

2. Metodología

2.1 Área de estudio

El proyecto se llevó a cabo en el Parque Estatal Flor del Bosque, localizado en el suroeste del municipio de Amozoc de Mota, en el estado de Puebla, México. Presenta las siguientes coordenadas: 19° 00' 00" y 19° 01' 50" de latitud norte y 98° 20' 35" y 98° 20' 53" de longitud occidental. El parque presenta distintas altitudes que van desde los 2,225 msnm a los 2,400msnm (SEMARNAT, 1996).

Presenta un clima templado con lluvias en los meses de verano; la temperatura media anual oscila entre los 14-16°C, mientras que la temperatura media del mes más caluroso es de 22°C. La temporada de sequía se extiende desde el mes de Noviembre hasta Abril. La precipitación promedio anual varía de entre 750mm a 950mm (SEMARNAT, 1996).

Con una extensión de 664.03 hectáreas, este parque presenta dos tipos predominantes de vegetación:

- 1) Bosque de encinos (*Quercus spp.*), vegetación que predominaba originalmente, sin embargo, debido a la actividad del hombre éste tipo de vegetación se redujo.
- 2) Pastizales inducidos: como estrategia de reforestación, se reemplazó el bosque de encinos con pastizales y con árboles eucaliptos (SEMARNAT, 1996).

2.2 Materiales y Muestreo

Para determinar la dominancia de las especies presentes, se empleó tres tipos de cebos: El primero cebo de miel, el segundo de atún (atún de aleta amarilla en agua) y un último cebo con una mezcla de ambos (50% miel, 50% atún). Cada cebo consistió de una caja Petri plástica.

El muestreo se realizó abarcando la temporada de lluvias (Octubre) hasta la temporada de secas (Marzo). A su vez, el muestreo se dividió en dos tipos de vegetaciones: pastizal (Fig. 2.2.1) y bosque de encinos *Quercus* (Fig. 2.2.2); En cada área se establecieron 3 transectos lineales de 90m, ubicados en las siguientes coordenadas:

Número de transecto	Vegetación	Coordenadas	Altitud (msnm)
1	Pastizal	19°0'19"N 98°6'7"O	2150
2	Bosque de encino	19°0'34"N 98°5'47"O	2150
3	Pastizal	19°0'42"N 98°6'19"O	2150
4	Pastizal	19°0'50"N 98°6'39"O	2320
5	Bosque de encino	19°1'10"N 98°6'21"O	2330
6	Bosque de encino	19°1'37"N 98°6'63"O	2380

Tabla 2.2.1. Tipificación, Coordenadas y altitud de cada uno de los transectos trazados en el Parque Estatal Flor del Bosque.



Figura superior (2.2.1), un transecto de pastizal; Figura inferior (2.2.2), un transecto en bosque de encinos *Quercus*.

Cada transecto lineal fue dividido por 9 banderillas, (señaladas de X_1 a X_9) separadas 10m entre sí; en cada marca se colocó 1 set de cebos (1 de miel, 1 de atún y 1 de la mezcla) en forma de pirámide, como lo muestra la Fig. 2.2.3



Fig. 2.2.3. Cada transecto lineal presentó 9 sets de juegos. Cada set se conformó por un cebo de atún, uno de miel y una mezcla de ambos y se dispusieron de manera triangular.

Como podemos observar en la tabla 2.2.2. cada marca (X) presenta una distinta metodología de observación y análisis:

Durante 1 hora, los **cebos** X_1 , X_2 y X_3 fueron observados y documentados en la ficha de campo (Tabla 2.2.3.), haciendo énfasis en la observación de estrategias e interacciones entre especies para complementar el análisis mediante dominancia numérica. Este análisis se empleará únicamente para integrar la investigación ya que, según Hölldobler y Wilson (2008), debido a las bajas interacciones que pudiesen suceder entre especies, sería difícil construir un modelo general para las hormigas, aunado al hecho que existen diferencias en las condiciones ontogénicas y fisiológicas entre

colonias, produciendo que las interacciones uno a uno no fueran la mejor opción para cuantificar la competencia en comunidades de hormigas.

Los cebos de **X₄**, **X₅** y **X₆** se les agregó agua para desarrollar una trampa la cual, se dejó en el área durante 2 horas. Los cebos restantes, es decir, **X₇**, **X₈** y **X₉**, de igual manera, se les agregó agua y fueron puestos durante 4 horas.

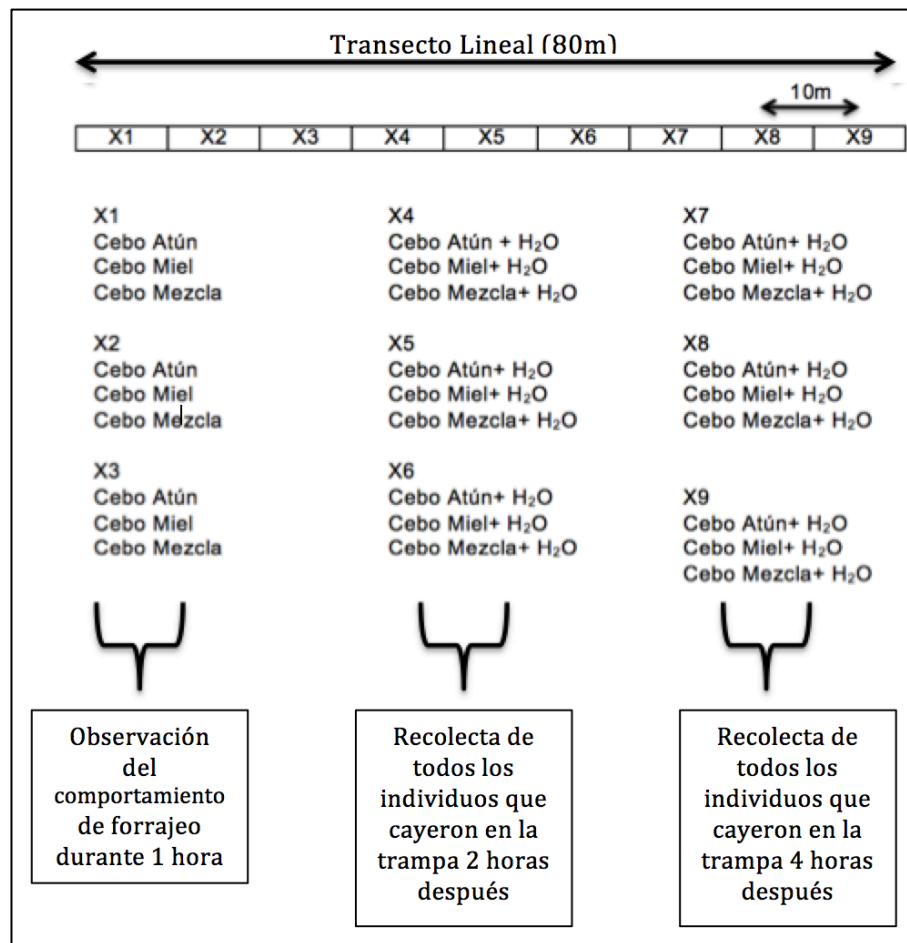


Tabla 2.2.2. Representación gráfica de la metodología llevada a cabo para efectuar el muestreo. Cada marca (x) presenta una metodología en específico: X₁, X₂ y X₃ fueron observados durante 1 hora Para X₄, X₅ y X₆ se dejó el cebo durante dos horas y por último, las marcas X₇, X₈ y X₉, fueron dejadas durante 4 horas.

FECHA		Coordenadas		Transecto No.		Observaciones	
HORA		Clima		Pastizal <input type="checkbox"/>	Repetición <input type="checkbox"/>		
NOMBRE				Encino <input type="checkbox"/>			
No. de Cebo	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇ X ₈ X ₉
Lugar Llegada	Morfología	Cebo	No. Individuos	Hora llegada	Hora salida	Observaciones	
1era							
2da							
3ra							
4ta							
5ta							

Tabla 2.2.3. Ficha técnica de campo útil para realizar anotaciones de las observaciones ejecutadas a la hora de muestrear

Al final de la observación, tanto para las muestras de 2 y de 4 horas, se recolectó en viales a todos los especímenes presentes en la caja Petri. Esto se estableció con el fin de definir el grado de dominancia numérica de Andersen (1992).

El muestreo se efectuó a lo largo de 6 meses, realizándose 5 repeticiones, como se muestra en la Tabla 2.2.4.

Número de repetición	Fecha
Primera	2-3 Octubre 2015
Segunda	22-23 Enero 2016
Tercera	19-20 Febrero 2016
Cuarta	26-27 Febrero 2016
Quinta	11 Marzo 2016

Tabla 2.2.4. Cronograma de cada repetición del muestreo realizado en el Parque Estatal Flor del Bosque

2.3 Análisis de datos

2.3.1. Método de dominancia numérica

Según Parr, (2008) la especie numérica dominante será aquella que monopolice el cebo. El método de dominancia numérica (N) es un método efectivo para determinar qué especie es más competente para acaparar un recurso (sin analizar las estrategias empleadas para lograr ser la especie dominante), en un ambiente determinado (Andersen, 1992). Para determinar la habilidad competitiva de cada especie empleamos la siguiente fórmula:

$$N = \frac{D_i}{D_i + S_i}$$

Donde D_i representa el número de cebos monopolizados por la especie i ; S_i es el número de cebos en que la especie i se presentó pero sin monopolizar (Dáttilo, Díaz-Castelazo, Rico-Gray, 2014). Se consideró un cebo monopolizado cuando >5 individuos de la misma especie se alimentaban únicamente del cebo, es decir, en ausencia de otras especies. Los valores obtenidos a partir de la fórmula anterior van de un rango de 0 (especies subordinadas-sumisas) a 1 (especie dominante).

2.3.2 Índices de dominancia

Los índices de dominancia toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución de las demás especies muestreadas (Moreno, 2001).

Se empleó específicamente el índice de dominancia de Simpson, el cual manifiesta la probabilidad de que al tomar dos individuos al azar de dos muestras, sean de la misma especie. Este índice se representa en la siguiente fórmula:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde p_i es el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

2.3.3 Índices de similitud

Los distintos índices de similitud expresan el grado en que dos muestras son similares, basándose en la tasa de cambio de las muestras (Moreno, 2001). El índice de Jaccard fue utilizado para conocer el grado de similitud entre el pastizal y el bosque de encinos. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde a es el número de especies presentes en el sitio A; b es el número de especies presentes en el sitio B; y c es el número de especies presentes en el

sitio A y B. El rango de valores esperados para el índice de Jaccard va de 0 (cuando el sitio A y B no comparten especie alguna) hasta 1 (cuando el sitio A y B presentan las mismas especies).

2.3.4 Diversidad y riqueza

La diversidad de una comunidad se expresa en la riqueza de la misma, es decir, el número de especies presentes en un área determinada y en la abundancia-equidad. Es la riqueza específica (S) la manera más simple de medir la biodiversidad, debido a que se basa únicamente en la presencia o ausencia de las especies y no en la abundancia (Moreno, 2001). Por lo tanto, empleamos el índice de diversidad de Margalef para conocer la diversidad del muestreo:

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde S representa el número de especies y N el número total de individuos.

Una desventaja que presenta el índice anterior es que muestras con el mismo número de especies totales pueden dar el mismo valor a pesar de que la composición de cada una de las muestras difiera; por lo tanto, se complementó la prueba de diversidad con el Índice de Shannon-Wiener, el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de las especies presentes en el muestreo, midiendo el grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra. Se expresa en la siguiente fórmula:

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

Donde p_i es la proporción de la muestra representada por la especie i .

3.5 Equidad

La equidad gira entorno a la abundancia de las especies presentes en la muestra. Dado a que muchos índices de diversidad se basan en el concepto de equidad (Moreno, 2002), tanto el índice de Simpson y Shannon nos permite conocer este valor. El valor de equidad utilizando el índice de Simpson se expresa de la siguiente manera:

$$E_{1/0} = \frac{1}{\lambda S}$$

Donde $1/\lambda$ representa el inverso del índice de Simpson y S el número total de especies.

El valor de equidad, obtenido a partir del índice de Shannon-Wiener, se denomina índice de equidad de Pielou, el cual, mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde H'_{max} es el equivalente del logaritmo natural de S . Por lo tanto:

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

2.3.6 Análisis de la estructura de la comunidad

Las curvas de rango-abundancia son herramientas muy útiles para conocer la riqueza y la estructura de la comunidad mediante la abundancia de especies. Además, esta herramienta nos permite conocer el grado de equitatividad de la distribución de la abundancia de las especies, (a mayor pendiente, menor equitatividad en la comunidad). En este estudio fueron empleadas para comparar los dos ambientes estudiados. Para graficar, en el eje x, la especie con mayor abundancia tomó el valor de 1, la siguiente el valor de 2 y así sucesivamente; Para el eje y se representó la proporción de la abundancia total correspondiente a cada especie.

2.3.7 Curva de acumulación de especies

Una curva de acumulación va incorporando nuevas especies al inventario dependiendo de la medida del esfuerzo de muestreo. Es decir, mientras mayor sea el esfuerzo de muestreo, más especies serán colectadas. Debido a que al inicio del muestreo es más común encontrar especies nuevas, la curva presenta una pendiente mayor (Jiménez-Valverde, Hortal, 2003); pero conforme el muestreo continúa, esta pendiente se reduce e incluso pudiendo descender a cero. En este punto podríamos concluir que ya alcanzamos el número máximo de especies presentes.

2.3.8 Curva de Supervivencia

Como el nombre lo indica, las curvas de supervivencia tienen la capacidad de cuantificar la posibilidad que presentan al nacer los individuos de una población

para alcanzar determinada edad. Para este estudio, nos permitieron cuantificar el tiempo de forrajeo para cada género. Comúnmente existen 3 tipos de curvas:

Tipo I. Son convexas y representan a especies con baja tasa de mortalidad hasta que en determinada edad, aumenta rápidamente (*estrategia k*).

Tipo II. Presenta una diagonal descendente (comúnmente sigmoidea). Se traduce como una tasa de mortalidad constante y que varía poco con la edad.

Tipo III. Presenta un pronunciado descenso al inicio seguido de un periodo estable. Común en especies con *estrategias r*, donde las fases larvales o juveniles presentan una elevada tasa de mortalidad.

Por lo tanto, podríamos decir que especies de ecosistemas menos maduros o de niveles tróficos bajos tengan una curva de supervivencia diagonal, mientras que las especies de ecosistemas más maduros o de niveles tróficos altos, tienden a presentar una curva rectangular (Margalef, 1978). No obstante, al ser una herramienta flexible, este tipo de curvas nos permiten, por igual manera, analizar tiempos de forrajeo, tiempos de llegada, etc. Para esta investigación, se analizó, mediante el uso de curvas de supervivencia, las probabilidades de llegada (por vegetación, género y cebo), el tiempo de forrajeo (por vegetación, género y cebo).

2.3.9 Colecta

Representantes de las especies que recurrieron a los cebos fueron recolectados y preservados en alcohol al 70% para su sucesiva identificación en frascos plásticos y viales etiquetados con los siguientes datos:

- Fecha de recolecta
- Número de transecto
- Número de set de cebo (Xn)
- Tipo de cebo: (A) atún (M) miel (Z) mezcla)

2.3.10 Identificación

La identificación a nivel de género se llevó a cabo en el laboratorio de Entomología y Ecología de la Universidad de las Américas Puebla. Para identificarlas, inicialmente se requirió tener los especímenes en alcohol al 70% para después dejarlas secar, por al menos 24 horas, en una cámara con naftalina. Después, se procedió con el montaje de la colección empleando alfileres entomológicos. Para llevar a cabo la identificación de género, utilizamos como guía la *Clave de los géneros de hormigas en México* de Mackay-Mackay (1989), la base de datos *AntWeb (v6.1.4)* y la obra de Fernández (2003) titulada *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical*.