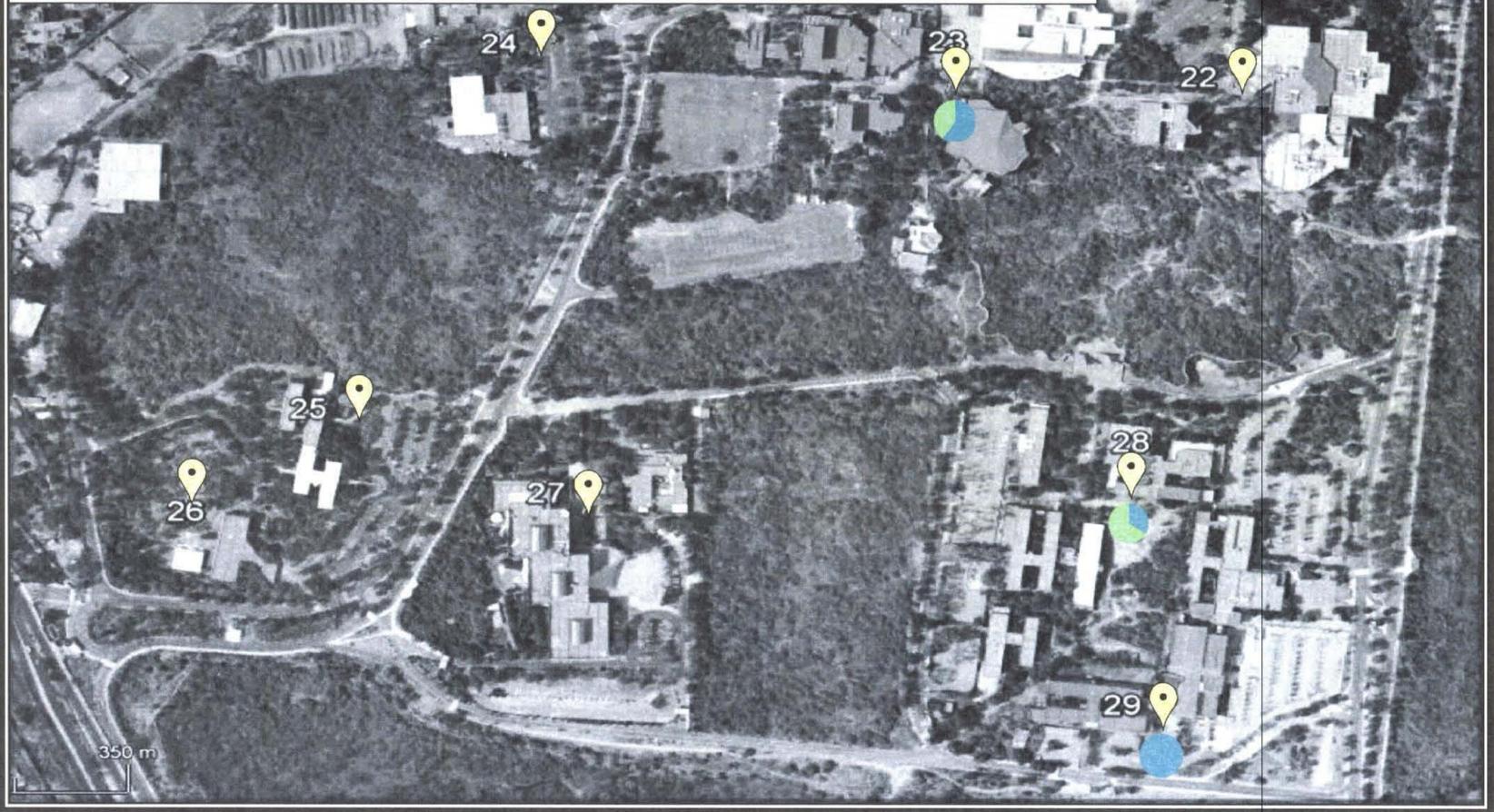


Figura 7a. Zona 3 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuos de la especie *Columba livia*, así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Punto	Nombre	Tratamiento	No. Palomas	Punto	Nombre	Tratamiento	No. Palomas
22	Hemeroteca	ES	0	26	Estacionamiento DGAPA	ES	0
22	Hemeroteca	FDS	0	26	Estacionamiento DGAPA	FDS	0
22	Hemeroteca	VAC	0	26	Estacionamiento DGAPA	VAC	0
23	Sala Neza	ES	3	27	Universum	ES	0
23	Sala Neza	FDS	0	27	Universum	FDS	0
23	Sala Neza	VAC	2	27	Universum	VAC	0
24	Coordinación de Estudios	ES	0	28	Filológicas	ES	1
24	Coordinación de Estudios	FDS	0	28	Filológicas	FDS	0
24	Coordinación de Estudios	VAC	0	28	Filológicas	VAC	2
25	DGAPA	ES	0	29	Estacionamiento Economía	ES	1
25	DGAPA	FDS	0	29	Estacionamiento Economía	FDS	0
25	DGAPA	VAC	0	29	Estacionamiento Economía	VAC	0

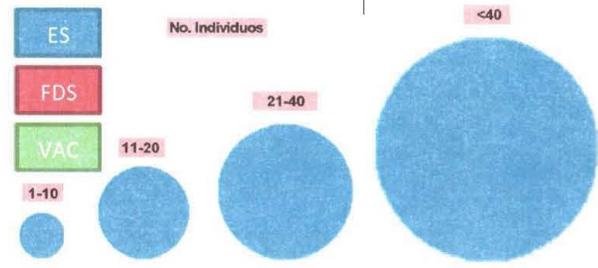


Figura 7b. Zona 3 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuos de la especie *Passer domesticus*, así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Punto	Nombre	Tratamiento	No. Passer
22	Hemeroteca	ES	15
22	Hemeroteca	FDS	5
22	Hemeroteca	VAC	3
23	Sala Neza	ES	5
23	Sala Neza	FDS	5
23	Sala Neza	VAC	3
24	Coordinación de Estudios	ES	13
24	Coordinación de Estudios	FDS	6
24	Coordinación de Estudios	VAC	2
25	DGAPA	ES	2
25	DGAPA	FDS	1
25	DGAPA	VAC	0

Punto	Nombre	Tratamiento	No. Passer
26	Estacionamiento DGAPA	ES	6
26	Estacionamiento DGAPA	FDS	14
26	Estacionamiento DGAPA	VAC	14
27	Universum	ES	29
27	Universum	FDS	17
27	Universum	VAC	21
28	Filológicas	ES	13
28	Filológicas	FDS	7
28	Filológicas	VAC	9
29	Estacionamiento Economía	ES	5
29	Estacionamiento Economía	FDS	2
29	Estacionamiento Economía	VAC	

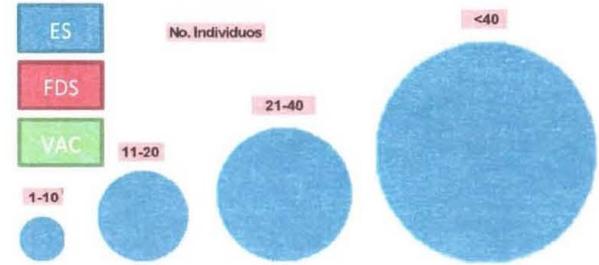
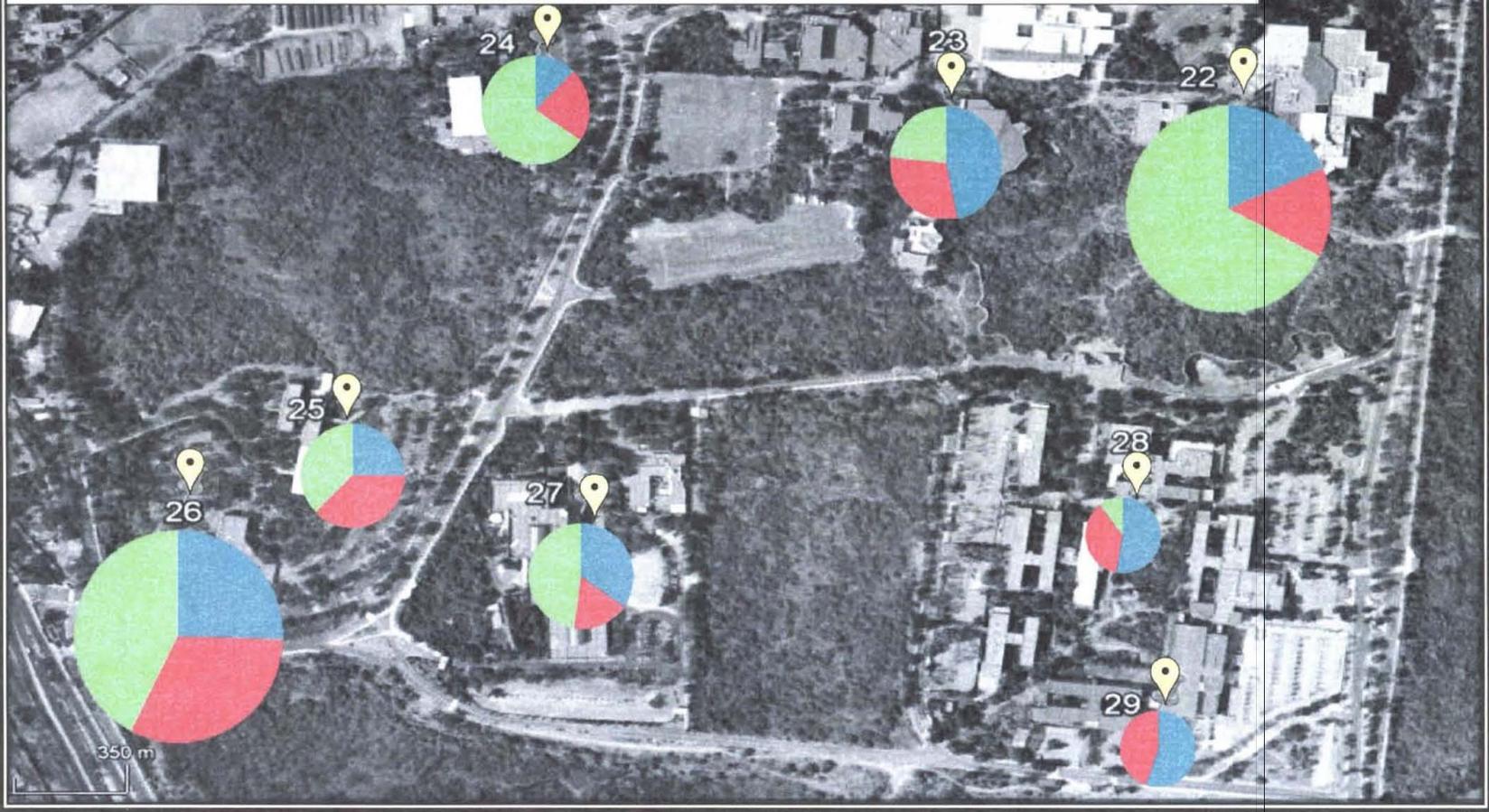


Figura 7c. Zona 3 Campus Central de Ciudad Universitaria, los puntos representan el número de individuo del resto de las especies de aves (excluyendo a *Columba livia* y a *Passer domesticus*), así como el muestreo en el cual fueron detectados (ES, FDS, VAC).



Punto	Nombre	Tratamiento	Otras aves	Punto	Nombre	Tratamiento	Otras aves
22	Hemeroteca	ES	8	26	Estacionamiento DGAPA	ES	12
22	Hemeroteca	FDS	6	26	Estacionamiento DGAPA	FDS	15
22	Hemeroteca	VAC	29	26	Estacionamiento DGAPA	VAC	20
23	Sala Neza	ES	14	27	Universum	ES	8
23	Sala Neza	FDS	9	27	Universum	FDS	4
23	Sala Neza	VAC	7	27	Universum	VAC	11
24	Coordinación de Estudios	ES	4	28	Filológicas	ES	10
24	Coordinación de Estudios	FDS	7	28	Filológicas	FDS	7
24	Coordinación de Estudios	VAC	21	28	Filológicas	VAC	2
25	DGAPA	ES	6	29	Estacionamiento Economía	ES	11
25	DGAPA	FDS	9	29	Estacionamiento Economía	FDS	9
25	DGAPA	VAC	9	29	Estacionamiento Economía	VAC	9

