

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La diversidad biológica y la pérdida del hábitat

Biodiversidad es una abreviación muy nueva de diversidad biológica. Tiene un sinnúmero de definiciones ya que para cada quien puede significar algo diferente. En general, se define como la variedad y variabilidad de especies, genes, comunidades, ecosistemas e interacciones que hay en el planeta. Wilson (1997) la define como “en un sentido, el todo”, es decir, toda la variación heredable a todos los niveles de organización, desde los genes dentro de una población, las especies que componen una comunidad y las comunidades que componen parte de un ecosistema del mundo.

La perturbación se define como un evento discreto que afecta a la estructura de un ecosistema, población o comunidad y cambia los recursos, la disponibilidad del sustrato o el ambiente físico (White y Pickett, 1985; Baydack y Campa, 1999; Pagola, 2001) y cuando son periódicas, tienen una estrecha relación con la sucesión ecológica (Odum, 1981). Los sistemas biológicos son extremadamente complejos, dinámicos y variables en cuanto a su respuesta al impacto antropogénico, lo que convierte la conservación en una tarea difícil (Trauger, 1999).

El mayor problema que enfrenta la biodiversidad actualmente es, según Wilson (1999), el crecimiento de la población humana, el cual continuará por lo menos otros 50 años, y el uso irracional de los recursos naturales; por esto, la tasa de extinción ha aumentado entre 1,000 y 10,000 veces con respecto a la que se presentaba antes de la industrialización (Wilson, 1999; Derraik *et al*, 2002).

Se pierde una gran cantidad de especies cada minuto, de las cuales ni siquiera sabemos de su existencia y mucho menos de sus posibles usos. Hasta 1999 había entre 1.5 y 1.7 millones de especies descritas de los 13.6 millones estimadas por el Global Biodiversity Assessment del Programa Ambiental de la Organización de las Naciones Unidas (Wilson 1999), siendo los insectos el grupo con el mayor número de especies tanto conocidas como desconocidas.

La extinción tiene consecuencias a distintos niveles; se sabe que mientras más diverso es un ecosistema, mayor es su productividad y su capacidad de resistir a distintas presiones, ya que es más flexible. Además, las especies que no hemos tenido la capacidad o el tiempo para estudiar y aprovechar pueden ser claves como fuentes de alimento o medicinas en un futuro próximo (Wilson, 1999).

Las causas de la pérdida de especies son muchas, dentro de las que destacan los factores antropogénicos como la destrucción y fragmentación del hábitat, la introducción de especies exóticas, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos naturales (Wilson, 1999); todos estos como consecuencia del crecimiento de la población humana y sus necesidades.

Se ha demostrado que hay una fuerte correlación entre la perturbación y la diversidad biológica. Algunas veces la perturbación tiene efectos negativos y otras veces efectos positivos; dependiendo del tipo e intensidad de la perturbación y del grupo que se esté estudiando (Huston, 1994; Sawmays, 1994).

La pérdida de la biodiversidad tiene dos efectos principales: el cambio en el funcionamiento del ecosistema y la pérdida de capacidad de amortiguamiento del mismo. Las modificaciones en las interacciones tróficas son un claro ejemplo de un efecto en el

funcionamiento del ecosistema (OECD, 2002). La pérdida de capacidad de amortiguamiento se refiere a la habilidad de un ecosistema de regresar a su estado original tras sufrir alguna perturbación (Begon, Harper y Townsend, 1990); cuando se reduce la diversidad, esta capacidad se reduce.

La destrucción del hábitat es la principal causa de la pérdida de diversidad (OECD, 2000) y según Primm y Raven (2000), las tasas de pérdida de diversidad aumentan rápidamente conforme el área se reduce. Es muy probable que la extinción de una planta conlleve directamente a la extinción de los insectos que de ella dependen, y esto a su vez, tenga un efecto indirecto sobre los parasitoides y depredadores de dichos insectos (Samways, 1994).

1.2 Diversidad de insectos

Los artrópodos son el filo más diverso de todos y en él se encuentran englobados más del 85% de las especies de animales conocidas del planeta. Se estima que sólo dentro de la clase Insecta hay entre 1 y 10 millones de especies (Terkanian, 2000).

Su distribución es cosmopolita gracias a las características de su exoesqueleto, su capacidad de vuelo y su pequeño tamaño, lo que ha permitido que colonicen un sinnúmero de nichos ecológicos. Existen en las montañas más elevadas, los desiertos más secos y calurosos y hasta en los polos (Cheng, 1976). Son más abundantes en primavera, verano y principios de otoño que en invierno y en los trópicos suelen ser más abundantes en la época húmeda y caliente. Hay especies diurnas, otras nocturnas y algunas son activas sólo durante ciertas horas del día. Se pueden encontrar en cualquier lado, por lo que ningún método de muestreo puede coleccionar todas las especies (Smithers, 1981).

Los insectos deben ser tomados en cuenta de manera importante en la conservación de los ecosistemas ya que proveen de una gran cantidad de servicios ecológicos a las comunidades, los ecosistemas y al paisaje, además de los servicios que le dan al ser humano (Baydack y Campa, 1999). Son elementos claves dentro de la cadena alimenticia, ejercen un control natural sobre las plagas, algunas culturas los utilizan como fuente de alimento, su papel en la polinización de miles de especies de angiospermas es vital y su participación como descomponedores de materia orgánica junto con otros invertebrados y microorganismos, es fundamental.

Para intentar la conservación de insectos es indispensable considerar que hay una gran cantidad de variación en sus poblaciones relacionada con factores bióticos (Ej. densidad de vegetación) y abióticos (Ej. variación estacional) y por tanto es necesario tomar en cuenta estos factores (Samways, 1994).

Varley, Gradwell y Hassell (1973) han hecho notar que necesariamente los factores abióticos como el clima reducen los niveles de las poblaciones, sin importar la densidad de individuos; mientras que la competencia y el aumento de la densidad tienen un efecto negativo en el tamaño de las poblaciones, aunque completamente influenciado por la densidad de individuos.

“Las modificaciones antropogénicas en el suelo inevitablemente cambian la ventaja competitiva de una especie sobre la otra” (Samways 1994) y, como dice Thomas (1991), el cambio de uso de suelo cambia los microclimas, generalmente de manera negativa para la mayoría de las especies aunque a veces positiva para unas cuantas. Incluso, algunas especies dentro de los grupos Coleóptera, Heteróptera, Lepidóptera, Ortóptera e Himenóptera dependen de cierta perturbación para mantener sus poblaciones.

Fry y Lonsdale (1991) consideran que la fertilización, el pastoreo de los vertebrados y en especial el de las cabras y la presión de la recreación son los tipos de perturbación que impactan en mayor grado a las poblaciones de insectos.

1.3 Medición de la diversidad

La velocidad a la que se están perdiendo las especies y la poca información sobre el impacto de la pérdida de hábitat sobre los invertebrados terrestres hacen necesario desarrollar métodos rápidos y efectivos para evaluar la diversidad de este grupo (Oliver y Beattie, 1996b). Según Raven y Wilson (1992) estamos en una etapa de crisis de la biodiversidad en la que los “parataxónomos” tienen un rol fundamental en su rápida evaluación. Lobo (2001) nos dice que “es indispensable crear alternativas de muestreo rápidas y confiables, capaces de ofrecernos una descripción aproximada de la distribución geográfica de la diversidad biológica, en ausencia de datos exhaustivos”.

Oliver y Beattie (1996a) desarrollaron el concepto de morfoespecie y lo proponen como una herramienta útil para una rápida evaluación de la biodiversidad. Este concepto se refiere a la separación de taxa basándose en características fácilmente observables por personas que no son especialistas en la taxonomía del grupo. La ventaja de utilizar morfoespecies es que permiten que la separación de los individuos la hagan personas no especializadas y que se reduzca el tiempo invertido en la identificación (Derraik *et al.* 2002).

La utilización de morfoespecies evidentemente tiene sus aspectos negativos. Uno de los más importantes es que no se puede tener certeza acerca de la verdadera identidad taxonómica de las morfoespecies, por lo que se puede sub o sobre estimar la diversidad

de un grupo de organismos, encontrada en un sitio. En algunos grupos puede ser sencillo separar las especies, pero en otros resulta imposible hacerlo de manera adecuada (Derraik *et al.* 2002).

Hay un gran número de estudios que han evaluado el grado de precisión que se alcanza cuando se usan morfoespecies para diversos grupos y ésta varía dependiendo del grupo. Derraik *et al.* (2002) evaluaron en Nueva Zelanda a los órdenes Araneae, Coleóptera y Lepidóptera, siendo este último el único que mostró confiabilidad en estos grupos artificiales. Oliver y Beattie (1996*b*) evaluaron nuevamente al orden Coleóptera, ahora en Australia, y a diferencia del estudio en Nueva Zelanda, en esta ocasión resultó ser un orden bastante confiable. La precisión que ofrezcan las morfoespecies va a depender principalmente de la creación de herramientas para parataxónomos y de la capacitación que éstos tengan (Derraik *et al.* 2002).

Oliver y Beattie (1996*b*) también proponen que para hacer más rápidas y menos costosas las investigaciones se debe utilizar un número limitado de taxa y de métodos de muestreo. Es necesario conocer la relación que el taxón a estudiar tiene con el resto de los taxa, si su reacción a los cambios antropogénicos es similar o si se encuentran en el mismo rango (por ejemplo el mismo nivel trófico). De cualquier modo es necesario hacer una investigación preliminar para ver qué taxón o taxa y qué métodos son adecuados para un hábitat en particular.

1.3.1 Índices de diversidad

Según Moreno (2001) “es necesario contar con parámetros que nos permitan monitorear el efecto de las perturbaciones sobre el ambiente y así tomar decisiones con el fin de conservar áreas o taxa amenazados”.

La diversidad biológica es la variable más medida en el estudio de la ecología de las comunidades. Sin embargo, este concepto ha resultado muy confuso debido a que consta de dos componentes: el número de especies dentro de una comunidad y la equitatividad que hay entre estas especies. Esto ha llevado a grandes discusiones con respecto a la definición y el cálculo de la biodiversidad (Brusca, 2003).

La metodología para el estudio de la diversidad tiene varios componentes: el primero es la realización de un muestreo del grupo que se quiere estudiar en un área determinada. El segundo es el procesamiento de las muestras, seguido por el análisis de la información utilizando ecuaciones matemáticas (índices de diversidad) y finalmente la interpretación de estos resultados.

Hay una gran cantidad de métodos para realizar muestreos y un enorme número de ecuaciones para analizar la información. Esto permite que los proyectos se puedan enfocar de manera muy específica al grupo de estudio y a los objetivos planteados, y que el análisis sea adecuado para examinar los datos obtenidos.

Los índices de diversidad son herramientas que nos permiten tener una perspectiva de la situación de la comunidad, con el fin de realizar monitoreos ambientales y tomar decisiones de conservación y manejo (Spellerberg, 1991). Los índices de diversidad únicamente son números que no tienen un valor conceptual real, y por tanto por sí solos no dicen mucho (Magurran, 1988). Es necesario obtener información sobre la

historia y evolución de la comunidad, la función e interacción de los grupos estudiados dentro de la comunidad y comparar comunidades similares (Brusca, 2003).

Brusca (2003) menciona que los ecólogos, en su afán de mantenerse a nivel de especie, pierden información valiosa que se podría obtener si se trabajara a otros niveles taxonómicos; sin embargo, es importante tomar en cuenta que si se hace un estudio demasiado exhaustivo, es común que los valores de diversidad sean menos significativos, además de que se vuelve prácticamente imposible procesar toda la información (Huston, 1994). Lo ideal, según Cummins y Klug, (1979), es trabajar con grupos funcionales como lo pueden ser las clases Mammalia o Insecta, e incluso más pequeños como el orden Coleóptera.

Como mencioné anteriormente, hay una gran cantidad de índices y una controversia general sobre cuál es el mejor (Wilson, 1999), por lo tanto es importante comprender lo que toma en cuenta cada índice con el fin de poder elegir el más apropiado. Dentro de los índices más importantes se encuentran los de Margalef, Gleason, Menhinick, Brillouin, Simpson, y Shannon-Wiener (Brusca, 2003). Las diferencias principales tienen que ver con el peso que le da cada índice a los componentes de riqueza y equitatividad (o abundancia), la sensibilidad del índice al tamaño de muestra, las características y conocimientos de la diversidad del área muestreada (Magurran, 1988).

Los índices de Margalef, Gleason y Menhinick no toman en cuenta la equitatividad, uno de los componentes de la biodiversidad y por lo tanto han dejado de ser tan útiles como los de Shannon-Wiener y Simpson. En ocasiones resulta interesante utilizar diversos índices para complementar los análisis.

El índice de Shannon-Wiener es utilizado para muestreos de comunidades grandes y con una diversidad indefinida. Asume que los individuos fueron muestreados aleatoriamente y que la mayoría de las especies están representadas en la muestra. Este índice es tan ampliamente utilizado que se ha convertido en una medida estándar en comparaciones de comunidades (Samways 1984).

El índice de dominancia de Simpson es útil para localizar la presencia de especies con valores altos de abundancia dentro de la comunidad (Magurran, 1988), aunque no precisamente la especie dominante, ya que hay otros factores, además de abundancia, que hacen a una especie dominante (con alta influencia en el ecosistema), como puede ser su tamaño corporal o su rol ecológico (Brusca, 2003).

1.4 El desierto de Sonora

Abarca una superficie aproximada de 260, 000 km² e incluye una gran parte del estado de Sonora, casi toda la península de California y las islas del Golfo de California en México, la mayor parte del sur de Arizona y California en Estados Unidos.

Hay un par de elementos característicos del paisaje de este desierto; uno son los cactus columnares y el otro los árboles leguminosos. También mantiene una gran diversidad dentro de la cual se encuentran unas 2,000 especies de plantas, más de 550 especies de vertebrados y miles de especies de insectos, aunque una gran cantidad de ellas son aún desconocidas. (Dimmitt, 2000).

Las temperaturas en el Desierto de Sonora son muy variables dependiendo de la época del año (figura 1), siendo mayo, junio, julio y agosto los meses más calientes con temperaturas promedio superiores a los 30°C y diciembre, enero y febrero los más fríos

con menos de 5°C. La precipitación es otro factor que depende de la época del año, de enero a junio no pasa de los 18mm mensuales en promedio, siendo mayo el mes con la menor precipitación (3.8mm promedio). La época de lluvias comienza en julio, siendo éste el mes más lluvioso con 64.5mm promedio. Las lluvias continúan hasta octubre de manera intensa (Hanson y Hanson, 2000). Podemos observar en el diagrama ombrotérmico (figura 1) que salvo en los meses de julio y diciembre hay estrés hídrico todo el año.

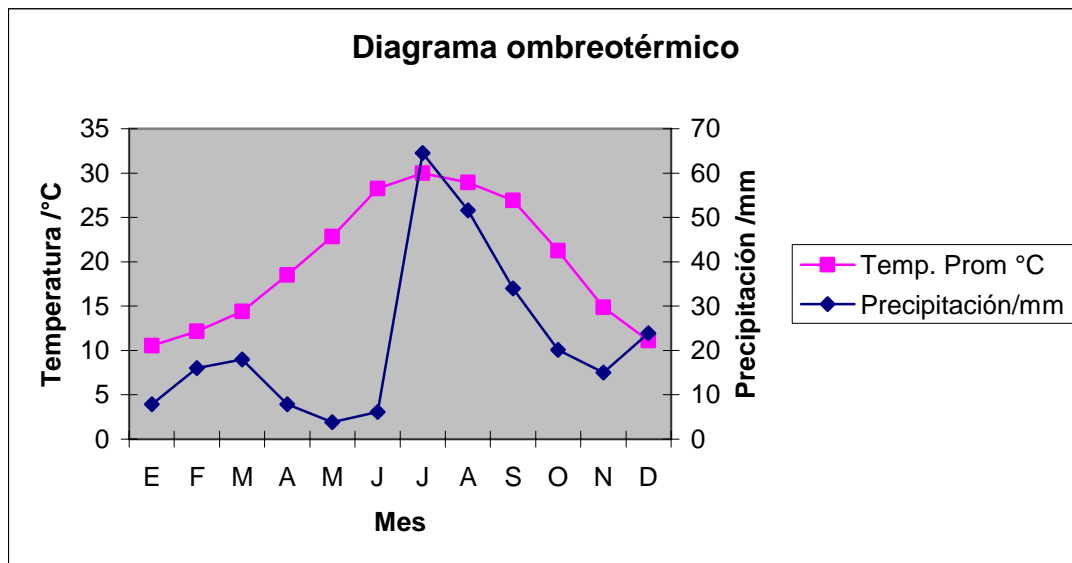


Figura 1. Diagrama ombrotérmico. Precipitación y temperatura promedio por mes en el Desierto de Sonora. Fuente: *Arizona Climate: The First Hundred Years* (Hanson y Hanson, 2000).

El Desierto de Sonora ha sido dividido en 6 regiones basándose en el tipo de vegetación predominante en cada una de ellas (figura 2). La región de la Costa del Golfo Central se caracteriza por una aridez extrema. Tiene una precipitación anual promedio de 125mm, aunque hay años en los que no llueve por completo. La vegetación llega prácticamente hasta la orilla del mar y está integrada principalmente por arbustos pequeños, árboles que la mayor parte del año se encuentran sin hojas como el palo verde

(*Cercidium floridum*), palo-fierro (*Olneya tesota*), árbol elefante (*Bursera* spp.) ocotillo (*Fouquieria diguetii* y *F. macdougallii*) y *Jatropha* spp., además de suculentas de tallo largo como el cardón gigante (*Pachycereus pringlei*) y el órgano (*Stenocereus thurberi*) (Dimmitt, 2000).



Figura 2. Regiones del Desierto de Sonora. Cada región tiene distinto clima, topografía y vegetación (Dimmitt, 2000).

Las temporadas del desierto

Se podría decir que en el Desierto de Sonora únicamente hay dos estaciones, la de lluvias y la de secas. A continuación describo las características del Desierto de Sonora durante los meses en que se llevó a cabo el estudio.

Durante el mes de octubre en el Desierto de Sonora hay una gran cantidad de flores y frutos, lo que ofrece a los insectos nuevas fuentes de alimento. En este mes las hojas de árboles y arbustos comienzan a secarse. Los días son entre calientes y templados (máximo promedio 29°C) aunque las noches son más frescas (mínimo promedio 13°C).

Durante los meses de mayo y junio se presentan los días más calientes y secos del año (máximo promedio 37°C) aunque las noches son frescas (mínimo promedio 17°C).

Muchas cactáceas y algunos árboles abren sus flores durante la noche. En junio los frutos del saguaro comienzan a caer y comienzan a germinar las plántulas de la jojoba (Hanson y Hanson, 2000).