

7. Discusión

El resultado del análisis de datos, nos entrega la información necesaria para poder describir la estructura de cada hábitat.

Los primeros datos que se obtuvieron fueron las tablas de estructura de la vegetación (tablas 6.1.1 a 6.1.5). De éstas se puede observar el valor de importancia. Este valor incorpora tres parámetros distintos dentro de uno, que son la proporción de individuos presentes de cada especie, es decir, densidad relativa; la proporción de la distribución que tiene cada especie dentro del área de muestreo, frecuencia relativa; y la proporción de área que ocupan los individuos de cada una de las especies dentro del área de muestreo, la cobertura relativa. Esta cifra nos entrega un estimado global sobre la influencia o la importancia de cada especie dentro de la comunidad. La ventaja del valor de importancia es que utiliza más de un parámetro, pero tiene como desventaja que se le da el mismo peso a cada medida entregando valores similares con las diferentes combinaciones de las tres medidas (Brower et.al., 1998). Después de cada tabla de la estructura se encuentran los histogramas de frecuencia. Los histogramas de frecuencias del diámetro a la altura del pecho, muestran la estructura de tamaños de las diferentes poblaciones de los hábitats estudiados, de los cuales se puede sacar conclusiones sobre el estado en el que se encuentran.

En el bosque de pino (tabla 6.1.1) claramente se puede concluir que la especie dominante es *Pinus hartwegii*, encontrando solamente un individuo de *Alnus firmifolia* dentro de las parcelas muestreadas. Dada la altitud en la que se encuentra (3,500m.s.n.m.), limitando probablemente con páramo de altura, este bosque definitivamente no es un bosque mixto, como a veces podemos encontrar a *Pinus* en

México. De acuerdo a la estructura de los tamaños, el histograma para *Pinus hartwegii* (figura 6.1.1) muestra cómo la poca presencia de pinos de mayor diámetro se puede deber a la tala excesiva de hace algunos años o a la popular costumbre de provocar incendios para crear brotes de gramíneas favorables para el pastoreo. Se puede ver en la gráfica que la mayoría de los individuos son jóvenes de entre 3 y 10 cm de diámetro, lo que sugiere que actualmente está pasando por una regeneración natural, debido posiblemente a la creación de esta unidad ambiental en donde el área fue cercada y protegida.



Foto 7.1 Bosque de pino

El bosque de oyamel (tabla 6.1.2), situada a 3440 m.s.n.m, la especie dominante (con valor de importancia más alto) resultó ser *Abies religiosa*, ocupando un porcentaje de importancia del 67% y el resto de las tres especies encontradas el otro 33%. Los bosques de oyamel en condiciones naturales suelen ser muy densos, por lo que los estratos inferiores son limitados (Rzedowski 1994), esto se refleja en nuestra tabla de estructura, ya que predominó la especie de *Abies religiosa* y solamente una pequeña fracción lo constituye el *Alnus firmifolia* y en mucho menor, dos especies de *Pinus*. En

este bosque las especies colectadas pertenecen a especies que requieren de humedad y no necesitan mucha luz. Posteriormente hablaremos de las especies botánicas en más detalle. Se observan dos histogramas, el de *Abies religiosa* (figura 6.1.2) y el de *Alnus firmifolia* (figura 6.1.3). *Abies religiosa* representa una población en su forma natural sin perturbación alguna, como se menciona anteriormente, muy densa, característica particular de los bosques de oyamel no perturbados. Sin embargo, la presencia de *Alnus firmifolia*, indica que hubo perturbación ya que normalmente constituyen fases sucesionales o comunidades surgidas como consecuencia de la destrucción de otros tipos de bosque (Op cit.). La presencia de poblaciones de aile surgidas probablemente de esta forma, se va a seguir observando dentro de otros hábitats analizados dentro de este estudio.



Foto 7.2 Bosque de oyamel

Dentro del bosque de madroño a 3,310 m.s.n.m., se encontraron los siguientes valores de importancia. Para *Abies religiosa* de 38.5% (ver la tabla 6.1.3), le sigue *Alnus firmifolia* con 26.23% y posteriormente *Arbutus xalapensis* con 14.63%. La presencia de *Arbutus xalapensis* representa una fase sucesional secundaria. Los histogramas sugieren

que la población de *Abies religiosa* (figura 6.1.4) presenta un crecimiento acelerado debido probablemente a la perturbación de algún tipo, o a que se encuentra en una fase de reestablecimiento. *Arbutus xalapensis* (figura 6.1.6) indica que esta participando en una fase sucesional para llegar al reestablecimiento de *Abies religiosa* (Op cit.). El histograma sugiere que talvez ya se esté llegando a su reestablecimiento debido a la cantidad de individuos jóvenes y la forma de la gráfica. Para la población de *Alnus firmifolia* (figura 6.1.5), se puede concluir, dado lo observado con la población de *Abies religiosa* dentro de este hábitat, que forma parte de una fase sucesional, junto con *Arbutus xalapensis*.



Foto 7.3 Bosque de madroño

El bosque de pino, aile y oyamel (PAA) se ubica a 3,380 m.s.n.m.. En la tabla 6.1.4, se observa los siguiente, *Pinus hartwegii* ocupa el primer lugar en valor de importancia, debido a que ocupa mayor área basal dentro del área de muestreo (llega a

tener individuos de 40 m. de altura, y por lo tanto mayor DAP), sin embargo, en cuanto a densidad, *Alnus firmifolia* ocupa el primer lugar y la frecuencia de ambos es la misma; la presencia de *Abies religiosa* es menor, según las parcelas muestreadas. Aquí podemos ver cómo evidentemente se toman en cuenta varios aspectos dentro del valor de importancia y no se limita a uno solo. Este bosque probablemente era clímax de *Abies religiosa* y probablemente ocasionado por la presencia de incendios (anteriores al establecimiento del predio), se encuentra ahora en la etapa de reestablecimiento, ya que se sabe que este reestablecimiento normalmente llega después de una fase poblada por *Pinus sp.* y *Alnus sp.* (Op cit.) aunque podría bien llegar a ser un bosque mixto de pino y oyamel, debido a la gran presencia de pino dentro del área muestreada y a la distribución de los tamaños, descrito a continuación. Se observan dos histogramas, el de *Alnus firmifolia* y *Pinus hartwegii*. *Alnus firmifolia* (figura 6.1.7) nuevamente se ve favorecido por la perturbación formando parte importante de una fase sucesional. Cabe resaltar, que en todas las poblaciones de *Alnus firmifolia* de los diferentes hábitats estudiados, se observan individuos del mismo tamaño, con diámetros de entre 5 y 15 centímetros. La población de *Pinus hartwegii* (figura 6.1.8) dentro de este hábitat presenta actualmente una población sana (observando la curva de distribución de tamaños), sin embargo, podemos observar que hubo algún tipo de perturbación afectando a los individuos de mayor tamaño, y que la actual reforestación natural se pudo haber debido a la presente protección contra la tala y los incendios.

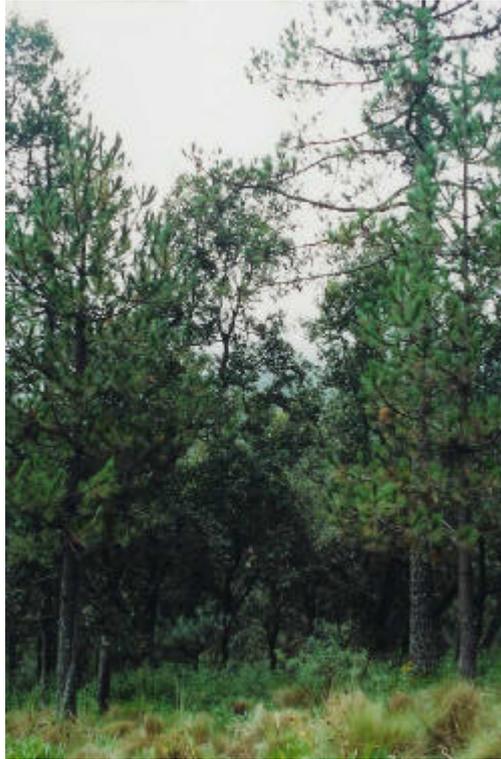


Foto 7.4 Bosque de pino, aile y oyamel (PAA)

En el bosque de encino que se encuentra a 3,160 m.s.n.m, se ve en la tabla 6.1.5, que *Quercus crassipes* es la especie más dominante del hábitat, seguido por *Abies religiosa* y posteriormente del resto de las especies encontradas dentro del área de muestreo. En este bosque se puede ver una gran complejidad en su estructura por medio de la distribución de clases de tamaño. *Abies religiosa* (figura 6.1.9) muestra un patrón en su histograma muy interesante. Se observa una reproducción esporádica dentro del bosque, seguido por caídas drásticas, que se pueden deber a incendios, ya que esta especie es muy vulnerable a ellos. Este hábitat se encuentra a menor altitud (3160m.s.n.m.) con respecto a los demás y por lo tanto de mayor accesibilidad por parte del hombre, quien pudo ser el responsable de esta perturbación. La población de *Alnus firmifolia* (figura 6.1.10) presenta lo que se ha ido viendo a lo largo de este estudio,

crecimiento acelerado debido a la perturbación de otras especies, por lo tanto participando en fases sucesionales. Y por último, la población de *Quercus crassipes*. (figura 6.1.11) muestra distribución uniforme, pudiéndose concluir que se está restableciendo, pero algo peculiar se presenta en los individuos más jóvenes, un gran decline. Esto se puede deber a que *Quercus crassipes* necesita claros para regenerarse, y la presencia de otras especies puede estar impidiendo que esto ocurra.



Foto 7.5 Bosque de Encino

En el análisis de varianza, ANOVA, con respecto a la variable densidad de cada parcela muestreada en cada hábitat (tabla 6.2.2), se obtuvo el valor de p de .2030, es decir no existen diferencias entre la densidad de cada parcela muestreada (si el valor de p es mayor a .05, no hay diferencias). Si se observa la tabla 6.2.4, en lo que respecta al área basal de cada parcela, el valor de p fue de .0002, lo que significa que los hábitats son muy diferentes en cuanto al área basal y aun más interesante, que dentro de cada hábitat, existen parches, debido a las fases sucesionales por las que cada una está pasando, que como ya se había mencionado, se deben a la perturbación humana (deforestación, tala, turismo) que afectó esta área antes de ser protegida.

Dadas las diferencias de área basal entre los hábitats, se prosiguió a realizar un análisis de similitud entre ellos (tabla 6.2.5). Se puede ver que los hábitats menos similares son el bosque de encino con el de pino, con un valor de p de menos de .0001, y lo hábitats más similares son el bosque de oyamel y el bosque de madroño, así como también el bosque de encino y el de madroño. Esto ocurre ya que son hábitats que se encuentran a altitudes similares, su composición vegetal es muy parecida y solamente difieren en la población dominante presente en cada uno de ellos.

Ahora se discuten los resultados obtenidos con los modelos de riqueza específica. En la tabla 6.3.1, se puede ver lo siguiente: según el índice de Margalef, el hábitat más rico es el bosque de encino, seguido por el bosque de madroño y de oyamel que son los que se encuentran representados por más especies arbóreas distintas. El índice de Mehinick propone al bosque de madroño como el más rico, siguiéndole el bosque de encino y el de pino, aile y oyamel. El bosque de pino viene en último lugar en ambos casos, que es de esperarse, ya que se sabe que este bosque es el menos diverso de México (Rzedowski, 1994). La desventaja de estos índices es que no nos permiten diferenciar entre diversidades de diferentes comunidades cuando tienen el mismo S y N.

Posteriormente, se observan las curvas de abundancia relativa que muestran la equidad de cada hábitat, prediciendo con ellas el ajuste de los modelos de abundancia. Para esto se obtuvieron los logaritmos en base 10 de las abundancias y del área basal de cada especie arborea dentro de los diferentes hábitats. La primera gráfica, figura 6.4.1, muestra la equidad con respecto a la abundancia. El bosque de pino, se representa con

una línea que indica que probablemente se ajustará al modelo geométrico (recordemos la figura 5.3.1), el bosque de oyamel y de pino, aile y oyamel (PAA) a la serie logarítmica, el de madroño y encino a la lognormal. En la segunda, figura 6.4.2, con respecto a la cobertura, se obtuvieron los mismos resultados que en la gráfica anterior (figura 6.4.1), ajustándose los distintos hábitats estudiados igualmente a los modelos.

Aplicando los modelos matemáticos para probar de esta forma el ajuste a cada uno, obtuvimos la tabla 6.4.1, en donde se observa solamente que dos de los cinco hábitats estudiados se ajustaron a los modelos propuestos. Esto se puede deber a que el número de especies arbóreas dentro de cada hábitat no fue muy alto, por lo tanto los grados de libertad son menores así como los valores de X^2 en tabla son bajos, siendo más difícil ajustarlos a alguno de los modelos. El bosque de pino, indudablemente se ajustó a la serie geométrica de la cual se interpreta que las especies se están estableciendo de forma regular tomando una fracción de los recursos restantes (Moreno, 2001). Se ha encontrado este tipo de distribución en hábitats pobres en número de especies o que se encuentran en estados tempranos de sucesión (Magurran, 1988), en este caso lo primero parece ser lo más acertado. Por otro lado, el bosque de encino se ajustó a la distribución log-normal, lo cual indica que es una comunidad estable y en equilibrio en cuanto a la abundancia de las especies presentes (Moreno, 2001).

Los índices que miden la abundancia relativa entregaron los datos necesarios para determinar el grado de diversidad de cada hábitat (ver tabla 6.5.1). Según el índice de Simpson el hábitat menos diverso es el bosque de pino. Recordemos que entre más dominante sea una especie dentro de una comunidad, menos diversa será, algo que

sabemos y hemos ido observando con respecto al bosque de pino. Le sigue el bosque de oyamel debido a la dominancia de *Abies religiosa*, por lo tanto se considera bajo en diversidad. Posteriormente se encuentra el bosque de pino, aile y oyamel (PAA), seguido por el de encino y finalmente el bosque de madroño, concluyendo que éste último es el más diverso en lo que respecta a la distribución de los individuos de las especies que se encontraron en este hábitat.

Con respecto al índice de Shannon, nuevamente el bosque de madroño se encuentra en primer lugar en cuanto a diversidad. Este índice toma en cuenta aspectos de riqueza y de equidad, siendo estos dos últimos índices los que proporcionan el mejor acercamiento en cuanto a diversidad biológica de un lugar. El bosque de encino viene en segundo lugar, le sigue el de pino, aile y oyamel, oyamel (PAA) y como el menos diverso, se encuentra nuevamente el bosque de pino.

El listado florístico nos muestra la alta riqueza florística que hay dentro del área de estudio (figura 6.6.1). Las especies encontradas son todas características de zonas montañosas templadas y semi-húmedas de México, por lo que su identificación se basó en libros especializados para este tipo de vegetación. En el anexo, se ve el listado florístico en más detalle. Los ejemplares de herbario que respaldan este listado, se encuentran depositados en el herbario del Departamento de Química y Biología de la Universidad de las Américas Puebla.

