

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1 Área de estudio

Africam Safari es un parque de conservación de vida silvestre ubicado en la zona de Valsequillo, Puebla (18°56'14"N 98°08'12"O). La zona fue utilizada hace 45 años para agricultura en algunas zonas, dejándolas desprovistas de vegetación y el bosque natural de encinos fragmentado. Años después de que se compró el terreno para fundar el zoológico, se han realizado esfuerzos de reforestación para la

restauración del bosque de encinos desde hace más de 23 años, utilizando semillas del bosque natural para realizar la propagación de encinos e introducción de diferentes plantas de la región. Hace 5 años se inició el programa de regeneración de la zona, además de las reforestaciones se



colocaron terrazas en sitios estratégicos para fomentar la retención del suelo y así impulsar el proceso de sucesión natural de la zona con el objetivo de recuperar el bosque de encinos degradado (Camacho, A .com. pers 2015).

Figura 1. Vegetación de la zona

El valle de Valsequillo quiere decir “Valle seco“. Es un territorio seco debido a la escasez de lluvias y a la permeabilidad excesiva del suelo. (Santamaría, 2013). Este valle forma parte de la depresión en la cual se abre al pie de la Sierra del Tentzo, donde el río Atoyac formó el estrecho cañón llamado “Balcón del diablo”, donde se localiza la presa “Manuel Ávila Camacho” que ha facilitado el desarrollo de la agricultura de temporal de jícama y otros tubérculos (Santamaría, 2013).

La vegetación del valle consiste desde porciones de bosques de encino, matorrales xerófilos, praderas inducidas y zonas totalmente desprovistas de vegetación (Figura 1.) (Parra, 2003). La mayor parte de los cerros que anteriormente estaban cubiertos de bosque de encino actualmente encuentran desprovistos de vegetación debido a las diversas actividades que se han realizado desde los primeros asentamientos humanos (Santamaría, 2013). El ramoneo del ganado caprino y vacuno que pasta sobre estas tierras, la erosión del suelo ocasionada por las lluvias y la contaminación ocasionada por el crecimiento urbano de la Ciudad de Puebla, lo que ha conducido a la disminución del bosque de encino y la reducción de muchas de las especies animales (Parra, 2003).

La zona está conformada por diferentes tipos de vegetación: Bosque de encino, Matorral xerófilo y Juniperus (Santamaría, 2013). El tipo de clima que pertenece es el C(w<sub>1</sub>)(W)(i)g perteneciente al grupo de los templados secos con una temperatura media anual entre los 12 y 18°C con poca oscilación; la temperatura del mes más cálido oscila de 5 a 22°C y el mes más frío de -3 a 18° (García 1988). Geológicamente pertenece a los valles de Tehuacán, Tecamachalco de formación calcárea de Puebla del Cretácico. Los suelos son pobres en materia orgánica cuyo contenido va del 0.3 al 1.8%. El pH varía entre 7.6 y 8.8. Aproximadamente el 50% de la superficie que abarca es de textura arcillosa (INEGI, 1988).

Se trata de un bosque abierto donde la densidad del arbolado varía desde 20 a 500 individuos por hectárea. Se corresponde a una comarca seca, con precipitaciones pluviales promedio de 500-700 mm anuales, en la que las lluvias son de carácter temporal (Mayo a Septiembre) siendo el resto del año estiaje (Santamaría, 2013). En esta zona se registraron 15 especies de encinos. La altura del encinar varía entre 5-8m con una media de 6.5 m; en

el encinar arbustivo oscila entre 1-3m con una media de 2m. (Santamaría, 2013).

Se realizaron las visitas y muestreos en los meses de Junio y Julio de cada año para obtener una comparación entre los mismos (2014 y 2015).

## 7.2 Metodología de Encinos

*Muestreo de datos de encinos:* Se realizó la reforestación en la zona (Figura 2.), la

cual es parte bosque de encino y parte pastizal/matorral xerófilo (el ultimo es donde se realizó la reforestación); con aproximadamente 6,000 encinos de diferentes especies de la zona (*Q. acutifolia*, *Q.*

*laeta*, *Q. mexicana* y *Q. liebmanni*). Para la germinación y el crecimiento de las plantas se

colectaron semillas en el bosque natural de encinos y se colocaron bajo condiciones de invernadero; los encinos tenían una edad aproximada de 3 años al momento de la reforestación. Se tomó una muestra aleatoria de 530 encinos reforestados para los cuales se obtuvieron las siguientes variables:

- Altura
- Diámetro del tronco (20cm del suelo)
- Copa (diámetro mayor y menor de la copa)
- Asociación: se registró a la planta más cercana a la base del encino

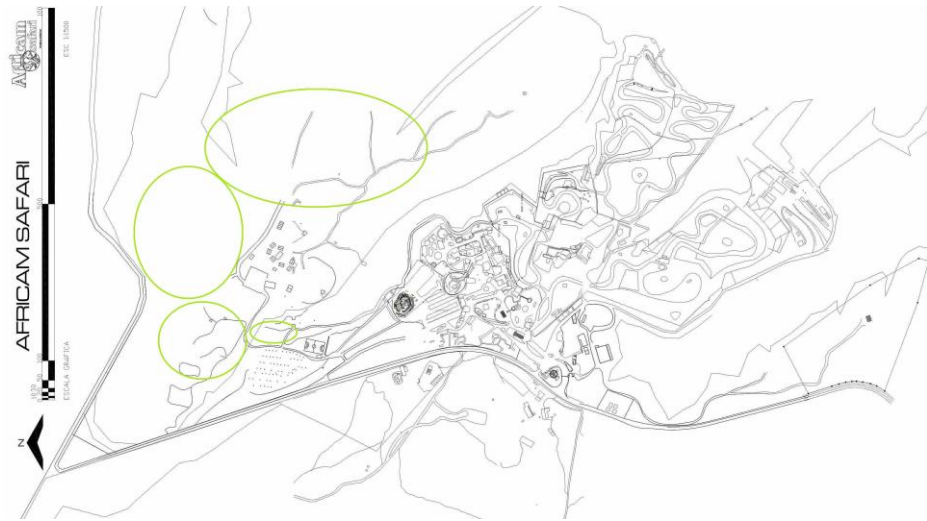


Figura 2. Mapa de la zona donde se realizó la reforestación (círculos verdes)

- Exposición al sol (nula, poca, media, mucha)
- Distancia: Encino más cercano
- Supervivencia en un año
- Para 100 de estos individuos se determinó la especie utilizando una guía de identificación de Africam Safari.
- Precipitación (tasa de precipitación y precipitación promedio) y temperatura (mínima y máxima) del 2013, 2014 y 2015; tomados cada 15 minutos y separados por mes (proporcionados por la estación meteorológica de la BUAP ubicada el parque).



Figura 3. Imagen satelital de los encinos etiquetados y geo-referenciados.

Cada encino fue geo-referenciado utilizando un GPS Garmin modelo eTrex 10 e identificados con una clave para su posterior identificación y para poder localizarlos en los monitoreos futuros. Se utilizó el programa Google Earth para la observación de las geo referencias y como una guía para volver a encontrar a los encinos (Figura 3.).

Se planteó ver el cambio de todas estas variables comparándolas entre años (2014-2015) con la finalidad de ver el éxito de los esfuerzos de reforestación. Además de relacionar las variables con la supervivencia de los individuos.

*Análisis de las condiciones iniciales y finales de los encinos reforestados:* Se realizó un análisis de Componentes Principales (PCA) empleando las diferentes variables cuantitativas asociadas a cada individuo de encino reforestado en el Parque Africam Safari. El Análisis de Componentes Principales es una manera de identificar patrones datos, y expresar los datos de manera que se marquen sus similitudes y diferencias cuando se tienen muchas variables. Usando este análisis, se puede reducir el número de variables, sin perder mucha información (Smith 2002). En este caso se tenía altura, diámetro del dosel, diámetro del tronco, distancia al encino más cercano, intensidad de sol y asociación vegetal, como variables que caracterizaban las condiciones iniciales (2014) de tamaño y ambiente a las que se encontraban asociadas los individuos de encino reforestados. En este caso seleccionamos los dos primeros Componentes Principales (eigenvectores) y el valor de los datos transformados (i.e. los datos originales transformados en función de los dos componentes seleccionados) para cada individuo de encino. Se distinguieron tres grupos: encinos del 2014 que se encontraron en el muestreo del 2015 (iniciales), encinos del 2014 que no se encontraron en el 2015 (muertos) y encinos que se encontraron en el 2015 (vivos 2015), y se realizó un gráfico usando el Componente 1 y 2 (Eje x y eje y) para explorar si las condiciones iniciales o finales de los diferentes grupos diferían. Con los datos transformados se realizó un ANOVA de una vía, con el factor supervivencia (Muerto 2014, Vivo 2014, Vivo 2015) como variable independiente y el Componente 1 y 2 como variables de respuesta, para determinar si había diferencias significativas entre los tres grupos en sus

condiciones iniciales o finales. Cuando el valor de P fue significativo, se realizó una prueba de *t* de comparaciones múltiples para determinar entre grupos existían diferencias significativas.

### 7.3 Metodología de Bioindicadores (Hormigas)

*Muestreo de la comunidad de hormigas:* En cada zona, se identificaron dos tipos de hábitats: aquellos que conserven la vegetación natural de encinos y sitios donde haya habido cambio en el uso del suelo como resultado de un manejo antropogénico. Específicamente se identificó y seleccionaron dos sitios, uno con vegetación natural de encino y otro con



Figura 4. Trampa pit-fall

pastizal donde se hicieron las reforestaciones. Se utilizó un tipo de muestreo de hormigas: pit-fall (trampas de caída)(Figura 4.). En cada sitio, se marcó un transecto de 400 m y se colocaron trampas de caída (pit-falls) cada 20 m (20 trampas/sitio). Las pit-falls se llenaron con propilenglicol (sólo un cuarto de cada recipiente) y fueron enterradas a ras del suelo. Cada trampa fue marcada con una bandera para su localización. Las trampas se dejaron por un periodo de 96 horas, al final de cual se colectaron las hormigas y se conservaron en etanol al 70% (de acuerdo a la metodología en Agosti et al. 2000, Gove et al. 2005, King y Porter 2005, Ellison et al. 2007) (Ellison, 2007). Los especímenes colectados fueron llevados al laboratorio para su conteo, montaje e identificación a género.

*Colección entomológica:* Se determinó el número de individuos y de morfo-especies por trampa. Los especímenes representativos de cada morfo-especie fueron montados para su

determinación haciendo uso de claves para géneros (Mackay y MacKay, 1989). Se realizó una colección entomológica de referencia.

*Análisis de atributos de la comunidad de hormigas:* Se analizaron diferentes atributos de la comunidad de hormigas (riqueza, diversidad y dominancia) a través de curvas de rarefacción usando el paquete estadístico EcoSim 7.72 (Gotelli & Entsminger, 2005.) y EstimateS (Colwell R. K. y Coddington J. A. 1994, Colwell R.K. et al. 2004, Colwell 2005). También se determinaron la diversidad beta, y se compararon los sitios haciendo uso de los índices de Sorensen y Jaccard (Chao-Jaccard-Est) modificados para considerar especies raras haciendo uso del paquete EstimateS 7.5 (Colwell 2005, Chao et al 2006). Las diferentes morfoespecies se asignaron a los grupos funcionales según Andersen (1997) y se obtuvo riqueza, diversidad y dominancia. Estos índices se compararon entre los sitios con bosque de encino y reofrestados, y entre años (2014 y 2015).