



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO
DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

ESTUDIO SUCESIONAL EN AVES
EN LA
ESTACIÓN FORESTAL EXPERIMENTAL ZOQUIAPAN

//

TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

ADELINA MARGARITA FUENTES ROMERO

Chapingo, Estado de México

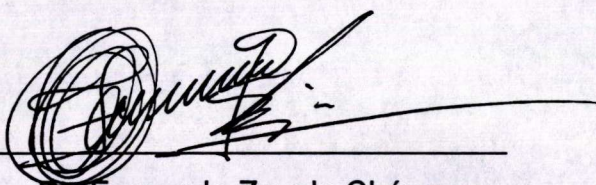
1988



Tesis realizada por **Adelina Margarita Fuentes Romero** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

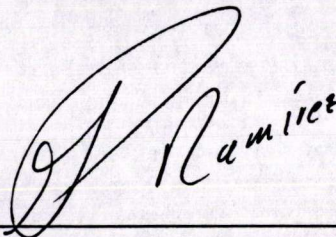
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR :



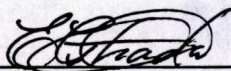
Dr. Fernando Zavala Chávez

ASESOR :



Ph. D. Gustavo Ramírez Valverde

ASESOR :

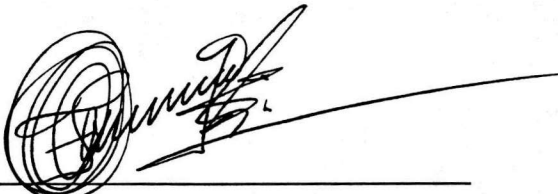


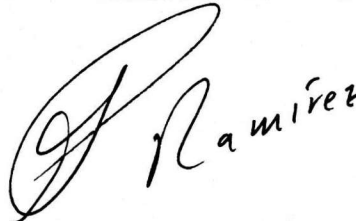
MC. Emma Estrada Martínez

A.32738

ESTUDIO SUCESIONAL EN AVES EN LA ESTACIÓN FORESTAL
EXPERIMENTAL ZOQUIAPAN

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Adelina Margarita Fuentes Romero** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales estuvo constituido por:

PRESIDENTE: 
Dr. Fernando Zavala Chávez

ASESOR : 
Ph. D. Gustavo Ramírez Valverde

ASESOR : 
MC. Emma Estrada Martínez

*Pedí a Dios fuerza para
grandes logros; me hizo
débil para que aprendiera
humildemente a obedecer.*

*Pedí riquezas para ser
feliz; me dio pobreza para
poder ser sabio.*

*Pedí poder para obtener
alabanzas de los hombres; y
me dio debilidad para sentir
la necesidad de Dios.*

*Pedí de todo para disfrutar
de la vida; me concedió
la vida para poder disfrutar
de todo.*

*No recibí nada de lo que
pedí, pero me fue otorgado
todo lo que necesité y me
fueron concedidas todas las
peticiones que no hice.*

*Soy entre todos una persona
afortunada.*

DEDICATORIA

Con amor y admiración a mi hija Marcela Márquez Fuentes, a mi madre Georgina Romero Anides, a mi esposo Marcelo Márquez Olivas y a mi padre Juan Fuentes Valle, agradezco su comprensión, apoyo y paciencia.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado para la realización de mis estudios de posgrado. A la Universidad Autónoma Chapingo por haberme permitido ingresar al programa de posgrado de la División de Ciencias Forestales y por el apoyo financiero que me dio para poder llevar a cabo este proyecto de tesis.

Agradezco enormemente el interés y el tiempo que el comité asesor le prestó al presente trabajo. Al Dr. Fernando Zavala Chávez por su apoyo y dirección para la realización de esta tesis así como por contribuir en gran medida a mi formación profesional. Al Ph. D. Gustavo Ramírez V. por su inapreciable ayuda y por hacerme partícipe de sus conocimientos. A la MC. Emma Estrada M. por sus observaciones para el enriquecimiento de este trabajo.

A mis grandes amigos Arturo Alvarado y Francisco Vargas.

A los maestros Carlos Cántora González, Gabriel Rodríguez Yam y Cuauhtémoc Cervantes Martínez, por sus valiosas enseñanzas.

A los profesores de posgrado de la División de Ciencias Forestales porque de alguna u otra forma han sido parte de mi aprendizaje.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivo particular	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Concepto de sucesión	4
2.2. Relación fauna silvestre-sucesión	5
2.2.1. Diversidad	9
2.2.2. Estudios de sucesión en fauna silvestre	11
2.2.2.1. Sucesión en aves	11
2.3. Métodos de muestreo de aves	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Área de estudio	16

3.1.1. Localización geográfica	16
3.1.2. Descripción	16
3.1.2.1. Geología	16
3.1.2.2. Suelo	18
3.1.2.3. Topografía	18
3.1.2.4. Clima	19
3.1.2.5. Vegetación	19
3.1.2.6. Disturbio y sucesión	20
3.1.2.7. Fauna	21
3.2. Métodos	21
3.2.1. Determinación de los estados sucesionales	21
3.2.2. Elección de los sitios de muestreo	25
3.2.3. Recuento y registro de las aves	26
3.2.4. Análisis de datos	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Distribución de las aves de acuerdo a las etapas sucesionales	31
4.2. Riqueza de especies de aves a través de las etapas sucesionales	35
4.3. Asociación entre especies de aves y etapas sucesionales	41
5. CONCLUSIONES	46
6. LITERATURA CITADA	49
7. ANEXOS	54

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación de algunas especies de fauna silvestre acorde con el estado sucesional.	8
Cuadro 2. Especies de aves de la EFEZ.	22
Cuadro 3. Tabla de contingencia de estado sucesional (población por especies de aves (caracteres).	29
Cuadro 4. Especies de aves registradas en los estadios sucesionales temprano, intermedio y tardío en la EFEZ.	33
Cuadro 5. Riqueza de especies de aves en las etapas de sucesión intermedia, temprana y tardía.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Comportamiento de especies animales pertenecientes a la clase I y II.	7
Figura 2. Tendencia de la diversidad de fauna durante la sucesión.	10
Figura 3. Método de recuento en punto sin estimación de distancia.	14
Figura 4. Localización del área de estudio.	17
Figura 5. Ubicación de las etapas sucesionales, donde se realizó el muestreo.	24
Figura 6. Riqueza de especies de aves a través de la sucesión en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan.	36
Figura 7. Gráfica del análisis de correspondencia de la tabla de contingencia de estado sucesional por especies de aves.	44

RESUMEN

A. MARGARITA FUENTES ROMERO

Estudio sucesional en aves en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan

(1998)

(Bajo la dirección de Dr. Fernando Zavala Chávez).

Se analizó la variación de la riqueza de especies de aves a lo largo del gradiente sucesional en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan. Se determinaron etapas de sucesión temprana, intermedia y tardía, para ello se empleó una combinación de los criterios de estructura de la biomasa y de estructura florística, así como la información vertida en estudios anteriores. El recuento de las aves se llevó a cabo mediante el método de muestreo de recuento en punto sin estimación de distancia. El estadio sucesional intermedio mostró la más alta riqueza de especies de aves y el mayor número de gremios forrajeros debido a la alta complejidad estructural de esta etapa. En total se registraron 29 especies de aves, de las cuales 10 son de sucesión temprana, cinco son de sucesión intermedia y seis son especies de sucesión tardía. Con este trabajo se obtuvo mayor conocimiento de la avifauna de la zona.

PALABRAS CLAVE: Riqueza de especies de aves, etapa sucesional, sucesión.

ABSTRAC

ADELINA MARGARITA FUENTES ROMERO

Successional study on birds in the Estación Forestal Experimental Zoquiapan

(1998)

(Under the direction of Fernando Zavala Chávez).

Variation in birds species richness along successional gradient was analyzed in the Estación Forestal Experimental Zoquiapan. The early, mid and late successional stages were determined by using both biomass, and floristic structure criteria and former information. The birds counting was done by using unlimited distance point count method. The mid successional stage showed a greater birds species richness and more foraging guilds, this is due to the more structural complexity in the mid stage. 29 birds species were registered in total, ten of them are from early succession, five are from mid succession, and six are species from late succession.

KEY WORDS: Birds species richness, successional stage, succession.

1. INTRODUCCIÓN

Es indiscutible que cuando se manejan los bosques esencialmente para fauna, lo que en realidad se hace es mantener o crear ambientes forestales que satisfarán las exigencias de hábitat de las especies en consideración. La edad, el tamaño, la forma, la composición florística y la estructura de los rodales son factores que afectan la abundancia y la distribución de la fauna del bosque; por lo tanto, para el manejo de la fauna silvestre es indispensable entender los requerimientos de hábitat específicos de las especies con el fin de reducir efectos adversos tanto para especies individuales como para grupos de especies de fauna (Thomas *et al.*, 1979; Escalante *et al.*, 1993; Mannan *et al.*, 1994; Baker y Lacki, 1997).

Así, las prácticas de manejo de la fauna silvestre están regidas por un proceso natural muy importante conocido como sucesión. Las comunidades vegetales y sus estados sucesionales tienen condiciones ambientales únicas que ecológicamente son importantes como nichos para especies de fauna silvestre. En general, cada estado sucesional se asocia con grupos particulares de aves y otros animales (Thomas *et al.*, 1979; Kimmins, 1987; Robinson y Bolen, S/F).

Un grupo biológico bastante conocido es el de las aves; éstas han sido utilizadas como grupo indicador, entre otras cosas, del estado que guardan los hábitats.

En los países conocidos como desarrollados es de suma importancia el conocimiento de los procesos del ecosistema para el manejo de los recursos naturales, tal interés ha derivado en la realización de un gran número de estudios abocados a determinar en que grado las modificaciones que sufre el hábitat afectan la estructura de las comunidades de aves,

En México existen aproximadamente 1060 especies de aves, de las cuales se considera que el 70% son residentes permanentes, de éstas el 10% son catalogadas como endémicas; sin embargo debido a la pérdida de hábitats se estima que alrededor de un 5% de éstas se encuentran en peligro de extinción (Escalante *et al.*, 1993; Navarro y Benítez, 1993; Cantú, 1994).

A pesar de la enorme riqueza de especies de aves y el alto endemismo, el conocimiento detallado de la avifauna mexicana todavía es escaso, por ello un gran número de investigadores (Navarro y Benítez, 1993) hacen notar la importancia de realizar amplios estudios de este recurso con el fin de entender la dinámica y situación de los ecosistemas y llegar a un uso racional de los recursos naturales, así como para diseñar estrategias de manejo y conservación.

Dentro de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ) son mínimos los trabajos de investigación sobre fauna silvestre y específicamente en aves, de tal suerte que sólo existe el realizado por Blanco *et al.* (1984), quienes muestran una lista de las especies de aves presentes en la estación, pero no las asocia de manera específica con un determinado tipo de hábitat.

Con base en lo anterior, se realizó un estudio básico con el fin de analizar la relación existente entre la avifauna y la sucesión forestal, dentro de la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, como una perspectiva para la realización de futuras investigaciones que den respuestas y coadyuven a una mayor sapiencia de los ecosistemas forestales.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron los siguientes.

1.1. Objetivo General

Conocer las especies de avifauna presentes en la vegetación de diferentes estadios sucesionales en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan.

1.2. Objetivo particular

Analizar la riqueza de especies de aves en las etapas de sucesión temprana, intermedia y tardía.

2. MARCO TEÓRICO

Aun cuando la sucesión ecológica ha sido citada en términos de vegetación o interacciones entre vegetación y ambiente físico, muchos aspectos de la sucesión también suponen a las especies animales (Luken, 1990). A este respecto, Kimmins (1987) aduce que la sucesión acontece, no sólo en las comunidades vegetales sino en los ecosistemas, de tal forma que las comunidades animales experimentan una serie de cambios paralelos a los cambios que se presentan en la vegetación (estados sucesionales).

2.1. Concepto de sucesión

Según Whittaker (1975), la sucesión es el proceso por el cual las comunidades vegetales experimentan un desarrollo progresivo de cambios paralelos e interactuantes tanto en el ambiente como en la misma comunidad y cuyo punto final es una comunidad clímax. Definiciones posteriores de sucesión ya no hablan exclusivamente de vegetación, como es el caso de Odum (1993), quién considera a la sucesión como el desarrollo del ecosistema el cual involucra cambios en los organismos y en el ambiente físico. También Bailey (1984) dio su propia definición, aduciendo que la sucesión es el desarrollo progresivo de una comunidad biótica, el cual involucra el reemplazamiento de especies y

modificación del ambiente físico hasta alcanzar una comunidad con una composición de especies relativamente estable (clímax).

Aunque Odum (1993) y Bailey (1984) consideraban que el fin último de la sucesión es llegar a un estado clímax, estudios más recientes sobre sucesión ya no hablan de un estado estable, sino que definen a la sucesión como una secuencia de asociaciones vegetales y/o grupos animales en el espacio o en el tiempo y cuando se trate de los ecosistemas forestales, ésta es considerada como el cambio de estructura y composición de las especies (animales y vegetales) de un bosque en el tiempo y en el espacio. Es importante destacar el porqué el estado clímax ya no es considerado; esto es debido a que se piensa que un ecosistema nunca alcanzará el clímax, ya que la biomasa, la productividad, la respiración o la diversidad experimentan cambios a largo plazo, por tal razón solamente se hablará de estados de sucesión temprana, avanzada, etc. (Jardel-Peláez y Sánchez-Velázquez, 1989).

2.2. Relación fauna silvestre-sucesión

La gran mayoría de las especies de fauna silvestre son de hábitats específicos, es decir que tanto las comunidades vegetales como sus estados sucesionales presentan determinadas condiciones ambientales que satisfacen las necesidades de alimento, agua y abrigo de las especies. Tales especies están adaptadas, de forma individual, a las combinaciones de la comunidad vegetal y su estado sucesional ya sea para alimentación o reproducción, o ambas. En

este sentido se puede aseverar que la relación sucesión y fauna silvestre se da a través de los requerimientos de hábitat de las especies animales (Thomas *et al.*, 1979; Bailey, 1984; Kimmins, 1987).

Un bosque a través de la sucesión pasa de estados sucesionales tempranos a tardíos, originándose cambios en la composición de las especies vegetales y en la estructura como densidad y tamaño de árboles vivos; altura y densidad del dosel; densidad y tamaño de árboles muertos; y densidad y espaciamiento del sotobosque. Estos cambios tienen injerencia sobre los tipos de alimento y cobertura disponibles para los animales (Mannan *et al.*, 1994). Por lo tanto la composición de la comunidad animal cambiará conforme se da el desarrollo de un bosque.

Tratando de describir las relaciones entre requerimientos de hábitat de las especies y sucesión, Bailey (1984) clasificó a las especies de fauna silvestre en tres clases sucesionales; especies adaptadas a clímax (clase I), especies adaptadas a estados de sucesión temprana (clase II) y especies que requieren una mezcla de estados sucesionales (clase III)(Figura 1).

Las especies de la clase I están adaptadas a hábitats clímax y son muy susceptibles a cualquier disturbio de su hábitat, es decir que son poco adaptables a cambios del hábitat. Esto se debe a que hay una tendencia de estas especies a ser más especializadas a sus requerimientos de hábitat con respecto a las especies de los estados de sucesión temprana.

La clase II está conformada por especies que requieren vegetación que existe temporalmente durante la sucesión secundaria; tienden a ser especies generalizadas y adaptables a cambios del hábitat, aunque también hay especies especializadas a esta etapa sucesional.

Las especies de la clase III hacen uso de estados tempranos de la sucesión forestal en algunas épocas del año, pero en otras de los estados maduros o intermedios; esto depende principalmente del tipo de alimento que cada estado sucesional pueda proveer para las diferentes especies.

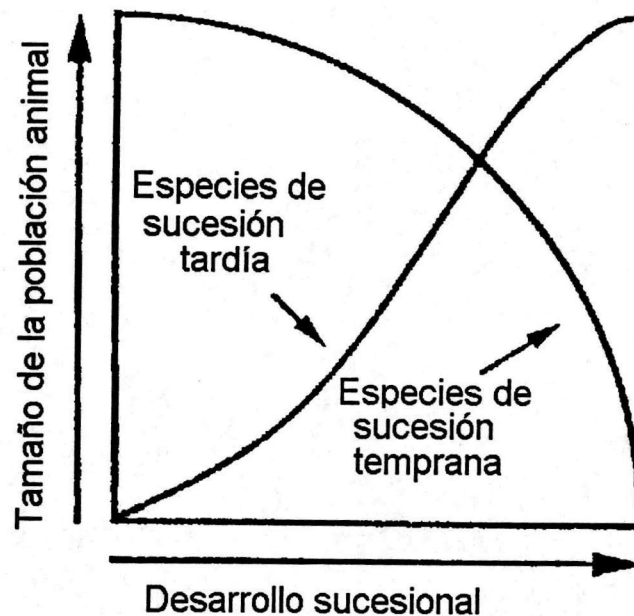


Figura 1. Comportamiento de especies animales pertenecientes a la clase I y II, las flechas indican la forma en que aumenta (clase I) o disminuye (clase II) el tamaño de la población animal conforme avanza el desarrollo sucesional (Luken,1990).

Para Miller (1994), la fauna silvestre puede ser clasificada, acorde con el estado de sucesión, en cuatro tipos: especies en estado silvestre, especies de sucesión tardía, especies de sucesión temprana y especies de sucesión intermedia (Cuadro 1). Las especies de sucesión temprana se encuentran en áreas cuya vegetación fue eliminada y que posteriormente se abandonó, la vegetación predominante consiste de plantas herbáceas pioneras. Las especies de sucesión intermedia se encuentran en torno a tierras de cultivo abandonadas y en áreas parcialmente abiertas. Las especies de sucesión tardía necesitan de hábitats de bosque antiguos y maduros para obtener el alimento y cobijo del que dependen. Las especies silvestres sólo prosperan en comunidades de vegetación madura sin perturbar.

Cuadro 1. Clasificación de algunas especies de fauna silvestre acorde con el estado sucesional (Miller, 1994).

Especies de Sucesión temprana	Especies de Sucesión intermedia	Especies de Sucesión tardía	Especies en estado Silvestre
Conejo [†]	Uapití [†]	Codorníz [¶]	Alce [†]
Paro [¶]	Oso gris [†]	Vencejo [¶]	Lobo [†]
Faisán dorado [¶]	Liebre [†]	Papamoscas [¶]	Ardilla gris [†]
Paloma [¶]	Azulejo [¶]		Cóndor de california [¶]
Borrego cimarrón [†]			Búho real [¶]

[†]: Mamífero

[¶]: Ave

2.2.1. Diversidad

Muchos autores han destacado que a través de los estadios sucesionales se presenta una variación en la diversidad; entre ellos está Odum, citado por Hunter (1990), para quien la diversidad se incrementa conforme avanza la sucesión y alcanza su máximo en el estado de sucesión clímax, debido a que la especialización del nicho está bien desarrollada y un gran número de especies pueden compartir la biomasa que se ha acumulado. Sin embargo, Boch y Lynch, citados por Bailey (1984), mostraron que los estados intermedios presentan una mayor diversidad de especies; inclusive Hunter (1990) ha establecido la hipótesis que la diversidad es mayor en los estados intermedios, y según él ésta característica es propiciada porque en etapas intermedias ha pasado suficiente tiempo para que una variedad de especies se establezcan, pero no el tiempo suficiente para que alguna especie domine y excluya a las especies menos competitivas. Para Bailey (1984) es cierto el hecho que a lo largo de la sucesión la diversidad de especies es muy baja en los estados de sucesión más tempranos y mucho mayor en los estados clímax, pero él considera que es práctico asumir que la diversidad de especies de fauna silvestre es usualmente mayor en algunos estados de sucesión intermedia (Figura 2).

Es importante hacer notar que aunque la diversidad de especies ha sido erróneamente entendida como biodiversidad, ésta última se refiere a la

variedad y variabilidad entre organismos vivos y el complejo ecológico en que ocurren. La diversidad es con mayor frecuencia usada para referirse a un tipo de organismos, por lo que se puede hablar de diversidad de aves, de mamíferos, etc.

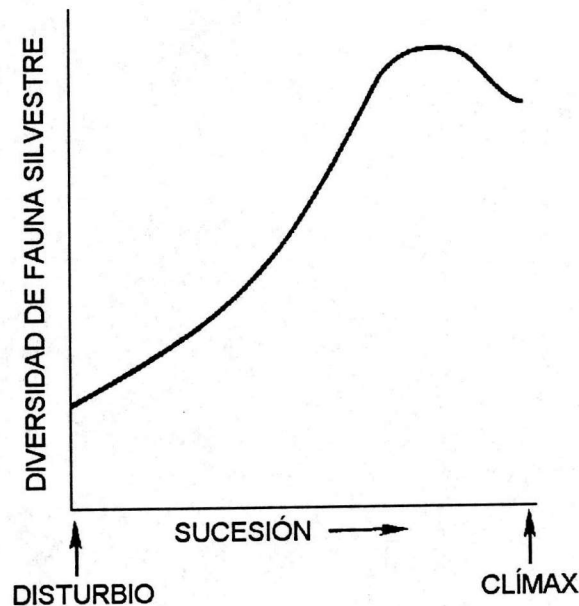


Figura 2. Tendencia de la diversidad de fauna durante la sucesión (Bailey, 1984).

Los componentes de la diversidad, a través de los cuales ésta puede ser medida, son la riqueza de especies (número de especies en una comunidad) y la uniformidad (distribución de la abundancia relativa de las especies) (Kimmins, 1987; Hunter, 1990; McMinn, 1991). Tal aclaración es hecha puesto que en el presente trabajo sólo se registró la riqueza de especies de aves.

2.2.2. Estudios de sucesión en fauna silvestre

El modo y el grado en que influye la sucesión en poblaciones animales ha sido el tema de numerosos estudios. Todos coinciden en afirmar que cuando se presenta una variación en el patrón de vegetación y por lo tanto alteración de las condiciones de alimento y cobijo para las diferentes especies de fauna silvestre, sobreviene una consecuente variación de los componentes faunísticos (abundancia, riqueza, distribución y densidad) del ecosistema (Hooven, 1968).

2.2.2.1. Sucesión en aves

La distribución de las aves está básicamente relacionada al hábitat; algunas serán específicas de un hábitat, otras tendrán tolerancia más extensa de hábitat y algunas más serán generalistas adaptables. Como se dijo antes, en el contexto de la sucesión, se habla de que cada estado sucesional de una comunidad está asociado con un grupo particular de aves (Bailey, 1984; Kimmins, 1987).

A este respecto, los primeros estudios, realizados entre 1930 y 1960, pretendieron elucidar si las especies de aves mostraban patrones de uso de hábitat que coincidieran con la sucesión vegetal. Se encontró que el tipo de sucesión estaba relacionado al hábito forrajero de las especies de aves, de tal suerte que en las fases sucesionales tempranas habitaban especies granívoras; en las fases sucesionales tardías dichas especies eran

reemplazadas por especies insectívoras y en áreas boscosas y arbustivas habitaban principalmente especies frugívoras. Lo anterior ha conducido a pensar que existe una fuerte correlación entre las aves y la vegetación, lo cual está conexo al alimento y a la conducta forrajera de las especies de aves; por ello se dice que los ciclos de vida y la sobrevivencia de éstas están asociados directa o indirectamente a los ciclos de vida de las especies vegetales del bosque (Ferry y Frochot, 1978; Luken, 1990; Arendt, 1992; Rotenberry, citado por Bersier y Meyer, 1994).

Procurando documentar los patrones sucesionales de las comunidades de aves en un bosque de coníferas, diversos estudios se abocaron a analizar si realmente existía cambio en los patrones de densidad de aves, composición de especies y diversidad (junto con sus componentes riqueza y uniformidad). Se mostró que existen especies de aves que destacan en ciertos estados sucesionales y que en los estados intermedios de sucesión imperan alta diversidad y alta riqueza de especies de aves (Huff *et al.*, 1985; Apfelbaum y Haney, 1986; Baguette *et al.*, 1994).

Algunos investigadores (Apfelbaum y Haney, 1986) han encontrado que hay una correlación positiva entre densidad y diversidad, por lo que se espera que en los estados intermedios también haya mayor densidad, respecto a otros estadios sucesionales.

Es sabido que durante la sucesión hay cambios en la estructura de la vegetación; las aves responden primordialmente a aspectos de ésta. Así las

variaciones en diversidad (y sus componentes) han sido relacionados especialmente con la estructura vertical. En este sentido se ha propuesto que el cambio en la diversidad es una función de los cambios, tanto en riqueza como en uniformidad, pero un gran número de estudios acerca de los efectos de la estructura del hábitat sobre la diversidad de especies de aves indican que los cambios en la estructura están correlacionados con cambios en la riqueza. Aun más, los hábitats más complejos, estructuralmente hablando, sostienen mayor número de especies (riqueza de especies alta) que los hábitats simples, debido a que existe gran cantidad de recursos disponibles, los cuales pueden ser aprovechados de muchas maneras (Tramer, citado por Rotenberry, 1978; Rotenberry, 1978; Weins y Rotenberry, 1981; McArthur y McArthur, Pianka, Recher, Karr y Roth, Rozenzweig, Cody, citados por Finch, 1989).

2.3. Métodos de muestreo de aves

Uno de los métodos más empleados para el estudio de la distribución de aves y los cambios poblacionales en las aves terrestres son los recuentos en punto. Éstos pueden usarse en el estudio de cambios anuales en la poblaciones de aves, las diferencias en la composición de especies entre hábitats y la abundancia de diferentes especies en un lugar determinado. Los recuentos en punto requieren que un observador permanezca fijo en un lugar durante un tiempo determinado y que registre toda ave detectada de manera visual o auditiva. Una variante es el recuento en punto sin estimación de distancia, en la cual las aves detectadas se cuentan sin considerar la distancia

del observador (Figura 3); tales recuentos no pueden usarse para estimar densidad, pero son de utilidad al medir la presencia de especies, abundancia relativa, tendencias poblacionales y uso de hábitat. Entre cada sitio de recuento en punto debe haber una distancia mínima de 100 m, aunque es preferible que sea de 150 ó 200 m (Wunderle, 1994; Hamel *et al.*, 1996).

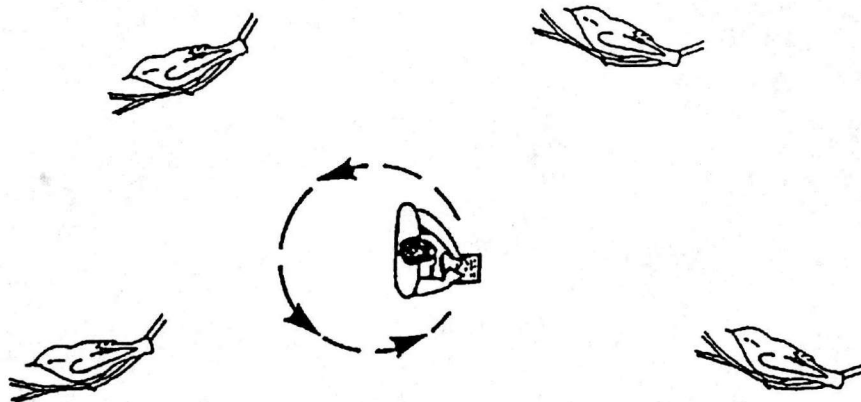


Figura 3. Método de recuento en punto sin estimación de distancia
(Wunderle, 1994).

El número de puntos de recuento requerido para responder a un propósito depende del objetivo del estudio, de las especies, de la variabilidad en número

de aves en cada área fisiográfica, del hábitat, así como de la precisión deseada (Hamel *et al.*, 1996).

En un estudio hecho por Smith *et al.*, citados por Hamel *et al.* (1996), es mostrado que no más de cinco puntos de recuento por rodal son necesarios para un muestreo adecuado de las aves.

El tiempo dedicado a cada punto debe representar el tiempo mínimo necesario para tomar una muestra de por lo menos el 80% de las especies presentes en el punto. Estudios hechos indican que en un recuento en punto, durante los primeros cinco minutos se toma la muestra del 35 a 46% de las especies, durante diez minutos de 49 al 83% de las especies y durante quince minutos del 85 al 88% de las especies, suponiéndose que el 100% de las especies se detecta en 20 minutos (Waide y Wunderle, citados por Wunderle, 1994). Aunque Smith *et al.*, citados por Hamel *et al.* (1994), encontraron que los recuentos en punto durante más de 10 minutos no son justificados porque son menos eficientes en el muestreo de las comunidades de aves y producen resultados más variables con respecto a recuentos de 10 o menos minutos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

3.1.1. Localización geográfica

La Estación Forestal Experimental Zoquiapan (EFEZ) se localiza en la cordillera Neovolcánica al noroeste del volcán Iztaccíhuatl . La EFEZ está ubicada en la parte sur del Parque Nacional Zoquiapan y Anexas (PNZA), en una envolvente de 1-626-42-13 hectáreas, su ubicación actual corresponde al Llano de Aculco (Figura 4). Se encuentra entre las coordenadas geográficas 19° 20' 00" de latitud Norte y 98° 42' 30" y 98° 30' 00" de longitud Oeste (Unidad Industrial San Rafael, citado por Cetina y Chávez, 1981).

3.1.2. Descripción

3.1.2.1. Geología

La región montañosa donde se sitúa la zona se originó durante el fracturamiento Humboldt a finales del terciario superior, resultando en afloramientos volcánicos compuestos de conos volcánicos, flujos de lava, conos aluviales, taludes, conos cineríticos de origen glacial (dando origen a los

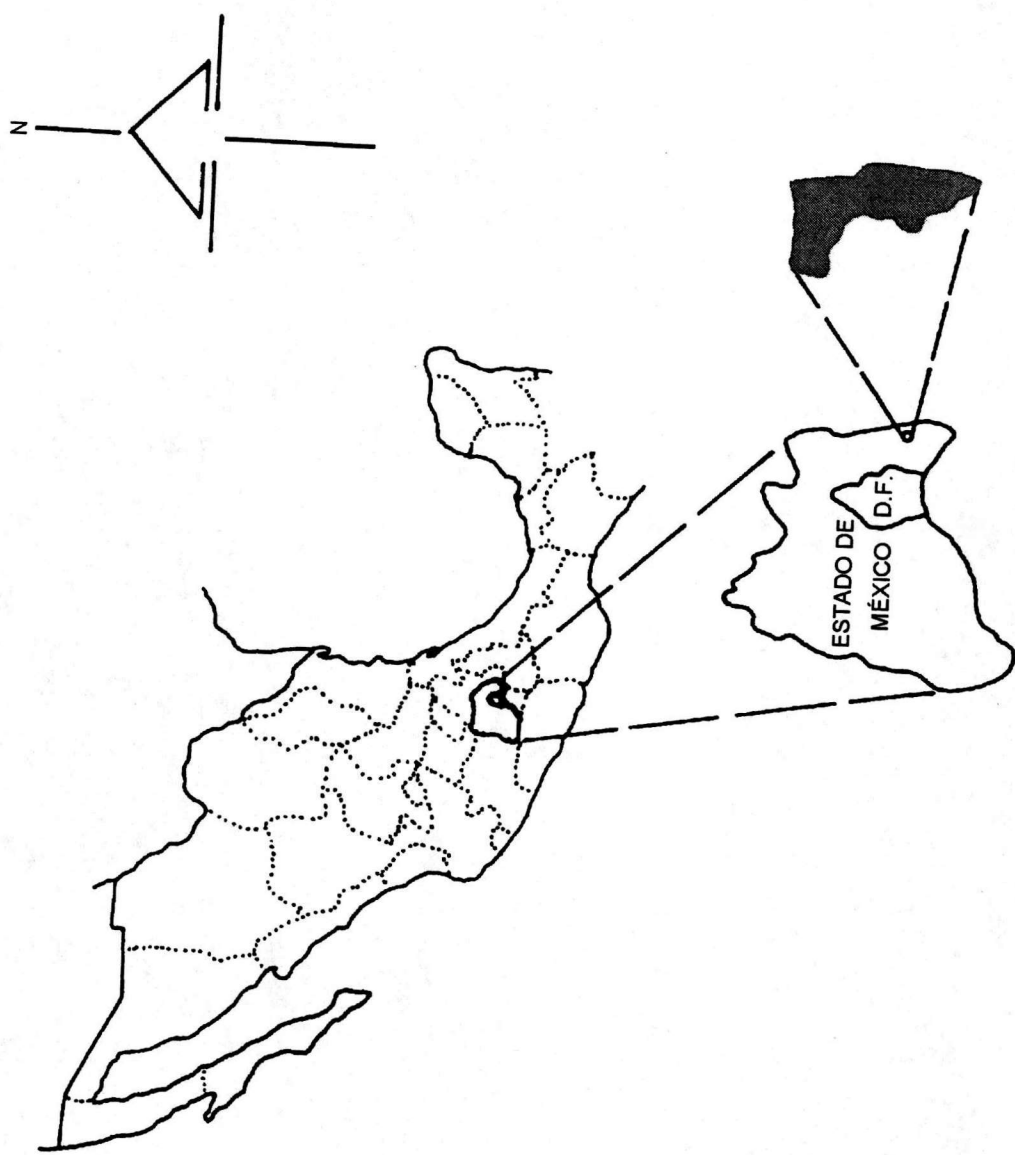


Figura 4. Localización del área de estudio.

llanos que existen en el área) y mesetas volcánicas. Hay predominancia de rocas andesíticas, basálticas y tobas andesíticas (Rey, 1975; Blanco *et al.*, 1981).

3.1.2.2. Suelo

Acorde con el estudio realizado por Rey (1975), los suelos de la estación son clasificados como andosoles mólicos, profundos, textura franco-arenosa, plasticidad moderada, ricos en materia orgánica, estructura de bloques subangulares medios débilmente desarrollados. El pH del suelo oscila entre 5.5 y 7.1, predominando los suelos medianamente ácidos. Son de origen volcánico con un incipiente desarrollo pedogenético debido a factores de clima y vegetación. Respecto a las propiedades físicas, éstas evidencian buena aireación, buen drenaje y baja cohesión.

3.1.2.3. Topografía

La topografía del área de estudio es considerada principalmente como montañosa, aunque existen algunos llanos intermontanos, la cota más alta está ubicada en el Cerro Tres Cruces con 3690 m snm; el Cerro Tenepa con 3680 m snm en la parte sur, y el Cerro El Papayo con 3620 m snm en la parte Noreste. Dentro de los llanos más importantes de la zona están el Llano de Aculco considerado como el de mayor extensión; Llano La Mesa y Llano Xaxalpa en la parte Noroeste. Las pendientes van desde 2% hasta 50% (Rey, 1975; Rodríguez, citado por Zavala, 1984).

3.1.2.4. Clima

El clima registrado en el área de acuerdo con datos de la Estación Meteorológica de Río Frío es del tipo $C(w_2'')(w)(b')ig$, que corresponde a templado subhúmedo (el cual es el más húmedo de los subhúmedos), con lluvias en verano, la temperatura media del mes más frío es inferior a 18°C y superior a -3°C; la precipitación media anual está estimada en 1169.3 mm., la del mes más húmedo es 10 veces mayor que la del mes más seco y la del mes más seco es menor de 40 mm (Blanco *et al.*, 1981; García, 1981).

3.1.2.5. Vegetación

Blanco *et al.* (1981) menciona que en la EFEZ existen dos tipos de vegetación: arbórea y herbácea. Las zonas dominadas por vegetación arbórea están constituidas por bosque de pino, cuya especie dominante es *Pinus hartwegii*, la cual llega a presentarse asociado con *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*; el bosque de oyamel dominado por *Abies religiosa*, encontrándose en su estrato arbóreo inferior *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Salix oxylepis*, *S. cana*, *Arbutus xalapensis* y con poca frecuencia *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus*; y el bosque de aile, compuesto por *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* el cual se encuentra en pequeños bosquetes que muestran evidencia de alteración acentuada por lo que constituye una etapa de la sucesión forestal; *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* puede ser la única especie en el bosque de aile, pero en algunas partes está mezclado con *Salix oxylepis*, *Buddleia*

parviflora y *Ribes ciliatum*. Las zonas dominadas por vegetación herbácea son denominadas pastizales. El pastizal es el tipo de vegetación presente en los llanos del área; constituido por una alta proporción de gramíneas entre las que destacan *Calamagrostis tolucensis*, *Festuca tolucensis*, *Muhlenbergia quadridentata*, *M. montana*, *M. macroura* y *Piptochaetium fimbriatum* (Zavala, 1984).

3.1.2.6. Disturbio y sucesión

La zona ha sido afectada por constantes disturbios, los cuales son ocasionados por la extracción de madera, resinación, pastoreo e incendios frecuentes. Con relación a los incendios forestales, se considera que éstos tienen efecto sobre la composición y estructura del bosque, éstos mantienen una sucesión secundaria en la que dominan ciertas especies arbustivas como *Senecio cinerarioides*, *Baccharis conferta* y *Penstemon gentianoides* que son consideradas especies pioneras. Se ha encontrado que en determinados estadios de la sucesión secundaria existen manchones de individuos jóvenes de *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*; tal especie llega a dominar sobre las especies arbustivas y junto con *Salix oxylepis* tienen una importante función en la fase sucesional que conlleva al restablecimiento de la comunidad de *Abies religiosa* (Zavala, 1984).

3.1.2.7. Fauna

La EFEZ corresponde a la región del Eje Volcánico, por lo que la fauna existente tiene origen Neártico y Neotropical. Según un estudio realizado por Blanco *et al.* (1981) en la zona de estudio, los anfibios, mamíferos y reptiles están representados por 3, 12 y 5 familias, respectivamente, de las cuales la de los mamíferos es la más rica en especies (37 especies). Por su parte, las aves están constituidas por 16 familias y 31 especies (Cuadro 2.).

Los géneros de reptiles y anfibios de la EFEZ son neárticos pero también existen especies endémicas del Eje Neovolcánico. Del total de aves examinadas el 92% de los géneros son neárticos y 8% endémicos; las especies endémicas son: *Dendrocopos stricklandi*, *Dendrortyx macroura*, *Oritrurus superciliosus* y *Ergaticus ruber*. Para el caso de los mamíferos el 73% del total de géneros registrados son neárticos, 8% neotropicales y 19% endémicos (Blanco *et al.*, 1981).

3.2. Métodos

3.2.1. Determinación de los estadios sucesionales

El estado sucesional se determinó a través de un análisis estructural de la vegetación, con base en las especies arbóreas dominantes, para ello se empleó una combinación de los conceptos de estructura de la biomasa y de estructura florística propuestos por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974). Este

Cuadro 2. Especies de aves de la EFEZ, según Blanco et al. (1984).

Familia	Especie
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>
Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>
Falconidae	<i>Falco sparverius sparverius</i>
Phasianidae	<i>Dendrortyx macroura macroura</i> <i>Cyrtonyx montezumae montezumae</i>
Strigidae	<i>Aegolius acadicus acadicus</i> <i>Glaucidium sp.</i>
Caprimulgidae	
Apodidae	<i>Streptoprocne sp.</i>
Trochilidae	<i>Selasphorus platycercus</i> <i>Lampornis clemenciae</i>
Picidae	<i>Dendrocopos stricklandi aztecus</i> <i>Colaptes auratus mexicanus</i> <i>Sphyrapicus varius varius</i>
Certhiidae	<i>Certhia americana alticola</i>
Verionidae	<i>Vireo sp.</i>
Corvidae	<i>Cyanocitta stelleri azteca</i> <i>Aphelocoma ultramarina ultramarina</i>
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon bruneicollis</i>
Turdidae	<i>Turdus migratorius phyllips</i> <i>Catharus sp.</i> <i>Sialia mexicana mexicana</i>
Parulidae	<i>Vermivora superciliosa mexicana</i> <i>Peucedramus taeniatus taeniatus</i> <i>Dendroica coronata</i> <i>Parus sclateri sclateri</i> <i>Myioborus miniatus miniatus</i> <i>Ergaticus ruber ruber</i>
Fringillidae	<i>Oriturus superciliosus superciliosus</i> <i>Junco phaeonotus phaeonotus</i> <i>Carduelis pinus</i>

criterio consiste en analizar las especies de una comunidad de acuerdo con su dominancia y junto con la composición y la frecuencia de especies se utilizan como indicadores del estado sucesional. Mediante el criterio de estructura

(Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) y el apoyo de las investigaciones sobre el área de estudio realizadas por Blanco *et al.* (1981) y Zavala (1984), se clasificó parte de la vegetación de la zona (no se incluyó el bosque de pino) en tres etapas sucesionales fácilmente identificables en campo. Estas etapas sucesionales fueron: tardía, temprana e intermedia (Figura 5).

El estado de sucesión tardía fue un bosque de oyamel y se consideró como aquel conformado por un estrato arbóreo (superior e inferior), un estrato arbustivo y un estrato herbáceo bien definidos. El estrato arbóreo superior estuvo dominado por *Abies religiosa*, con una altura máxima de 46 m y una altura promedio de 19 m. Al estrato arbóreo inferior lo constituyeron *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Salix oxylepis* y con poca frecuencia *Pinus hartwegii*. El estrato arbustivo estuvo constituido por *Senecio angulifolius*, individuos jóvenes de *Abies religiosa*, *Senecio barbajohannis* y *Symphoricarpos microphyllus*. El estrato herbáceo tuvo como especies principales a *Didymaea alsinoides*, *Alchemilla procumbens*, *Eupatorium pazcuarense*, *Galium aeschenbornii* y *Salvia cardinalis* (Zavala, 1984).

El estado de sucesión intermedia fue un bosque de pino-aile y estuvo representado por un estrato arbóreo variable en densidad, en tanto que los estratos arbustivo y herbáceo fueron densos y con pocas especies dominantes. En el estrato arbóreo se encontraron *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Pinus hartwegii* y de menor importancia *Abies religiosa*, *Salix oxylepis*, *Arbutus glandulosa* y *Ribes ciliatum*; la altura promedio del estrato fue de 14 m. El

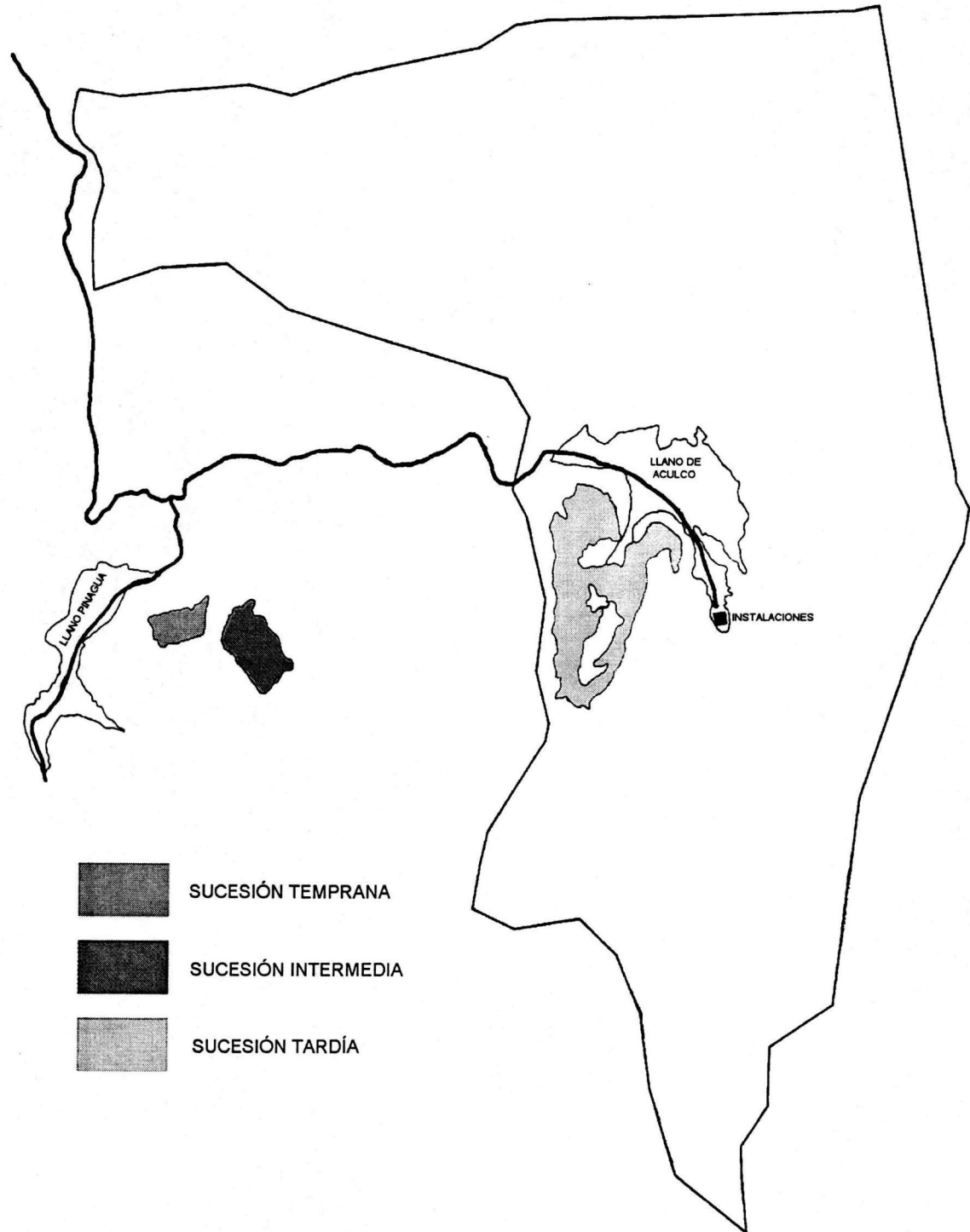


Figura 5. Ubicación de las etapas sucesionales, donde se realizó el muestreo.

estrato arbustivo estuvo constituido por individuos jóvenes de *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Pinus hartwegii*, y *Senecio angulifolius*. En el estrato herbáceo destacaron *Alchemilla procumbens*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Geranium potentillaefolium*, *Archibaccharis glandulosa*, *Festuca amplissima*, *F. hephaestophila*, *Geranium seemannii*, *Solanum demissum*, *Senecio sinuatus* y *Stevia monardifolia* (Zavala, op.cit.).

El estado de sucesión temprana fue un bosque de aile, caracterizado por un estrato arbóreo variable respecto a la edad de los individuos, un estrato arbustivo de baja densidad y un estrato herbáceo con pocas especies. El estrato arbóreo se constituyó por *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Salix oxylepis* y con menor frecuencia *Abies religiosa* y *Pinus hartwegii*, con una altura promedio de 15 m. El estrato arbustivo principalmente estuvo representado por *Senecio angulifolius*, *Symphoricarpos microphyllus*, *Senecio cinerarioides* y ocasionalmente *Ribes ciliatum*. El estrato herbáceo se constituyó por *Eupatorium pazcuarensis* y *Cinna poaeformis*, las cuales fueron especies dominantes (Zavala, op.cit.).

3.2.2. Elección de los sitios de muestreo

Con base en los objetivos planteados, se ubicaron cinco sitios de recuento en cada una de las áreas cuya vegetación representó las tres etapas de sucesión consideradas (tardía, intermedia y temprana), con una distancia mínima entre sitios de 100 m.

3.2.3. Recuento y registro de las aves

Para el propósito del trabajo se empleó el método de recuento en punto sin estimación de distancia (Figura 3), en el que las aves detectadas fueron contadas sin tomar en consideración su distancia del observador (Wunderle, 1994). El tiempo de recuento usado en este trabajo fue en promedio de 10 minutos por punto de observación.

Para la identificación de las especies de aves se emplearon binoculares 7-15x35 marca Bushnell y diferentes guías de campo para aves, tales como Aves de México, Guía de Campo (Peterson y Chalif, 1989), Field Guide to the Birds of North America (National Geographic Society, 1991) y A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America (Howell y Webb, 1995). Para el registro de las mismas se empleó un formato diseñado exprofeso para obtener la información de interés (Anexo 1), amén de que a cada especie se le asignó un código de identificación (Anexo 2).

Los muestreos se llevaron a cabo durante la mañana, desde el amanecer hasta aproximadamente las 11:00 a.m.; esto durante el período de enero a junio de 1997, con un intervalo entre fechas de muestreo de seis semanas. Se obtuvieron registros de especies de aves y números de individuos vistos por especie para cada etapa sucesional.

3.3. Análisis de datos

Las especies de aves registradas en cada uno de los estadios sucesionales considerados (temprano, intermedio y tardío) fueron ordenadas, de acuerdo a su presencia en una localidad determinada, mediante un análisis de correspondencia (Mardia *et al.*, 1989).

Respecto a la riqueza de especies, en primer término se llevó a efecto una prueba de normalidad con el fin de probar la hipótesis nula acerca de si los datos de número de especies son una muestra aleatoria de una distribución normal, con un nivel de significancia de 0.05; para esta prueba se utilizó el procedimiento UNIVARIATE de SAS (SAS Institute, 1990). Posteriormente se verificó un análisis de varianza empleando un modelo para un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones y se probó la hipótesis nula de que no hay diferencias en la riqueza de especies de aves entre las etapas de sucesión temprana, intermedia y tardía, a un nivel de significancia del 0.10; el modelo usado en el análisis de varianza fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad i=1,2,3 \quad j=1,\dots,5$$

donde

Y_{ij} = Número de especies de aves del sitio j en la etapa sucesional i

μ = Media general

τ_i = Etapa sucesional i

ε_{ij} = Error aleatorio cometido en el sitio j y la etapa sucesional i;

así también, se efectuaron comparaciones de medias a través del criterio de prueba de mínima diferencia significativa (MDS) (Steel y Torrie, 1985). Tanto para el análisis de varianza como para las comparaciones de medias se empleó el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, *op. cit.*). La riqueza total de aves fué graficada con respecto a las etapas sucesionales en cuestión.

Los datos obtenidos fueron presentados en una tabla de contingencia (Cuadro 3); a través de ésta se analizó la información, efectuándose para ello una prueba de homogeneidad a un nivel de significancia de 0.05, la hipótesis nula a probar es que la distribución de las diferentes especies de aves es igual en las tres etapas sucesionales contempladas, contra la alternativa de que al menos una es distinta. En esta prueba se empleó el procedimiento FREQ de SAS (SAS Institute, *op. cit.*), dado que para ésta se utiliza el estadístico χ^2 es importante hacer la aclaración acerca de que la tabla de contingencia es una tabla con valores dispersos y escasos ("sparse table"), a este respecto Koehler y Larntz (1980) mostraron que la χ^2 tiene una aproximación aceptable cuando sucede que $n > (N \cdot 10)^{1/2}$, con n= número total de obsevaciones y N= número de celdas de la tabla, para este caso $205 > (870)^{1/2} = 29.5$, por lo que la χ^2 tiene aproximación aceptable.

Cuadro 3. Tabla de contingencia de estado sucesional (población) por especies de aves (caracteres).

	Especies de aves			
Etapas sucesional	1	2	...	j
Temprana	$f_{11}^{\dagger}$	f_{12}	...	f_{1j}
Intermedia	f_{21}	f_{22}	...	f_{2j}
Tardía	f_{31}	f_{32}	...	f_{3j}

$\dagger$: f_{ij} =frecuencia de presencia de la especie j en la etapa sucesional i. $i=1,2,3$; $j=1,...,29$.

Con el fin de identificar cuales poblaciones (hileras) son distintas se llevó a cabo una descomposición de la χ^2 , que consiste en generar subconjuntos de la tabla de contingencia; a este respecto se generaron dos tablas, en la primera tabla se incluyeron a las etapas temprana e intermedia (dos poblaciones); en la segunda tabla una hilera quedó constituida por las etapas temprana e intermedia y la otra hilera por la etapa tardía. En ambos subconjuntos se cumple la condición $n > (N \cdot 10)^{1/2}$ para el uso de la χ^2 .

Por último se realizó un análisis de correspondencia en el que se hizo una representación gráfica de la asociación entre hileras y columnas de la tabla de contingencia (Cuadras, 1981; Baguette *et al.*, 1994). En dicho análisis se

utilizaron los procedimientos CORRESP Y GPLOT de SAS (SAS Institute, 1990; SAS Institue, 1991).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Distribución de las aves de acuerdo a las etapas sucesionales

Durante el periodo de muestreo, que comprendió de enero a junio de 1997, se registraron en total 29 especies de aves (Cuadro 4) en las etapas de sucesión consideradas (temprana, intermedia y tardía). Es importante destacar que 14 de las especies encontradas (*Empidonax* sp., *Atlapetes pileatus*, *Pheucticus melanocephalus*, *Troglodytes aedon*, *Thryomanes bewickii*, *Wilsonia pusila*, *Picoides villosus*, *Pipilo erythrophthalmus*, *Basilinna l. leucotis*, *Contopus pertinax*, *Regulus satrapa*, *Sitta pygmaea*, *Psaltiriparus minimus* y *Dendroica townsendi*) no aparecen en la lista de especies (Cuadro 2) que muestran Blanco *et al.* (1984) para la Estación Forestal Experimental Zoquiapan. Esto posiblemente se debió a cambios en la composición de la avifauna de la zona ocurridos durante el periodo de tiempo entre el trabajo de campo realizado por Blanco *et al.*, (1984) y el del presente trabajo; o bien, la diferencia pudo deberse a que no fueron detectados durante el tiempo del estudio.

La ordenación realizada, basada en el método de Mardia *et al.* (1989), muestra que sólo ocho especies (27.5%) fueron observadas en las tres etapas sucesionales; algunas otras mostraron preferencia por una etapa en particular.

Tal fue el caso de *Colaptes auratus*, *Empidonax* sp., *Atlapetes pileatus* y *Caprimulgus* sp., quienes prodigaron preferencia por la etapa de sucesión temprana. Por su parte, la etapa sucesional intermedia fue seleccionada por *Basilinna l. leucotis*, *Contopus pertinax* y *Regulus satrapa*; así también, se observó que *Dendroica townsendi*, *Certhia americana*, *Vireo* sp. y *Selasphorus platycercus* se inclinaron por la etapa sucesional tardía. De igual forma, se registraron 10 especies de aves que fueron observadas en dos etapas sucesionales, seis en los estadios temprano e intermedio y cuatro en los estadios intermedio y tardío (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con la aseveración hecha por Bailey (1984) en el sentido de que la distribución de la avifauna está relacionada al tipo de hábitat, el cual es caracterizado por el tipo de vegetación. En este sentido, se puede aseverar que en el presente trabajo se tuvieron tres tipos de hábitats (bosque de aile, bosque de pino-aile y bosque de oyamel) para las aves presentes en la zona. Con relación a la utilización del hábitat, se puede afirmar que las especies de hábitats específicos son aquellas que seleccionaron una etapa sucesional en particular, las especies que hicieron uso de dos estados sucesionales son de tolerancia más extensa y las que se encontraron en todos los estadios de sucesión son generalistas adaptables. Bajo este contexto, la preferencia por una o más etapas sucesionales se basa en que las especies de aves, y en general la fauna silvestre, se adaptan a las condiciones que ofrecen en su conjunto la comunidad vegetal y el estado sucesional en función de si satisfacen o no sus requerimientos de hábitat, específicamente si se trata para alimentación y/o reproducción; de tal suerte

Cuadro 4. Especies de aves registradas en los estadios sucesionales temprano, intermedio y tardío en la EFEZ.

	Etapa temprana	Etapa intermedia	Etapa tardía
<i>Colaptes auratus</i>	1 [†]		
<i>Empidonax</i> sp.	1		
<i>Atlapetes pileatus</i>	1		
<i>Caprimulgus</i> sp.	1		
<i>Vermivora superciliosa</i>	1	1	
<i>Carduelis pinus</i>	1	1	
<i>Peucedramus taeniatus</i>	1	1	
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	1	1	
<i>Troglodytes aedon</i>	1	1	
<i>Thryomanes bewickii</i>	1	1	
<i>Wilsonia pusila</i>	1	1	1
<i>Ergaticus ruber</i>	1	1	1
<i>Picoides villosus</i>	1	1	1
<i>Parus sclateri</i>	1	1	1
<i>Junco phaeonotus</i>	1	1	1
<i>Turdus migratorius</i>	1	1	1
<i>Myioborus miniatus</i>	1	1	1
<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	1	1	1
<i>Basilinna l. leucotis</i>		1	
<i>Contopus pertinax</i>		1	
<i>Regulus satrapa</i>		1	
<i>Lampornis clemenciae</i>		1	1
<i>Dendroica coronata</i>		1	1
<i>Sitta pygmaea</i>		1	1
<i>Psaltiriparus minimus</i>		1	1
<i>Dendroica townsendi</i>			1
<i>Certhia americana</i>			1
<i>Vireo</i> sp.			1
<i>Selasphorus platycercus</i>			1

[†]: Se refiere a la presencia de las especies de aves en las etapas sucesionales.

que dependiendo del número de etapas sucesionales que utilice la avifauna será el grado de versatilidad o adaptabilidad de ésta, así las especies de aves que prefieren tres etapas sucesionales tiene una mayor adaptabilidad que las especies que prefieren sólo una etapa sucesional. Cabe mencionar que las

especies más versátiles son las menos susceptibles a la manipulación del hábitat (Thomas *et al.*, 1979; Kimmins, 1987) y consecuentemente las menos probables a la extinción a causa de factores de disturbio. Del total de especies observadas, cuatro (13.79%) pertenecieron a la categoría de especies migrantes residentes de invierno (*Dendroica coronata*, *Troglodytes aedon*, *Dendroica townsendi* y *Wilsonia pusila*) y dos (6.89%) fueron endémicas (*Ergaticus ruber*, la cual se presentó en los tres estadios sucesionales, y *Atlapetes pileatus*, exclusiva de la etapa sucesional temprana (Peterson y Chalif, 1989; Howell y Webb, 1995).

Las especies migrantes residentes de invierno son aquellas que se reproducen en Canadá y los Estados Unidos y pasan el invierno en México, en tanto que las endémicas son especies de aves que únicamente se encuentran dentro del territorio nacional (Navarro y Benítez, 1993; SEDESOL, 1994) y son de distribución restringida.

La prueba de homogeneidad realizada mediante el análisis de la tabla de contingencia (Cuadro 3) de estadio sucesional (población) por especies de aves (caracteres), muestra que la distribución de las diferentes especies de aves no fue igual en las etapas sucesionales temprana, intermedia y tardía ($\alpha=0.05$, prob=0.043). Al efectuar la descomposición de la χ^2 , para determinar cual fue la población que causó esa diferencia, se encontró que en las etapas temprana e intermedia la distribución de las especies de aves fue igual ($\alpha=0.05$, prob=0.483); pero cuando se consideró a las etapas temprana e intermedia

como una población y se compararon con la etapa tardía, se observó que la distribución de las especies de aves fue diferente en el estado de sucesión tardío respecto a las etapas temprana e intermedia ($\alpha=0.05$, $\text{prob}=0.010$); es decir que la población que causó la heterogeneidad en la distribución de las diferentes especies de aves fue el estado tardío. Analizando detalladamente la contribución a la χ^2 se observó que tal heterogeneidad se debió a la frecuencia de presencia de las especies *Vermivora superciliosa*, *Dendroica townsendi*, *Selasphorus platycercus*, *Dendroica coronata*, *Myioborus miniatus*, *Pipilo erythrophthalmus*, *Certhia americana* y *Vireo sp.*

4.2. Riqueza de especies de aves a través de las etapas sucesionales

La riqueza de especies, basada en el número total de especies de aves en cada una de las tres etapas sucesionales, varió desde 16 a 21. La etapa temprana presentó una riqueza de 18 especies; en tanto que la riqueza más baja, con 16 especies, fue la del estado sucesional tardío. La riqueza de especies de aves alcanzó su punto máximo en la etapa de sucesión intermedia con 21 especies (Figura 6).

Estos resultados son consistentes con lo propuesto por Bailey (1984) y Hunter (1990) y con los trabajos realizados por Huff *et al.* (1985), Apfelbaum y Haney (1986), Telfer (1993) y Baguette *et al.* (1994), quienes muestran que la máxima riqueza de especies de aves se presenta en el estadio sucesional intermedio.

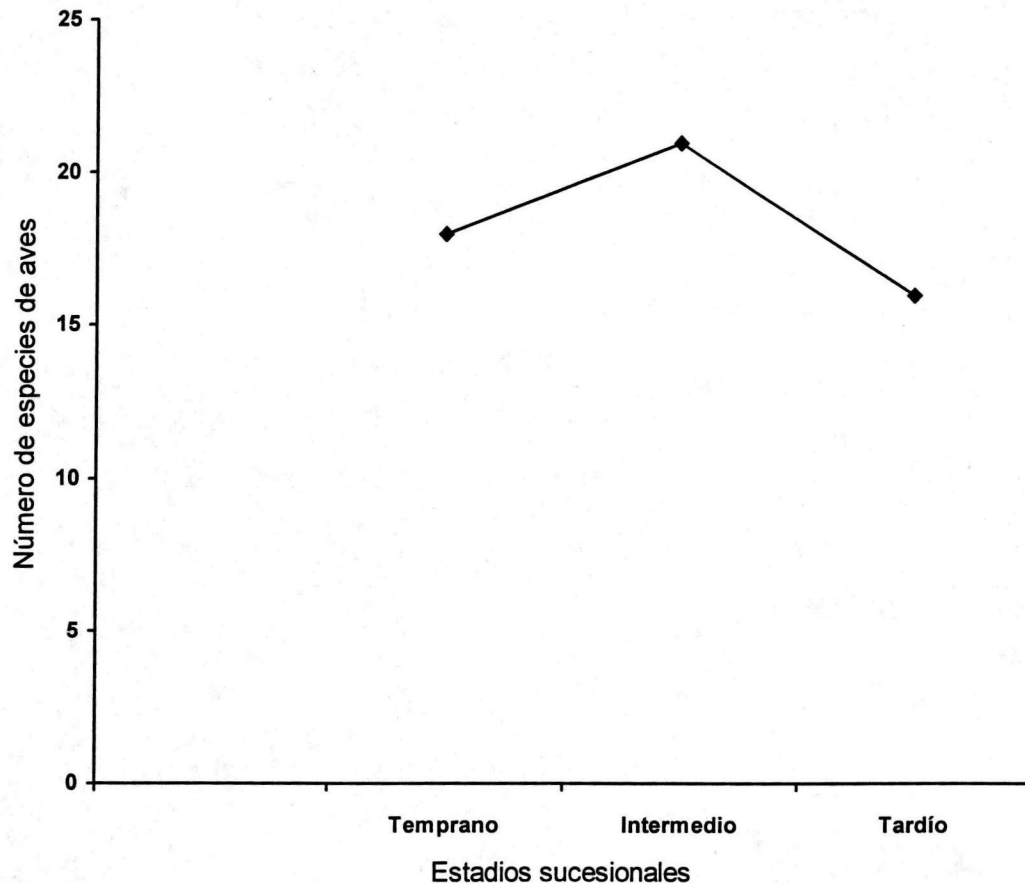


Figura 6. Riqueza de especies de aves a través de la sucesión en la EFEZ.

El hecho de haber encontrado mayor número de especies de aves en el estadio sucesional intermedio seguramente obedece a que en él convergen especies de vegetación de los estadios temprano y tardío, amén de las especies vegetales propias de la etapa intermedia, dando pie a la existencia de mayor proporción de microhábitats y por ende alta riqueza de especies de aves. Este aspecto, según la hipótesis de la perturbación intermedia (Connel, citado

por Begon *et al.*, 1980), es el resultado de una frecuencia intermedia de perturbación.

Como se mencionó anteriormente en el Capítulo 3, el estadio sucesional temprano en el área estudiada estuvo constituido principalmente por una especie decidua (*Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*), mientras que en el estadio intermedio existió una mezcla de especies dominantes (*Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*) y en el estadio tardío dominaron las coníferas, particularmente *Abies religiosa*. A este respecto, la etapa intermedia, además de mostrar la mayor riqueza de especies de aves, también tuvo la característica de ser un rodal mixto. En este tenor, Telfer (1993) ha reportado que en el bosque mixto, el cual se consideró como aquel compuesto por coníferas y especies deciduas, se presenta la riqueza más alta (39%), respecto a un bosque deciduo (35%) y a un bosque de coníferas (27%).

La alta riqueza del estadio sucesional intermedio está determinada por el grado de complejidad estructural del hábitat, específicamente por la diversidad estructural de la vegetación; de tal suerte que los hábitats más complejos (aquellos que presenta mayor diversidad estructural de las plantas) son capaces de sostener un mayor número de especies de aves por que existe un gran número de recursos que son heterogéneos y ampliamente disponibles y pueden ser explotados en diversas formas, amén de que existe una mayor variedad de microhábitats, de hecho la complejidad estructural es con frecuencia usada como un indicador de la calidad del hábitat para la avifauna.

La mayor complejidad estructural se refleja en un incremento en el número de gremios forrajeros y en el número de especies por gremio y estos, a su vez, en una mayor riqueza de especies (Ferry y Frochot, 1978; Begon *et al.*, 1980; Finch, 1981; Luken, 1990).

Se hizo un análisis del total de gremios forrajeros presentes en las tres etapas de sucesión, se encontró que en la etapa sucesional intermedia existen más gremios forrajeros (seis gremios) en contraste con las etapas temprana y tardía (cinco gremios en cada una de las etapas sucesionales), se puede distinguir que este resultado es congruente con lo mencionado en el párrafo anterior. Según Luken (1990) en las etapas tempranas existen especies de aves granívoras, las cuales posteriormente en etapas tardías son sustituidas por especies insectívoras. De acuerdo con los gremios forrajeros (Anexo 3) a los que pertenecen las especies de aves avistadas en cada una de las etapas sucesionales, se encontró que en los tres estadios sucesionales predominaron los insectívoros y los omnívoros, y únicamente se observaron nectívoros en los estadios intermedio y tardío, de tal suerte que la presencia de ciertos gremios forrajeros en los estados sucesionales no coincidió con lo mencionado por Luken (1990).

En general, se sabe que entre las características que afectan las comunidades de aves están la estructura y la composición florística. En el caso de la riqueza de especies de aves, un buen número de estudios acerca del efecto de la estructura del hábitat (fisonomía) sobre la diversidad de especies

muestran que los cambios en la fisonomía del hábitat están muy correlacionados con variaciones en la riqueza, debido a la adición o sustracción de especies individuales o de gremios enteros, incluso se ha encontrado específicamente que tales variaciones se relacionan con la estructura vertical. A este respecto, se ha mencionado que la fauna silvestre es un producto de la estructura vegetal, de tal suerte que es posible predecir el resultado de la manipulación de la vegetación sobre la fauna (Thomas *et al.*, 1979; Rotenberry, 1978; Ambuel y Temple, 1983).

Puesto que la avifauna depende de los recursos que las etapas sucesionales puedan proveer y que la riqueza de especies es un producto de la fisonomía del hábitat, se ha tratado de examinar la forma en que las aves eligen su hábitat. Un estudio realizado por Bersier y Meyer (1994) mostró que cuando se trata de la sucesión forestal, la cual ellos consideraron como una muestra heterogénea y en gran escala, las especies de aves distinguen los hábitats de acuerdo a la estructura de la vegetación, pero cuando se trata de una etapa sucesional, considerada como una muestra en pequeña escala y homogénea, las aves distinguen su hábitat acorde con la composición florística; por lo tanto, tomando en cuenta las características de estructura de la vegetación y de composición florística, las especies de aves seleccionan su hábitat dentro del gradiente sucesional.

La composición florística es muy importante a nivel de etapa sucesional porque es un descriptor más fino de la estructura de la vegetación, aunque

según Rotenberry, citado por Bersier y Meyer (1994), el hecho de que exista una fuerte correlación entre la composición florística y las especies de aves está relacionado al alimento y la conducta forrajera, de tal suerte que con mayor número de especies vegetales se proveerá de mayor cantidad de alimentos diversos, permitiéndolo con ello mayor número de especies de aves.

Lo anterior muestra que al considerar los criterios de estructura de biomasa (estructura vegetal) y de estructura florística (composición florística), criterios tomados de Mueller-Dombois y Ellenberg (1974), en la definición de las etapas sucesionales consideradas para este estudio (temprana, intermedia y tardía) fue acertada, ya que las variaciones que se esperaban en la riqueza están en función de estas dos categorías de estructura.

La prueba de normalidad, para la cual se empleó el estadístico Shapiro-Wilk, evidenció que los datos de número de especies de aves no se alejan significativamente de una muestra aleatoria con distribución normal ($\alpha=0.05$, $\text{prob}=0.2808$). Con base en este resultado se procedió a efectuar un análisis de varianza para el cual se empleó un modelo para un diseño completamente al azar, en el que las etapas sucesionales se consideraron como tratamientos y el número de especies de aves como variables de respuesta. Los resultados indicaron que existen diferencias significativas ($\alpha=0.10$, $\text{prob}=0.0759$) en la riqueza de especies de aves de las etapas sucesionales en cuestión. Al efectuar la comparación de medias, con el criterio de prueba de mínima diferencia significativa (MDS), se encontró que la diferencia en el número de

especies de aves de la etapa intermedia con la tardía resultó ser la única significativa (Cuadro 5); así, puede aseverarse que en este caso la riqueza de especies de aves es significativamente mayor en el estadio sucesional intermedio con respecto a la etapa tardía, pero no con respecto al estadio sucesional temprano.

Cuadro 5. Riqueza de especies de aves en las etapas de sucesión intermedia, temprana y tardía .

Etapas sucesionales	Riqueza
Intermedia	10.20 a [†]
Temprana	8.80 a b
Tardía	6.80 b

[†]: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, según MDS ($\alpha=0.10$).

Cabe destacar que la zona de estudio pertenece a la provincia biótica conocida como Eje Transvolcánico, acorde con la clasificación hecha por Escalante *et al.* (1993), y en la cual se han registrado un total de 165 especies de aves. El Eje Transvolcánico se encuentra entre las regiones que ocupan el segundo lugar en diversidad de aves.

4.3. Asociación entre especies de aves y etapas sucesionales

De acuerdo con el análisis de correspondencia, los resultados obtenidos muestran en primer término que la asociación entre las categorías de hilera y

columna es bi-dimensional, es decir que la dirección de cambio es en dos dimensiones; esto es porque la χ^2 total y la inercia son explicadas en un 76.98% por la primera dimensión y 23.02% por la segunda dimensión (Anexo 4).

En la figura 7 se muestra la representación gráfica de las asociaciones entre categorías de hilera y columna. Para interpretar la gráfica, se inició por analizar separadamente los puntos de hilera de los puntos de columna. En los puntos de hilera, el punto INT (estadio sucesional intermedio) está cerca del centroide y no contribuye a la inercia de la dimensión uno, pero hace una gran contribución a la inercia de la dimensión dos (0.60). Los puntos TAR Y TEM (estados sucesionales tardío y temprano, respectivamente) están lejos del centroide; el punto TAR hace grandes contribuciones a la inercia de la dimensión uno (0.5605), mientras que el punto TEM contribuye de igual manera a la inercia de la dimensión uno (0.4395) y de la dimensión dos (0.2239), (Anexo 4).

En los puntos de columna, los puntos CDW (*Wilsonia pusila*), OJE (*Junco phaeonotus*), COP (*Ergaticus ruber*), CVM (*Picoides villosus*), HRO (*Parus sclateri*) y PVA (*Turdus migratorius*) están cerca del centroide y no contribuyen a la inercia de las dimensiones uno y dos; los puntos CLO (*Basilinna l. leucotis*), RCD (*Regulus satrapa*) y PBM (*Contopus pertinax*) tienen en la dimensión uno coordenadas muy cercanas a cero (0.00092) (Anexo 4).

Las dos interpretaciones de la dimensión uno y de la dimensión dos muestran las asociaciones de TAR con PVT (*Myioborus miniatus*), GDR (*Dendroica coronata*), CDT (*Dendroica townsendi*), CLS (*Selasphorus platycercus*), TDR (*Certhia americana*) y VRO (*Vireo* sp.); la categoría INT está asociada con CLO, RCD, PBM, OTO (*Peucedramus taeniatus*) y SPB (*Thryomanes bewickii*). También se muestra que TEM,CCB (*Vermivora superciliosa*),SCN (*Troglodytes aedon*), ROJ (*Pipilo erythrophthalmus*), PGT (*Pheucticus melanocephalus*), TCS (*Caprimulgus* sp.), CPC (*Colaptes auratus*), SGF (*Atlapetes pileatus*) y MQO (*Empidonax* sp.) se encuentran asociados.

De acuerdo con estos resultados, se pudo observar que algunas especies estuvieron concentradas en la etapa temprana, otras en el estado intermedio y algunas más en la etapa tardía. Viendo estas formas de distribución de las especies individuales es claro que *Vermivora superciliosa*, *Troglodytes aedon*, *Pipilo erythrophthalmus*, *Pheucticus melanocephalus*, *Caprimulgus* sp., *Colaptes auratus*, *Atlapetes pileatus* y *Empidonax* sp. son especies de sucesión temprana. Baker y Lacki (1997) también encontraron que *Pipilo erythrophthalmus* es una especie de hábitats sucesionales tempranos, de hecho ellos reportan que esta especie está declinando porque hay una reducción en la disponibilidad de este tipo de hábitat en el noreste de los Estados Unidos. En el caso de *Basilinna l. leucotis*, *Regulus satrapa*, *Contopus pertinax*, *Peucedramus taeniatus* y *Thryomanes bewickii* son especies sucesionales intermedias, aunque en un estudio realizado por Welsh (1993) se encontró que *Regulus satrapa* es una especie sucesional tardía; cabe recordar

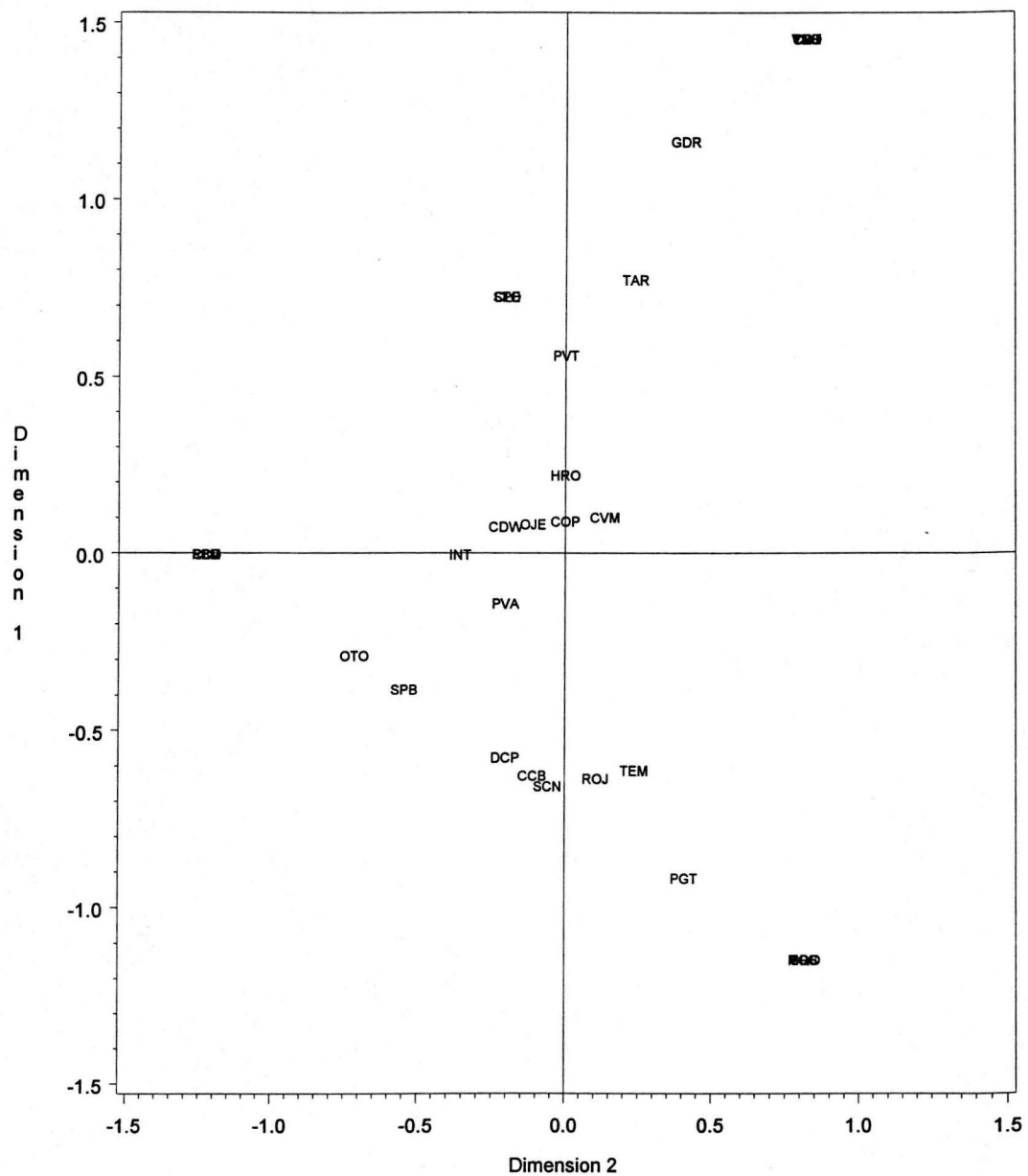


Figura 7. Gráfica del análisis de correspondencia de la tabla de contingencia de etapa sucesional por especies de aves.

que la etapa intermedia es un rodal mixto. Welsh (1993) mostró que *Regulus satrapa* es una especie sucesional tardía. Finalmente, se observó que las especies sucesionales tardías fueron *Myioborus miniatus*, *Dendroica coronata*, *Dendroica townsendi*, *Selasphorus platycercus*, *Certhia americana* y *Vireo* sp. Al respecto, Telfer (1993) establece que las etapas sucesionales tardías en efecto son requeridas por *Certhia americana*, una de las especies observadas en esta etapa sucesional.

Es importante destacar que algunas de las especies como PVT, OTO, SPB, CCB, SCN, ROJ y PGT se observaron en más de una etapa sucesional, por lo que es posible que estas especies no sólo requieran del estado sucesional con el que fueron asociadas por el análisis de correspondencia (Figura 7) sino que necesitan principalmente de éste para satisfacer en mayor medida sus requerimientos de hábitat, específicamente para el establecimiento de territorios para reproducción (Mellen *et al.*, citados por Telfer, 1993). Otro aspecto que también vale la pena mencionar es que para muchas de las especies de aves registradas en el presente trabajo la etapa sucesional en la cual fueron encontradas no es universal, es decir que en condiciones topográficas, geológicas, climáticas, de tipo de vegetación, etc. diferentes a las existentes en la EFEZ es probable que tales especies de aves sean encontradas en algún otra etapa sucesional, diferente a la que fueron observadas en el presente estudio.

5. Conclusiones

En total se observaron 29 especies de aves en las etapas sucesionales temprana, intermedia y tardía, el 27.5% de las especies se registraron en los tres estadios sucesionales, el 13.8% fueron exclusivas de la etapa temprana, 10.3% se detectaron únicamente en el estadio intermedio y 13.8% en el estadio tardío. De las especies de aves registradas, *Atlapetes pileatus* y *Ergaticus ruber* son consideradas endémicas de México.

Por otra parte, se encontró que la distribución de las especies de aves no es homogénea en las etapas sucesionales temprana, intermedia y tardía. La etapa causante de la heterogeneidad es la etapa tardía, debido a la frecuencia de presencia de las especies como *Vermivora superciliosa*, *Dendroica townsendi*, *D. coronata*, *Selasphorus platycercus*, *Myioborus miniatus*, *Pipilo erythrophthalmus*, *Certhia americana* y *Vireo* sp.

La riqueza de especies de aves así como el número de gremios forrajeros fueron mayores en la etapa sucesional intermedia (21 especies de aves y seis gremios forrajeros) con respecto a las etapas temprana (18 especies de aves y cinco gremios) y tardía (16 especies y cinco gremios). El estadio sucesional intermedio tiene la característica de ser un rodal mixto conformado por *Alnus*

zorullensis ssp. *zorullensis*, *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*; por lo que la alta riqueza de especies de aves se debe a que en la etapa sucesional intermedia existe un alto grado de complejidad estructural. Al respecto, se encontró que el número de especies de aves del estadio sucesional intermedio fue significativamente mayor ($\alpha=0.10$, $\text{prob}=0.0759$) al del estadio sucesional tardío.

De acuerdo con la distribución de las especies individuales se encontró que *Myioborus miniatus*, *Dendroica coronata*, *D. townsendi*, *Selasphorus platycercus*, *Certhia americana* y *Vireo* sp., son de sucesión tardía. Por su parte, las especies sucesionales intermedias fueron *Peucedramus taeniatus*, *Thryomanes bewickii*, *Basilinna l. leucotis*, *Regulus satrapa* y *Contopus pertinax*. A su vez que *Vermivora superciliosa*, *Troglodytes aedon*, *Pipilo erythrophthalmus*, *Pheucticus melanocephalus*, *Caprimulgus* sp., *Colaptes auratus*, *Atlapetes pileatus* y *Empidonax* sp. son especies de sucesión temprana.

Por lo que respecta a la época del año en que se realizó el muestreo, es necesario señalar que se abarcó parte de las épocas de reproducción y de no reproducción; este aspecto es importante porque los resultados de los recuentos se ven afectados por la época del año en que éstos se lleven a efecto. Debido a que se empleó uno de los métodos de recuento en punto, existe una mayor facilidad de detectar las aves en la época de reproducción.

Finalmente del presente estudio se desprende la importancia de obtener cuantitativamente la diversidad estructural de los hábitats, así como la abundancia con el fin de estimar la uniformidad e índice de diversidad para la avifauna; de tal suerte que debe considerarse una mayor cantidad de recursos financieros que con los que se contó para la realización del presente trabajo, amén de mayor tiempo, por lo menos dos años, todo esto con la finalidad de adquirir mejor y mayor cantidad de información.

6. Literatura citada

Ambuel, B. and S. A. Temple. 1983. Area-dependent changes in the bird communities and vegetation of Southern Wisconsin forests. *Ecology* 64(5): 1057-1068.

Apfelbaum, S. I. and Haney A. 1986. Changes in bird populations during succession following fire in the Northern Great Lakes wilderness. *In: Proceedings National Wilderness Research Conference: Current Research.* Lucas, R., C. (comp.). General Technical Report INT-212. Ogden Ut: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. pp: 10-16.

Arendt, W.J. 1992. Investigación de vida silvestre en tres tipos de bosque. *In: Annual letter 1990-1991.* Lugo A., E. (ed.). Southern Forest Experiment Station. Department of Agriculture Forest Service. Rio Piedras, P. R. pp: 72-74.

Bailey, J. A. 1984. Principles of Wildlife Management. John Wiley & Sons. Colorado State University. pp: 213-238.

Baguette, M., B. Deceuninck and Y. Muller. 1994. Effect of spruce afforestation on bird community dynamics in a native broad-leaved forest area. *Acta Oecologica* 15(3): 275-288.

Baker, M.D. and M. J. Lacki. 1997. Short term changes in bird communities in response to silvicultural prescriptions. *Forest Ecology and Management* 96: 27-36.

Bersier, L. F. and D. R. Meyer. 1994. Bird assemblages in mosaic forests: the relative importance of vegetation structure and floristic composition along the successional gradient. *Acta Oecologica* 15(5): 561-576.

Blanco Z., S., G. Ceballos G., C. Galindo L., J. M. Maass M., R. Patrón S., A. Pescador y A. I. Suárez G. 1981. *Ecología de la Estación Experimental Zoquiapan.* Universidad Autónoma Chapingo, México. 114 p.

Cantú G., J.C. 1994. Aves. Guía México Desconocido. 13: 45-67.

Cetina A., V. M. y D. Chávez O. 1981. Contribución a la biología y ecología de las tuzas en la Estación Experimental Zoquiapan. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp: 33-39.

Cuadras C., M. 1981. Métodos de Análisis Multivariante. Universidad de Barcelona, España. pp: 317-343.

Escalante P., P., A. G. Navarro S. and A. T. Peterson. 1993. A geographic, ecological, and historical analysis of land bird diversity. *In: Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution.* Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot, and J. Fa (eds.). Oxford. New York. pp: 281-307.

Ferry, C., y B. Frochot. F. 1978. La influencia de los tratamientos sobre las aves. *In: Ecología Forestal: El bosque, Clima, Suelo, Árboles, Fauna.* Pesson, P. (Ed.). Madrid, España. pp: 317-331.

Finch, D. M. 1989. Habitat use and habitat overlap of riparian birds in three elevational zones. *Ecology* 70(4): 866-880.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. de. Instituto de Geografía, UNAM, México. 252 p.

Hamel, P. B., W. P. Smith, D. J. Twedt, J. R. Woehr, E. Morris, R. B. Hamilton and R. J. Cooper. 1996. A land manager's guide to point counts of birds in the Southeast. Gen. Tech. Rep. SO-120. Asheville, NC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 39 p.

Hooven, E. F. 1968. The influence of forest succession on populations of small animals in western Oregon. School of Forestry. Oregon State University. pp:30-34.

Howell, S. N. G. and S. Webb. 1995. A Guide to The Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. New York. 851 p.

Huff, M. H., J. K. Agee, and D. A. Manuwal. 1985. Postfire succession of avifauna in the Olympic Mountains, Washington. *In: Fire's effects on wildlife habitat symposium proceedings.* Lotan, J. E., and J. K. Brown (comps.). Missoula, Montana, March 21, 1984. Gen. Tech. Rep. INT-186. Ogden, UT: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. pp: 8-15.

Hunter, M. L., Jr. 1990. Wildlife, Forests, and Forestry: Principles of Managing Forests for Biological Diversity. Prentice Hall. pp: 7-9, 48-54.

Jardel-Peláez, E., y L. R. Sánchez-Velázquez. 1989. La sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. Ciencia y Desarrollo 14(84): 33-43.

Kimmins, J. P. 1987. Forest Ecology. Macmillan. New York. pp: 422-425.

Koehler, K. J., and K. Larntz. 1980. An empirical investigation of goodness of fit statistics for sparse multinomials. Journal of the American Statistical Association 75: 336-344.

Luken, J. O. 1990. Directing Ecological Succession. Chapman and Hall. London. pp: 151-177.

Mannan, R. W. R. N. Conner, B. Marcot, and J. M. Peek. 1994. Managing forestlands for wildlife. *In*: Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. Bookhout, T. A. (ed.). The Wildlife Society. Bethesda, Maryland. pp: 689-692.

Mardia, K. V., J. T. Kent and J. M. Bibby. 1989. Multivariate Analysis. Seventh printing. Academic Press. London. pp: 237-239.

McMinn, J. W. 1991. Biological diversity research: An analysis. Gen. Tech. Rep. SE-71. Asheville, N C: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 7 p.

Miller, G. T., Jr. 1994. Ecología y Medio Ambiente. Iberoamérica. México. pp: 278, 279, 474, 475.

Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley and Sons. New York. pp: 139-176, 371-410.

National Geographic Society. 1991. Field Guide to the Birds of North America. Second Edition. National Geographic Society. Washington, D.C. 464 p.

Navarro S, A. G. y H. Benítez D. 1993. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. *In*: Biología y problemática de de los vertebrados en México. Flores V, O., y A. Navarro S. (comps.). Ciencias 7: 45-53.

Odum, E. P. 1993. Ecology and Our Endangered Life-Support Systems. Second edition. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. pp: 187-220.

Peterson, R. T. and E. L. Chalif. 1989. Aves de México. Guía de Campo. Diana. México. 473 p.

Rey C., A. J. 1975. Estudio de los suelos de la Estación de Enseñanza, Investigación y Servicios Forestales de Zoquiapan. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 45 p.

Robinson, W. L. and E. G. Bolen. S/F. Wildlife Ecology and Management. McMillan Publising Company. New York. pp: 209-226.

Rotenberry, J. T. 1978. Components of avian diversity along a multifactorial climatic gradient. Ecology 59(4): 693-699.

SAS Institute. 1990. SAS/STAT User's Guide, Vol. 1,2. Fourth edition version 6. Cary, NC, USA. 1685 p.

SAS Institute. 1991. SAS/GRAPH User's Guide. 3rd printing release 6.03. Cary, NC, USA. 549 p.

SEDESOL. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-94; que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Poder Ejecutivo Federal. Secretaría de Desarrollo Social. Diario Oficial de la Federación, 16 de mayo de 1994. pp: 1-60.

Smith, A. 1993. Ecological profiles of birds on the boreal forest of western Canada. *In*: Birds in the boreal forest. Kuhnke, D. H. (ed.) Prince Alberta, Saskatchewan, March 10-12, 1992. For. Can. Northwest Reg., North. For. Cent. pp: 14-26.

Steel R., G. D. y J. H. Torrie. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. McGraw Hill/Interamericana de México. México. 622 p.

Telfer, E. S. 1993. Wildfire and the historical habitats of the boreal forest avifauna. *In*: Birds in the boreal forest. Kuhnke, D. M. (ed.). Prince Alberta, Saskatchewan, March 10-12, 1992. Northern Forestry Centre, Forestry Canada Northwest region. pp: 27-35.

Thomas. J. W., R. J. Miller, C. Maser, R. G. Anderson, and B. E. Carter. 1979. Wildlife habitats in managed forests ; the Blue Mountains of Oregon and Washington. Agriculture Handbook No. 553. U. S. Department of Agriculture. Forest Service. pp: 22-39.

Zavala Ch., F. 1984. Sinecología de la vegetación de la Estación de Enseñanza e Investigación Forestal Zoquiapan, Estados de México y Puebla. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. 165 p.

Welsh, D. 1993. Birds and boreal forests in Ontario. *In*: Birds in the boreal forest. Kuhnke, D. M. (ed.). Prince Alberta, Saskatchewan, March 10-12, 1992. Northern Forestry Centre, Forestry Canada Northwest region. pp: 40-45.

Whittaker, R. H. 1975. Communities and Ecosystems. Second ed. McMillan Publising. New York. pp: 171-184.

Wiens, J. A. and J. T. Rotenberry. 1981. Habitat associations and community structure of birds in shrubsteppe environments. *Ecological Monographs* 51(1): 21-41.

Wunderle, J. M., Jr. 1994. Métodos para contar aves terrestres del caribe. Gen. Tech. Rep. SO-100. New Orleans, Louisiana: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 28 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Diseño de formato

 Punto # Mes Día Año Estado sucesional

 Hora

Código de especies	CONTEO		
	0 - 3 MIN	4 - 5 MIN	6 - 10 MIN

Colectó: _____

Observaciones: _____

Anexo 2. Lista de especies de aves registradas en la EFEZ.

Nombre científico	Nombre común	Código
<i>Caprimulgus</i> sp.	Tapacaminos	TCS
<i>Selasphorus platycercus</i>	Colibrí	CLS
<i>Lampornis clemenciae</i>	Colibrí	CLL
<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero	CPC
<i>Certhia americana</i>	Trepador	TDR
<i>Vireo</i> sp.	Vireo	VRO
<i>Turdus migratorius</i>	Primavera	PVA
<i>Peucedramus taeniatus</i>	Ocoterito	OTO
<i>Dendroica coronata</i>	Gorgojeador	GDR
<i>Parus sclateri</i>	Herrerillo	HRO
<i>Myioborus miniatus</i>	Pavito	PVT
<i>Ergaticus ruber</i>	Cerrojillo orejas de plata	COP
<i>Junco phaeonotus</i> ph.	Ojilumbre	OJO
<i>Sitta pygmaea</i>	Saltapalos enano	SPE
<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	Rascador ojirrojo	ROJ
<i>Picoides villosus</i>	Carpintero velloso mayor	CVM
<i>Troglodytes aedon</i>	Saltapared continental norteño	SCN
<i>Pheucticus melanocephalus</i>	Picogruoso tigrillo	PGT
<i>Vermivora superciliosa</i>	Chipe cejiblanco	CCB
<i>Thryomanes bewickii</i>	Saltapared de Bewick	SPB
<i>Regulus satrapa</i>	Reyezuelo corona dorada	RCD
<i>Basilinna l. leucotis</i>	Colibrí orejiblanco	CLO
<i>Contopus pertinax</i>	Pibi mayor	PBM
<i>Dendroica townsendi</i>	Chipe de Townsend	CDT
<i>Atlapetes pileatus</i>	Saltó gorrirufo	SGR
<i>Wilsonia pusila</i>	Chipe de Wilson	CDW
<i>Empidonax</i> sp.	Mosquero	MQO
<i>Carduelis pinus</i>	Dominico pinero	DCP
<i>Psaltriparus minimus</i>	Sastrecillo	STO

Anexo 3. Gremios forrajeros¹ para las aves presentes en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan.

Gremio forrajero

Nectívoros

Insectívoros

Insectos en el vuelo

Insectos sobre las hojas

Insectos sobre los troncos

Insectos dentro de los árboles

Omnívoros

¹: Clasificación dada por Smith, 1993.

Anexo 4. Resultados del análisis de correspondencia.

The Correspondence Analysis Procedure Inertia and Chi-Square Decomposition

Singular Values	Principal Inertias	Chi- Squares	Percents	15	30	45	60	75
0.53231	0.28335	58.0870	76.98%	*****				
0.29112	0.08475	17.3743	23.02%	*****				
-----	-----							
	0.36810	75.4613	(Degrees of Freedom = 56)					

Row Coordinates		
	Dim1	Dim2
INT	0.000490	-.356551
TAR	0.776483	0.238020
TEM	-.608264	0.237451

Partial Contributions to Inertia for the Row Points

	Dim1	Dim2
INT	0.000000	0.600000
TAR	0.560504	0.176082
TEM	0.439496	0.223919

Indices of the Coordinates that Contribute Most to Inertia for the Row Points

	Dim1	Dim2	Best
INT	0	2	2
TAR	1	0	1
TEM	1	1	1

Squared Cosines for the Row Points

	Dim1	Dim2
INT	0.000002	0.999998
TAR	0.914107	0.085893
TEM	0.867760	0.132240

Column Coordinates

	Dim1	Dim2
CCB	-0.62287	-0.11181
CDT	1.45871	0.81759
CDW	0.07946	-0.20406
CLL	0.72982	-0.20358
CLO	0.00092	-1.22474
CLS	1.45871	0.81759
COP	0.09517	0.00007
CPC	-1.14269	0.81564
CVM	0.10565	0.13616
DCP	-0.57089	-0.20455
GDR	1.16715	0.40913
HRO	0.22524	0.00017
MQO	-1.14269	0.81564
OJE	0.08660	-0.11128

OTO	-0.28498	-0.71465
PBM	0.00092	-1.22474
PGT	-0.91397	0.40756
PVA	-0.13732	-0.20423
PVT	0.56343	0.00042
RCD	0.00092	-1.22474
ROJ	-0.63181	0.10602
SCN	-0.65257	-0.05881
SGF	-1.14269	0.81564
SPB	-0.38028	-0.54462
SPE	0.72982	-0.20358
STO	0.72982	-0.20358
TCS	-1.14269	0.81564
TDR	1.45871	0.81759
VRO	1.45871	0.81759

Partial Contributions to Inertia for the Column Points

	Dim1	Dim2
CCB	0.073470	0.007915
CDT	0.036632	0.038474
CDW	0.000435	0.009587
CLL	0.018339	0.004771
CLO	0.000000	0.086334
CLS	0.036632	0.038474
COP	0.006238	0.000000
CPC	0.044958	0.076580
CVM	0.001729	0.009604
DCP	0.011221	0.004817
GDR	0.117259	0.048170
HRO	0.017469	0.000000
MQO	0.022479	0.038290
OJE	0.002841	0.015679
OTO	0.005593	0.117581
PBM	0.000000	0.086334
PGT	0.071904	0.047802
PVA	0.001948	0.014404
PVT	0.136626	0.000000
RCD	0.000000	0.086334
ROJ	0.158060	0.014881
SCN	0.051319	0.001394
SGF	0.022479	0.038290
SPB	0.007469	0.051215
SPE	0.018339	0.004771
STO	0.018339	0.004771
TCS	0.044958	0.076580
TDR	0.036632	0.038474
VRO	0.036632	0.038474

Indices of the Coordinates that Contribute Most to Inertia for the Column Points

	Dim1	Dim2	Best
CCB	1	0	1
CDT	2	2	2
CDW	0	0	2
CLL	0	0	1
CLO	0	2	2
CLS	2	2	2
COP	0	0	1
CPC	2	2	2

CVM	0	0	2
DCP	0	0	1
GDR	1	1	1
HRO	0	0	1
MQO	0	0	2
OJE	0	0	2
OTO	0	2	2
PBM	0	2	2
PGT	1	1	1
PVA	0	0	2
PVT	1	0	1
RCD	0	2	2
ROJ	1	0	1
SCN	1	0	1
SGF	0	0	2
SPB	0	2	2
SPE	0	0	1
STO	0	0	1
TCS	2	2	2
TDR	2	2	2
VRO	0	2	2

Squared Cosines for the Column Points

	Dim1	Dim2
CCB	0.968784	0.031216
CDT	0.760949	0.239051
CDW	0.131672	0.868328
CLL	0.927809	0.072191
CLO	0.000001	0.999999
CLS	0.760949	0.239051
COP	0.999999	0.000001
CPC	0.662475	0.337525
CVM	0.375778	0.624222
DCP	0.886223	0.113777
GDR	0.890573	0.109427
HRO	0.999999	0.000001
MQO	0.662475	0.337525
OJE	0.377234	0.622766
OTO	0.137203	0.862797
PBM	0.000001	0.999999
PGT	0.834134	0.165866
PVA	0.311343	0.688657
PVT	0.999999	0.000001
RCD	0.000001	0.999999
ROJ	0.972611	0.027389
SCN	0.991943	0.008057
SGF	0.662475	0.337525
SPB	0.327762	0.672238
SPE	0.927809	0.072191
STO	0.927809	0.072191
TCS	0.662475	0.337525
TDR	0.760949	0.239051
VRO	0.760949	0.239051

