



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE
LA POBLACIÓN Y USO DE HÁBITAT DEL ZORZAL
COLA RUFÁ (*Catharus guttatus*) Y EL CHIPE GORRA
RUFÁ (*Basileuterus rufifrons*) EN EL PARQUE ESTATAL
SIERRA DE TEPOTZOTLÁN, ESTADO DE MÉXICO

OSCAR SAAVEDRA ALPÍZAR

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2009

La presente tesis titulada: **CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN Y USO DE HÁBITAT DEL ZORZAL COLA RUFA (*Catharus guttatus*) Y EL CHIPE GORRA RUFA (*Basileuterus rufifrons*) EN EL PARQUE ESTATAL SIERRA DE TEPOTZOTLÁN, ESTADO DE MÉXICO**, realizada por el alumno: **OSCAR SAAVEDRA ALPÍZAR**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

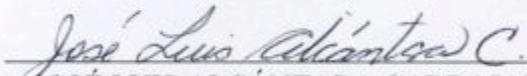
MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

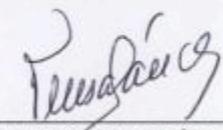
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


Dr. JOSÉ LUIS ALCÁNTARA CARBAJAL

ASESOR


Dr. MARÍA TERESA SÁNCHEZ-TORRES ESQUEDA

ASESOR


Dr. LAURO LÓPEZ MATA

ASESOR


Dr. ARTURO SALAME MENDEZ

Montecillo, Texcoco, Edo. de México 2009

CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN Y USO DE HÁBITAT DEL ZORZAL COLA RUFÁ (*Catharus guttatus*) Y EL CHIPE GORRA RUFÁ (*Basileuterus rufifrons*) EN EL PARQUE ESTATAL SIERRA DE TEPOTZOTLÁN, ESTADO DE MÉXICO.

Oscar Saavedra Alpízar, MC.
Colegio de Posgraduados, 2009.

La calidad del hábitat de muchas especies animales podría ser mejor evaluada mediante características poblacionales diferentes a la abundancia, dado que ésta puede ser engañosa. En este estudio se contrastó la proporción de sexos, la estructura de edades y algunos índices de condición corporal, como indicadores de la calidad del hábitat de dos aves de sotobosque comunes durante el invierno en las zonas montañosas del Valle de México: el zorzal cola rufa (*Catharus guttatus*), una ave migratoria y estenotópica, y el chipe gorra rufa (*Basileuterus rufifrons*), residente y generalista de hábitat. Se capturaron y anillaron aves mediante una estrategia de esfuerzo constante con redes de niebla, de octubre de 2007 a abril de 2008, en una parcela de 20 ha de bosque de encino en el Parque Sierra de Tepotzotlán, Estado de México. En el zorzal, la densidad más baja fue en noviembre (3 individuos/20 ha) y la más alta en marzo (40 individuos/20 ha); los machos adultos (50 %) abundaron sobre los juveniles del mismo sexo (29 %) y las hembras jóvenes y adultas (7 y 14 %, respectivamente); la condición corporal en la población, en cambio, fue constante. En el chipe la mayor densidad poblacional fue en noviembre (33 individuos/20 ha), disminuyó en febrero y prácticamente no se le detectó a partir de marzo; los machos adultos (47 %) predominaron, seguidos por hembras adultas (33 %) y machos y hembras jóvenes (13 y 7 %); la condición corporal en el chipe tampoco cambió. La estructura poblacional del zorzal puede explicarse mediante la hipótesis de que los individuos jerárquicamente dominantes en especies territoriales ocupan los mejores sitios, pero el aumento numérico de la población hacia la segunda mitad del invierno podría estar asociado a la disponibilidad de frutos o a actividad migratoria temprana. En el chipe, la estructura poblacional y cambios en la densidad detectados podrían estar relacionados con un uso oportunista del hábitat boscoso. Por consiguiente, la estructura poblacional puede ser utilizada conjuntamente con el tamaño de la población para valorar detalladamente la calidad del hábitat en estas especies.

Palabras clave: calidad del hábitat, estructura de edades, proporción de sexos, condición corporal, abundancia.

CARACTERIZATION OF THE POPULATION STRUCTURE AND HABITAT USE OF HERMIT THRUSH (*CATHARUS GUTTATUS*) AND RUFIOUS-CAPPED WARBLER (*BASILEUTERUS RUFIFRONS*) IN SIERRA DE TEPOTZOTLAN PARK, STATE OF MEXICO

Oscar Saavedra Alpízar, M.C.
Colegio de Posgraduados, 2009.

Habitat quality for many animal species could be better assessed by different population characteristics other than abundance, because this latter can be misleading. This study compared sex ratio, age structure and some indices of body condition, as indicators of habitat quality, for two common understory birds during winter in the mountainous areas of the Valley of Mexico: the Hermit Thrush (*Catharus guttatus*), a migratory and stenotopic bird, and the Rufous-capped Warbler (*Basileuterus rufifrons*), a resident and habitat generalist one. Birds were caught and banded through a constant effort mist-net strategy from October 2007 to April 2008, on a 20-ha plot of oak forest in Sierra de Tepotzotlán Park, State of Mexico. Hermit Thrush density was lowest in November (3 individuals/20 ha) and highest in March (40 individuals/20 ha); adult males (50 %) prevailed over juveniles of the same sex (29 %), and both young and adult females (7 and 14 %, respectively); body condition in the thrush population, however, was constant. Rufous-capped Warbler population density was at its highest in November (33 individuals/20 ha), declined in February and almost no bird was detected by March; adult males (47 %) were the most abundant, followed by adult females (33 %), and male and female juveniles (13 and 7 %); body condition in the Warbler did not change either. Population structure of the thrush can be explained by means of the hypothesis that the hierarchically dominant individuals in territorial species occupy the better places, but the overall population numerical increase towards the second half of the winter may be associated to fruit availability or to early migratory activity. In the warbler, the population structure and changes in the density could be related to an opportunistic use of forest habitat. Consequently, population structure can be used in conjunction with the population size to assess in detail habitat quality of these species.

Key words: habitat quality, age structure, sex ratio, corporal condition, abundance.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, por brindarme una segunda oportunidad para resurgir después de tocar un fondo devastador; gracias por dotarme de una capacidad y permitirme alcanzar esta meta.

Al mejor líder que he conocido: mi madre, gracias por toda la paciencia, amor y tolerancia que me ha dado en cada momento, por ser siempre una mujer ejemplar y enseñarme los valores de la lealtad y la perseverancia.

A mi padre, por todos esos momentos de cariño, por enseñarme a creer y a luchar por mis sueños y por todas esas palabras de confianza, paz y serenidad.

A mi hermana Alma Delia por ser un ejemplo de superación personal, éxito y humildad; por ser siempre un buen ser humano que me ha brindado la ayuda en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi hermana Celeste, por todo el apoyo y cariño que me ha brindado para poder continuar y finalizar mis metas.

A mi hermano Alejandro, por todo el apoyo y tolerancia que ha tenido para poder continuar y finalizar mis metas.

Al Dr. José Luis Alcántara Carbajal, por todas sus enseñanzas, por sus consejos y por guiarme académicamente hasta alcanzar este grado.

Al Dr. Arturo Salame Méndez por toda su contribución y dedicación aportada en esta investigación, así mismo por todos los consejos para mi desarrollo profesional y sus palabras de motivación, por su amable orientación y su gran amistad.

Al Dr. José Herrera Haro, por todas sus enseñanzas académicas y de la vida, por la amistad brindada, y por todos los consejos, sugerencias y toda la motivación que ha generado en un servidor y en mis compañeros.

A la Doctora Teresa Sánchez-Torres Esqueda, por su asesoría y noble atención a lo largo de mi permanecía en esta institución; gracias por su sentido humano y la humildad con la que nos transmite a sus alumnos todos sus conocimientos.

Al Dr. Lauro López Mata, por sus contribuciones y asesoría durante el desarrollo de esta investigación, por todos los conocimientos y sugerencias para el éxito en el desarrollo profesional de un servidor y de mis compañeros.

A mi padrino Alfredo, por todas sus sugerencias y motivarme a seguir siempre hacia delante, enfrentando con humildad y nobleza los obstáculos de la vida; gracias por la comprensión y amistad que me ha brindado.

Al grupo Pirámides por darme la mano en los momentos más difíciles y por toda la comprensión, el cariño y amistad incondicionales de todos sus integrantes.

Al grupo La razón de vivir, por devolverme la fe para enfrentar en la vida y no retroceder ante la adversidad, así como por la enseñanza de valores humanos para mi desarrollo en la sociedad.

Al grupo Lomas, por toda la amistad, sugerencias y por todo el apoyo para mi superación personal y profesional.

Al grupo las manzanas, por enseñarme la importancia del servicio humano y profesional a mis semejantes, por tenderme la mano y el apoyo sincero en las situaciones más adversas y brindarme la oportunidad de seguir conociéndome para crecer como persona.

Al Consejo nacional de ciencia y tecnología (CONACYT) y al Consejo mexiquense de ciencia y tecnología (COMECYT) por todo el apoyo y el financiamiento para poder continuar con mis estudios y concluir exitosamente la investigación para el desarrollo de esta tesis.

DEDICATORIA

A dios, quien me da la oportunidad de vivir y brinda nuevas oportunidades y bendiciones.

A mi madre, por todo el sacrificio que ha hecho por mí y ser un ejemplo de superación y humildad.

A mi padre, pues a pesar de la distancia yo se que siempre confía en mí; siempre tendré su apoyo incondicional.

A mis hermanos: Alma Delia, quien siempre ha sido para mí un ejemplo a seguir no solo como hermano también como ciudadano y como profesional; a Celeste y Alejandro gracias por demostrarme su amor y cariño, que este humilde detalle sea para su motivación, no dejen de superarse y luchar por sus sueños.

A toda la comunidad de Alcohólicos Anónimos, donde encontré la verdadera amistad y lealtad, este logró es un fruto de todo el esfuerzo de mis compañeros y de la acción de nuestros tres legados: unidad, servicio y recuperación.

A mis amigos de la UACH, con quienes pase los momentos más alegres y mágicos de mi vida; porque siempre no hemos apoyado hombro con hombro.

CONTENIDO

Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Agradecimientos.....	v
Agradecimientos.....	vii
Lista de figuras.....	x
Lista de cuadros.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS Y HIPÓTESIS.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos particulares.....	5
2.3. Hipótesis.....	5
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
3.1. Calidad del hábitat y crisis de los bosques del Valle de México.....	7
3.2. Chipe gorra rufa y zorzal cola rufa.....	9
3.3. Evaluación de la calidad del hábitat en aves.....	10
3.3.1. Uso de variables demográficas y caracterización de la estructura de la población.....	10
3.3.2. Condición física de los individuos y calidad del hábitat.....	16
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
4.1. Área de estudio.....	18
4.2. Muestreo de aves.....	20
4.3. Muestreo de vegetación.....	21
4.4. Fenología de la pica (<i>Monnina xalapensis</i>).....	22
4.5. Colecta de heces y cuantificación de las concentraciones hormonales.....	23
4.5.1. Progesterona (P4).....	24
4.5.2. Estradiol (E2).....	24
4.5.3. Testosterona (T).....	25
4.6. Análisis de datos.....	25
4.6.1. Determinación del sexo mediante concentraciones hormonales en <i>Catharus guttatus</i> y <i>Basileuterus rufifrons</i>	25
4.6.2. Determinación del tamaño y estructura de la población.....	26
4.6.3. Caracterización del hábitat de <i>Catharus guttatus</i> y <i>Basileuterus rufifrons</i>	31
4.6.4. Índice de condición corporal (ICC).....	33

5. RESULTADOS.....	36
5.1. Zorzal cola rufa.....	36
5.1.1. Determinación del sexo.....	36
5.1.2. Estructura de la población.....	38
5.1.3. Caracterización del hábitat del zorzal cola rufa.....	42
5.1.4. Índices de condición corporal.....	44
5.2. Chipe gorra rufa.....	47
5.2.1. Identificación del sexo.....	47
5.2.2. Estructura de la población.....	49
5.2.3. Caracterización del hábitat del chipe gorra rufa.....	53
5.2.4. Índices de condición corporal.....	54
6. DISCUSIÓN.....	58
6.1. Calidad del hábitat par el zorzal cola rufa.....	58
6.2. Calidad del hábitat para el chipe gorra rufa.....	64
7. CONCLUSIONES.....	71
8. LITERATURA CITADA.....	72
9. ANEXOS.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del parque estatal Sierra de Tepotzotlán y del centro ecoturístico y de educación ambiental Arcos del sitio (Mapa elaborado por Oscar Saavedra Alpízar).....	19
Figura 2. Parcelas para muestreo de vegetación establecidas en el bosque de encino (tomado de Noon, 1981).....	22
Figura 3. Concentraciones promedio de estradiol en individuos de los grupos A (aparentemente machos) y B (presumiblemente hembras) del zorzal cola rufa en una parcela de bosque del Parque Sierra de Tepotzotlán.....	36
Figura 4. Concentraciones promedio de testosterona en individuos del grupo A (machos) y grupo B (hembras) del zorzal cola rufa de una parcela de bosque en Sierra de Tepotzotlán.....	37
Figura 5 Concentraciones promedio de progesterona en individuos del grupo A (machos) y grupo B (hembras) del zorzal cola rufa de una parcela de bosque en Sierra de Tepotzotlán.....	37
Figura 6. Abundancia relativa (individuos/100 horas red) del zorzal cola rufa en Sierra de Tepotzotlán durante la invernada.....	38
Figura 7. Grafico de la densidad poblacional del zorzal cola rufa estimada por el método de Jolly y Seber (Mt = número de individuos/20 ha) para una parcelade bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán.....	39
Figura 8. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en <i>Catharus guttatus</i> en el periodo invernal en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán ($n_f= 28$).....	40
Figura 9. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en <i>Catharus guttatus</i> empleando unicamente los datos de las recapturas ($m_f= 6$) de una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán.....	41
Figura 10. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en <i>Catharus guttatus</i> durante la etapa de invierno temprano en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán ($n= 6$).....	41
Figura 11. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en <i>Catharus guttatus</i> durante la etapa de invierno tardío en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán ($n = 27$).....	42
Figura 12. Proporción de plantas (ejemplares) de la pica con frutos maduros.....	44
Figura 13. Relación de las tendencias de la fructificación de la pica y la abundancia relativa del zorzal cola rufa para los meses del periodo de estudio.....	44

Figura 14. Índices de condición corporal (g/mm) mensuales promedio estimados mediante el método de Lucas <i>et al.</i> (2006) para la población de zorzal cola rufa a lo largo de la invernada (n=27) en una parcela de bosque en Sierra de Tepetzotlán.....	45
Figura 15. Índices de condición corporal (g/mm ³) mensuales promedio estimados mediante el método de Winker <i>et al.</i> (1992) para la población de zorzal cola rufa a lo largo de la invernada (n=27) en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán.....	46
Figura 16. Índices de condición corporal (g/mm ³) mensuales promedio estimados mediante el método de Delong y Gessaman (2001) para la población de zorzal cola rufa a lo largo de la invernada (n=23).....	46
Figura 17. Concentraciones promedio de estradiol (ng g ⁻¹) en los individuos de chipe gorra rufa de dos grupos (machos y hembras) de una parcela de bosque de Sierra de Tepetzotlán.....	48
Figura 18. Concentraciones promedio de testosterona (ng g ⁻¹) en los individuos de chipe gorra rufa de dos grupos (machos y hembras) de una parcela de bosque de Sierra de Tepetzotlán.....	48
Figura 19. Concentraciones promedio de progesterona (ng g ⁻¹) en los individuos de chipe gorra rufa de dos grupos (machos y hembras) de una parcela de bosque de Sierra de Tepetzotlán.....	49
Figura 20. Abundancia relativa (individuos/100 horas red) del chipe gorra rufa en Sierra de Tepetzotlán.....	50
Figura 21. Grafico de la densidad poblacional del chipe gorra rufa estimada por el Método de Jolly y Seber (Nt = número de individuos/20 ha) para una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepetzotlán.....	51
Figura 22. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en <i>Basileuerus rufifrons</i> durante el periodo invernal en una parcela de bosque de encino en Sierrade Tepetzotlán ($n_2= 17$).....	51
Figura 23. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en <i>Basileuterus rufifrons</i> empleando unicamente los datos de las recapturas ($m_2= 7$) en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepetzotlán.....	52
Figura 24. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en <i>Basileuterus rufifrons</i> durante la etapa de invierno temprano (n = 15) en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepetzotlán.....	53

Figura 25. Índices de condición corporal (g/mm) para la población de chipe gorra rufa a lo largo del invierno (n = 20) estimados mediante el método de Lucas <i>et al.</i> (2006) en el bosque de Sierra de Tepetzotlán. Durante febrero y abril no fue capturado ningún ejemplar.....	54
Figura 26. Índices de condición corporal (g/mm ³) para la población de chipe gorra rufa a lo largo del invierno (n = 20) estimados mediante el método de Winker <i>et al.</i> (1992) en el bosque de Sierra de Tepetzotlán.....	55
Figura 27. Índices de condición corporal (g/mm ³) para la población de chipe gorra rufa a lo largo del invierno (n = 20) estimados mediante el método de Delong y Gessaman (2001) en el bosque de Sierra de Tepetzotlán.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Densidad poblacional del zorzal cola rufa estimada por el método de Jolly y Seber (N_t = número de individuos/20 ha) en Sierra de Tepetzotlán.....	39
Cuadro 2. Índices de condición corporal (g/mm) por sexo y por edad en el zorzal cola rufa (n=27) estimados por el método de Lucas <i>et al.</i> (2006).....	45
Cuadro 3. Índices de condición corporal (g/mm ³) por sexo y por edad en el zorzal cola rufa (n=27) estimados por el método de Winker <i>et al.</i> (1992).....	47
Cuadro 4. Índices de condición corporal (g/mm ³) por sexo y por edad en el zorzal cola rufa (n=23) estimados por el método de Delong y Gessaman (2001).....	47
Cuadro 5. Densidad poblacional del chipe gorra rufa estimada por el método de Jolly y Seber (N_t = número de individuos/20 ha) en Sierra de Tepetzotlán.....	50
Cuadro 6. Índices de condición corporal (g/mm) por edad y sexo en el chipe gorra rufa estimados mediante el método de Lucas <i>et al.</i> (2006).....	55
Cuadro 7. Índices de condición corporal (g/mm ³) por edad y sexo en el chipe gorra rufa estimados mediante el método de Winker <i>et al.</i> (1992).....	56
Cuadro 8. Índices de condición corporal (g/mm ³) por edad y sexo en el chipe gorra rufa estimados mediante el método de Delong y Gessaman (2001).....	57

1. INTRODUCCIÓN

La Faja Volcánica Transmexicana es un sistema montañoso en la porción central de México, localizada a lo largo de los paralelos 19° y 20° N, tiene una longitud de aproximadamente 130 km y está conformado por una cadena volcánica con prominencias topográficas de gran altitud (Tamayo, 1981); originalmente, la zona se encontraba ocupada por un gran conjunto de bosques templados, principalmente de especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, así como de praderas en amplios valles situados a altitudes cercanas a los 2000 msnm. No obstante que este conjunto de bosques cubrían más del doble del área que ocupan en la actualidad (Rzedowski, 1978), sus reductos aún sirven como zona importante de mantenimiento para un gran número de especies de aves migratorias neotropicales, así como sitio de residencia de muchas otras (Bojorges, 2004).

Desde hace miles de años el hombre se estableció en este ámbito natural debido a las características favorables que ofrece (*i.e.*, estaciones bien definidas, suelos fértiles y clima templado) y ha desarrollado actividades agropecuarias, ocasionando la erosión del suelo y una gran deforestación del entorno. Específicamente, las montañas que demarcan la Cuenca del Valle de México son parte de ese sistema y sus áreas forestales se han visto drásticamente reducidas principalmente por causas antropogénicas tales como actividades económicas, incendios forestales y el crecimiento de la mancha urbana (Alvarado y Alvarado, 2006).

Entre los tipos de vegetación más afectados en esa región se encuentra el bosque de encino. En México las áreas de encino con protección legal siguen sufriendo innumerables daños, no obstante que corresponden a una de las comunidades biológicas actualmente más reducidas y amenazadas en esta parte del país (Castañeda, 2006).

Los bosques de encino del Valle de México son importantes para las aves; no obstante, muy pocos estudios han evaluado la calidad y capacidad actual de ese tipo de vegetación para sostener poblaciones saludables de aves. Asimismo, la información que se ha generado sobre

la ecología de las especies de aves que los habitan es limitada. Dos aves canoras abundantes que ocupan comúnmente el sotobosque de estos bosques son el zorzal cola rufa (*Catharus guttatus*) y el chipe gorra rufa (*Basileuterus rufifrons*), por su abundancia y características ecológicas, el estudio de ambas especies puede contribuir a generar información que disminuya esta brecha en el conocimiento.

En Norteamérica, el zorzal cola rufa es un ave típica de los bosques de coníferas, bosques caducifolios y mixtos, principalmente de doseles cerrados, en donde favorece el interior del bosque; sin embargo, pasa el invierno en diferentes tipos de sitios, desde bosques de pino, encino y mixtos hasta chaparrales y zonas de matorral (De Graaf y Rappole, 1995; Jones y Donovan, 1996). A pesar de que la tendencia poblacional global del zorzal cola rufa es estable o está aumentando en toda su área de distribución (Jones y Donovan, 1996), se le ha considerado una especie indicadora del estado de conservación del bosque templado dada su estrecha relación con los componentes de su hábitat y con las comunidades de etapas sucesionales tardías y maduras; por ejemplo, es muy sensible a las cosechas forestales, especialmente en sitios maduros (De Graaf y Rappole, 1995). En cuanto al estudio del hábitat invernal de esta especie, el mejor antecedente es el de Brown *et al.* (2002), quienes llevaron a cabo la descripción del mismo por medio de la estructura de la vegetación en cinco sitios forestales —un bosque de encino y cuatro plantaciones de pino taeda (*Pinus taeda*) de diferentes edades— en Luisiana, EUA. Algunos autores han demostrado que el zorzal cola rufa cambia sus hábitos de alimentación de insectívoro a frugívoro durante su estancia en los diferentes sitios de invernada (Long y Stouffer, 2003; Kwit *et al.*, 2004; Strong *et al.*, 2005). Por otro lado, se ha reportado que en el zorzal cola rufa existe una segregación de sexos por latitud durante el invierno y que, en consecuencia, existe una mayor proporción de hembras a latitudes más bajas (Brown *et al.*, 2000; Stouffer y Dwyer, 2003).

Por su parte, el chipe gorra rufa se distribuye en México y Centroamérica (en países como Guatemala y Belice) como una especie residente, algunas veces se le encuentra más al norte en Arizona y Texas, EUA. Respecto a su hábitat, prefiere ambientes tropicales, las partes más bajas de las montañas y de las colinas, cañones de bosques de encino, cerca de corrientes de agua y tienden a permanecer en la parte baja de la vegetación densa; aunque esta especie se puede encontrar en el interior de los bosques, se reproduce y anida en sitios abiertos (Brown, 2001). De acuerdo con Jedlicka *et al.* (2006), durante el invierno las aves migratorias tienden a forrajear especialmente en el dosel, mientras que el chipe gorra rufa se mueve principalmente en el sotobosque donde efectúa el 80 % de las actividades de alimentación y no se desplaza a otros hábitats a la llegada de las migratorias, por lo que el estudio de esta especie puede contribuir en la valoración de la capacidad de los bosques del Valle de México para sostener a esta u otras especies residentes, así como a conocer el papel del chipe gorra rufa como indicador de la calidad del hábitat.

Hall *et al.* (1997) definen como *calidad del hábitat* a la capacidad del ambiente para proveer las condiciones apropiadas para la persistencia de una población. Distintos investigadores, al ocupar especies de aves como indicadoras de la calidad del hábitat, han señalado que emplear la abundancia poblacional como el principal indicador puede ser engañoso y, por lo tanto, conducir a resultados erróneos, ya que se ha demostrado que en muchas especies los individuos de edad y sexo dominante desplazan a la mayoría de la población a los territorios más pobres o con las condiciones menos apropiadas para sobrevivir (Van Horne, 1983; González *et al.*, 2003; Johnson, 2007). Detalles sobre la estructura poblacional y de la condición física de los individuos tales como masa corporal, condición corporal, entre otros, pueden en su lugar, funcionar como indicadores potenciales de la calidad del hábitat; es decir, aquellos sitios en donde ocurren individuos con la condición corporal más fuerte, están normalmente menos perturbados y existe una mayor abundancia de

recursos, mientras que los individuos más débiles ocupan los espacios con peores condiciones para sostener a la especie bajo estudio (Long y Holberton, 2004; Johnson *et al.*, 2006). Con respecto a antecedentes de la calidad del hábitat para las especies de interés de esta investigación, destaca el trabajo en *Catharus guttatus* realizado por Brown *et al.* (2002) en sus sitios de estudio de Luisiana previamente mencionados. Estos autores tomaron como indicadores de la calidad del hábitat la condición corporal y la abundancia relativa; encontraron que el hábitat que tenía las mejores condiciones era el bosque de pino de edad intermedia (por la mayor abundancia y la mejor condición [masa] corporal de esa población), así mismo reportaron que el bosque de encino era el de peor calidad.

Por lo tanto, el análisis del estatus de las poblaciones de *Catharus guttatus* y *Basileuterus rufifrons* con relación a la calidad del hábitat permitirá evaluar su papel como potenciales indicadoras del estado de salud del bosque, contribuirá con evidencia sobre su abundancia dentro del bosque de encino y uso del hábitat, y hará posible valorar si la condición actual de los bosques legalmente protegidos en la región del Valle de México es propicia para la permanencia a largo plazo de especies de aves características de vegetación boscosa madura. Además, el conocimiento de la estructura poblacional del zorzal cola rufa permitirá aportar más evidencias sobre la posible existencia de una distribución de esta especie sesgada por sexos durante el invierno. *Catharus guttatus* y *Basileuterus rufifrons* no son especies reportadas en peligro de extinción, pero fueron seleccionadas debido a que el zorzal cola rufa es teóricamente sensible a la perturbación de los bosques y, potencialmente, un buen bioindicador; por su parte, el chipe gorra rufa es una especie generalista de hábitat, poco investigada y cuyo estudio permitirá contrastar sus características poblacionales con las de una especie especialista de hábitat como el zorzal cola rufa.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. *Objetivo general*

Evaluar el estatus de la población del zorzal cola rufa (*Catharus guttatus*) y la del chipe gorra rufa (*Basileuterus rufifrons*) durante el periodo no reproductivo en una parcela de bosque de encino del parque estatal Sierra de Tepetzotlán, Estado de México y explorar la utilidad de esta condición como un índice de la calidad y capacidad del hábitat para mantener poblaciones saludables de aves asociadas a bosque.

2.2. *Objetivos particulares*

1. Estimar la abundancia relativa y absoluta del chipe gorra rufa y del zorzal cola rufa durante el periodo no reproductivo.

2. Determinar la proporción de sexos de ambas especies utilizando una técnica no invasiva para la identificación del sexo (*i.e.*, análisis por inmunoensayo enzimático).

3. Documentar la estructura de edades de las poblaciones de ambas especies en el parque estatal Sierra de Tepetzotlán.

4. Valorar la condición corporal de los individuos de ambas especies y utilizarla como un índice de la calidad del hábitat.

5. Describir el hábitat del chipe gorra rufa y del zorzal cola rufa.

2.3. *Hipótesis*

Si la segregación por edad y sexo en poblaciones invernantes de zorzal cola rufa está relacionada con la calidad del hábitat, entonces en sitios de buena calidad la estructura de la población estará sesgada hacia los machos adultos.

Si la invernada de las hembras del zorzal cola rufa está relacionada con zonas de menor latitud geográfica del área de distribución, entonces la proporción de sexos de las poblaciones invernantes en sitios de latitud tropical debe estar sesgada hacia las hembras.

Si la condición corporal del zorzal cola rufa está relacionada con la calidad del hábitat, entonces en los sitios de invernada con buena calidad, la condición corporal de la población deberá mantenerse o mejorar a lo largo de la invernada.

Si la condición corporal del chipe gorra rufa está relacionada con la calidad del hábitat, entonces la condición corporal de esta especie residente en áreas de buena calidad deberá mantenerse ó mejorar a lo largo el invierno.

Si el chipe gorra rufa no es una especie territorial, entonces en sitios de buena calidad la estructura de la población debe estar conformada por una proporción de sexos no sesgada y una estructura de edades equilibrada.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Calidad del hábitat y crisis de los bosques del Valle de México

A lo largo del tiempo, el Valle de México ha sido uno de los sitios más transformados en el mundo. Anteriormente, en dicha región predominaban los bosques templados con abundante fauna; dichos bosques han ido cambiando de manera acelerada en los últimos años. En la actualidad, una creciente e inmensa población humana ocupa este territorio, la cual tiene una excesiva demanda de energía, agua, transporte y alimento, y ha provocado un alta destrucción del hábitat (Alvarado y Alvarado, 2006). La destrucción del hábitat es la amenaza principal en la presente crisis de la biodiversidad. Los procesos causantes de esta pérdida son diversos (merma regional de hábitat, insularización causada por la reducción y el aislamiento progresivo de los fragmentos del hábitat, efectos de borde, etc.) (Johnson, 2005; Santos y Tellería, 2006).

El gobierno mexicano ha establecido como áreas naturales protegidas y como centros ecoturísticos y de educación ambiental áreas importantes de los bosques del Valle de México; sin embargo, no ha existido la suficiente inversión para reforestación y manejo sustentable de los recursos naturales, y la vigilancia dentro de los parques no ha sido totalmente efectiva. En los planes de desarrollo económico y social no se le da la suficiente importancia a la protección de los bosques del Valle de México, por lo que a pesar de que se denominan como áreas naturales protegidas, ha continuado su deterioro principalmente por la tala clandestina, la ganadería y el descontrolado crecimiento demográfico humano (Castañeda, 2006).

El parque estatal “Sierra de Tepotzotlán” es un área natural protegida ubicada a 42.5 km de la Ciudad de México, tiene una extensión de aproximadamente 13 mil hectáreas (Ángel, 2004). En cuanto a estudios biológicos del parque, se tienen pocos antecedentes, destacando el trabajo de Ángel (2004), quien describió la composición de la vegetación del parque.

Las áreas naturales del Valle de México son un sitio importante para el sostenimiento de aves, tanto residentes como migratorias; sin embargo, la información e investigación que se tiene al respecto es escasa, de hecho, por ejemplo, se desconoce cuál es el número de especies en Sierra de Tepotzotlán, sólo se tienen reportes de otros bosques del Valle de México. Por ejemplo, Bojorges (2004), en su trabajo en Sierra Nevada, reportó un total de 104 especies pertenecientes a 34 familias y 11 órdenes; Ugalde (2005), en el Parque Nacional Zoquiapan, encontró 51 especies pertenecientes a cinco ordenes y 20 familias. Por lo tanto, es necesario generar más información sobre la importancia de los bosques de la región para las poblaciones de aves residentes y migratorias, y así plantear recomendaciones de manejo para atender este problema.

Los estudios sobre evaluación de la calidad del hábitat usan principalmente a la vegetación para llevar a cabo predicciones sobre atributos poblacionales de animales; anteriormente, los trabajos más sencillos sobre hábitat estaban enfocados a valorar una especie vegetal, la cual se consideraba como el elemento más importante para el sostenimiento de una especie (*i.e.*, la presencia de alguna especie particular de pino, árbol frutal, etc.) (Cooperrider *et al.*, 1986). La calidad del hábitat debe ser considerada una variable continua, clasificada como media, baja o alta con base en la disponibilidad de recursos para supervivencia, reproducción y persistencia poblacional, respectivamente (Hall *et al.*, 1997). Distintos autores consideran que el uso de componentes estructurales de la vegetación es una manera más eficiente, rápida y sencilla de llevar a cabo la descripción del hábitat para los trabajos de conveniencia de hábitat para fauna silvestre, lo cual no es la excepción para aves (Noon, 1981). Las variables comúnmente más utilizadas para describir el hábitat de aves mediante la estructura de la vegetación son cobertura del suelo y composición del suelo (*i.e.*, porcentaje de hojarasca, herbáceas, rocas, árboles muertos, etc.), altura del dosel, cobertura del dosel, densidad arbustiva, área basal, diámetro a la altura del pecho, presencia de tocones,

distancia entre arboles, densidad arbórea y altura de los arbustos (James y Shugart, 1970; Noon, 1981); algunos trabajos al respecto son el de González y La Torre Cuadros (2001) en fringilo apizarrado (*Xenospingus concolor*) y el de Marqués *et al.* (2002) en búho manchado (*Strix occidentalis*).

3.2. Chipe gorra rufa y zorzal cola rufa

El chipe gorra rufa es una especie residente no dimórfica que se reproduce durante la primavera y tiene hasta dos nidadas durante la estación reproductiva, se alimenta principalmente de insectos y arácnidos, y habita incluso áreas agrícolas (Eaton y Edwards, 1948; Greenberg *et al.*, 1996; Brown, 2001). No obstante, poco se ha estudiado el hábitat de *Basileuterus rufifrons*; particularmente, Jedlicka *et al.* (2006) describieron algunos aspectos estructurales de los cafetales de Chiapas en donde se le encuentra.

El zorzal cola rufa es una especie migratoria sin dimorfismo sexual. Durante el periodo de reproducción, en primavera y verano, habita en Norteamérica desde Alaska hasta el suroeste de Estados Unidos y el norte de México, y durante el periodo de invernada ocupa un amplio territorio desde el sur de Estados Unidos hasta México y Centroamérica, habita especialmente en tipos de vegetación como bosque de pino, bosque de encino y bosque de pino-encino (De Graf y Rappole, 1995; Jones y Donovan, 1996; Brown *et al.*, 2000). En cuanto a la caracterización del hábitat invernal de esta especie, Brown *et al.* (2002) realizaron la descripción del mismo por medio de la estructura de la vegetación en un bosque de encino y cuatro plantaciones de *Pinus taeda* de diferentes edades en Luisiana, EUA; en su estudio Brown y colaboradores mencionan que el bosque de encino está relativamente poco perturbado, dominado por encinos (*Quercus sp.*), *Ficus grandiflora* y *Magnolia grandiflora*, con una altura del dosel de 15 a 25 m, pero relativamente abierto durante el invierno con una cobertura del dosel del 40 %, con un sotobosque abierto y una cobertura del suelo dominada por materia muerta (93 %). Las plantaciones más jóvenes de *Pinus taeda* (0 a 3 años de edad)

se caracterizaron por la abundancia de pequeños arbustos y pinos menores a los 2 m de altura. Las plantaciones de *Pinus taeda* de 5 a 9 años de edad tenían una altura del dosel de 3 m, con una cobertura de dosel de 54 %, presencia de malezas arbustivas y una diversa cobertura del suelo con gramíneas (14 %), material muerto (78 %) y tocones (8 %). Las plantaciones de 13 a 16 años, se distinguieron por su alta densidad de pino (0.71 m^2), con una altura de dosel de 5 m, cobertura del dosel de 92 %, poca maleza, una cobertura del suelo dominada por agujas de pino (94 %) y con otras pocas plantas vivas (1 %). Las plantaciones con pinos maduros presentaron árboles con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 35 cm y un rango de altura de 15 a 20 m, con una densidad de árboles de pino de 0.18 m^2 que formaban un dosel irregular, una cobertura de dosel de 80 % con terrenos cubiertos por diversa vegetación.

3.3. Evaluación de la calidad del hábitat de aves

Es posible evaluar la calidad del hábitat tomando como indicadores variables medibles en las aves a nivel individual y poblacional (Johnson *et al.*, 2006; Lucas *et al.*, 2006). De igual manera, se han realizado algunos estudios que toman las características de la vegetación como medidas de la calidad del hábitat, pero cuando se miden éstas directamente es necesario identificar minuciosamente cuáles son los recursos que más limitan a la población en estudio (*i.e.*, alimento, sitios para reproducción, etc.). Comprender cuestiones sobre las propiedades del hábitat de una población de aves y establecer las estrategias para evaluar la calidad del mismo es trascendental para los investigadores y los encomendados en el manejo de las áreas naturales protegidas (Cooperrider, 1986). Dos estrategias para la evaluación de la calidad del hábitat, tomando a las aves como indicadores, son la utilización de variables demográficas y el uso de la condición física de los individuos como indicadores (Johnson, 2007).

3.3.1. Uso de variables demográficas y caracterización de la estructura de la población

La mayoría de los trabajos respecto a la calidad del hábitat se han orientado principalmente a la densidad poblacional, sin embargo, pocas veces se toma en consideración

que puede ser un indicador engañoso (Van Horne, 1983). En los trabajos de evaluación de la calidad de hábitat se asume que las áreas con un alta densidad animal son de buena calidad, mientras que las bajas densidades poblacionales reflejan hábitats de calidad pobre; empero, esta situación no siempre es real, ya que algunos autores como Brown *et al.* (2002) y Johnson (2005 y 2007) han disertado que una alta abundancia de individuos no necesariamente refleja que el hábitat ocupado sea de buena calidad, por lo que tomar la densidad poblacional como único indicador puede ser erróneo (Van Horne, 1983). Por lo tanto, la calidad del hábitat debe ser valorada considerando otros parámetros demográficos además de la densidad poblacional (*i.e.*, supervivencia, reproducción, estructura de la población, etc.) (Belthoff y Dufty, 1998; Railsback *et al.*, 2003; Johnson, 2007).

La principal desventaja de ocupar como indicadores de la calidad del hábitat la densidad poblacional y la reproducción es que si éstos no están estrechamente correlacionados o son subestimados, los resultados serán erróneos (Van Horne, 1983; Johnson, 2005). Por lo anterior, distintos autores han sugerido utilizar como indicador demográfico, además de la densidad poblacional, la estructura de la población en términos de la proporción de sexos y edades, pues han tenido resultados satisfactorios bajo esa estrategia; por ejemplo, Virkkala (1990) con paro siberiano (*Parus cinctus*), Holmes *et al.* (1996) con chipe azulnegro (*Dendroica caerulescens*), Franklin *et al.* (2000) con búho manchado, Murphy (2001) con tirano dorsinegro (*Tyrannus tyrannus*), Knutson *et al.* (2006) con especies del centro-oeste de Estados Unidos y Peery *et al.* (2007) con mérgulo marmoleado (*Brachyramphus marmoratus*) en las costas de California.

Caracterizar la estructura de la población en términos de la proporción de sexos y edades es una manera sencilla de obtener un indicador demográfico del estatus de una población; estos parámetros son relativamente fáciles de medir y se pueden estimar con mayor rapidez que la mortalidad y la reproducción, por lo que pueden ser potenciales

indicadores de la calidad del hábitat (Brown *et al.*, 2002; Johnson *et al.*, 2006).

En lo que se refiere a la determinación de la edad de las aves y al establecimiento de la estructura de edades de una población, se debe señalar que a lo largo de su vida las aves poseen diferentes plumajes, a menudo característicos de la edad o sexo (Illera y Atienza, 2002); independientemente de que la especie sea sexualmente dimórfica o no, las aves presentan plumajes juvenil, formativo y límites de muda. En el sistema de asignación de edad más aceptado, a los animales juveniles se les identifica con los códigos HY/SY (*hatching year/second year*). Para el caso de los adultos, éstos están cubiertos por plumaje denominado “básico” y son identificados con los códigos AHY/ASY (*after hatching year/after second year*) (Pyle, 1997; DeSante *et al.*, 2006). Otras características que suelen ser buenos indicadores de la edad en los paseriformes son la forma y condición de las rectrices y primarias, así como el grado de osificación de cráneo (Collier y Wallace, 1989; De Sante *et al.*, 2006); por lo tanto, considerando simultáneamente la coloración y forma de las plumas del vuelo, los límites de muda, el grado de osificación del cráneo y mediante la forma de las rectrices es posible determinar exitosamente la edad en varias especies de paseriformes (Blanco *et al.*, 1996; Pyle, 1997).

Normalmente, conociendo la edad de los animales capturados es posible establecer la estructura de edades en una población y ocupar esta última para determinar cuestiones de interés; por ejemplo, Rohwer (2004) usó exitosamente la estructura de edades del chipe cabeza amarilla (*Dendroica occidentalis*) y del chipe negroamarillo (*Dendroica townsendi*) para examinar la variación longitudinal y latitudinal en la supervivencia de estas especies, por lo que concluyó que evaluando la estructura de edades es posible estimar la supervivencia poblacional, la calidad del hábitat y hacer estudios sobre dispersión de aves. Peery *et al.* (2007) estimaron la estructura de edades del mérgulo marmoleado para valorar la viabilidad de la población de las costas de California; obtuvieron que dicho parámetro es un indicador

efectivo para conocer la salud de la población y los factores del hábitat que influyen sobre ella.

Generalmente, entre machos y hembras se presentan diferencias morfológicas y funcionales; las diferencias anatómicas, fisiológicas, bioquímicas y del comportamiento de machos y hembras se denominan en su conjunto *dimorfismo sexual* (Herrera *et al.*, 2005). La ausencia de dimorfismo sexual en algunas especies de aves suele ser un inconveniente, pues sin dicha característica se dificulta evaluar aspectos demográficos, reproductivos y ecológicos (Donohue y Dufty, 2006); los machos de la mayoría de las especies de aves son más conspicuos que las hembras, éstos tienen un colorido más llamativo, cantan y se ostentan, y en el caso de especies territoriales se encargan de defender territorios y atacar a los intrusos (Mayr, 1939).

Los métodos de sexado más importantes en aves no dimórficas son el sexado por presencia notoria de los órganos copuladores en la etapa reproductiva, sexado mediante la visualización de los órganos sexuales por endoscopia y determinación del sexo a través de una técnica molecular para identificar el ADN (Westneat *et al.*, 2002; Hornfeldt *et al.*, 2002; Stouffer y Dwyer, 2003; Donohue y Dufty, 2006; Kesler *et al.*, 2006; Liza *et al.*, 2008). La identificación del sexo mediante la cuantificación de niveles hormonales es un método que ha alcanzado gran difusión. Sus técnicas se basan en cuantificar los niveles de hormonas esteroides (*i.e.*, progesterona, estradiol y testosterona), ya sea en sangre o en excretas, para diferenciar entre machos y hembras. Los procedimientos empleados son muy variados, desde el análisis químico hasta el radioinmunoensayo o radioinmunoanálisis (RIA, por sus siglas en inglés) y el enzimoimmunoanálisis o inmunoensayo enzimático (EIA, por sus siglas en inglés) (González de Buitrago y Rodríguez, 2000). La alternativa más usada ha sido el RIA, sin embargo, tiene varias limitaciones, sobre todo las relacionadas al uso de isótopos radiactivos; de allí que actualmente se intenta sustituir el uso de radioisótopos con otros reactivos como

son las enzimas. Los reactivos enzimáticos utilizados en el EIA son menos costosos de preparar y son altamente estables, lo que proporciona un mayor tiempo de depósito; además, los equipos necesarios para este tipo de análisis tienen un menor costo y los resultados son obtenidos con rapidez. Por lo anterior, se recomienda el uso de la técnica de EIA como una herramienta en la cuantificación hormonal en animales silvestres (Lee *et al.*, 1995; Roa *et al.*, 1997; Soto *et al.*, 2004).

Habitualmente, en los estudios fisiológicos en fauna silvestre los individuos son sometidos a un constante manejo, lo que incrementa el estrés del animal e influye en los resultados que se obtengan en el laboratorio. Debido a esto, se han implementado técnicas no invasivas, es decir, metodologías que no provocan estrés en los individuos para la valoración de indicadores de su condición o su fisiología (Bercovitz *et al.*, 1982; Touma y Palme, 2005; Baltic *et al.*, 2005). Podemos definir como métodos invasivos a aquellos donde el animal es víctima de un excesivo manejo que le genera un fuerte estrés, y como métodos no invasivos a aquellos donde el animal es sometido a poco o nulo estrés durante el trabajo de investigación (Brousset *et al.*, 2005). Una alternativa no invasiva es la utilización de muestras fecales en estudios fisiológicos de aves, con esto no sólo se reduce el estrés y los riesgos de mortalidad, también se obtienen resultados confiables de la condición fisiológica del animal (Bercovitz *et al.*, 1985; Bercovitz y Sarver, 1988; Goymann *et al.*, 2002; Goymann, 2005; Wasser y Hunt, 2005; Palme, 2005; Hirschenhauser *et al.*, 2005). Varios investigadores han realizado satisfactoriamente la determinación del sexo en varias especies de aves mediante la concentración hormonal en heces; por ejemplo, Lee *et al.* (1995) en gorrión corona blanca (*Zonotrichia leucophrys oriantha*); Washburn *et al.* (2004) en búho manchado; Bercovitz y Server (1988) en halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y en cóndor de los andes (*Vultur Grypus*) y Staley *et al.* (2007) en águila dorada (*Aquila chrysaetos*) y halcón peregrino. En algunos estudios se ha encontrado que la diferencia en la concentración de testosterona y

progesterona entre sexos no es muy evidente (Kellam *et al.*, 2004). Afortunadamente, en todos los trabajos de identificación sexual en aves por medio de cuantificación hormonal, el mejor referente para identificar el sexo de los individuos ha sido la concentración de estradiol; en general, los niveles de esta hormona han sido evidentemente superiores en las hembras que en los machos. Esta diferencia se debe al proceso de aromatización; es decir, las gónadas femeninas poseen una mayor cantidad de enzimas que transforman la testosterona en estradiol, por lo tanto, se considera que la concentración de estradiol es el criterio principal para identificar y separar machos de hembras (Nelson, 2000; Valdespino *et al.*, 2007).

Al caracterizar la estructura poblacional en aves y utilizarla como indicadora de la calidad del hábitat, los investigadores han obtenido variados resultados. Por ejemplo, al determinar la proporción de sexos en diferentes especies, la proporción de machos y hembras ha sido equitativa en algunos estudios (Westneat *et al.*, 2002; Burnham *et al.*, 2003; Genovart *et al.*, 2003); en otros han encontrado un sesgo hacia alguno de los sexos, principalmente hacia los machos adultos que ocupan los mejores territorios, desplazando a las hembras y jóvenes (subordinados) a espacios de baja calidad (Shepherd *et al.*, 2001; Latta y Faaborg, 2002; Johnson *et al.*, 2006).

Brown *et al.* (2000 y 2002) y Stouffer y Dwyer (2003) estudiaron la estructura de la población de *Catharus guttatus* en cuatro diferentes bosques de Luisiana, EUA, durante la invernada, y encontraron que la proporción de hembras juveniles era significativamente superior en éstos. En el chipe gorra rufa poco se ha hecho al respecto; sin embargo, durante una investigación sobre su conducta de forrajeo en cafetales de Chiapas, durante los periodos de lluvias (reproductivo) y de sequía (invernal), Jedlicka *et al.* (2006) encontraron que la proporción de hembras y machos no variaba significativamente a lo largo del año.

3.3.2. Condición física de los individuos y calidad del hábitat

La condición corporal de los individuos de una determinada población es considerada un indicador confiable de la calidad del hábitat (Belthoff y Dufty, 1998); sin embargo, para que esta característica sea válida debe ser una consecuencia y no una causa de la selección del hábitat. Las mediciones de la condición del cuerpo se efectúan sobre características visibles y relativamente fáciles de evaluar tales como la masa, tamaño y acumulación de grasa (energía) o por medio de un índice de condición corporal (Lucas *et al.*, 2006; Johnson, 2007). Por ejemplo, en un estudio sobre la selección del hábitat del pato de collar (*Anas platyrhynchos*) se encontró que la masa corporal en los jóvenes de los lagos más seleccionados por los patos adultos era mayor que la de los juveniles de aquellos lagos donde se encontraban pocas parejas de adultos, por lo que los hábitats (lagos) ocupados por los animales del primer grupo fueron considerados de calidad superior para el sostenimiento de la prole (Poysa *et al.*, 2000). En otro trabajo se utilizó como indicador de la calidad del hábitat el índice de condición corporal (masa corporal relativa, corregida por tamaño) del carbonero de Carolina (*Poecile carolinensis*) en dos bosques (uno con alta perturbación y otro conservado); el índice de condición de los pájaros siempre fue mayor en el bosque conservado que en el bosque perturbado (Lucas *et al.*, 2006). En un trabajo sobre el chipe atigrado (*Dendroica tigrina*) en tres hábitats (desierto, bosque de pino y bosque húmedo) durante el invierno, en República Dominicana, se encontraron diferencias en la condición de los individuos (masa corporal y masa muscular pectoral) entre hábitats; el mejor estado entre los animales se presentó en el bosque de pino, por lo que se concluyó que este último era el mejor hábitat en esa región (Latta y Faaborg, 2002). Johnson *et al.* (2006) en un estudio de la calidad del hábitat del chipe flameante (*Setophaga ruticilla*) en Jamaica evaluaron seis sitios: cafetales, huertos de cítricos y cuatro hábitats naturales (manglar, matorral costero, palmar costero y bosques secos de suelo calizo); utilizaron como indicadores parámetros demográficos y la masa corporal y, con

base en ellos, determinaron que el manglar era el hábitat de mejor calidad.

En una investigación sobre los patrones de selección de hábitat invernal en zorzal cola rufa en el sureste de Luisiana, EUA, se tomaron como indicadores de la calidad del hábitat distintos parámetros, entre los que sobresalió la condición (masa corporal) de los individuos en cuatro plantaciones de pino taeda de diferentes edades y un bosque de encino; los resultados indicaron que los individuos de *Catharus guttatus* en las plantaciones de pino de edad intermedia (13 a 16 años) ocuparon territorios más pequeños, tuvieron una alta fidelidad al territorio y la mejor condición corporal; por consiguiente, se consideró a este hábitat como el de mejor calidad (Brown *et al.*, 2002). Desgraciadamente, para el chipe gorra rufa no se tienen antecedentes sobre trabajos de condición corporal.

Por lo tanto, las mediciones de la condición corporal de los individuos pueden resultar más sensibles a la alteración en la calidad del hábitat que las variables demográficas, por lo que son potencialmente buenos indicadores (Johnson, 2005).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El Parque Estatal “Sierra de Tepetzotlán” es un área natural protegida decretada en 1977; se ubica a 42.5 km de la ciudad de México, sobre la autopista México-Querétaro hacia el noreste del Valle de Cuautitlán-Texcoco en los municipios de Tepetzotlán y Huehuetoca. Sus coordenadas extremas son 19° 42' 00" y 19° 50' 00" de latitud norte, 99° 13' 30" y 99° 22' 00" de longitud oeste. El parque tiene una extensión de aproximadamente 13 mil hectáreas y una altitud promedio de 2,300 msnm. El clima regional con base en el sistema de clasificación de Köppen es C (w) (w), es decir, templado subhúmedo con lluvias principalmente en el verano y heladas en invierno (Ángel, 2004). La temperatura media anual es de 16° C, la máxima extrema de 30° C y la mínima extrema es de 3.3° C. La evaporación es de 1551.47 mm, la lluvia mínima en 24 horas es de 50.5 mm, la precipitación anual total es de 703.2 mm; los vientos dominantes tienen su curso de noreste - oeste (Ángel, 2004) (Figura 1). El parque contiene tres tipos de vegetación (*i.e.*, bosque de encino, matorral crassicaule y pastizal) y una riqueza florística de más de 176 especies (Ángel, 2004).

Este estudio se llevó a cabo cerca del Centro Ecoturístico y de Educación Ambiental “Arcos del Sitio”, el cual se localiza a aproximadamente 28 km al noroeste de Tepetzotlán, por la carretera Tepetzotlán-Villa del Carbón; concretamente, el sitio se ubica a 1.85 km al sur del Centro y tiene las coordenadas 19° 44' 59" N y 99° 20' 60" W.

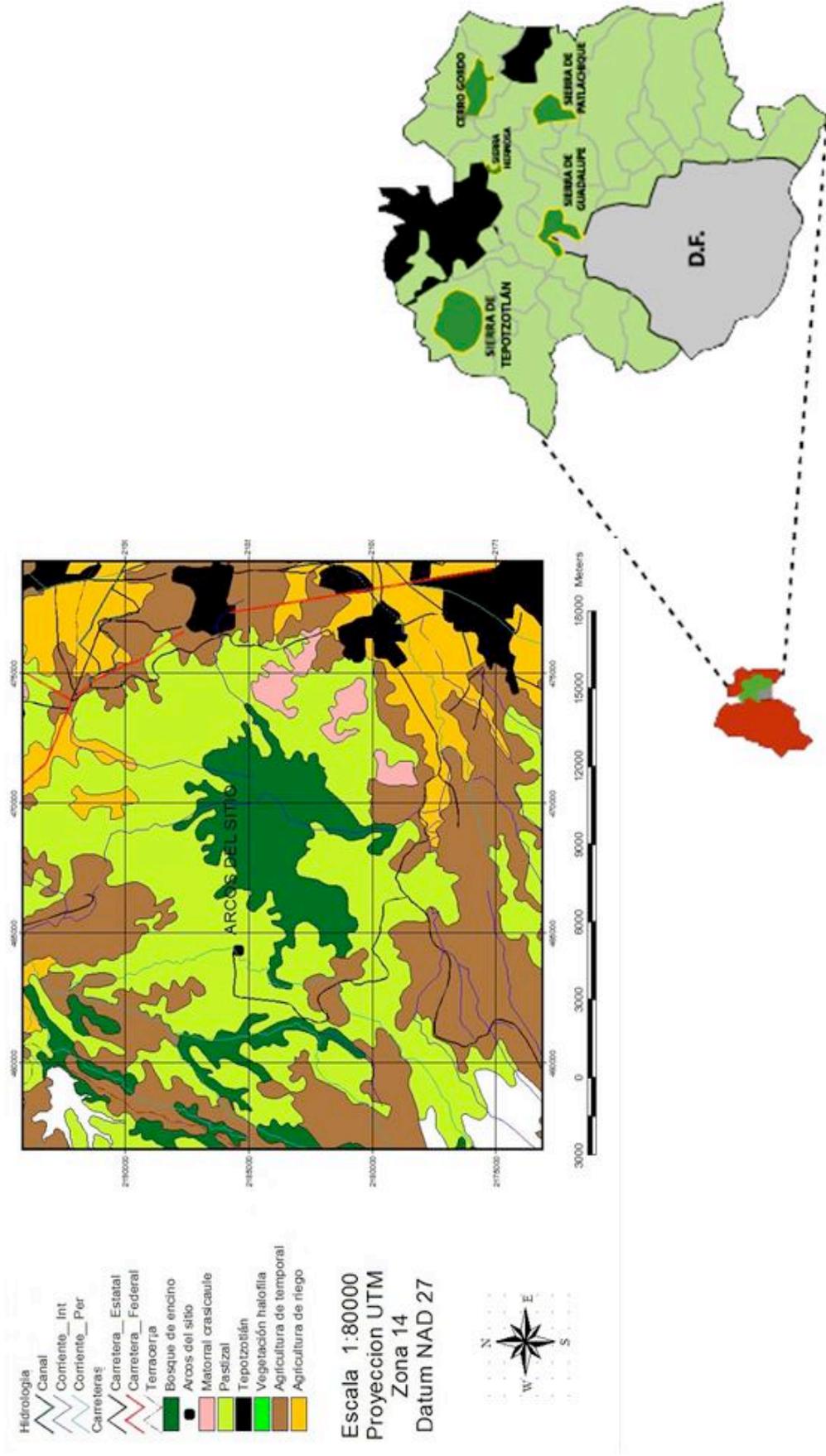


Figura 1. Ubicación del parque estatal Sierra de Tepetzotlán y del centro ecoturístico y de educación ambiental Arcos del sitio (Mapa elaborado por Oscar Saavedra Alpizar).

4.2. Muestreo de aves

Este trabajo forma parte de un esfuerzo de monitoreo demográfico que se realiza en el parque en el marco del programa Monitoreo de Supervivencia Invernal (MoSI). Por consiguiente, el muestreo se realizó con base en los preceptos de dicho proyecto; esto es, una estación de anillamiento de aves y la aplicación de una estrategia de esfuerzo constante con redes de niebla (De Sante *et al.*, 2006). La estación comprendió 20 ha de bosque de encino (en una ladera de topografía irregular) y en ella se ubicaron 12 redes de niebla de nylon negro (70 denier/2 ply) de un tamaño de 12 x 2.6 m, con 30 mm de abertura de malla, las redes están divididas en cuatro niveles (bolsas); estas redes fueron distribuidas de forma aproximadamente regular en la estación.

Un suceso de muestreo consistió en operar las redes durante tres días consecutivos cada mes, con un lapso mínimo de dos semanas entre cada muestreo. El trabajo de campo comprendió el periodo de octubre del 2007 a abril del 2008, correspondiente a la época invernal, por lo que los resultados obtenidos sólo son válidos para la misma. Las redes se abrían desde aproximadamente media hora antes del amanecer, hasta dos horas antes de la puesta de sol, para un aproximado de 10 horas/día, en promedio. Las redes fueron visitadas a intervalos de 45-60 minutos; una vez que un ave era capturada en alguna de las redes de niebla, se le extraía cuidadosamente y se le transportaba, de manera individual, en una bolsa de tela limpia a un campamento fijo en donde era procesada; el registro de datos para cada individuo capturado siguió los procedimientos establecidos por De Sante *et al.* (2006). Todas las aves capturadas fueron anilladas; los individuos de zorzal cola rufa con anillos metálicos del U.S. Fish & Wildlife Service, mientras que los de chipe gorra rufa con anillos plásticos de color (tres anillos por ave en combinaciones de color amarillo, rojo, blanco y negro). También se tomaron las siguientes medidas morfométricas: cuerda alar, longitud de la cola y longitud del tarso.

La edad de cada ave fue determinada siguiendo el método descrito por Pyle (1997), que se basa en características del plumaje (*i.e.*, límites de muda, forma y textura de las plumas del vuelo, etc.) y grado de osificación del cráneo; se emplearon dos categorías de edad: 1) juveniles, que incluyó a los individuos clasificados como en “año de eclosión” y “segundo año” (HY/SY, por sus siglas en inglés, respectivamente); 2) adultos, que comprendió a individuos determinados como “después del año de eclosión” y “después del segundo año” (AHY/ASY, por sus siglas en inglés, respectivamente) (Pyle, 1997; De Sante *et al.*, 2006).

4.3. Muestreo de vegetación

Se llevó a cabo la descripción del hábitat (bosque de encino) para estas dos especies por medio de la caracterización de la estructura de la vegetación. De manera inicial, se establecieron en los sitios de ubicación de cada red dos parcelas circulares ($n = 24$ parcelas) con un área de 0.04 ha (Figura 2). En cada parcela se caracterizó la estructura de la vegetación con base en los métodos propuestos por James y Shugart (1970), Noon (1981), Romahn de la Vega *et al.* (1987) y Márquez *et al.* (2002).

Se seleccionaron 10 árboles dentro de cada parcela y se midió la circunferencia del árbol a la altura del pecho para estimar el área basal y el diámetro a la altura del pecho (DAP). También, en cada parcela se tomaron 10 distancias entre árboles, eligiendo un árbol y midiendo la distancia a su semejante más cercano y se definieron dos transectos de 11.3 m cada uno en direcciones cardinales; a lo largo de los transectos se registró el número de tallos leñosos con menos de 3 cm de DAP interceptados a la altura del pecho, así como su altura. La cobertura del dosel y la cobertura del suelo fueron medidas por observación a través de un densiómetro. El observador caminó a lo largo de los dos transectos mencionados previamente, primero observó hacia el dosel y registró un total de 20 lecturas (10 por cada transecto), indicando la presencia (+) o ausencia (-) respectivamente de vegetación; para

medir la cobertura del suelo el procedimiento fue el mismo, excepto que el observador esta vez observó hacia el suelo. Asimismo, se evaluó la composición del suelo o estrato menor a 0.5 m de altura utilizando el densiómetro; las variables consideradas fueron porcentaje de roca en el suelo, de suelo desnudo, de hojarasca, de herbáceas y de árboles muertos caídos. La altura de los árboles fue valorada con la ayuda de un clinómetro; para cada una de las 24 parcelas circulares se eligieron 10 árboles y con los datos de la altura de éstos, se estimó la altura del dosel. Finalmente, se registró el número de tocones presentes en cada parcela.

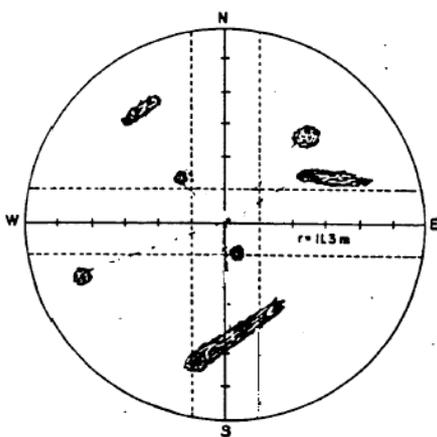


Figura 2. Parcelas para muestreo de vegetación establecidas en el bosque de encino (tomado de Noon, 1981).

4.4. Fenología de la pica (*Monnina xalapensis*).

Durante el trabajo de campo de este estudio se observó que el zorzal cola rufa, al igual que otras especies de aves, es un asiduo consumidor de los frutos de la planta denominada pica. Esta planta es un arbusto de aproximadamente 1.5 a 3 m de altura perteneciente a la familia Polygalaceae; posee hojas lanceoladas de 7-13 cm de largo, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, con margen entero y peciolo con un máximo de 0.5 cm largo. Sus flores son de color morado y la inflorescencia es un racimo terminal. Sus frutos son verdes durante su etapa inmadura y de color morado claro cuando están maduros, con un máximo de 0.5-1 cm de largo y un diámetro aproximado de 0.2 cm. Se le encuentra en zonas perturbadas, a orillas de senderos o en los linderos de bosques (Espinoza *et al.*, 1998).

Debido a que el zorzal cola rufa parece depender en buena medida del consumo de

frutos durante el periodo invernal y que la pica es una planta conspicua en la zona de estudio, pero la disponibilidad temporal de ese recurso no fue evaluada, se consultó el Herbario Nacional MEXU para revisar y capturar los datos de los ejemplares de esta especie; mediante los datos obtenidos se esbozó su fenología, para compararla con la distribución temporal del zorzal y valorar su coincidencia.

4.5. Colecta de heces y cuantificación de las concentraciones hormonales

Normalmente, las aves capturadas defecaron dentro de la bolsa de tela durante su transportación o mientras se les mantuvo dentro de esta última esperando a ser procesadas. De manera aséptica, utilizando guantes de vinilo y un hisopo limpio, se procedió a recolectar parte de las heces y depositarlas en un tubo eppendorf conteniendo 1 ml de etanol como conservador. Una vez tomada la muestra fecal, el tubo fue cerrado y se le adhirió una etiqueta con los datos del ave (especie, edad, número de muestra y número o colores de los anillos asignados).

La cuantificación de las concentraciones hormonales se llevó a cabo en el Laboratorio de Bioquímica Hormonal del Área de Reproducción Asistida del Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa; las muestras fueron sometidas a la técnica de EIA, utilizando estuches de hormonas esteroides (progesterona [Calbiotech®], estradiol [DiagMex®] y testosterona [Calbiotech®]) y siguiendo los procedimientos recomendados por cada fabricante (Soto *et al.*, 2004).

Las muestras fueron puestas en un agitador mecánico (VORTEX®) y, posteriormente, se colocaron en una centrifuga (LABNET®) a 6000 rpm para separar el etanol y las heces; una vez separados, el etanol se depositó en otro tubo eppendorf, ya que en éste permanecen disueltos los metabolitos para efectuar la cuantificación de las hormonas esteroides. Cada estuche contiene una gradilla con pozos donde son colocadas las muestras para llevar a cabo

la cuantificación hormonal, así como sus respectivos reactivos (*i.e.*, enzimas, controles, estándares, etc.).

4.5.1. Progesterona (P4)

Se preparó el reactivo conjugado para progesterona (RCP4), mezclando una enzima para P4 con su respectivo diluyente; adicionalmente, se preparó una curva patrón utilizando dos controles y seis estándares, añadiendo dichos reactivos en sus respectivos (ocho) pozos ya que, al final de la técnica, antes de obtener las concentraciones hormonales en un espectrofotocolorímetro (Microplate Reader, MR 600, Dynatech Product®), se presentó dicha curva para obtener un marco de referencia del nivel de certeza de las lecturas de las concentraciones hormonales. Se tomaron 10 μL de etanol de cada muestra con su respectiva repetición, al cual se añadieron 200 μL de RCP4; los pozos de la gradilla de cada estuche tienen fijados en sus paredes un receptor para la enzima respectiva (P4, E2 y T), lo que da lugar a una reacción enzimática que permite detectar los metabolitos indicadores de la actividad hormonal. Posteriormente, las anteriores mezclas se sometieron a incubación en ausencia de luz durante 60 minutos para permitir la reacción enzimática; consecutivamente, se adicionaron 100 μL de solución *stop* (neutralizador enzimático) para contrarrestar la reacción. Finalmente, se obtuvo la curva patrón y la concentración de progesterona de cada animal en nanogramos por gramo de heces (ng P4 g^{-1}) mediante el uso del espectrofotocolorímetro.

4.5.2. Estradiol (E2)

En este estuche, el reactivo con la enzima para E2 (E2HRP) ya está preparado; de forma similar al proceso de cuantificación de progesterona, se elaboró una curva patrón agregando 25 μL de los reactivos controles y estándares (dos y seis respectivamente) en sus concernientes pozos. A cada muestra se agregaron 25 μL de etanol con su respectiva repetición e inmediatamente, a éste se le añadieron 50 μL de E2HRP. Más tarde, estas

mezclas fueron puestas a incubación en ausencia de luz durante una hora; posteriormente, se depositaron 100 μL de solución *stop* para finalmente introducir todos los pozos en el espectrofotocolorímetro y obtener las concentraciones de estradiol en cada animal (ng E2 g^{-1}) y la curva patrón.

4.5.3. Testosterona (T)

De manera semejante a la progesterona, en este estuche primero fue necesario preparar un reactivo que contendría la enzima para testosterona, el cual es llamado *working enzyme reagent* (WER). Se agregaron los estándares y controles en sus respectivos pozos, subsiguientemente, se colocaron 10 μL de etanol (de igual forma, dos por ave); se añadieron 50 μL de WER y se sometió la gradilla a incubación una hora. Posteriormente, se depositaron en todos los pozos 100 μL de una solución activadora y la gradilla fue puesta a una segunda incubación durante 20 minutos; después de esto, se agregó la sustancia *stop*, para finalmente llevar los pozos al espectrofotocolorímetro y obtener las concentraciones de testosterona (ng T g^{-1}) y la curva patrón.

4.6. Análisis de datos

4.6.1. Determinación del sexo mediante concentraciones hormonales en *Catharus guttatus* y *Basileuterus rufifrons*

Con base en la cuantificación de las muestras fecales, las aves fueron clasificadas en dos grupos: A (presumiblemente machos) y B (presuntamente hembras); con base a la concentración de estradiol, se colocó en el grupo A aquellos individuos con una concentración menor a 1 ng E2 g^{-1} y en el grupo B aquellos con una concentración mayor a 1 ng E2 g^{-1} . Posteriormente, se realizó una prueba de comparación de medias independientes mediante el estadístico *t-Student* fijando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, y se determinó si existían diferencias estadísticas significativas entre los dos grupos (Infante y Zarate de Luna, 1990):

Planteamiento de la hipótesis:

$$H_0: \mu_x = \mu_y \text{ vs. } H_a: \mu_x \neq \mu_y$$

Cálculo de la estadística de prueba (t calculada):

$$t_0 = \frac{Y_1 - Y_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p^2 (1/n + 1/m)}$$

Donde:

Y_1 = media de la concentración hormonal en el grupo B.

Y_2 = media de la concentración hormonal en el grupo A.

$(\mu_1 - \mu_2)$ = Diferencia entre medias poblacionales. Bajo H_0 . $(\mu_1 - \mu_2) = 0$

$$S_p^2 = \frac{(n-1)S^2_{(\text{grupo B})} + (m-1)S^2_{(\text{grupo A})}}{n+m-2}$$

En donde:

S_p^2 = Varianza ponderada por los grados de libertad de cada muestra

$S^2_{(\text{grupo A})}$: varianza muestral de la concentración hormonal en el grupo A.

$S^2_{(\text{grupo B})}$: varianza muestral de la concentración hormonal en el grupo B.

n: número de muestras del grupo B

m: número de muestras del grupo A

Aplicar la regla de decisión:

Rechazar H_0 si $t_0 \geq t_{\alpha/2 (n+m-2)}$ (t de tablas), empleando un $\alpha = 0.05$.

4.6.2. Determinación del tamaño y la estructura de la población

El esfuerzo de captura fue computado mediante el número de horas red por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de tiempo que una red de niebla fue operada (una red de 12 m abierta 1 hora = 1 hora-red). Dichos valores fueron, a su vez, utilizados como un índice de abundancia de aves durante cada periodo de muestreo; con el fin de estandarizar las tasas de

captura por esfuerzo de redes se reportan como el promedio de aves capturadas (en cada suceso de muestreo) por 100 horas-red.

Las densidades poblacionales de las dos especies estudiadas fueron estimadas mediante el método de Jolly y Seber (Seber, 1982), el cual fue seleccionado porque aplica a poblaciones abiertas (i.e., se considera la ocurrencia de muertes, emigración e inmigración dentro del área de estudio). El método de Jolly y Seber es un modelo estocástico, el cual, a diferencia de otros procedimientos más simples, considera las variaciones que presentan las poblaciones en su densidad poblacional en condiciones naturales; por consiguiente, esta estrategia se apega más a la realidad y, por lo tanto, presenta una gran ventaja sobre las alternativas de estimación de densidad poblacional más simples o determinísticas, ya que permite apreciar como varía dicho estimador a lo largo del periodo de estudio (por días o mensualmente) (Seber, 1982; Lemos *et al.*, 2005).

El método de Jolly y Seber está basado en los siguientes supuestos:

- a) Cada animal en la población, ya sea que esté marcado (anillado) o no, tiene la misma posibilidad de ser capturado durante el muestreo (dado que el individuo puede estar fuera o dentro de la población durante el periodo de muestreo).
- b) Cada animal marcado tiene la misma posibilidad de sobrevivir desde la ocasión i de muestreo hasta el suceso $i + 1$ de muestreo, así como de estar presente en la población en el acontecimiento $i + 1$ (dado que el animal puede abandonar o estar en la población inmediatamente después de que fue marcado y liberado en el suceso i de muestreo).
- c) Cada animal capturado y puesto en libertad tiene la misma probabilidad de regresar a la población.
- d) Los animales no pierden sus marcas y dichos animales, en caso de ser nuevamente atrapados, se consideraran como recapturas.

Para estimar la densidad poblacional el procedimiento inició con el desarrollo de una matriz (Anexos 1 y 2) propuesta por Seber (1982) y Krebs (1999), de donde se obtienen las variables necesarias para realizar todos los cálculos durante el proceso de estimación; una vez desarrollada dicha matriz se obtiene la proporción de animales marcados para el suceso i o tiempo t de muestreo:

$$\hat{a}_t = \frac{m_t + 1}{n_t + 1}$$

En donde:

a_t = proporción de animales marcados.

m_t = es el número total de animales recapturados en el suceso i o tiempo t de muestreo.

n_t = número total de animales capturados en el evento i o tiempo t de muestreo.

Posteriormente, se estimó el tamaño de la población marcada antes del suceso (o mes) de muestreo i :

$$\hat{M}_t = \frac{(s_t + 1)Z_t}{R_t + 1} + m_t$$

En donde:

\hat{M}_t = Tamaño estimado de la población marcada antes del suceso i o tiempo t de muestreo.

m_t = Número total de animales marcados en la población antes del suceso i o tiempo t de muestreo.

Z_t = son todos los animales marcados antes del i -ésimo suceso de muestreo, que no fueron recapturados en el suceso i -ésimo de muestreo, pero si fueron recapturados en sucesos posteriores a ese, por ejemplo en el suceso $(i + 1)$.

s_t = son los animales capturados, marcados y liberados en el suceso i o tiempo t de muestreo.

R_t = son todos los animales recapturados con la marca del suceso i o tiempo t de muestreo.

Una vez estimados el tamaño de la población marcada antes del suceso i o tiempo t de muestreo y la proporción de animales marcados se aplicó la siguiente fórmula:

$$\hat{N}_t = \frac{\hat{M}_t}{\hat{\alpha}_t}$$

En donde:

N_t = es la densidad poblacional para el tiempo t o evento (mes) i .

Los intervalos de confianza al 95% para cada tiempo o suceso de muestreo se obtuvieron haciendo los siguientes cálculos en el orden que aquí se presentan:

$$a) p_t = \frac{n_t}{\hat{N}_t} = \frac{\text{Total capturado en el tiempo } t}{\text{Población estimada en el tiempo } t}$$

$$b) T_1(\hat{N}_t) = \log_e(\hat{N}_t) + \log_e \left[\frac{\sqrt{1 - p_t / 2 + (1 - p_t)}}{2} \right]$$

c) Se estimó la varianza para la densidad poblacional

$$\text{var}[T_1(\hat{N}_t)] = \left(\frac{\hat{M}_t - m_t + s_t + 1}{\hat{M}_t + 1} \right) \left(\frac{1}{R_t + 1} - \frac{1}{s_t + 1} \right) + \frac{1}{m_t + 1} - \frac{1}{n_t + 1}$$

d) Los intervalos de confianza quedan como:

$$\hat{T}_{1L} = T_1(\hat{N}_t) - 1.6 \sqrt{\text{var}[T_1(\hat{N}_t)]}$$

$$\hat{T}_{1U} = T_1(\hat{N}_t) + 2.4 \sqrt{\text{var}[T_1(\hat{N}_t)]}$$

En donde: T_{1L} = Limite inferior para T_1 y T_{1U} = Limite superior para T_1 .

e) Por lo tanto, los límites del intervalo quedan como:

$$\frac{(4L + n_t)^2}{16L} < \hat{N}_t < \frac{(4U + n_t)^2}{16U}$$

Donde: $L = e^{T1L}$ y $U = e^{T1U}$

Los límites de confianza fueron calculados de acuerdo al método propuesto por Manly en 1984 (citado en Krebs, 1999)

Proporción de sexos:

H_0 =Proporción machos = proporción hembras

H_a =Proporción de machos \neq proporción de hembras

$$X^2 = \sum \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = \sum = \frac{(\% \text{ observados} - \% \text{ esperados})^2}{\% \text{ esperados}}$$

La regla de decisión es rechazar H_0 si $X^2 \geq X^2_{\alpha}$, con un $\alpha = 0.05$.

Estructura de edades:

H_0 =Proporción de jóvenes = proporción de adultos

H_a =Proporción de jóvenes \neq proporción de adultos

$$X^2 = \sum \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = \sum = \frac{(\% \text{ observados} - \% \text{ esperados})^2}{\% \text{ esperados}}$$

La regla de decisión es rechazar H_0 si $X^2 \geq X^2_{\alpha}$, con un $\alpha = 0.05$.

Se caracterizó, también, la estructura de las dos poblaciones utilizando únicamente los datos de las recapturas de *Catharus guttatus* (m_1) y de *Basileuterus rufifrons* (m_2), ya que esos individuos, a diferencia de los que fueron capturados una sola ocasión, son los que potencialmente podrían estar establecidos en la estación de trabajo; cabe recordar que se ha reportado que *Catharus guttatus*, además de ser territorial, presenta fidelidad a los sitios de invernada (Brown *et al.*, 2000 y 2002).

Con el fin de valorar si se las estructuras poblacionales de *Catharus guttatus* y *Basileuterus rufifrons* cambiaron durante el invierno, también se describió la estructura de cada población por etapas; se dividió el invierno en dos fases: invierno temprano (de octubre

a diciembre del 2007) e invierno tardío (de enero a abril del 2008).

4.6.3. Caracterización del hábitat de *Catharus guttatus* y *Basileuterus rufifrons*

La caracterización del hábitat se realizó mediante la estructura de la vegetación. El diámetro a la altura del pecho (DAP) se obtuvo dividiendo la circunferencia del árbol entre 3.1416. Para obtener el área basal (g) se utilizó la siguiente fórmula:

$$g = 3.1416 \frac{(dbh)^2}{2}$$

La distancia media entre árboles se calculó como el promedio de todas las mediciones hechas en una parcela dada.

La densidad de arbustos se evaluó como el número de tallos o troncos leñosos con menos de 3 cm de diámetro a la altura del pecho en cada parcela.

La altura media de los arbustos se calculó como el promedio de todas las alturas de los arbustos en cada parcela circular.

La cobertura del dosel y cobertura del suelo se estimaron como el porcentaje de observaciones registradas con presencia de vegetación (+) en cada estrato.

La densidad de tocones (tocones/ha) se estimó dividiendo el número de tocones registrados en cada parcela por el área de esta última (0.04 ha).

Después de obtener, mediante el uso del densiómetro, el número de observaciones con roca en el suelo, suelo desnudo, hojarasca, herbáceas y árboles muertos caídos en cada parcela, se estimaron sus porcentajes.

Para estimar la altura del dosel en cada parcela, se promediaron las alturas de los árboles medidas con el clinómetro.

Para identificar cuáles de las características de la estructura de la vegetación se corresponden mejor con la calidad del hábitat, se relacionaron las abundancias (capturas) de ambas especies (*Catharus guttatus* y *Basileuterus rufifrons*) con las variables del hábitat de

cada uno de los sitios de captura (redes). Esto es, mediante un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) y de un análisis de correlación, se extrajeron las variables de hábitat que más se asocian con los números totales de aves capturadas cada invierno en el sitio de estudio, desde el 2005 hasta el 2008 como parte del programa MoSI. Una vez extraídas dichas variables, éstas fueron sometidas a un análisis de regresión múltiple mediante el cual se reconocieron las variables asociadas a la abundancia del zorzal cola rufa y del chipe gorra rufa dentro del área de estudio.

El PCA es una técnica de análisis multivariado en la que se describe la mayor cantidad posible de variación total de la muestra en pocas dimensiones, es decir, se reduce la dimensión del conjunto de datos original, minimizando la pérdida de información; esas pocas dimensiones son conocidas como *componentes principales*, y son combinaciones lineales no correlacionadas de las variables originales, por lo que son independientes entre sí. Cada componente sintetiza la máxima variabilidad residual contenida en los datos. La expresión que describe las puntuaciones factoriales de cada componente principal es:

$$X_{ij} = a_{i1} * z_{ij} + \dots + a_{ik} * z_{kj} = \sum a_{is} * z_{sk}$$

Donde cada a es un coeficiente y cada z es un valor estandarizado que tiene las variables en cada uno de los sujetos de la muestra. Para el análisis de componentes principales se utilizaron todas las variables de la estructura de la vegetación: altura del dosel, cobertura del dosel, DAP, área basal, composición del suelo (roca, suelo desnudo, hojarasca, materia muerta.), densidad arbustiva, cobertura del suelo, distancia promedio entre arboles, altura de los arbustos y presencia de tocones.

El análisis de correlación consiste en identificar la relación entre los valores observados de dos variables (Herrera y Barreras, 2005); mediante esta técnica se identificó el nivel de asociación de cada variable del hábitat con la ocurrencia (captura) de cada especie por medio de los coeficientes de correlación de Pearson.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de regresión múltiple, con éste se estimó y verificó cuales de las variables del hábitat extraídas previamente del PCA y del análisis de correlación son estadísticamente significativas sobre la abundancia del zorzal cola rufa y del chipe gorra rufa en el bosque; se utilizó el siguiente modelo (Herrera y Barreras, 2005):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p + E_i$$

Donde:

Y_i = es la variable dependiente (capturas del chipe gorra rufa o del zorzal cola rufa).

$X_1, X_2, X_3 \dots X_p$ = variables independientes o explicativas seleccionadas (*i.e.*, distancia entre árboles, cobertura del suelo, etc.)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_p$ = parámetros de la ecuación de regresión.

E_i = error aleatorio.

A partir de la fenología de *Monnina xalapensis*, se estimó la proporción de plantas (ejemplares) con presencia de frutos maduros para cada mes; posteriormente, se caracterizó la relación que existe entre los meses de fructificación de este arbusto con los meses de mayor abundancia relativa y densidad poblacional del zorzal cola rufa en Tepetzotlán, y así poder establecer qué tan determinante podría ser la producción de frutos de la pica sobre la persistencia de esta ave en el bosque.

4.6.4. Índice de condición corporal (ICC)

Debido a que, como consecuencia de la disponibilidad de recursos, la condición de los individuos puede sufrir cambios a lo largo del invierno, se le considera a ésta un buen indicador de la calidad del hábitat (Strong y Sherry, 2000; Johnson, 2007); por lo tanto, se estimaron para todos los individuos capturados de *Catharus guttatus* y *Basileuterus rufifrons* índices de condición corporal mediante tres diferentes métodos propuestos por diversos autores (Winker *et al.*, 1992; Delong y Gessaman, 2001; Lucas *et al.*, 2006).

Índice de condición corporal propuesto por Lucas *et al.* (2006).

$$ICC = \frac{\text{Masa}}{\text{Longitud del ala}}$$

Índice de condición corporal propuesto por Winker *et al.* (1992).

$$ICC = \frac{\text{Masa} * 1000}{\text{Longitud del ala}^3}$$

Índices de condición corporal propuestos por Delong y Gessaman (2001).

$$ICC = \frac{\text{Masa}}{\text{Long ala} * \text{long cola} * \text{long tarso}}$$

Para valorar si existieron diferencias en la condición de cada especie a lo largo del invierno (mensualmente), y determinar de manera independiente, por edad y por sexo, si la condición corporal entre machos y hembras, y entre jóvenes y adultos fue diferente, se emplearon pruebas de comparación de medias independientes mediante el estadístico *t-Student* para las dos especies (Steel y Torrie, 1986):

Planteamiento de la hipótesis:

$$H_0: \mu_x (\text{hembras/jóvenes}) = \mu_y (\text{machos/adultos})$$

$$H_a: \mu_x (\text{hembras/jóvenes}) \neq \mu_y (\text{machos/adultos})$$

Cálculo de la estadística de prueba (*t* calculada):

$$t_0 = \frac{Y_1 - Y_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p^2 (1/n + 1/m)}$$

Donde:

Y_1 = media del índice de condición corporal en hembras/jóvenes

Y_2 = media del índice de condición corporal en machos/adultos

$(\mu_1 - \mu_2)$ = Diferencia entre medias poblacionales. Bajo H_0 . $(\mu_1 - \mu_2) = 0$

$$S_p^2 = \frac{(n-1)S_{(\text{Hembras/jóvenes})}^2 + (m-1)S_{(\text{Machos/adultos})}^2}{n+m-2}$$

En donde:

S_p^2 = Varianza ponderada de los índices de condición corporal en ambos sexos:

$S^2_{(hembras/jóvenes)}$ = varianza muestral de la condición corporal en hembras o jóvenes.

$S^2_{(machos/adultos)}$ = varianza muestral de la condición corporal en machos o adultos.

n = número de individuos (hembras o jóvenes).

m = número de individuos (machos o adultos).

Aplicar la regla de decisión:

Rechazar H_0 si $t_0 \geq t_{\alpha/2 (n+m-2)}$ (t de tablas), empleando un α de 0.05.

Todos los análisis estadísticos efectuados en esta investigación se llevaron a cabo usando el paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS Institute, Cary, NC, EUA) (Herrera y Barreras, 2005).

5. RESULTADOS

5.1. Zorzal cola rufa

5.1.1. Determinación del sexo

Durante el periodo de estudio, fueron capturados y anillados 28 individuos de *Catharus guttatus*; una vez estimadas las concentraciones de testosterona, estradiol y progesterona en todas las muestras, los individuos se clasificaron en dos grupos tomando como criterio inicial los niveles de estradiol. En el grupo A (que se asume son machos) (n = 22) se incluyeron aquellos individuos con una concentración menor a 1 ng E2 g⁻¹ y en el grupo B (hembras) (n = 6) aquellos con una concentración mayor a 1 ng E2 g⁻¹) (Figura 3). De acuerdo a la prueba de *t de student* para el estradiol, se pudo demostrar que existe una diferencia significativa ($p < 0.0001$) en la concentración de este esteroide entre el grupo A (0.362 ± 0.26 ng g⁻¹) y el grupo B (2.148 ± 0.710 ng g⁻¹).

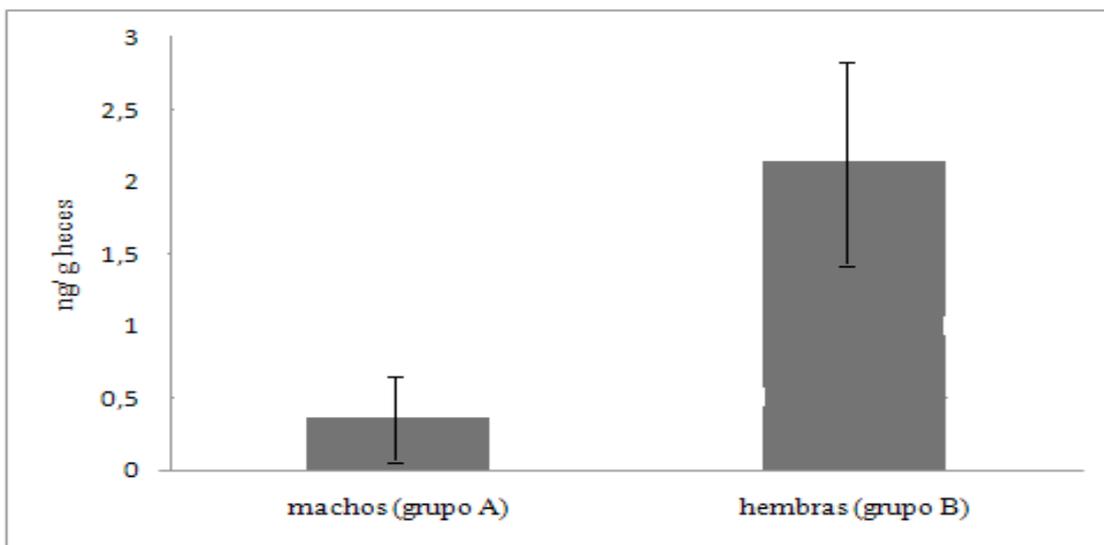


Figura 3. Concentraciones promedio de estradiol en individuos de los grupos A (aparentemente machos) y B (presumiblemente hembras) del zorzal cola rufa en una parcela de bosque del Parque Sierra de Tepotzotlán.

Al efectuar la comparación de las concentraciones de testosterona entre los dos grupos, se encontró que la concentración del andrógeno fue significativamente mayor en el

grupo B ($59.26 \pm 41.62 \text{ ng g}^{-1}$) que en el grupo A ($17.14 \pm 35.8 \text{ ng g}^{-1}$) ($p < 0.0203$) (Figura 4).

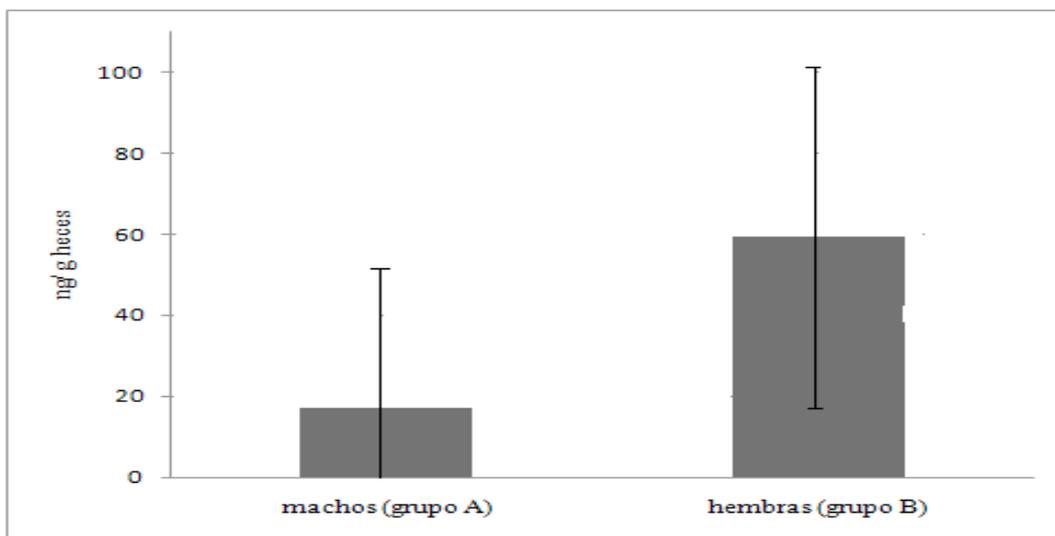


Figura 4. Concentraciones promedio de testosterona en individuos del grupo A (machos) y grupo B (hembras) del zorzal cola rufa de una parcela de bosque en Sierra de Tepetzotlán.

En la comparación de las concentraciones de progesterona entre grupos, los individuos del grupo B presentaron un valor promedio superior ($430.09 \pm 340.1 \text{ ng g}^{-1}$) con respecto a los del grupo A ($121.86 \pm 97.61 \text{ ng g}^{-1}$); se encontró, además, una diferencia significativa ($p < 0.0011$) (Figura 5), por lo que las concentraciones de progesterona pueden emplearse como un indicador auxiliar del estradiol al identificar el sexo de las aves.

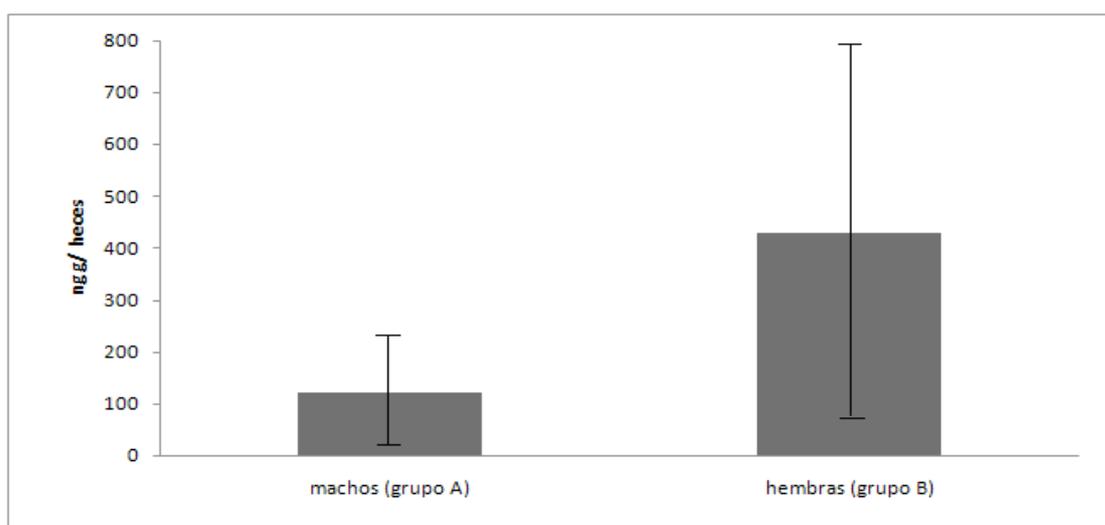


Figura 5. Concentraciones promedio de progesterona en individuos del grupo A (machos) y grupo B (hembras) del zorzal cola rufa de una parcela de bosque en Sierra de Tepetzotlán.

5.1.2. Estructura de la población

La abundancia relativa para el zorzal cola rufa fue notablemente baja durante los meses de noviembre y diciembre pero, desde enero hasta finales del invierno, cuando el zorzal cola rufa inicia su emigración hacia los territorios reproductivos, la abundancia incrementó notablemente en el sitio de estudio, específicamente durante los meses de febrero, marzo y abril (Figura 6).

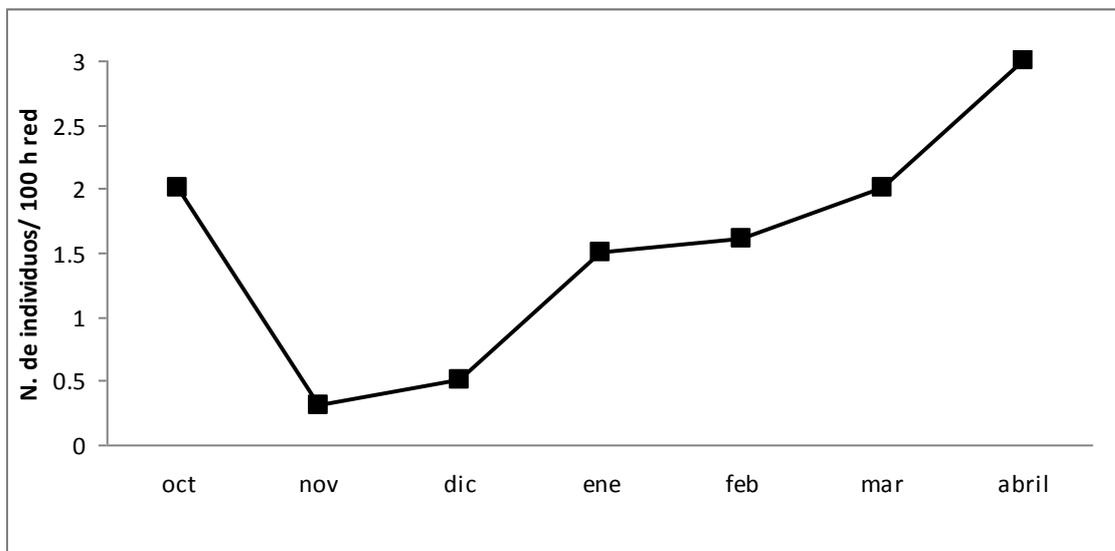


Figura 6. Abundancia relativa (individuos/100 horas red) del zorzal cola rufa en Sierra de Tepetzotlán durante la invernada.

La densidad poblacional dentro de la parcela de estudio, de acuerdo con las estimaciones por el método de Jolly y Seber (Seber, 1982), resultó más alta durante los sucesos de muestreo cinco y seis, es decir, en los meses de febrero y marzo seguidos de abril (Cuadro 1); durante los meses de octubre a diciembre la densidad poblacional de esta especie fue muy baja en la estación (Figura 7).

Cuadro 1. Densidad poblacional del zorzal cola rufa estimada por el método de Jolly y Seber (N_t = número de individuos/20 ha) en Sierra de Tepetzotlán.

mes	IC (inferior) <	N_t	< IC (superior)
octubre	----	----	----
noviembre	1.03	< $N = 3$ <	47.93
diciembre	2.31	< $N = 6$ <	49.49
enero	5.02	< $N = 12$ <	157.39
febrero	10.43	< $N = 36$ <	332.63
marzo	11.10	< $N = 40$ <	459.06
abril	----	< $N = 7$ <	-----

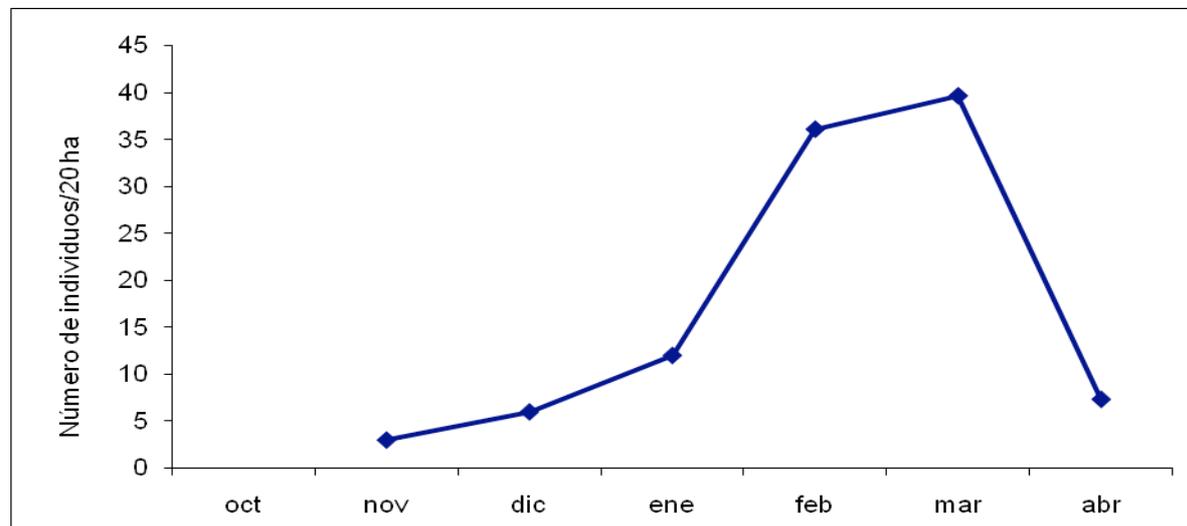


Figura 7. Gráfico de la densidad poblacional del zorzal cola rufa estimada por el método de Jolly y Seber (N_t = número de individuos/20 ha) para una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepetzotlán.

La proporción de sexos y la estructura de edades de esta población presentan un sesgo hacia los machos adultos, seguido por los machos juveniles (Figura 8).

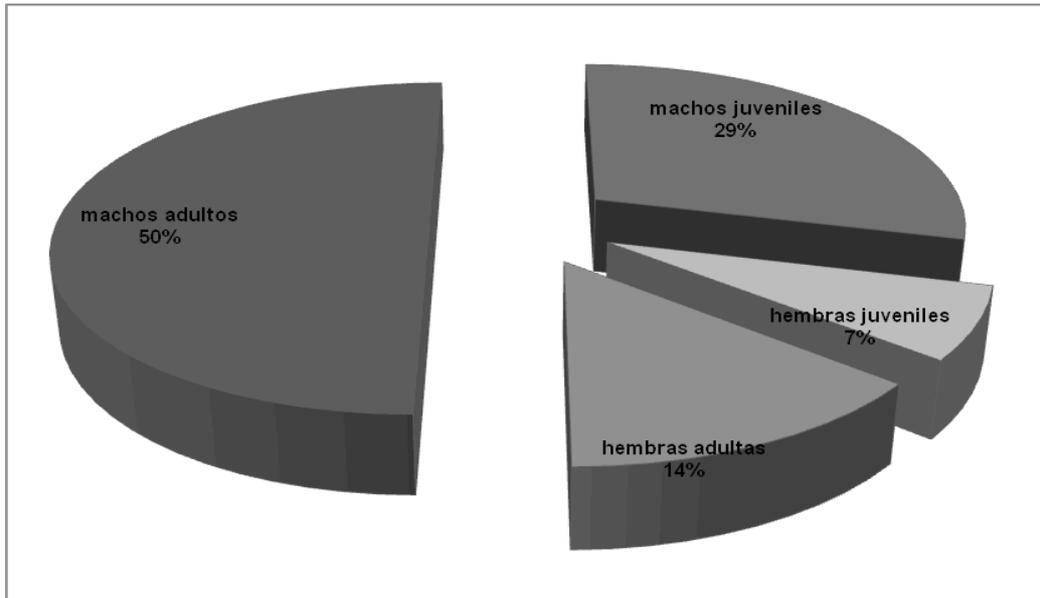


Figura 8. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en *Catharus guttatus* en el periodo invernal en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán ($n = 28$).

Al llevar a cabo las comparaciones de la proporción de sexos y de la estructura de edades de manera separada, por medio de las pruebas de chi-cuadrada, los resultados en la población del zorzal cola rufa indican un 78.57 % de machos y un 21.43 % de hembras, un 64.3 % de animales adultos y 35.7 % de juveniles, y que existe una diferencia estadísticamente significativa tanto en la proporción de sexos ($\chi^2 = 33.64$, $p = 0.001$) como en la estructura de edades en dicha población ($\chi^2 = 8.17$, $p = 0.01$).

Los resultados de la estructura de la población del zorzal cola rufa empleando únicamente los datos de las recapturas coinciden con los obtenidos empleando todos los individuos, ya que se hace evidente una preponderancia de machos adultos y en segundo término los juveniles de ese mismo sexo (Figura 9).

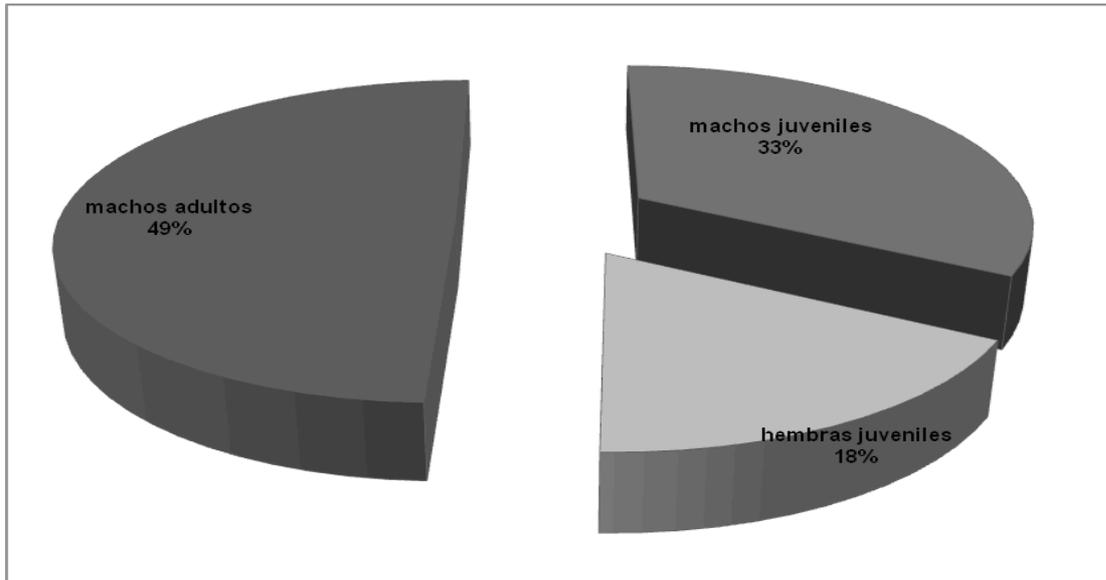


Figura 9. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en *Catharus guttatus* empleando únicamente los datos de las recapturas ($n = 6$) de una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán.

Durante el invierno temprano (octubre a diciembre), la estructura de la población consistió de una mayor abundancia de machos, pero en la estructura de edades se encontró un patrón diferente al de los anteriores resultados, pues ocurrió una proporción mayor de machos juveniles que de adultos de ambos sexos (Figura 10).

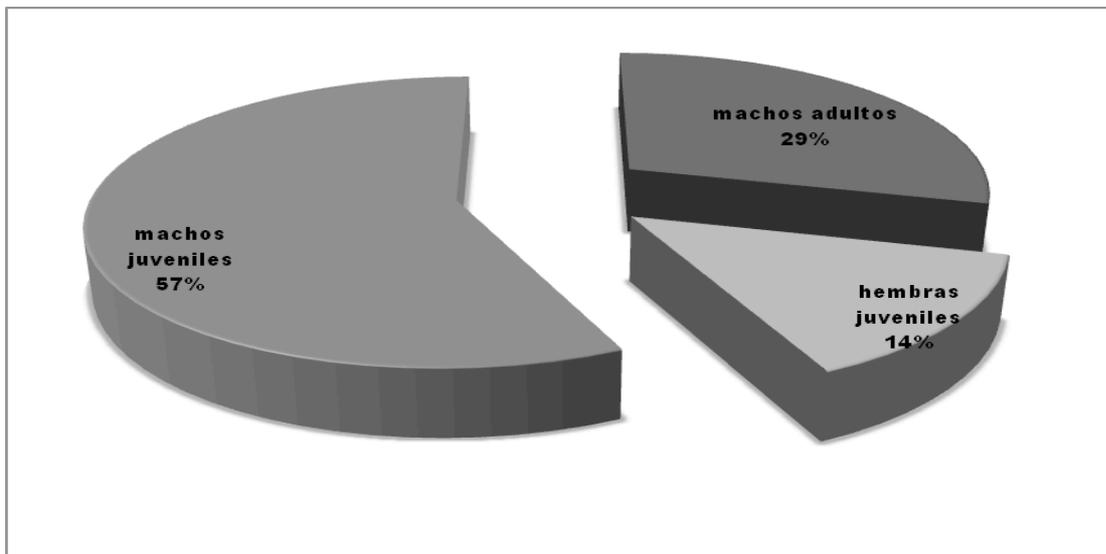


Figura 10. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en *Catharus guttatus* durante la etapa de invierno temprano en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán ($n = 6$).

En la etapa de invierno tardío (enero a abril), los resultados concuerdan con los obtenidos al tomar en cuenta a todos los individuos capturados, y a los encontrados empleando únicamente las recapturas; esto es, la presencia de machos adultos en primer término y de machos jóvenes en segundo, los cuales son más numerosos que las hembras jóvenes y adultas (Figura 11).

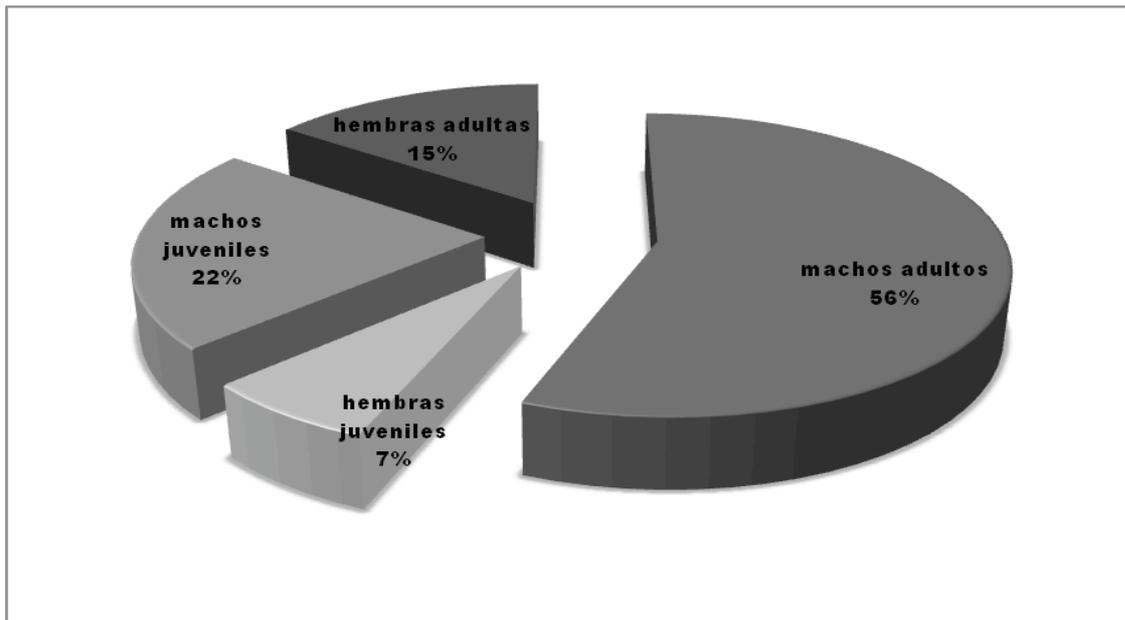


Figura 11. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en *Catharus guttatus* durante la etapa de invierno tardío en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepozotlán (n = 27).

5.1.3. Caracterización del hábitat del zorzal cola rufa

La estructura de la vegetación del hábitat de invierno (bosque de encino) del zorzal cola rufa presentó las siguientes características [promedio (\pm desviación estándar-S)]: una distancia entre árboles de 2.37 (\pm 0.53) m; una cobertura del suelo de 90.21 (\pm 7.87) % , el cual se encuentra conformado en un 60.42 (\pm 5.42) % por hojarasca, 2.5(\pm 3.37) % por suelo desnudo, 19.79 (\pm 7.94) % está cubierto por herbáceas, 10.42 (\pm 5.20) % por árboles muertos y un 6.88 (\pm 5.45) % por roca; la altura del dosel es de 11.62 (\pm 2.21) m; con una densidad de 539.58 (\pm 118.21) arbustos/hectárea; una cobertura del dosel de 78.75 (\pm 9.91) %; una densidad de 53.25 (\pm 37.5) tocones por hectárea; la altura promedio de los arbustos es de 1.68

(± 0.14) m; los árboles presentan un DAP de 19.78 (± 3.33) cm y una área basal de 3.42 (± 1.27) m²; las herbáceas que cubren el suelo son en su mayoría gramíneas y en los árboles predomina el género *Quercus*. Bordeando el costado norte de la parcela de estudio se encuentra un río de temporal, el cual permaneció seco durante todo el periodo de estudio, excepto en octubre y noviembre.

El PCA generó cuatro componentes principales que representan un 81.72 % de la variabilidad total de la abundancia de *Catharus guttatus* en el bosque. El primer componente principal (37.45 %) incluye seis variables de las 14 posibles: cobertura del suelo, distancia entre árboles, hojarasca, altura del dosel, área basal y DAP; el segundo (20.23 %) incluyó suelo desnudo, herbáceas, DAP y área basal; el tercer componente principal (16.44 %) está determinado por porcentaje de roca en el suelo, cobertura del dosel y altura de los arbustos; finalmente, el cuarto componente principal (7.59 %) por árboles muertos, cobertura del dosel y densidad de tocones.

El análisis de correlación mostró que las variables más asociadas con la abundancia (captura) del zorzal cola rufa dentro del bosque son cobertura del suelo ($r = -0.502$), distancia entre árboles ($r = 0.636$), roca en el suelo ($r = 0.531$) y altura de los arbustos ($r = 0.47$), pero sólo la distancia entre árboles resultó significativa ($p < 0.02$).

Los resultados de los análisis de regresión múltiple revelan que la única variable significativamente asociada a los sitios de mayor abundancia del zorzal cola rufa dentro del bosque fue la distancia entre árboles ($p < 0.0261$), mientras que la cobertura del suelo, el porcentaje de roca en el suelo y la altura de los arbustos no influyeron significativamente en este análisis ($p > 0.05$)

Para la caracterización de la fenología de la *Monnina xalapensis* se obtuvieron, en total, 34 ejemplares de esta especie en el Herbario Nacional de la Universidad Nacional Autónoma de México, de los cuales 17 correspondieron a los meses que abarcó el periodo del

muestreo del zorzal cola rufa (octubre [n=1], noviembre [n=1], diciembre [n=0], enero [n=2], febrero [n=3], marzo [n=4] y abril [n=6]); además, se encontró una mayor proporción de ejemplares en fructificación para los meses de enero a abril (Figura 12). Así mismo, se halló que las tendencias de la abundancia relativa del zorzal cola rufa y de la fructificación de *Monnina xalapensis* son muy semejantes (Figura 13).

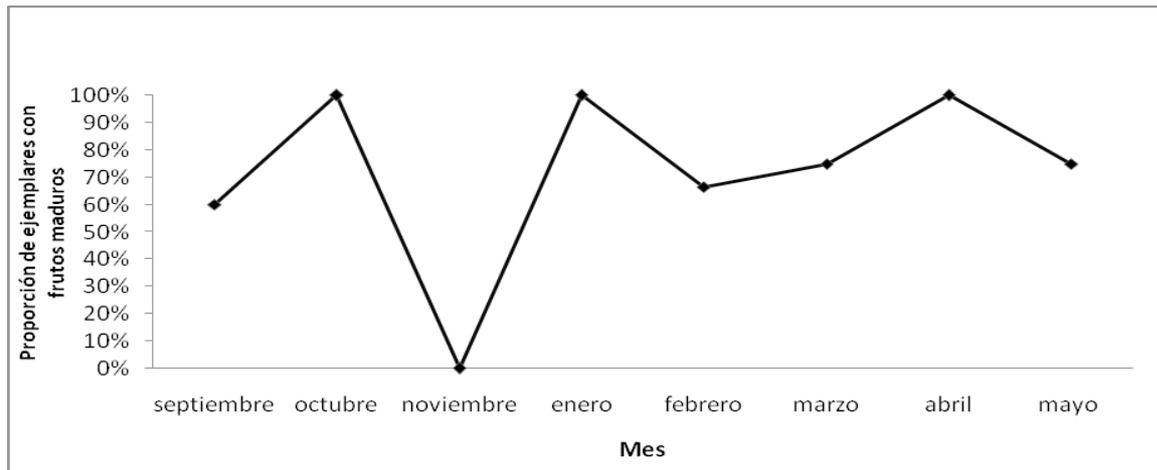


Figura 12. Proporción de plantas (ejemplares) de la pica con frutos maduros.

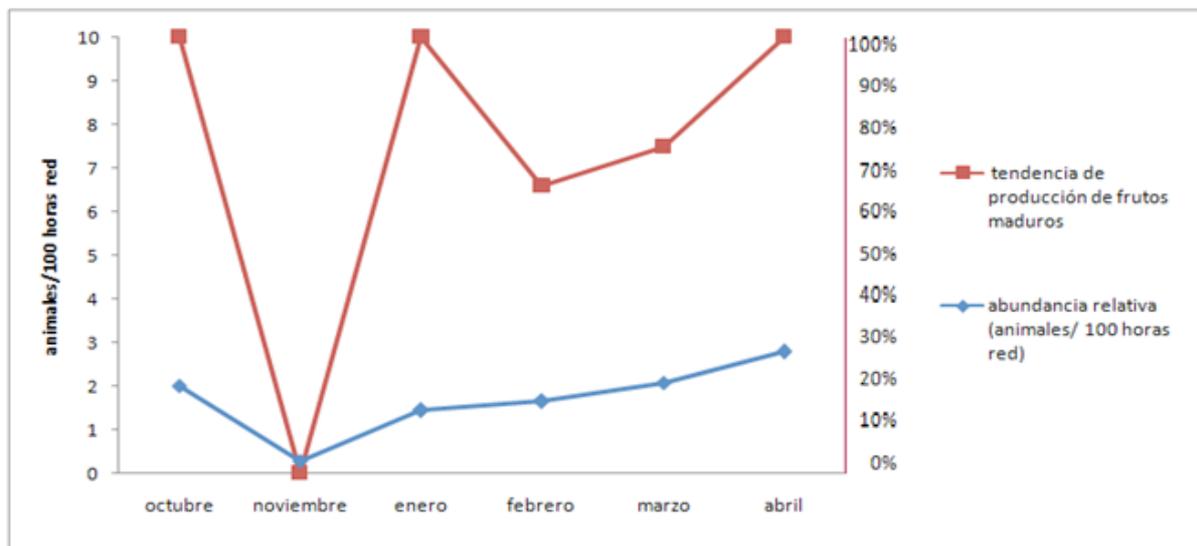


Figura 13. Relación de las tendencias de la fructificación de la pica y la abundancia relativa del zorzal cola rufa para los meses del periodo de estudio.

5.1.4. Índices de condición corporal

Los resultados de las estimaciones del índice de condición corporal (ICC) en *Catharus guttatus* mediante el método propuesto por Lucas *et al.* (2006) muestran que la condición en

la población no cambió a lo largo de la invernada en el bosque de encino de Tepetzotlán (Figura 14). Al comparar el índice entre sexos y por edad, los resultados indican que no existe una diferencia significativa entre machos y hembras, tampoco entre juveniles y adultos ($p > 0.025$) (Cuadro 1).

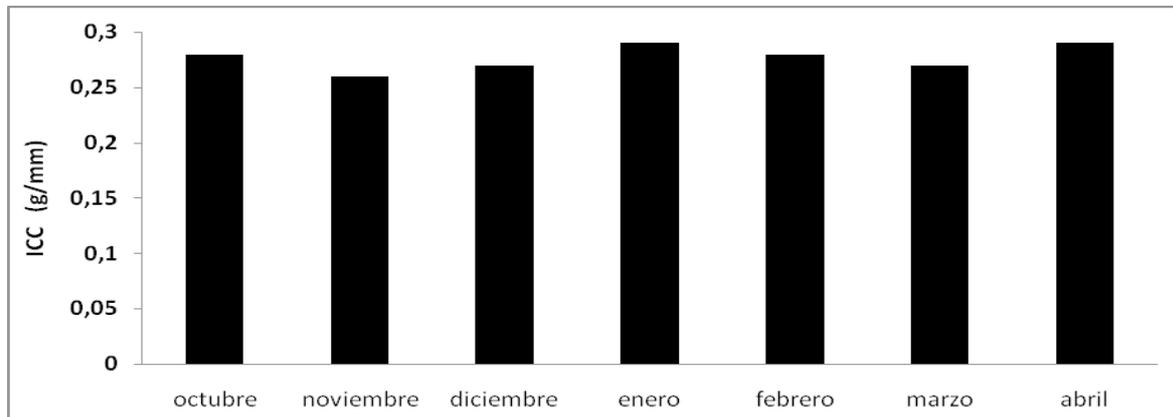


Figura 14. Índices de condición corporal (g/mm) mensuales promedio estimados mediante el método de Lucas *et al.* (2006) para la población de zorzal cola rufa a lo largo de la invernada (n=27) en una parcela de bosque en Sierra de Tepetzotlán.

Cuadro 2. Índices de condición corporal (g/mm) por sexo y por edad en el zorzal cola rufa (n = 27) de Sierra de Tepetzotlán, estimados por el método de Lucas *et al.* (2006).

	Machos	Hembras
Promedio	0.286	0.277
Desviación estándar	0.015	0.018
C.V.	5.24 %	6.47 %
	Adultos	Jóvenes
Promedio	0.290	0.286
Desviación estándar	0.017	0.014
C.V.	5.86 %	4.89 %

Los resultados del índice obtenidos mediante los métodos de estimación propuestos por Winker *et al.* (1992) y Delong y Gessaman (2001) revelaron que la condición corporal en la población de *Catharus guttatus* no cambia durante la invernada en el bosque. En las figuras 15 y 16 la condición corporal de la población en el mes de diciembre aparenta ser más baja,

pero cabe señalar que este valor se obtuvo de un solo individuo capturado en ese mes, por lo que el índice de condición corporal para diciembre podría estar sesgado.

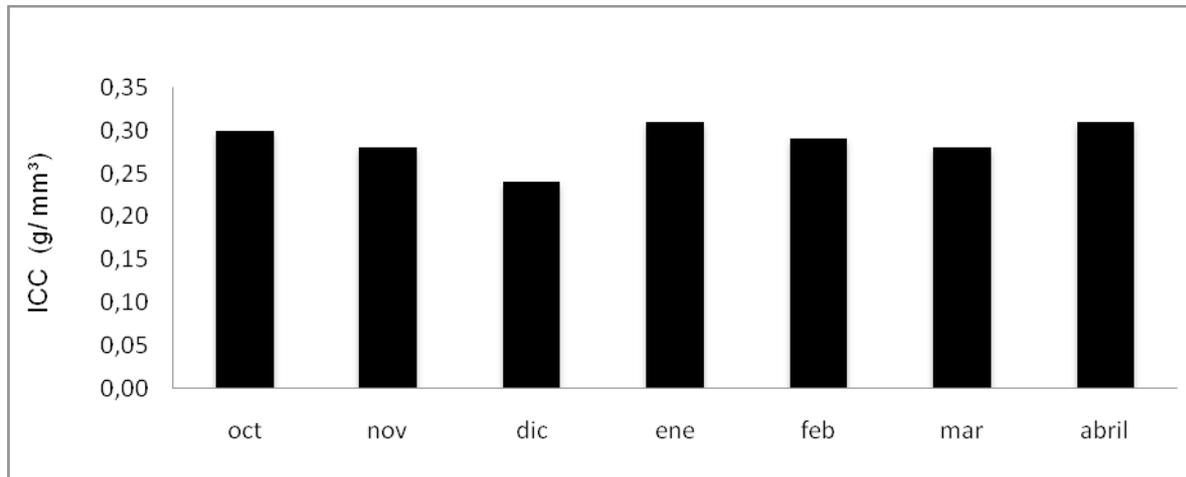


Figura 15. Índices de condición corporal (g/mm^3) mensuales promedio estimados mediante el método de Winker *et al.* (1992) para la población de zorzal cola rufa a lo largo de la invernada ($n = 27$) en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán.

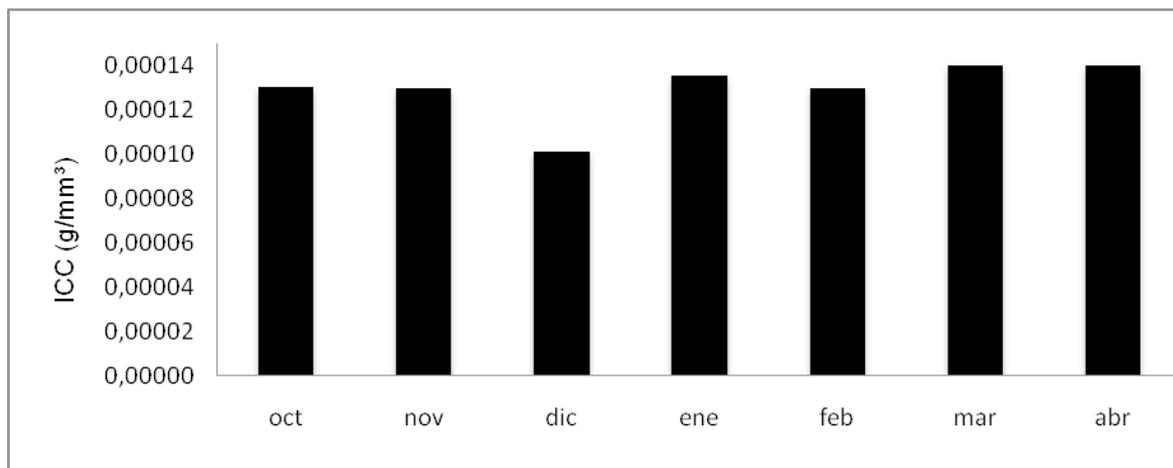


Figura 16. Índices de condición corporal (g/mm^3) mensuales promedio estimados mediante el método de Delong y Gessaman (2001) para la población de zorzal cola rufa a lo largo de la invernada ($n = 23$).

Después de comparar la condición corporal entre sexos y posteriormente entre adultos y juveniles con el método de Winker *et al.* (1992), no se encontraron diferencias entre machos y hembras ($p > 0.05$), ni entre jóvenes y adultos ($p > 0.05$) (Cuadro 2); el mismo patrón se mantuvo al hacer dichas comparaciones utilizando los índices de condición estimados con el método de Delong y Gessaman (2001) (Cuadro 3), por lo que no ocurren diferencias en la condición corporal entre edades o sexos.

Cuadro 3. Índices de condición corporal (g/mm^3) por sexo y por edad en el zorzal cola rufa ($n = 27$) en Sierra de Tepotzotlán, estimados por el método de Winker *et al.* (1992).

	Machos	Hembras
Promedio	0.30	0.29
Desviación estándar	0.03	0.04
C.V.	10 %	13.8 %
	Adultos	Jóvenes
Promedio	0.30	0.30
Desviación estándar	0.033	0.029
C.V.	11 %	9.67 %

Cuadro 4. Índices de condición corporal (g/mm^3) por sexo y por edad en el zorzal cola rufa ($n = 23$) en Sierra de Tepotzotlán, estimados por el método de DeLong y Gessaman (2001).

	Machos	Hembras
Promedio	0.00013	0.00014
Desviación estándar	0.00001	0.00002
C.V.	7.69 %	14.29 %
	Adultos	Jóvenes
Promedio	0.00013	0.00013
Desviación estándar	0.00001	0.00001
C.V.	7.69 %	7.69 %

5.2. Chipe gorra rufa

5.2.1. Identificación del sexo

Fueron capturados y anillados 20 individuos de *Basileuterus rufifrons*; sin embargo, sólo a 17 se les determinó el perfil hormonal debido a que de las 45 muestras que se pueden procesar con los estuches para las mediciones hormonales se asignaron 28 al zorzal cola rufa (por ser la especie de mayor interés en el estudio) y los restantes al chipe gorra rufa. Al igual que en el zorzal cola rufa, en esta especie los individuos se clasificaron en dos grupos tomando inicialmente como referencia los niveles de estradiol; el grupo B (o hembras) ($n = 6$) estuvo

constituido de los animales con una concentración de este esteroide mayor o igual a 1 ng g^{-1} (Figura 17). Al valorar el primer criterio de sexado, la prueba estadística para estradiol en el chipe gorra rufa indicó que sí existe diferencia significativa en los valores de dicho esteroide entre grupos ($p < 0.0003$), con una concentración promedio de $0.367 \pm 0.19 \text{ ng g}^{-1}$ para el grupo A o machos ($n = 11$) y de $2.010 \pm 1.180 \text{ ng g}^{-1}$ para el grupo B ($n = 6$), es decir, las hembras presentan valores superiores.

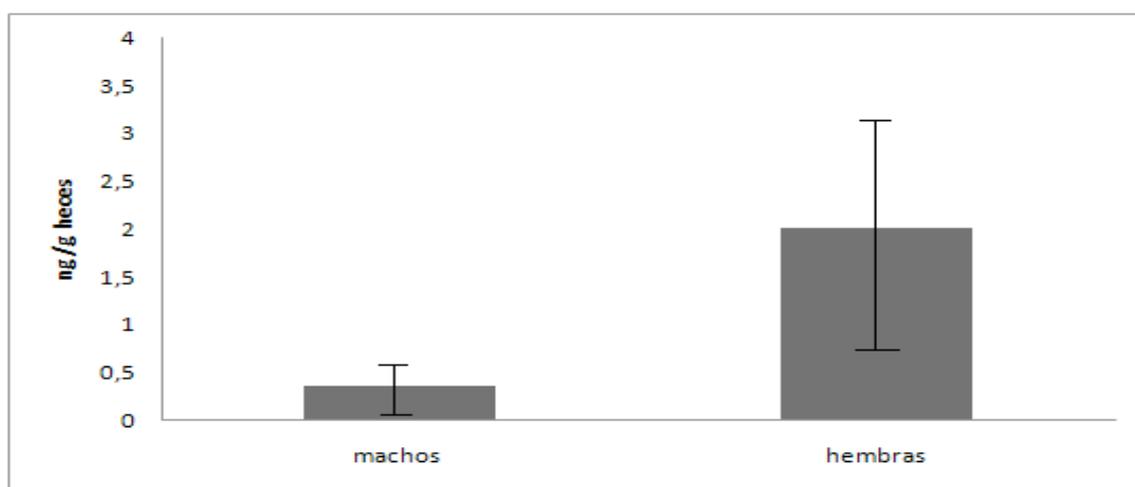


Figura 17. Concentraciones promedio de estradiol (ng g^{-1}) en los individuos de chipe gorra rufa de dos grupos (machos y hembras) de una parcela de bosque de Sierra de Tepotzotlán.

Al efectuar la comparación de las concentraciones de testosterona entre los grupos A ($24.147 \pm 42.8 \text{ ng g}^{-1}$) y B ($45.417 \pm 31.06 \text{ ng g}^{-1}$) de *Basileuterus rufifrons*, se encontró que no hubo diferencias en la concentración del andrógeno ($p > 0.05$) (Figura 18).

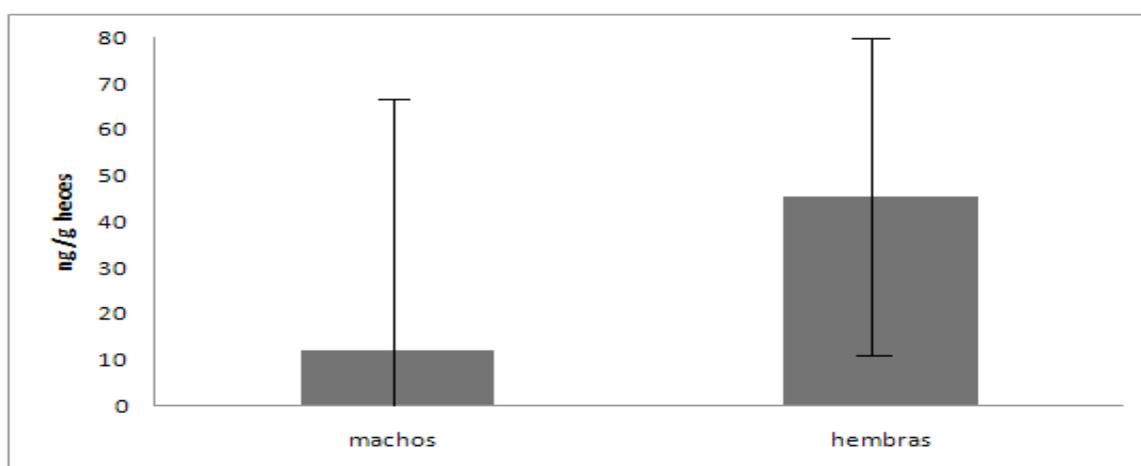


Figura 18. Concentraciones promedio de testosterona (ng g^{-1}) en los individuos de chipe gorra rufa de dos grupos (machos y hembras) de una parcela de bosque de Sierra de Tepotzotlán.

En la comparación de las concentraciones de progesterona en el chipe gorra rufa, se encontró una concentración evidentemente mayor en hembras ($601.39 \pm 426.85 \text{ ng g}^{-1}$) que en machos ($221.71 \pm 204.23 \text{ ng g}^{-1}$) ($p < 0.023$) (Figura 19), por lo que las concentraciones de este progestágeno sirven para sostener los resultados obtenidos con el estradiol al identificar el sexo de los individuos.

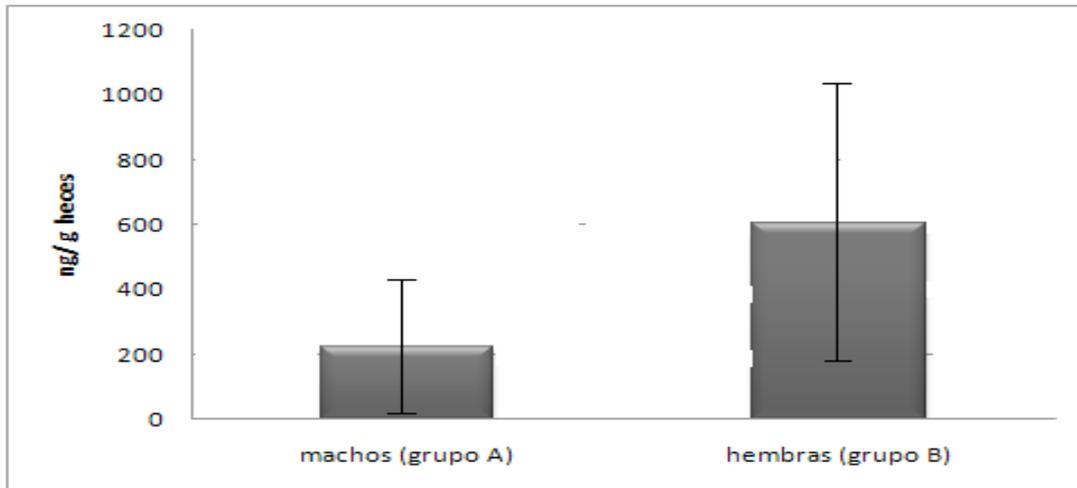


Figura 19. Concentraciones promedio de progesterona (ng g^{-1}) en los individuos de chipe gorra rufa de dos grupos (machos y hembras) de una parcela de bosque de Sierra de Tepetzotlán.

5.2.2. Estructura de la población

La abundancia relativa para el chipe gorra rufa en el bosque de Tepetzotlán cambió a lo largo del invierno, en la primera etapa del periodo de estudio se encontró una abundancia relativa más alta principalmente para los meses de octubre, noviembre y diciembre; sin embargo, a partir de enero descendió notablemente, pues la captura de individuos desde el inicio de dicho mes fue muy baja (Figura 20).

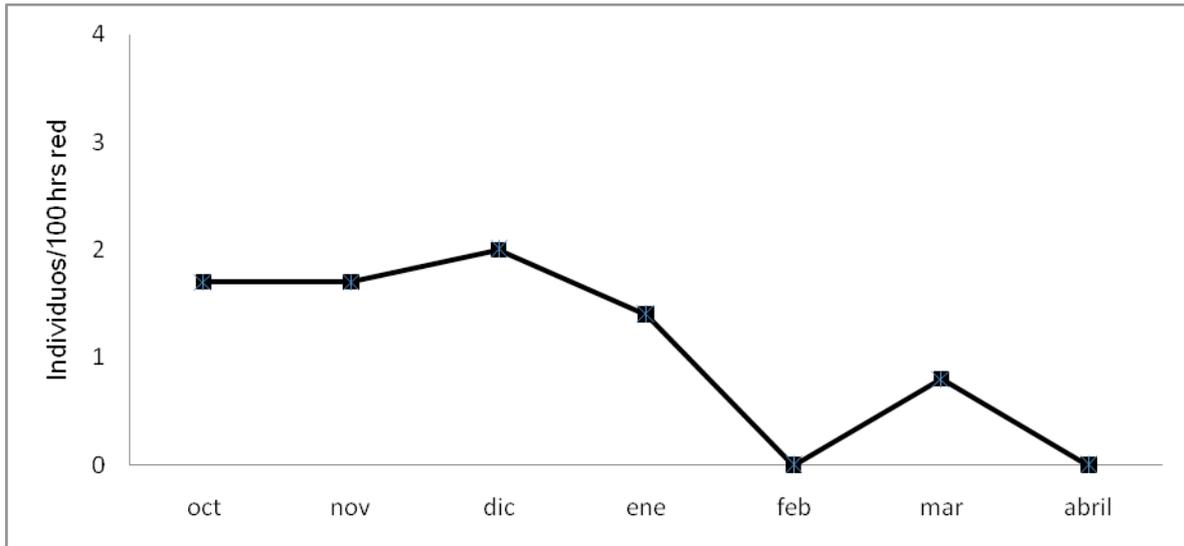


Figura 20. Abundancia relativa (individuos/100 horas red) del chipe gorra rufa en Sierra de Tepetzotlán.

La densidad poblacional en *Basileuterus rufifrons* dentro de la parcela de estudio, de acuerdo a lo estimado por el método de Jolly y Seber, fue más alta durante los primeros meses, principalmente en noviembre y diciembre (Cuadro 5); la escasa captura de esta especie en los meses de febrero, marzo y abril se reflejó en la estimación de la densidad para dichos meses (Figura 21).

Cuadro 5. Densidad poblacional del chipe gorra rufa estimada por el método de Jolly y Seber (N_t = número de individuos/20 ha) en Sierra de Tepetzotlán.

Mes	IC (inferior)	N_t	IC (superior)
octubre	----	-----	-----
noviembre	7.72	< $N = 33$ <	576.51
diciembre	9.25	< $N = 24$ <	197.95
enero	10.82	< $N = 5$ <	23.32
febrero	-----	-----	----
marzo	-----	-----	----
abril	-----	----	----

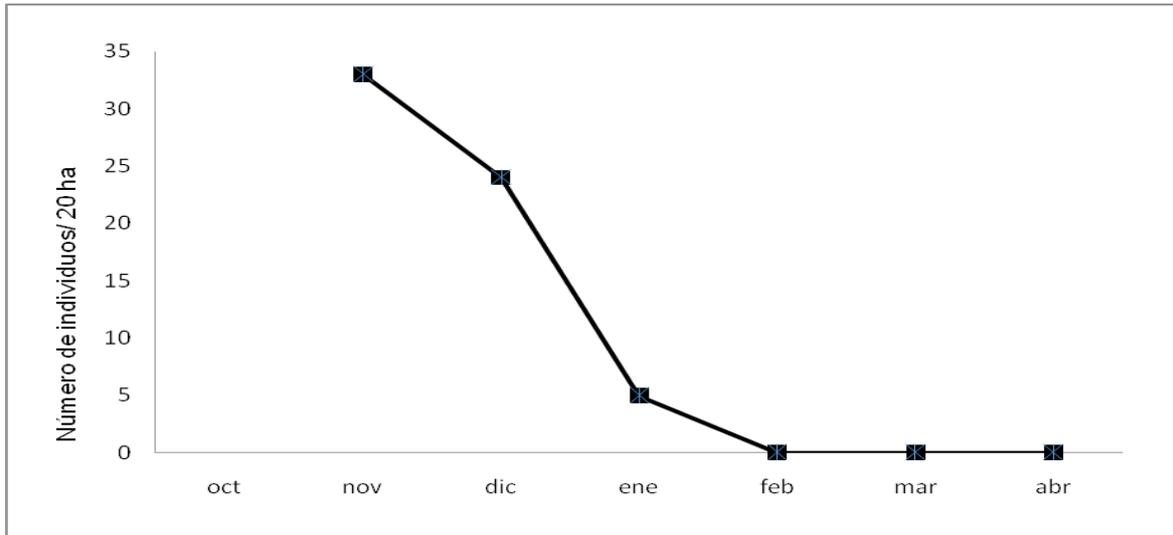


Figura 21. Gráfico de la densidad poblacional del chipe gorra rufa estimada por el método de Jolly y Seber (N_t = número de individuos/20 ha) para una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán.

La proporción de sexos y la estructura de edades en el chipe gorra rufa muestran un patrón parecido al del zorzal cola rufa, al encontrar una mayor cantidad de machos adultos, pero en segundo plano aparece una proporción mayor de hembras adultas que de machos y hembras jóvenes (Figura 22).

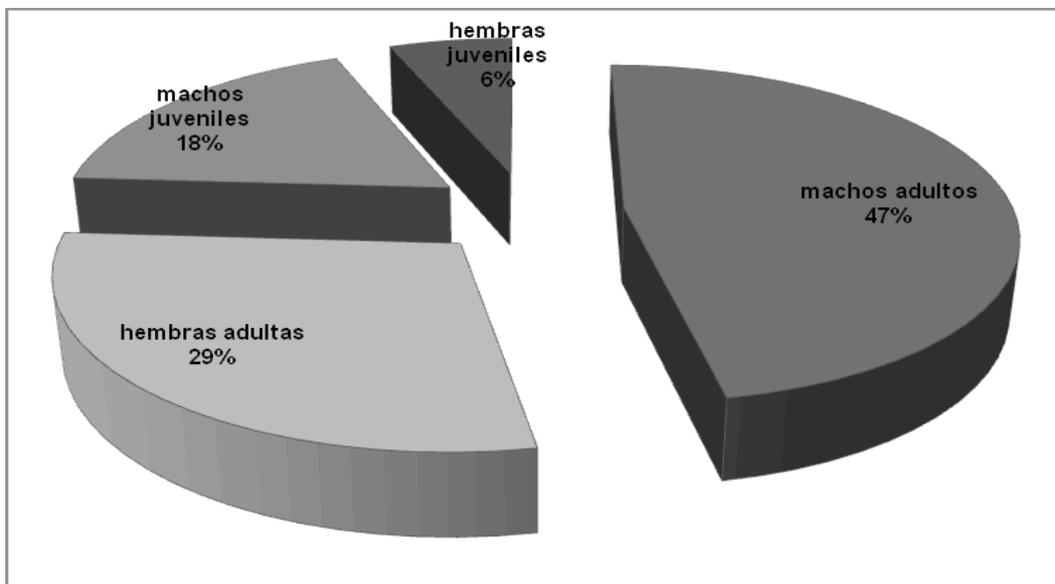


Figura 22. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en *Basileuerus rufifrons* durante el periodo invernal en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán ($n_2=17$).

Al llevar a cabo las comparaciones de la proporción de sexos, así como de la estructura de edades en la población del chipe gorra rufa, se obtuvo un 64.7 % de machos y

un 35.3 % de hembras, por lo que la proporción de sexos es significativamente diferente ($\chi^2 = 8.63$, $p = 0.01$); lo mismo sucede para la estructura de edades ($\chi^2 = 28.09$, $p = 0.001$), donde la presencia de adultos fue de 76.5 % y de juveniles de 23.5 %.

Los resultados de la estructura de la población de *Basileuterus rufifrons* utilizando únicamente los datos de las recapturas ($m_2 = 7$), concuerdan con los expuestos previamente, pues reaparece un mayor número de machos adultos (Figura 23).

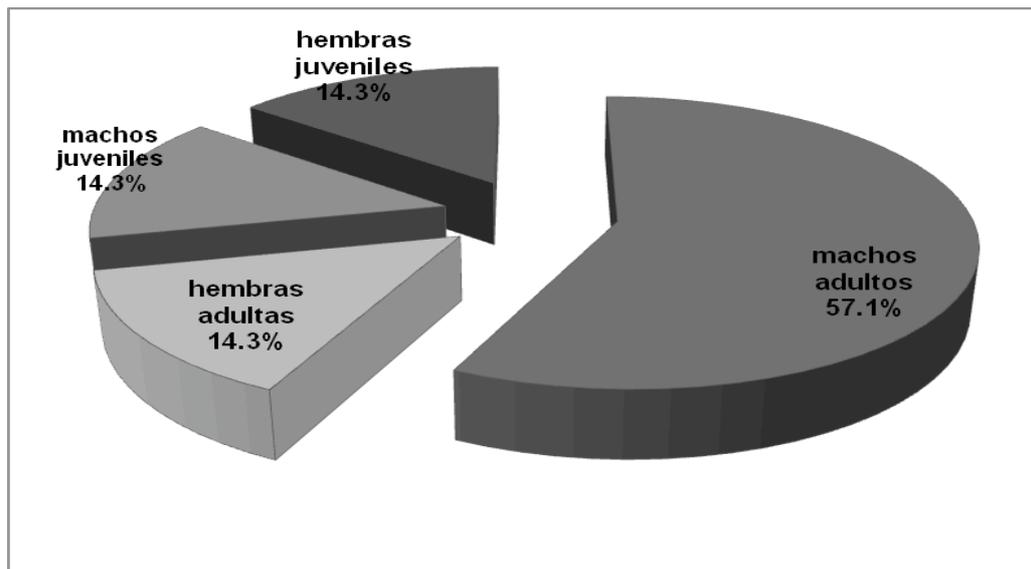


Figura 23. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en *Basileuterus rufifrons* empleando únicamente los datos de las recapturas ($m_2 = 7$) en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepotzotlán.

La estructura de la población de *Basileuterus rufifrons* durante la etapa de invierno temprano (de octubre a diciembre del 2008) en el bosque de Tepotzotlán, mostró nuevamente una tendencia hacia los animales adultos de ambos sexos, siendo superior la cantidad de machos (Figura 24). Desafortunadamente, para la segunda parte del invierno (de enero a abril del 2008) no fue posible caracterizar en forma completa a la población del chipe gorra rufa, ya que en este periodo, de los ocho ejemplares que se capturaron, sólo cinco fueron sexados. Así, se encontraron tres machos adultos, una hembra adulta y un macho juvenil; de los otros tres únicamente se identificó su edad, obteniendo que los tres eran adultos, por lo que al

menos es posible apreciar que en lo que concierne a la estructura de edades existe un amplio sesgo hacia los adultos.

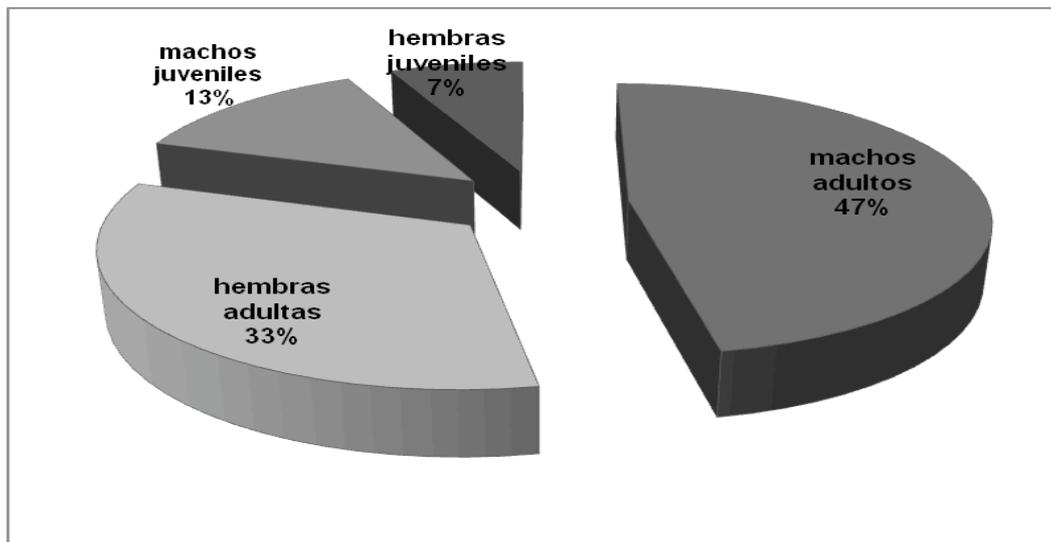


Figura 24. Porcentaje de machos y hembras por categoría de edad en *Basileuterus rufifrons* durante la etapa de invierno temprano (n = 15) en una parcela de bosque de encino en Sierra de Tepetzotlán.

5.2.3. Caracterización del hábitat del chipe gorra rufa

El PCA realizado para describir el hábitat de *Basileuterus rufifrons* en Tepetzotlán resultó en cuatro componentes principales, los cuales explican un 80.26 % de la variabilidad total en lo que respecta a la abundancia del chipe gorra rufa dentro del área de estudio; el primer componente principal (34.55 %) está conformado por la distancia entre árboles, cobertura del suelo, hojarasca, altura del dosel, DAP y área basal; el segundo (20.12 %) toma en mayor medida suelo desnudo y herbáceas; el tercero (18.07 %) considera el porcentaje de roca en el suelo, cobertura del dosel y altura de los arbustos; por último, el cuarto (7.53 %) le da más peso a la cobertura del dosel y al número de tocones.

El análisis de correlación de Pearson reveló que las variables significativamente relacionadas con la abundancia del chipe gorra rufa dentro del bosque son cobertura del suelo ($r = 0.79$ $p < 0.002$), porcentaje de herbáceas en el suelo ($r = 0.59$ $p < 0.043$), altura del dosel

($r = 0.57$ $p < 0.049$), distancia entre árboles ($r = 0.597$ $p < 0.040$), porcentaje de roca en el suelo ($r = 0.596$ $p < 0.0408$) y árboles muertos ($r = 0.611$ $p < 0.042$).

Para el caso del chipe gorra rufa, el análisis de regresión múltiple señaló que la variable más relacionada con la presencia de esta especie y que además resultó estadísticamente significativa fue la cobertura del suelo ($p < 0.0022$). En cambio, las otras variables (*i.e.*, distancia entre árboles, el porcentaje de roca en el suelo, etc.) no resultaron significativas ($p > 0.05$) en este estudio.

5.2.4. Índices de condición corporal

Con respecto a la condición corporal del chipe gorra rufa, los resultados obtenidos mediante el método de Lucas *et al.* (2006) revelan que la condición de la población durante el invierno se mantiene relativamente constante, pues no hubo cambios mensuales drásticos; es de notar que en los meses de febrero y abril no se capturó ningún ejemplar (Figura 25). Al comparar la condición corporal entre sexos y edades en *Basileuterus rufifrons*, los resultados indican el mismo patrón que en el zorzal cola rufa; es decir, la condición corporal en los machos no es significativamente mejor que en las hembras ($p > 0.025$), ni la de los adultos superior a la de los juveniles ($p > 0.025$) (Cuadro 4).

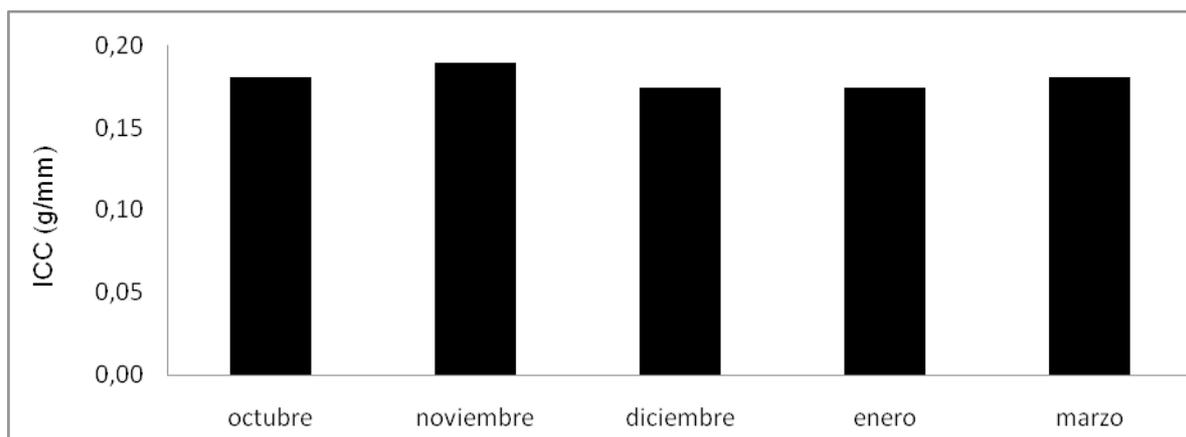


Figura 25. Índices de condición corporal (g/mm) para la población de chipe gorra rufa a lo largo del invierno ($n = 20$) estimados mediante el método de Lucas *et al.* (2006) en el bosque de Sierra de Tepetzotlán. Durante febrero y abril no fue capturado ningún ejemplar.

Cuadro 6. Índices de condición corporal (g/mm) por edad y sexo en el chipe gorra rufa de Sierra de Tepetzotlán, estimados mediante el método de Lucas *et al.* (2006).

	machos	hembras
Promedio	0.182	0.177
Desviación estándar	0.01	0.012
C.V.	5.49 %	6.78 %
	adultos	jóvenes
Promedio	0.18	0.18
Desviación estándar	0.012	0.006
C.V.	6.67 %	3.33 %

Los resultados obtenidos mediante el método de Winker *et al.* (1992) señalan que, aunque durante el invierno la condición corporal en la población no cambió drásticamente, parece haber un ligero aumento en el mes de noviembre (Figura 26) cuando ocurrió una mayor captura de individuos de esta especie. Al comparar el ICC entre las clases de edad y entre sexos, no se encontró una superioridad en la condición de los adultos sobre los juveniles ($p > 0.025$); la misma tendencia se encontró al comparar la condición corporal entre machos y hembras ($p > 0.025$) (Cuadro 5).

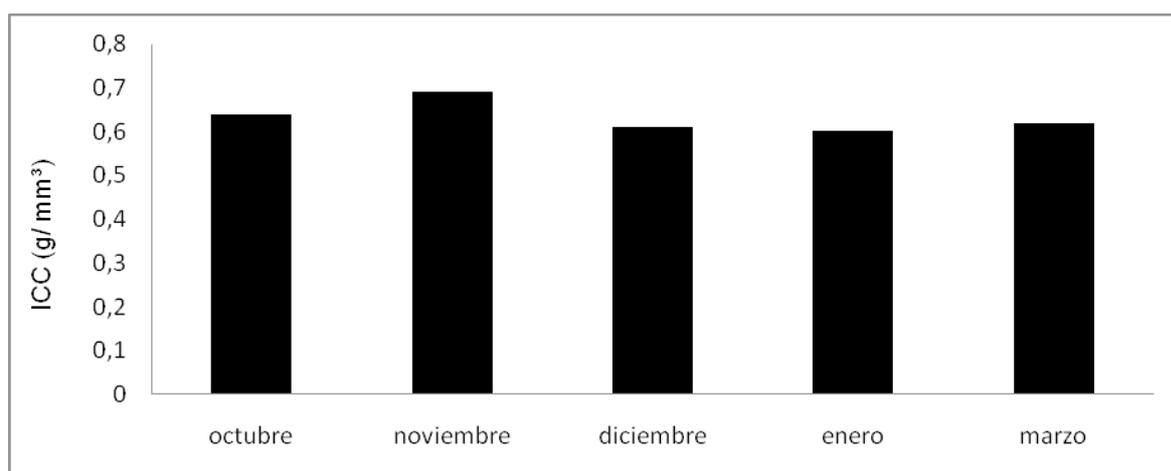


Figura 26. Índices de condición corporal (g/mm³) para la población de chipe gorra rufa a lo largo del invierno (n = 20) estimados mediante el método de Winker *et al.* (1992) en el bosque de Sierra de Tepetzotlán.

Cuadro 7. Índices de condición corporal (g/mm^3) por edad y sexo en el chipe gorra rufa de Sierra de Tepetzotlán, estimados mediante el método de Winker *et al.* (1992).

	Machos	Hembras
Promedio	0.66	0.61
Desviación estándar	0.07	0.09
C.V.	10.61 %	14.75 %
	Adultos	Jóvenes
Promedio	0.63	0.65
Desviación estándar	0.08	0.04
C.V.	12.7 %	6.15 %

Los ICC estimados mediante el método propuesto por Delong y Gessaman (2001) presentan el mismo patrón (Figura 27), pues la condición de la población mantiene una tendencia que no varía acentuadamente durante el invierno. Así mismo, en la comparación entre edades y sexos tampoco ocurrió una superioridad en la condición de los machos sobre las hembras ($p > 0.025$), ni una diferencia significativa entre adultos y juveniles ($p > 0.025$) (Cuadro 6).

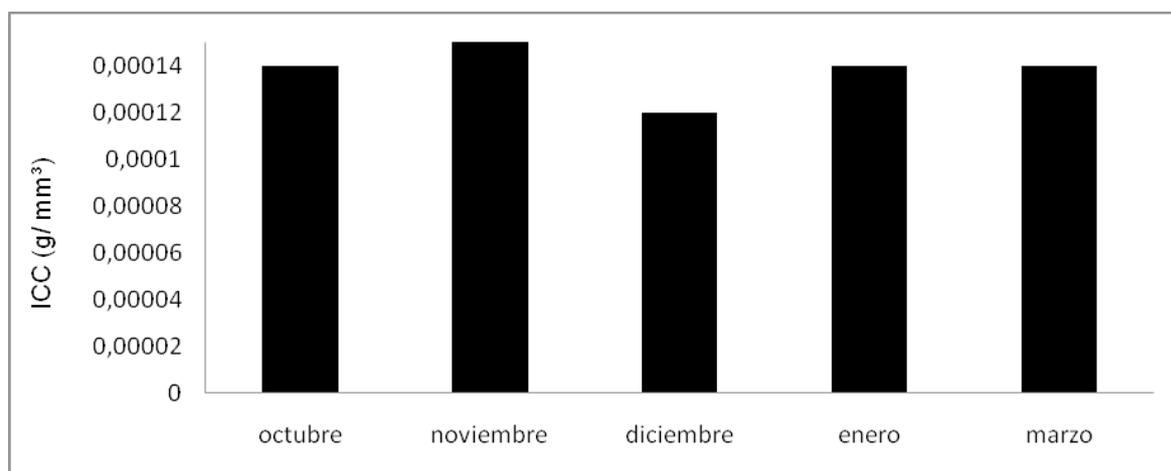


Figura 27. Índices de condición corporal (g/mm^3) para la población de chipe gorra rufa a lo largo del invierno ($n = 20$) estimados mediante el método de Delong y Gessaman (2001) en el bosque de Sierra de Tepetzotlán.

Cuadro 8. Índices de condición corporal (g/mm^3) por edad y sexo en el chipe gorra rufa de Sierra de Tepetzotlán, estimados mediante el método de DeLong y Gessaman (2001).

	Machos	Hembras
Promedio	0.00013	0.00014
Desviación estándar	0.00001	0.00002
C.V.	7.69 %	14.28 %
	Adultos	Jóvenes
Promedio	0.00014	0.00014
Desviación estándar	0.00002	0.00001
C.V.	14.28 %	7.14 %

6. DISCUSIÓN

6.1. Calidad del hábitat para el zorzal cola rufa

Los resultados de la abundancia relativa y de la densidad poblacional estimados indican que en la parcela de estudio se presentan las mejores condiciones para el mantenimiento del zorzal cola rufa en los meses de enero a abril, ya que en dicho periodo ambos parámetros poblacionales fueron más altos (Figuras 6 y 7), pues probablemente durante esos meses incrementa la disponibilidad de recursos (como frutos) dentro del bosque. El estudio de Brown *et al.* (2002) señaló que la abundancia poblacional en el bosque de encino fue la más baja, por lo que aseguran que es un tipo de hábitat de mala calidad para esta ave. A diferencia de Brown *et al.* (2002), en este estudio no se muestrearon otros hábitats a nivel regional, además, que el bosque de encino de Luisiana tenga baja calidad no significa que todos los bosques de encino sean de menor calidad para *Catharus guttatus*; sin embargo, si se tomase exclusivamente a la abundancia y a la densidad como únicos indicadores de la calidad del hábitat y del estatus de la población del zorzal cola rufa podría ser engañoso. En primer lugar, porque sólo se muestreó en un sitio y únicamente es posible comparar estos valores por periodos o mensualmente y, en segundo, cabe retomar que otros autores como Van Horne (1983) y Johnson (2005 y 2007) reportaron que para el caso de especies territoriales (como el zorzal cola rufa) en los hábitats de mejor calidad podría ocurrir una menor abundancia por la jerarquía de los dominantes (normalmente machos adultos); por lo que sería precipitado tomar exclusivamente a la abundancia relativa y la densidad como indicadores de la calidad del hábitat.

Los resultados de la estructura poblacional de *Catharus guttatus* en Tepetzotlán difieren marcadamente de los resultados obtenidos por distintos autores en diferentes sitios. Por ejemplo, Unitt y Rodríguez (1996) obtuvieron una proporción de sexos de 88 % de hembras y de 12 % de machos en Baja California Sur; Stouffer y Dwyer (2003), en los

mismos sitios de estudio de Brown *et al.* (2000 y 2002), encontraron que la proporción de sexos no difería entre los cuatro hábitats, existiendo en éstos un notable sesgo hacia las hembras (25 % machos y 75 % hembras). La proporción de sexos que ocurrió en el sitio de estudio de Tepetzotlán es notablemente distinta, ya que existe una mayor cantidad de machos (78.57 %) que de hembras (21.43 %).

Por otro lado, al considerar la estructura de edades junto con la proporción de sexos del zorzal cola rufa en la parcela de Tepetzotlán se encontraron diferencias notables con las halladas en estudios previos. Brown *et al.* (2000 y 2002), por ejemplo, en los cuatro hábitats estudiados en Luisiana hallaron prácticamente la misma estructura demográfica en todos ellos — una proporción de juveniles del 73 % y de adultos del 27 %, y una proporción de sexos con 74 % de hembras y 26 % de machos—, a pesar de que estos sitios difirieron en su grado de perturbación. En cambio, los resultados en Tepetzotlán, empleando inicialmente los datos de todos los animales capturados y posteriormente los de las recapturas y los del invierno tardío (de enero a abril), presentan una estructura poblacional diferente; esto es, la población invernante está compuesta principalmente por animales adultos y una mayor proporción de machos, excepto en el periodo de invierno temprano (de octubre a diciembre) donde se encontró una mayor cantidad de jóvenes, empero con un sesgo hacia los machos. De acuerdo con Ketterson y Nolan (1979), Slatkin (1984), Johnson (2005) y Johnson *et al.* (2006), en los passeriformes migratorios territoriales los machos adultos son comúnmente los dominantes y, por ello, tienden a ocupar durante la invernada los territorios de mayor calidad. Por consiguiente, asumiendo que se está manifestando el patrón de dominancia que exponen estos autores, los resultados obtenidos en esta investigación aportan evidencia de que el bosque de encino de Tepetzotlán presenta condiciones de disponibilidad de recursos y espacio correspondientes a un hábitat de calidad, para las poblaciones invernantes de zorzal cola rufa.

Aparentemente, en el este de los Estados Unidos, *Catharus guttatus* se segrega por sexos durante la invernada, con las hembras distribuyéndose a menores latitudes. Si este patrón fuera generalizado, en Sierra de Tepotzotlán se esperaría encontrar poblaciones compuestas principalmente por hembras; sin embargo, como se señaló anteriormente, éste no es el caso. Es posible, como lo señalan Stouffer y Dwyer (2003), que en el occidente de los EUA los patrones de distribución de invierno sean diferentes a los del este o sean menos claros debido a la gran mezcla de subespecies; hay que considerar que, en potencia, las poblaciones del poniente de Norteamérica invernan en el centro de México. Es posible considerar otras dos explicaciones alternativas. La primera es que la segregación sexual se dé también en las poblaciones del occidente de Norteamérica pero que las hembras se desplacen al sur de México y Centroamérica en el invierno, mientras los machos permanezcan en el norte de Mesoamérica; la segunda es que en la zona geográfica donde se encuentra Tepotzotlán, las hembras invernen preferentemente en un tipo de vegetación diferente al de los machos. Estas alternativas podrían explicar el sesgo numérico hacia machos en la parcela de bosque de encino de Tepotzotlán.

Aunque ciertamente en este trabajo no se contempló el estudio del papel del alimento como determinante del hábitat del zorzal cola rufa en Tepotzotlán, sí fue posible apreciar cómo el periodo de fructificación de *Monnina xalapensis* coincidió con los meses de mayor abundancia relativa y densidad poblacional del ave (de enero a abril). Por consiguiente, es posible suponer que *Monnina xalapensis* es un recurso que puede limitar la ocurrencia (e incluso la abundancia) del zorzal cola rufa en el bosque de Sierra de Tepotzotlán. Es decir, una abundante producción de frutos maduros desde enero hasta abril podría influir en la calidad del hábitat del área estudiada y ser la causa de una mayor abundancia y actividad de esta ave durante el invierno tardío. Por lo tanto, las observaciones de varios autores (Long y Stouffer, 2003; Kwit *et al.*, 2004; Strong *et al.*, 2005) referentes a que el zorzal cola rufa

cambia durante el invierno el tipo de alimentos que consume parecen ser una buena explicación del patrón detectado en la zona de estudio respecto a la sincronía en la fructificación de la pica y la abundancia del zorzal; es decir, posiblemente *Catharus guttatus* esté aprovechando la abundancia de dicho recurso en las zonas de invernada para cubrir sus necesidades fisiológicas y posteriormente retornar a las zonas reproductivas.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio y con las variables descritas por Brown *et al.* (2002), la altura del dosel en Tepetzotlán (11.62 m) se encuentra en el rango de las exhibidas por las plantaciones de pino de 13 a 16 años de edad (5 m) y las de las plantaciones de pinos maduras (de 15 a 20 m) estudiadas en Luisiana, lo cual parece indicar que el zorzal cola rufa se establece en hábitats con un rango muy variado de alturas del dosel forestal. El bosque de Tepetzotlán presenta una cobertura del dosel (78.75 %) semejante a la descrita por Brown y colaboradores en el bosque de pino de mayor edad, pero muy diferente a la del bosque de encino de Luisiana. La composición del suelo encontrada en Tepetzotlán es muy semejante a la reportada en los sitios de trabajo de Brown *et al.* (2000 y 2002); es decir, está constituido en mayor proporción por materia muerta (hojarasca y árboles muertos) en primer plano y, en segundo, por vegetación viva. Brown *et al.* (2002) reportan únicamente el diámetro a la altura del pecho para el bosque de pino maduro (30 a 35 cm), el cual es mucho mayor que el DAP del bosque de encino de Tepetzotlán (19.78 cm). De las otras variables de hábitat estimadas en Tepetzotlán, no se encontraron datos publicados para otras zonas de estudio. Por lo tanto, los resultados de este trabajo junto con la descripción que distintos autores ofrecen sobre los sitios en que se distribuye esta especie durante la invernada (De Graaf y Rappole, 1995; Jones y Donovan, 1996) permiten colegir que *Catharus guttatus* tiene la capacidad de ocupar hábitats forestales (bosques de pino, de encino y de pino encino) con muy distinta estructura de la vegetación y seguramente con calidad variable.

En lo que concierne a la abundancia (captura) del zorzal cola rufa y su relación con la estructura de la vegetación del bosque de Tepetzotlán, destacan inicialmente los dos primeros componentes principales obtenidos mediante el PCA, pues ambos reducen las 14 variables del hábitat a seis y cuatro, respectivamente. El primero resume que la abundancia del zorzal está asociada a bosques con distribución más bien regular de los árboles, un estrato herbáceo denso y con humus medianamente abundante, un estrato arbóreo alto (bien desarrollado), una alta área basal y con árboles de diámetro pequeño o mediano; el segundo implicó que la abundancia de esta ave estuviera asociada a una cubierta de herbáceas en el suelo de alrededor del 20%, con poco suelo desnudo (2.5 %) y, nuevamente, sobresaliendo el área basal y el diámetro a la altura del pecho. El efecto o nivel de influencia de cada una de las variable antes mencionadas puede variar; al respecto, el análisis de regresión múltiple señaló a la distancia entre árboles como la única estadísticamente significativa; similarmente, en el análisis de correlación la distancia entre árboles fue la variable más asociada con la abundancia (captura) de esta ave y en el PCA aparece en el primer componente principal, por lo que de acuerdo con estos resultados, la abundancia del zorzal cola rufa puede estar determinada por distintas variables, pero destaca que esta especie prefiere ubicarse dentro del bosque de Tepetzotlán en sitios con una distancia entre árboles de 2.37 (\pm 0.53) m.

Las comparaciones anteriores entre las características de la estructura de la vegetación del bosque de Tepetzotlán y los bosques de Luisiana parecieran indicar que dentro de las áreas forestales donde el zorzal cola rufa se distribuye durante la invernada, éste seguramente está más asociado a unas cuantas variables vegetativas del hábitat como pueden ser las plantas productoras de frutos u otros atributos de la vegetación (como la distancia entre árboles) en distintos bosques templados (de encino, de pino y de pino encino). Además, de acuerdo con Brown *et al.* (2000 y 2002) y Stouffer y Dwyer (2003), si bien *Catharus guttatus* es una especie territorial, ésta puede ocupar diferentes hábitats a nivel regional a

pesar de que el grado de perturbación de estos últimos varíe, por lo que probablemente no es tan vulnerable en la competencia intra o interespecifica por recursos y espacio; seguramente, otra característica que posee el zorzal cola rufa que le permite ocurrir en Tepetzotlán es su comportamiento alimenticio, pudiendo cambiar de insectos a frutos en dicho periodo.

En este trabajo, los resultados de los tres índices de condición corporal estimados en *Catharus guttatus* muestran que no se presentó un cambio en el estado físico de los individuos a lo largo de la invernada, ni se encontraron diferencias entre machos y hembras, ni entre jóvenes y adultos. Además, es posible apreciar que si se comparara la condición corporal utilizando edad contra sexo no se encontrarían diferencias significativas (Cuadros 2, 3, y 4). En el estudio de Brown *et al.* (2002) en Luisiana se adoptó como indicador de la calidad del hábitat la condición de los individuos, pero a diferencia de esta investigación, ellos utilizaron como medida sólo la masa corporal. Encontraron que la población del zorzal cola rufa en las plantaciones de pino de edad intermedia (de 13 a 16 años) tenía la mejor condición corporal, por lo que consideraron a ese hábitat como el de mejor calidad. Además, en el bosque de encino encontraron que los individuos tenían la condición corporal más baja. A diferencia de Brown y colaboradores, en este estudio se muestreó un solo tipo de vegetación (bosque de encino), el cual, de acuerdo con Brown *et al.* (2002) dentro de su zona de estudio fue el de menor calidad para sostener a esta especie; es importante recalcar nuevamente que las condiciones de Luisiana son muy diferentes, por lo que tomar como definitiva esta conclusión de Brown *et al.* (2002) sería erróneo, pues como ya se señaló, al comparar la estructura de la población no es posible inferir que todos los bosques de encino tengan baja calidad para el zorzal. Además, mientras que en el estudio de Brown *et al.* (2002) en todos los hábitats la condición corporal más alta ocurrió desde el otoño hasta el inicio del invierno, y la más baja desde principios de invierno hasta finales del mismo, la condición corporal de la población del zorzal cola rufa en Tepetzotlán se mantuvo constante a lo largo

de la invernada, a pesar de que el bosque está sufriendo disturbios principalmente por la ganadería, pues aunque Sierra de Tepetzotlán ha sido declarada por las autoridades como una área natural protegida, no ha sido vigilada cuidadosamente, tal y como sucede con otros parques del Valle de México (Castañeda, 2006).

Dos de las características que más se utilizan como indicadores de la calidad del hábitat (alternativas a la abundancia) son la condición corporal y la estructura de la población (Poysa *et al.*, 2000; Johnson 2005 y 2007; Lucas *et al.*, 2006; Johnson *et al.* 2006). Al respecto, Johnson (2005 y 2007) describe que en las especies con comportamiento social los individuos dominantes por sexo, edad (generalmente machos adultos) o tamaño se establecen en los mejores hábitats. En este trabajo se evaluaron ambas alternativas y no se detectó aumento ni disminución en la condición corporal de la población a lo largo del invierno; se descubrió que la estructura poblacional estuvo dominada por machos adultos, y que hay una sincronía entre la temporada de producción de frutos de la pica con los meses de mayor abundancia relativa y densidad poblacional del zorzal cola rufa. Por ende, es posible sugerir que el bosque de encino del Parque Sierra de Tepetzotlán representa un hábitat de invierno de buena (aunque no necesariamente alta) calidad para la población de *Catharus guttatus*. No obstante, no es posible inferir que ésta sea una condición generalizada para otras áreas naturales similares del Valle de México.

6.2. Calidad del hábitat para el chipe gorra rufa

A diferencia del estudio de Jedlicka *et al.* (2006), quienes encontraron una proporción de sexos de 1:1 en *Basileuterus rufifrons* en los cafetales de Chiapas durante los periodos reproductivo e invernal, los resultados de esta investigación indican una tendencia hacia los animales adultos de ambos sexos, con una ligera mayoría de machos y una menor cantidad de animales jóvenes. Sin embargo, al emplear exclusivamente los datos de las recapturas, la presencia de machos adultos es mayor, así mismo, durante el invierno tardío (de enero a

abril) la captura de esta especie fue escasa. Greenberg *et al.* (1996) y Jedlicka *et al.* (2006) afirman que *Basileuterus rufifrons*, no es una especie territorial intra o interespecificamente y, por ende, es sensible a la presencia de las migratorias durante el invierno. De hecho, Jedlicka y colaboradores señalan que a la llegada de las migratorias, el chipe gorra rufa cambia sus hábitos de forrajeo y se traslada a los estratos más bajos de la vegetación. Por otro lado, Brown (2001) asevera que el chipe gorra rufa ocupa los espacios (hábitats) abiertos en los cuales también se reproduce; por lo que es permisible sospechar dos posibilidades. La primera es que en la parcela de estudio, *Basileuterus rufifrons* pudo haber sido restringido por las especies migratorias a los sitios abiertos (*i.e.*, matorral crassicaule y pastizal) durante la segunda parte del invierno, y la segunda que quizá el chipe gorra rufa ocurra principalmente en los espacios abiertos del parque, por lo que solamente entra al bosque de manera temporal para explotar algún(os) recurso(s) o por algún otro beneficio, pero lo que evita introducirse al bosque en la segunda etapa del invierno cuando ya está ocupado por los migrantes como el zorzal cola rufa.

Los antecedentes sobre la estructura poblacional de distintas especies residentes en hábitats considerados de buena calidad difieren de los resultados obtenidos en Tepetzotlán. Por ejemplo, Westneat *et al.* (2002) mencionan que para el caso de las especies residentes, la proporción de machos y hembras es 1:1 durante todo el año en hábitats de buena calidad; por otro lado, Raitt y Ohmart (1968) señalaron que en los hábitats de buena calidad existe una alta eficiencia reproductiva, por lo que puede ocurrir una mayor cantidad de juveniles todo el año, pero dicha superioridad puede ser más notable en la estación reproductiva. Ninguna de las anteriores situaciones se manifestó en los resultados de *Basileuterus rufifrons* en Tepetzotlán; a diferencia de lo encontrado por Raitt y Ohmart (1968) y de Westneat *et al.* (2002) para otras especies residentes, *Basileuterus rufifrons* parece no reproducirse dentro del bosque; es decir, en contraste con el zorzal cola rufa, *Basileuterus rufifrons* es un ave

generalista de hábitat o eurotópica que aparentemente utiliza ese tipo de vegetación de manera oportunista y es, tal vez, desplazado de la misma por alguna especie migratoria durante el invierno tardío (de enero a abril).

No se tienen antecedentes sobre la estructura de edades para el chipe gorra rufa, pero en el bosque de Tepotzotlán se encontró una preponderancia de animales adultos. Como se señaló previamente, esta especie típicamente se reproduce en sitios abiertos, por lo que posiblemente, a diferencia del bosque, la proporción de jóvenes en el matorral crassicaule y los pastizales sea más alta; además, si los jóvenes y las hembras son jerárquicamente inferiores a los machos adultos o más vulnerables, probablemente tengan menor oportunidad de penetrar en el bosque para utilizar algún(os) recurso(s), sobre todo cuando están instaladas las migratorias. Otra posibilidad es que el bosque sea un hábitat primario para el chipe gorra rufa pero al ser desplazado competitivamente por alguna especie migratoria, reingrese al bosque para reproducirse sólo hasta el retorno de las migratorias a sus áreas de reproducción. Lo anterior explicaría el bajo número de animales capturados durante el invierno tardío, cuando las migratorias ya están bien establecidas y que los pocos individuos capturados de chipe fueran principalmente machos adultos (probablemente los menos vulnerables). Por otra parte, a diferencia de *Catharus guttatus*, no es justificado pensar que la población del chipe gorra rufa exhibe un patrón de segregación por edad o por sexo, a pesar de que en el bosque se haya encontrado una preponderancia machos adultos; además, no se tienen antecedentes de competencia intraespecífica en *Basileuterus rufifrons*.

Debido a que en el parque Sierra de Tepotzotlán *Basileuterus rufifrons* ocupa posiblemente los sitios abiertos y con el patrón de capturas que se presentó desde enero hasta abril por las probables causas previamente planteadas, dicho patrón se reflejó en la estimación de la abundancia relativa y la densidad poblacional para esta ave, pues ambos fueron cada vez menores mes con mes conforme transcurrió el invierno (Figuras 20 y 21).

Por lo anterior, ambos parámetros no pueden considerarse determinantes al valorar el papel del chipe gorra rufa como indicador de la calidad del hábitat en Tepetzotlán; además, cabe recordar que el método de Jolly y Seber para la estimación de la densidad le da un gran peso a las recapturas (Seber, 1982), las cuales fueron escasas en el invierno tardío (es decir, no hubo ninguna desde febrero hasta abril). Sin duda, todos estos factores influyeron en los resultados de la abundancia relativa y la densidad del chipe gorra rufa para los meses que cubren dicho periodo.

Tampoco se han reportado trabajos donde se haya medido o cuantificado el hábitat de *Basileuterus rufifrons* en zonas templadas. Los principales antecedentes que se tienen de esta especie son de sitios agrícolas en áreas tropicales (Greenberg *et al.*, 1996). Por ejemplo, Jedlicka *et al.* (2006) en sus estudios en Chiapas describieron la vegetación de los estratos dosel y sotobosque, de la siguiente manera: el dosel con una altura de 9 m y una cobertura de aproximadamente 60 %, donde las especies arbóreas del género *Inga* (Fabaceae) eran las más abundantes. Desgraciadamente, el sitio de estudio de Jedlicka y la estación de trabajo de Tepetzotlán (cafetales y bosque de encino respectivamente) son muy diferentes y los antecedentes son insuficientes para elaborar una comparación. Lo que es congruente con otros autores como Eaton (1948) y Brown (2001) es que el chipe gorra rufa ocurre también en las partes bajas de las montañas de diferentes territorios forestales (como lo es la estación de estudio en el bosque de encino de Tepetzotlán).

En lo concerniente al estudio de la relación de los sitios de mayor abundancia (o captura) de *Basileuterus rufifrons* con la estructura de la vegetación del bosque de Tepetzotlán, inicialmente, en el PCA resaltan los dos primeros componentes principales. El primero reduce las 14 variables del hábitat a seis para representar la abundancia del chipe gorra rufa en el bosque; dichas variables son la distancia entre árboles, cobertura del suelo, hojarasca, altura del dosel, DAP y área basal. En cambio, el segundo componente principal

únicamente se reduce a dos variables: el porcentaje de suelo desnudo y el porcentaje de herbáceas en el suelo. De las variables que conforman estos dos componentes principales, en el análisis de correlación de Pearson cuatro de éstas resultaron estar nuevamente más asociadas con la abundancia del chipe dentro del bosque. Así, es posible señalar que *Basileuterus rufifrons* en el bosque de encino de Sierra de Tepetzotlán prefiere ocupar sitios con una cobertura del suelo del 90 % o mayor, con un porcentaje de herbáceas en el suelo superior al 20 %, con altura del dosel menor a los 11 m y con una distancia entre árboles menor a los 2 m. En el análisis de regresión múltiple se encontró que la única variable con un efecto significativo sobre la abundancia del chipe fue la cobertura del suelo. En conclusión, debido a que *Basileuterus rufifrons* es un ave eurotópica, no restringida a hábitats boscosos como el zorzal cola rufa, es probable que en los diferentes ambientes (*i.e.*, agrícolas, forestales, tropicales, etc.) donde el chipe ocurre, ésta especie se adapte muy bien a diferentes estructuras de la vegetación.

Para el caso de la condición corporal en *Basileuterus rufifrons* no se tienen antecedentes pero, al igual que en *Catharus guttatus*, no se hallaron diferencias en la condición de los individuos a lo largo del invierno con ninguno de los tres índices estimados, ni en la comparación de la condición corporal entre machos y hembras o entre jóvenes y adultos. Otros estudios de evaluación de la calidad del hábitat comparando diferentes sitios (hábitats) a nivel regional y usando índices con otras especies de aves sí hallaron diferencias; por ejemplo, Poysa *et al.* (2000) con pato de collar (*Anas platyrhynchos*), Latta y Faaborg (2002) con chipe atigrado (*Dendroica tigrina*), Johnson *et al.* (2006) con chipe flameante (*Setophaga ruticilla*) y Lucas *et al.* (2006) con *Poecile carolinensis*. Sin embargo, en todos estos trabajos se muestrearon diferentes sitios (*i.e.*, agrícolas, bosques de pino, matorrales, lagos, etc.) a nivel regional; mientras que en este estudio no fue posible comparar la condición corporal con otros hábitats. La condición corporal en *Basileuterus rufifrons* se

mantuvo constante, ni mejoró ni declinó a lo largo del invierno, incluyendo la segunda parte de este periodo cuando la especie pudo haber sido segregada ante la presencia de algunas migratorias territoriales. Aunque la captura de esta especie en el bosque fue muy baja en este segundo periodo, la condición corporal no declinó en los pocos individuos capturados; por ende, es posible que algunos individuos de chipe gorra rufa hagan incursiones esporádicas al bosque entre los meses de enero a abril y obtengan algún(os) recurso(s) que les permiten mantener constante su condición corporal durante el invierno tardío. Otra posibilidad es que la ausencia del chipe dentro de la parcela de estudio en ese periodo probablemente no tenga que ver con la calidad del hábitat *per se* y esté más bien asociada con la competencia interespecifica; sin embargo, su condición corporal no cayó, por lo que quizá sean los recursos de los sitios abiertos los que le permitan mantener su condición hasta la partida de los migratorios cuando inicia la primavera y la reproducción.

Basileuterus rufifrons no es una especie que se encuentre amenazada o en peligro de extinción, por lo que no es una especie de interés inmediato para la conservación, y ciertamente, a diferencia del zorzal cola rufa, tiene hábitos y necesidades diferentes en cuanto al hábitat se refiere. Sin embargo, es importante mencionar que es una especie que merece ser considerada con importancia, ya que es un ave residente de los bosques del Valle de México y de los espacios abiertos adyacentes a dichos bosques, mismos que están siendo afectados y de ellos depende la permanencia y reproducción de la avifauna local como lo es el caso del chipe gorra rufa. Al respecto, es posible señalar que, de acuerdo con los resultados de esta investigación, si bien en *Basileuterus rufifrons* se encontró una preponderancia de animales adultos, hubo presencia de jóvenes en el bosque a pesar de que esta especie se reproduce en los sitios abiertos, y aunque el chipe fue capturado escasamente durante los meses de enero a abril su condición física nunca disminuyó, por lo que este bosque de encino seguramente dispone de beneficios para esta especie, lo cual indica que tiene una calidad aceptable,

aunque no precisamente alta para la ocurrencia del chipe como una especie oportunista en la utilización de este bosque o al menos durante el tiempo que allí permanece.

Este trabajo contribuye con información para futuros estudios de las aves del Valle de México y para los encargados de llevar a cabo el manejo de la fauna de los parques; así mismo, pretende motivar a seguir trabajando sobre los hábitats del Valle de México, pues es indispensable generar más información sobre los daños que están sufriendo, y despertar así el interés de las autoridades no únicamente para declararlas como áreas naturales protegidas, sino para realmente intensificar la protección de los mismos.

7. CONCLUSIONES

- La técnica de sexado por medio de cuantificación de hormonas esteroides sexuales en heces de *Catharus guttatus* y *Basileuterus rufifrons* (especies no dimórficas) en el periodo no reproductivo permitió identificar positivamente el sexo de los individuos estudiados y, por ende, establecer la proporción de sexos de ambas poblaciones.
- Se documentó para una parcela de bosque de encino del Parque Sierra de Tepetzotlán un sesgo en la estructura de la población de *Catharus guttatus* hacia los machos (3.6 machos/hembra) y los adultos (1.8 adultos/juvenil), lo cual apoya la noción de que en el zorzal cola rufa existe una segregación por sexo y edad durante la invernada.
- De acuerdo con la estructura poblacional y la condición corporal de los individuos es posible afirmar que el bosque de encino de Tepetzotlán representa un hábitat de buena calidad para *Catharus guttatus* durante su invernada.
- Aunque *Basileuterus rufifrons* no es una especie especialista de bosques templados, el hábitat boscoso de Sierra de Tepetzotlán parece ser de buena calidad para el chipe, pues obtiene beneficios que utiliza de forma temporal u oportunista.
- El patrón de capturas, la abundancia poblacional y la densidad poblacional del chipe gorra rufa durante el invierno tardío parecen apoyar la idea de que esta especie es sensible y subordinada a la competencia interespecífica con las aves migratorias.

8. LITERATURA CITADA

Alvarado A. y A. Alvarado. 2006. Animales mexicanos del bosque de coníferas y encinos en peligro de extinción. Serie animales mexicanos en peligro de extinción. Correo del Maestro: Revista para profesores de educación básica. Núm. 127. Año 11. Diciembre 2006. Acceso en febrero del 2008.

<http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2006/diciembre/anteaula127.htm>

Ángel, L. 2004. Estructura de la vegetación del parque estatal "Sierra de Tepetzotlán", Estado de México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. 56 pp.

Baltic, M., S. Jenni-Eiermann, R. Arlettaz, and R. Palme. 2005. A noninvasive technique to evaluate human-generated stress in the black grouse. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046(1):81-95.

Belthoff, J. R., and A.M. Dufty. 1998. Corticosterone, body condition and locomotor activity: a model for dispersal in screech-owl. *Animal Behavior* 55(2):405-415.

Bercovitz, A., J. Collins, P. Price, and D. Tuttle. 1982. Noninvasive assessment of seasonal hormone profile in captive Bald Eagles (*Haliaeetus leucocephalus*). *Zoo Biology* 1(2):111-117.

Bercovitz, A.B., A. Mirsky, and F. Frye. 1985. Non-invasive assessment of endocrine differences in day-old chicks (*Gallus domesticus*) by analysis of the immunoreactive estrogen excreted in the egg. *Journal of Reproduction and Fertility* 74(2):681-686.

Bercovitz, A.J., and P.L. Sarver. 1988. Comparative sex-related differences of excretory sex steroids from day-old Andean Condors (*Vultur Gryphus*) and Peregrine Falcons (*Falco peregrinus*): Non-invasive monitoring of neonatal endocrinology. *Zoo Biology* 7 (2):147-153.

Bojorges, J. C. 2004. Riqueza de aves de la región noreste de la Sierra Nevada, Estado de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 20(3):15-29

Brousset, D. M., F. G. Maldonado, R.A. Valdez, M. Romano y A. Schuneman de Aluja. 2005. Cortisol en saliva, orina y heces: Evaluación no invasiva en mamíferos silvestres. *Veterinaria México* 36(3):325-337.

Brown, D., P.C. Stouffer, and C.M Strong. 2000. Movement and territoriality of wintering Hermit Thrushes in southeastern Louisiana. *Wilson Bulletin* 112(3):347-353.

Brown, D., C.M. Strong, and P.C. Stouffer. 2002. Demographic effects of habitat selection by Hermit Thrushes wintering in a pine plantation landscape. *Journal of Wildlife Management* 66(2):407-4156.

Brown, R. 2001. "*Basileuterus rufifrons*" (On-line), Animal Diversity Web. Acceso 30 de noviembre del 2007.

http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/Basileuterus_rufifrons.html

Burnham, W.A., C. Sandfort, and J.R. Belthoff. 2003. [Peregrine Falcon eggs: egg size, hatchling sex, and clutch sex ratios.](#) Condor 105 (2):327-335.

Castañeda, J. 2006. Las áreas naturales protegidas de México: De su origen precoz a su consolidación tardía. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Vol. X (208):13. Acceso en febrero del 2007.

<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-218-13.htm>

Collier, B., and G. E. Wallace. 1989. Aging *Catharus* thrushes by rectrix shape. Journal of Field Ornithology 60(2): 230-240.

Cooperrider, A.Y. 1986, Habitat evaluation systems, pp. 757-776. In: A. Y. Cooperrider, R. J. Boyd & H. R. Stuart (eds.), Inventory and monitoring of wildlife habitat. Bur. Land Manage, Service Center, U.S. Department of the Interior, Denver, Co.

De Graaf, M. R., and J.R. Rappole. 1995. Neotropical migratory birds. 1st ed. Cornell University Press, Ithaca and London, 560 p.

Delong, J., and J.A. Gessaman. 2001. A comparison of noninvasive techniques for estimating total body fat in Sharp-Shinned and Cooper Hawks. Journal of Field Ornithology 72(3):349-364.

De Sante, D. F., J. F. Saracco, C. Romo de Vivar y S. Morales. 2006. Manual MoSI 2006-07. Instrucciones para el establecimiento y manejo de estaciones de anillamiento de aves del programa MoSI (Monitoreo de sobrevivencia invernal). Institute for Birds Populations, PO Box 1346, Pt. Reyes Station, CA 94956 USA, 52 p.

Donohue, C., and Dufty, M. C. 2006. Sex determination of Red-tailed Hawks (*Buteo jamaicensis calurus*) using DNA analysis and morphometrics. Journal of Field Ornithology 77(1):74-79.

Eaton, S. W., and E. P. Edwards. 1948. Notes on birds of the Gomez Farias Region of Tamaulipas. Wilson Bulletin 60(2):109-114.

Espinoza, R., Guadamuz A., Pérez D., Chavarría F. y A. Masís 1998. *Monnina xalapensis* (Polygalaceae), 1 set 1998. Species Home Pages. Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. Acceso 6 de febrero del 2009.

http://www.acguanacaste.ac.cr/paginas_especie/plantae_online/magnoliophyta/polygonaceae/monnina_%20xalapensis/monnina_xalapensis1set.98/m_xalapensis%201set98.html

Franklin, A. B., D. R. Anderson, R. J. Gutierrez and K. P. Burnham. 2000. Climate, habitat quality, and fitness in Northern Spotted Owl populations in North-western California. Ecological Monographs 70(4):539-590.

Genovart, M., L. Jover, X. Ruiz and D. Oro. 2003. Offspring sex ratios in subcolonies of Audouin's Gull, *Larus audouinii*, with differential breeding performance. Canadian Journal of Zoology 81(5): 905-910.

González, M. A., J. Guzmán, M.F. Martín y L.E. Domínguez. 2003. Un método para la selección de aves bioindicadoras con base en sus posibilidades de monitoreo. Huitzil 4(2):10-16.

- González de Buitrago, J. M. y Rodríguez A. 2000. Fundamentos de los Inmunoanálisis. Primera edición. Editorial DPC DIPESA, S. A. Madrid, España. 156p.
- González, O. y M. La Torre-Cuadros. 2001. Análisis de hábitat del fringilo apizarrado (*Xenospingus concolor*) en la costa sur del Perú. *Ornitología Tropical* 12(2):153-163.
- Goymann, W. 2005. Non invasive monitoring of hormones in bird droppings: Physiological validation, sampling, extraction, sex differences, and the influence of diet on hormone metabolite levels. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046 (1):35-53.
- Goymann, W., E. Mostl, and E. Gwinner. 2002. Non-invasive methods to measure androgen metabolites in excrements of European stonechats, *Saxicola torquata rubicola*. *General and Comparative Endocrinology* 129(2):180-187.
- Greenberg, G. R., R. Reitsma, and A.A. Cruz. 1996. Interspecific aggression by Yellow Warbler in a sun coffee plantation. *Condor* 98(3):640-642.
- Hall, S.L., P. R. Krausman, and M. L. Morrison. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25(1):173-182.
- Herrera, J. G. y A. Barreras. 2005. Análisis estadístico de experimentos pecuarios (utilizando el programa SAS). Segunda edición. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Estado de México. 215 p.
- Herrera, H., M. Vergara., A. Rosado, and A.M. Rosales. 2005. Sexual differentiation in the central nervous system. *Veterinaria México* 36(3):339-360.
- Hirschenhauser, K., K. Kotrschal, and E. Mostl. 2005. Synthesis of measuring steroid metabolites in goose feces. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046(1):138-153.
- Hornfeldt, B., A. Lundmark, and M. Norback. 2002. Sex ratio and age structure of nomadic Tengmalm's Owls: A molecular approach. *Journal of Avian Biology* 33(1):107-110.
- Holmes, R. T., P. P. Marra, and T. W. Sherry. 1996. Habitat-specific demography of breeding Black-throated Blue Warblers (*Dendroica caerulescens*): Implications for population dynamics. *Journal of Animal Ecology* 65(2): 183-195.
- Illera, J. C. y J. C. Atienza. 2002. Determinación del sexo y edad en la tarabilla canaria *Saxicola dacotiae* mediante el estudio de la muda. *Ardeola* 49(2):273-281
- Infante, S.G. y G. Zarate de Luna. 1990. Métodos estadísticos. Segunda edición. Editorial Trillas, México. D. F. 642p.
- James, F. C., and H. H. Shugart. 1970. A quantitative method of habitat description. *Audubon Field Notes* 24(6):727-736.
- Jedlicka, J.A., R. Greenberg, I. Perfecto, S. M. Philpott, and T. V. Dietsch. 2006. Seasonal shift in the foraging niche of a tropical avian resident: Resource competition at work? *Journal of Tropical Ecology* 22(4): 385-395.

- Johnson M.D. 2005. Habitat quality: A brief review for wildlife biologists. *Transactions-Western Section of the Wildlife Society* 41:31-41.
- Johnson M.D. 2007. Measuring habitat quality: A review. *Condor* 109(3):489-504.
- Johnson, M. D., T.W. Sherry, R.T. Holmes, and P.P. Marra. 2006. Assessing habitat quality for a migratory songbird wintering in natural and agricultural areas. *Conservation Biology* 20(5):1433-1444.
- Jones, P. W., and T. M. Donovan. 1996. Hermit Thrush (*Catharus guttatus*). *In* The Birds of North America, No. 261 (A. Poole and F. Gill, eds.) The Academy of Natural Sciences, Philadelphia and the American Ornithologists' Union, Washington, D.C.
- Kellam, J.S., J.C. Wingfield, and J.R. Lucas. 2004. Nonbreeding season pairing behavior and the annual cycle of testosterone in male and female Downy Woodpeckers, *Picoides pubescens*. *Hormones and Behavior* 46(5):703-714.
- Kesler, D. C., F. L. Iara, and S M. Haig. 2006. Sex determination of Pohnpei Micronesian Kingfishers using morphological and molecular genetic techniques. *Journal of Field Ornithology* 77(2):229-232.
- Ketterson, E. D., and V. Nolan. 1979. Seasonal, annual, and geographic variation in sex ratio of wintering populations of Dark-eyed Juncos (*Junco hyemalis*). *Auk* 96(3):532-536.
- Knutson, M. G., L. A. Powell, R. K. Hines, M.A. Friberg, and G. J. Niemi. 2006. An assessment of bird habitat quality using population growth rates. *Condor* 108(2):301-314.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological methodology*. Second Edition. Ed. Benjamin Cummings, Menlo Park, California, EUA. 620 pp.
- Kwit, C., D.J. Levey, C.H. Greenberg, S.F Pearson, J.P. McCarty, S. Sargent, and R.L. Mumme. 2004. Fruit abundance and local distribution of wintering Hermit Thrushes (*Catharus guttatus*) and Yellow-rumped Warblers (*Dendroica coronata*) in South Carolina. *Auk* 121(1):46-57.
- Latta, S. C., and J. Faaborg. 2002. Demographic and population responses of Cape May Warblers wintering in multiple habitats. *Ecology* 83(9):2502-2515.
- Lee, V. J., C. S. Whaling, B. L. Lasley, and P. Marler. 1995. Validation of an enzyme immunoassay for measurement of excreted estrogen and testosterone metabolites in the White-crowned Sparrow (*Zonotrichia leucophrys oriantha*). *Zoo Biology* 14(2):97-106.
- Lemos, J. A., R. I. Rojas y J. J. Zúñiga. 2005. *Técnicas para el estudio de poblaciones de fauna silvestre*. Primera edición. Jiménez Editores e Impresores. UNAM. CONABIO. México. 157 p.
- Liza, R. J., L. Maturrano y R. Rosadio. 2008. Determinación del sexo por ADN en cinco especies de guacamayos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 19(1):31-36.

- Long, J. A., and R. L. Holberton. 2004. Corticosterone secretion, energetic condition, and a test of the migration modulation hypothesis in the Hermit Thrush (*Catharus guttatus*), a short-distant migrant. *Auk* 121(4):1094-1102.
- Long, A. J., and P.C. Stouffer. 2003. Diet and preparation for spring migration in captive Hermit thrushes (*Catharus guttatus*). *Auk* 120(3):323-330.
- Lucas, J., T. M. Freeberg, J. Egbert, and H. Schwabl. 2006. Fecal corticosterone, body mass, and caching rates of Carolina Chickadees (*Parus carolinensis*) from disturbed and undisturbed sites. *Hormones and Behavior* 49(5):634-643.
- MacGregor, F.I. 2008. Relation between habitat attributes and bird richness in a western Mexico suburb. *Landscape and Urban Planning* 84(1):92-98.
- Márquez, M., L. A. Tarango y G. D. Mendoza. 2002. Caracterización de hábitat del tecolote moteado mexicano (*Strix occidentalis lucida* Nelson, 1903) en Sierra Fría, Aguascalientes. *Agrociencia* 36 (5): 541-546.
- Mayr E. 1939. The Sex ratio in wild birds. *American Naturalist* 73(745):156-179.
- Murphy T. M. 2001. Source-sink dynamics of a declining Eastern Kingbird population and the value of sink habitats. *Conservation Biology* 15(3):737-748.
- Nelson. R. J. 2000. An introduction to behavioral endocrinology. Second edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts, USA. 724p.
- Noon, B.R. 1981. Techniques for sampling avian habitat. Pages 42-52. In: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Proceedings of the Workshop: Use of Multivariate Statistics in the Study of Wildlife Habitat. Gen. Tech. Rep. RM-87.
- Palme R. 2005. Measuring fecal steroids: Guidelines for practical application. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046(1):75-80.
- Peery, M. Z., B.H. Becker, and R. Beissinger. 2007. Age ratios as estimators of productivity: Testing assumptions on a threatened seabird, the Marbled Murrelet (*Brachyramphus marmoratus*). *Auk* 124(1): 224-240.
- Poysa, H., J. Elmberg, K. Sjoberg, P.Nummi, H. Poeyssae, and K. Sjoeborg. 2000. Nesting Mallards (*Anas platyrhynchos*) forecast brood-stage food limitation when selecting habitat: Experimental evidence. *Oecologia* 122(4):582-586.
- Pyle, P. 1997. Identification guide to North American Birds. Part I. The Institute for Birds Populations and Point Reyes Bird Observatory. Slate Creek Press, Bolinas, California. 731 pp.
- Railsback, S.F., H. B. Stauffer, and B.C. Harvey. 2003. What can habitat preference models tell us? Tests using a virtual trout population. *Ecology* 13(6):4580-1594.
- Raitt, J. P., and R. D. Ohmart. 1968. Sex and age ratios in Gambel Quail of the Rio Grande Valley, Southern New Mexico. *Southwestern Naturalist* 13(1):27-33.

- Roa, N., T. Linares, M. R. de Rolo y R. Tamasaukas. 1997. Comparación de la técnica de enzoinmunoanálisis vs. radioinmunoanálisis en la determinación de progesterona plasmática sanguínea de bovinos. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal* 5 (supl. 1): 412-414.
- Rohwer, S. 2004. Using age ratios to infer survival and despotic breeding dispersal in hybridizing warblers. *Ecology* 85(2):423-431.
- Romahn-De-la-Vega C. F., H. R. Maldonado y J. L. Treviño-García. 1987. Dendrometría. Serie de apoyo académico N. 26. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 85p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México, DF. 432 p.
- Santos T. y J. L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: Efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15(2):3-12. Acceso en marzo del 2007. [URL:http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=423&Id_Categoria=2&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=423&Id_Categoria=2&tipo=portada).
- Seber G.A.F. 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. Second edition. Charles Griffin and Company LTD. London and High Wycombe, England. 654 p.
- Shepherd, P.C., D. B. Lank, B. D. Smith, N. D. Warnock, G. W. Kaiser, and T. D. Williams. 2001. Sex ratios of Dunlin wintering at two latitudes on the pacific coast. *Condor* 103 (2):352-360.
- Slatkin M. 1984. Ecological causes of sexual dimorphism. *Evolution* 38(3):622-630.
- Soto, A. A. Salame-Méndez, J. Ramírez, L. Yáñez y M. Armella. 2004. Valoración de hormonas esteroides en heces de una pareja de lobo mexicano (*Canis lupus bailey*) en cautiverio. *Acta Zoológica de México* (n.s.) 20(2):187-194.
- Staley, A.M., J.M. Blanco, A.M. Dufty, D.E. Wildt, and S.L. Monfort. 2007. Fecal steroid monitoring for assessing gonadal and adrenal activity in the Golden Eagle and Peregrine Falcon. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology* 177(6): 609-622.
- Steel G.D. y J.H. Torrie. 1986. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill de México. 622 p.
- Stouffer, P. C., and M. Dwyer. 2003. Sex-biased winter distribution and timing of migration of Hermit Thrushes (*Catharus guttatus*) in eastern North America. *Auk* 120(3):836-847.
- Strong, M. A., D. R. Brown, and P.C. Stouffer. 2005. Frugivory by wintering Hermit Thrush in Louisiana. *Southeastern Naturalist* 4(4):627-638.
- Strong M. A., and T. W. Sherry. 2000. Habitat-specific effects of food abundance on condition of overwintering in Jamaica. *Ecology* 69(5):883-895.

- Tamayo, J.L. 1981. Geografía moderna de México. Novena edición. Editorial Trillas, México. 400 p.
- Touma C., and R. Palme. 2005. Measuring fecal glucocorticoid metabolites in mammals and birds: The importance of validation. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1006(1):54-74.
- Ugalde L.S. 2005. Diversidad y distribución vertical de aves en un bosque con diferentes grados de perturbación en Zoquiapan, Estado de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 132p.
- Unitt P., and R. Rodríguez. 1996. Winter distribution of Hermit Thrush subspecies in the Sierra de la Laguna, Baja California Sur. *Western Birds* 27: 65-69.
- Valdespino, C., R. Martínez-Mota, L.M. García-Feria y L. E. Martínez-Romero. 2008. Evaluación de eventos reproductivos y estrés fisiológico en vertebrados silvestres a partir de sus excretas: Evolución de una metodología no invasiva. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 23(3):151-180.
- Van Horne, B.1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. *Journal of Wildlife Management* 47(4): 893-901.
- Virkkala, R. 1990. Ecology of the Siberian Tit *Parus cinctus* in relation to habitat quality: Effects of forest management. *Ornis Scandinavica* 21(2):139-146.
- Washburn, B. E., D.J. Tempel, J.J. Millspaugh, R.J. Gutiérrez, and M. E. Seamans. 2004. Factors related to fecal estrogens and fecal testosterone in California Spotted Owls. *Condor* 106(3):567-579.
- Wasser, S., and K. E. Hunt. 2005. Noninvasive measures of reproductive function and disturbance in the Barred Owl, Great Horned Owl, and Northern Spotted Owl. *Annals of the New York Academy of Sciences* 46(1):109-137.
- Westneat, D. F., I.R.K. Stewart, E.H. Woeste, J. Gipson, L. Abdulkadir, and J. P. Poston. 2002. Patterns of sex ratio variation in House Sparrows. *Condor* 104(3):598-609.
- Winker, K., D.W. Warner, and A.R. Weisbrod. 1992. Daily mass gain among woodland migrants at an inland stopover site. *Auk* 109(4):853-862.

9. ANEXOS

Pulso en el que fue (re)capturado por última vez	Momento de la captura (pulso)								
	1	2	3	4	5	6	7	Rt	Zt
1		1	1	0	0	1	0	3	na
2			0	0	0	0	1	1	2
3				1	0	0	0	1	2
4					1	1	1	3	2
5						2	0	2	4
6							0	0	2
7								0	0
Muestra (pulso)	1	2	3	4	5	6	7		
m_t = Total anillados	0	1	1	1	1	4	2		
u_t = Total no anillados	6	0	1	4	5	4	8		
n_t = Total capturados	6	1	2	5	6	8	10		
St = Total liberados	6	1	2	5	6	8	10		

Anexo 1. Matriz utilizada en el método de Jolly y Seber para la estimación de la densidad poblacional del zorzal cola rufa en el Parque Sierra de Tepetzotlán.

Pulso en el que fue (re)capturado por última vez	Momento de la captura (pulso)								
	1	2	3	4	5	6	7	Rt	Zt
1		0	2	0	0	0	0	2	na
2			0	2	0	0	0	2	3
3				2	0	0	0	2	2
4					0	0	0	0	0
5						0	0	0	0
6							0	0	0
7								0	0
Muestra (pulso)	1	2	3	4	5	6	7		
m_t = Total anillados	0	0	2	4	0	0	0		
u_t = Total no anillados	5	6	6	1	0	3	0		
n_t = Total capturados	5	6	8	5	0	3	0		
St = Total liberados	5	6	8	5	0	3	0		

Anexo 2. Matriz utilizada en el método de Jolly y Seber para la estimación de la densidad poblacional del chipe gorra rufa en el Parque Sierra de Tepetzotlán.