



Programa de la asignatura:

Ecología

U3

Organización y Diversidad



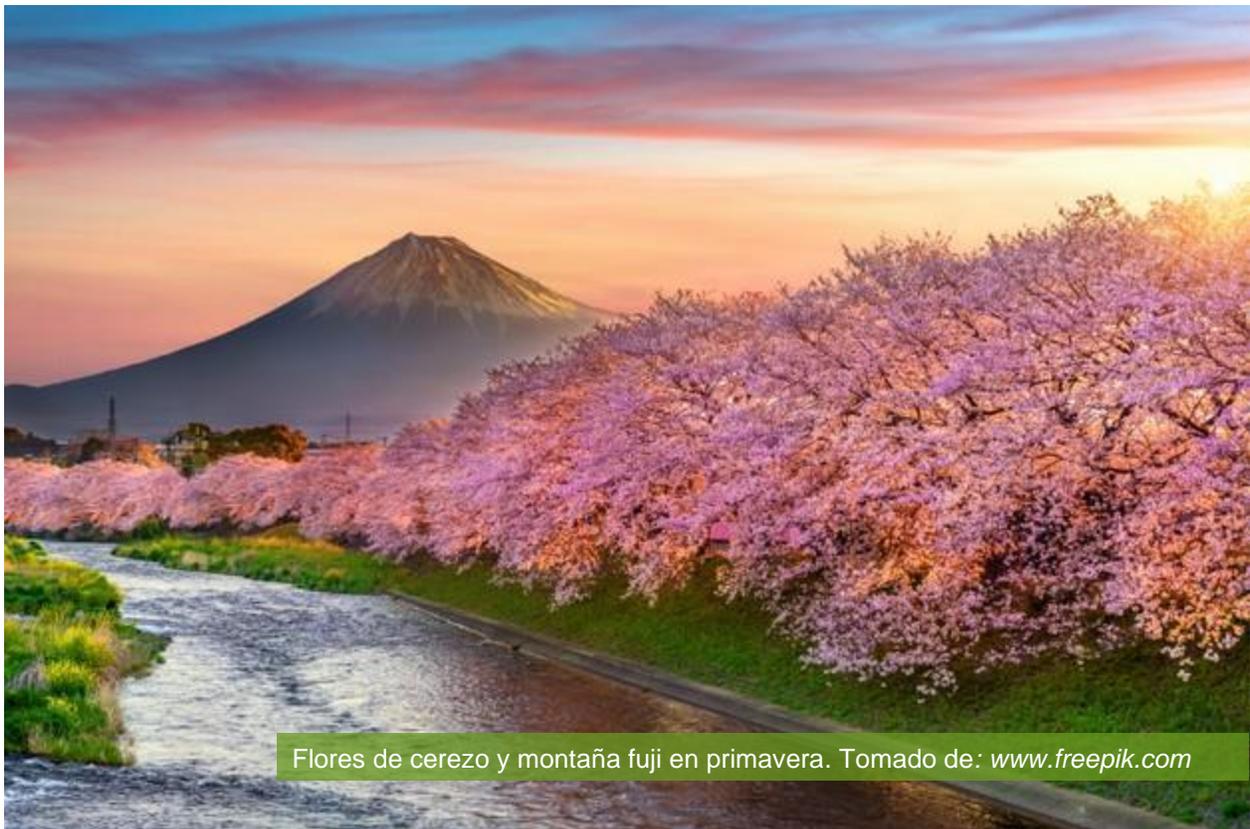
DCSBA



TECNOLOGÍA
AMBIENTAL



Unidad 3. Organización y Diversidad



Flores de cerezo y montaña fuji en primavera. Tomado de: www.freepik.com



Índice

Presentación de la asignatura	4
Propósitos de la unidad	5
Competencia específica	5
Actividades	6
3.1. Organización	6
3.1.1. Definición de poblaciones, comunidades y ecosistemas.....	8
3.1.2. Delimitación de un ecosistema dentro de su comunidad.....	13
3.2. Diversidad biológica	15
3.2.1. Tipos alfa, beta y gama	17
3.2.2. Medición de la diversidad: índices de diversidad	19
3.2.3. Definición de rutas de acción.....	26
Cierre de la Unidad	28
Para saber más	29
Fuentes de consulta	31



Presentación de la asignatura

Dentro del espectro biológico existen diferentes niveles de organización que han sido determinados y considerados por Odum (2008) como sistemas biológicos. Cuando los componentes bióticos y los no bióticos interactúan entre sí mediante el intercambio de materia y energía, deben ser considerados y añadidos a la organización ya que los ecosistemas tienen una masa material llamada biomasa, que se mantiene y renueva con el flujo de energía con los cuales los sistemas llegan a tener complejidad y organización.

Algunos ecosistemas presentan un grado de organización mayor que otros. Un sistema muy organizado posee muchas interrelaciones entre sus componentes, los cuales tienen una capacidad de control y de regulación mayor que un simple sistema. De esta forma, un sistema organizado varía poco en el tiempo y un sistema simple llega a variar en mucho tiempo. Cada uno de los integrantes bióticos de un ecosistema representa un nivel de organización con sus propias características y funciones que no se predicen mediante el conocimiento de otro nivel.

Los ecólogos clasifican a los sistemas de la siguiente forma: individual, poblacional, comunidad, ecosistema y biósfera, considerándolos como niveles de jerarquía, es decir, de lo menos complejo que es el individuo o especie hasta lo más complejo que es la biósfera. Recuerda que ésta en su conjunto, es el ecosistema mayor pues en ella se encuentran los diferentes ecosistemas, abarcando todo el planeta y los seres vivos con sus relaciones con el ambiente no vivo de la Tierra. Pero ubicamos dentro de ésta a subsistemas más delimitados.

En esta tercera y última unidad de la asignatura podrás conocer más acerca de la organización y diversidad biológica que existe dentro de la biósfera, cómo están compuestas las poblaciones y comunidades que conforman al ecosistema, es decir, lo referido a la biodiversidad, así como realizar la medición de la misma mediante los índices de diversidad biológica, para así poder determinar las rutas de acción para conservar o mejorar la diversidad dentro de este planeta que llamamos Tierra.



Propósitos de la unidad



En esta unidad podrás entender la organización y diversidad de un ecosistema mediante la caracterización de poblaciones, comunidades y ecosistemas; podrás mediante los índices de diversidad conocer ésta dentro de los sistemas, identificar y analizar los posibles errores en la medición de la biodiversidad y poder así determinar las rutas de acción para lograr la mejora o rescate de un hábitat determinado en un ecosistema.

Competencia específica



Determina el impacto ecológico de una problemática ambiental para estructurar rutas de acción mediante el análisis de la organización y diversidad de un ecosistema.



Actividades



Las instrucciones de las actividades de aprendizaje, las podrás consultar en el espacio de *Avisos importantes*, toma en cuenta que para estas unidades se han generado actividades colaborativas, individuales, complementarias, autorreflexiones y la evidencia de aprendizaje.

3.1. Organización

Los organismos dentro de los ecosistemas se ven obligados a relacionarse unos con otros ya sea de su misma o diferente especie, esta organización se verá determinada por la dificultad que tenga cada uno de ellos por continuar solos.

La diversidad biológica también conocida como biodiversidad, es la variedad de formas de vida que existen y la adaptación de los organismos al ambiente dentro de la biósfera. Esto constituye la gran riqueza de vida en el planeta.

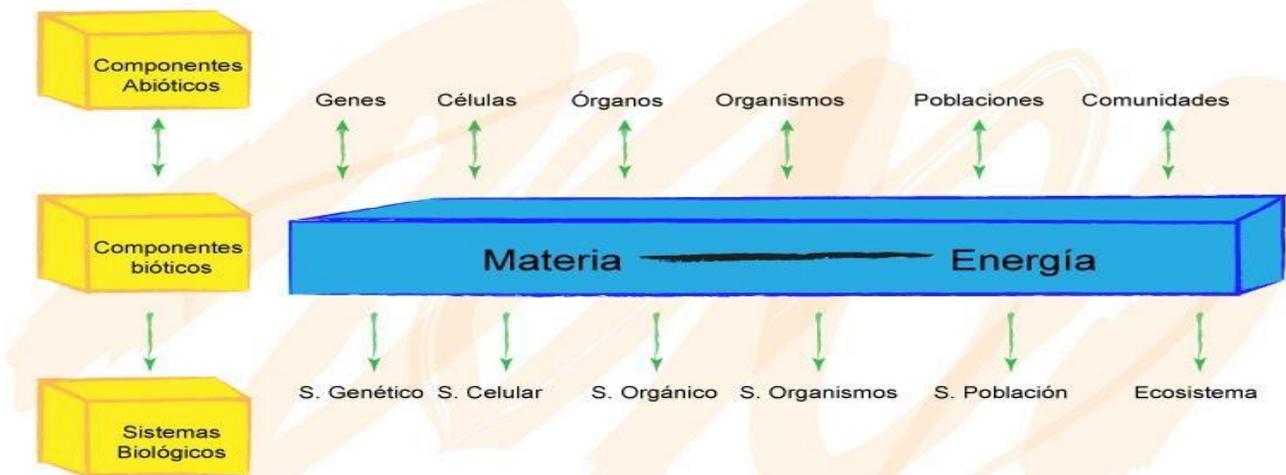
La diversidad biológica se determinó en el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica, que se suscribió en el Foro Nacional de Diversidad en 1986, como un término que hace referencia a la amplia variedad de seres vivos que existen sobre la Tierra.

La diversidad entre animales y plantas ha sido motivo de interés en los científicos de la historia, quienes desde la antigüedad describían e ilustraban las plantas y animales de su época.



Entre los diferentes grupos de seres vivos existe un alto grado de diversidad. La diferencia entre una ameba y un ser humano es enorme; sin embargo, si se compara la célula de la ameba con alguno de los tipos celulares encontrados en el hombre, se pueden observar las semejanzas, pues la célula como unidad estructural, sin importar de que animal sea, está formada por un patrón básico.

Espectro de los niveles de organización.



Basado en Odum y Barrett (2008)

Dentro de la ecología, se diferencian los niveles de organización de la siguiente manera:

INDIVIDUO–ESPECIE–POBLACIÓN–COMUNIDAD–ECOSISTEMA–BIOMA–BIÓSFERA

La representación de estos niveles se refiere a una estructura determinada de un sistema, que va desde el nivel simple hasta el nivel más complejo.

En el siguiente subtema se describirá qué es una población, cómo se conforma una comunidad y cómo se da una relación dentro de un ecosistema dado.

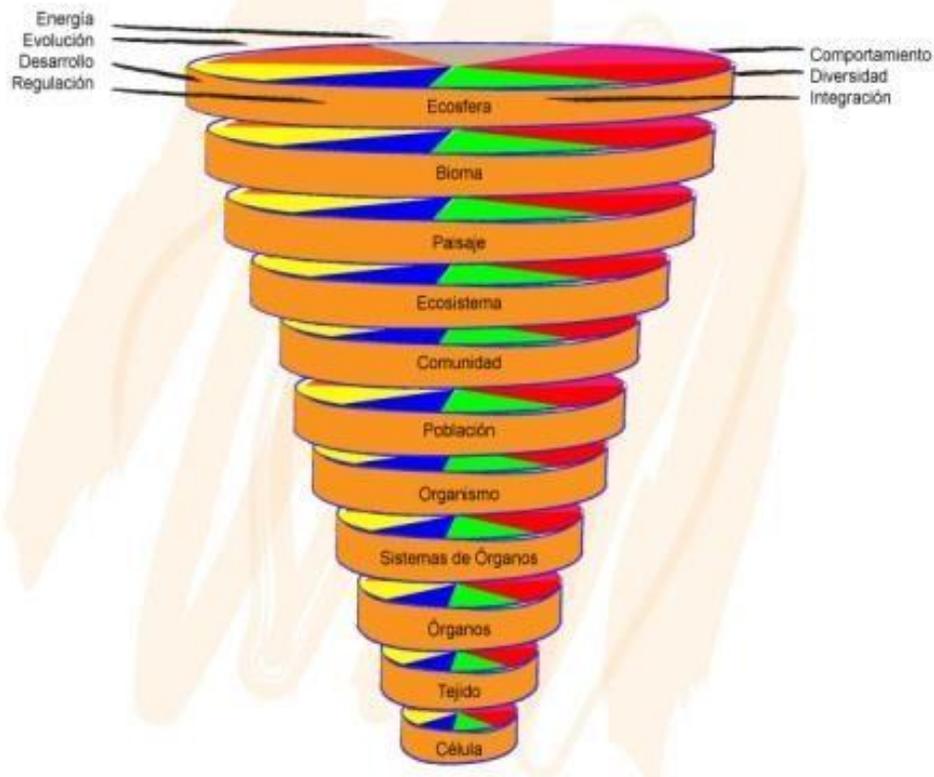


3.1.1. Definición de poblaciones, comunidades y ecosistemas

La ecología se preocupa en gran parte, aunque no en su totalidad, de los niveles más allá del organismo. En la ecología la denominación de población originalmente es empleada para definir al grupo de organismos de cualquier especie. De la misma manera, una comunidad, en sentido ecológico (algunas veces llamada comunidad biótica), incluye todas las poblaciones que se encuentran en un área en específico. La comunidad y el entorno no biótico funcionan de manera conjunta como un sistema ecológico o ecosistema.

La biocenosis y biogeocenosis (literalmente, Vida y Tierra) caminan y funcionan juntas. Estos términos se emplean con mucha frecuencia y equivalen a comunidad y ecosistema de manera respectiva, con esto se hace referencia a la figura que se exponen a continuación:

Niveles de organización.





Basado Odum et al. (2008)

Esta figura nos muestra los niveles ecológicos dentro de la jerarquía organizacional, siete procesos trascendentes o funciones que se ilustran como componentes verticales de once niveles de integrales de organización.

Ahora bien, en cuanto a la definición de **población**, ésta se conoce como cualquier grupo de organismos de la misma especie que ocupa un espacio en particular y funciona como parte de una comunidad biótica, la cual, a su vez, se define como el ensamble de poblaciones que funcionan de la misma manera que una unidad integrante en un área prescrita del hábitat físico. Una población tiene diversas propiedades que, aunque se expresen de manera más clara por variables estadísticas, son propiedades singulares del grupo y no son características de los individuos que se agrupan. Algunas de estas propiedades son: densidad, natalidad (tasa de natalidad), mortalidad (tasa de mortalidad), distribución por edades, potencial biótico, dispersión y formas de crecimiento con selección r y K . Las poblaciones poseen también características genéticas que se relacionan de manera directa con la ecología, entre ellas la adaptabilidad, el éxito reproductor y la persistencia (la probabilidad de dejar descendientes durante periodos prolongados) (Odum, *et al.*, 2008).

El concepto de población también se puede definir como el conjunto de organismos de una misma especie que utilizan un área específica que permite o delimita su crecimiento. .

Thomas Park (1949), el ecólogo pionero en estudios de población, expresó claramente que una población tiene características o atributos biológicos, los cuales comparte con los individuos que la componen, y a la vez posee características o atributos de grupo singulares provenientes de la especie. Además, la población tiene una estructura y un funcionamiento definidos, que son susceptibles de descripción. Algunas propiedades son: tasa de natalidad, tasa de mortalidad o proporción de edades, densidad, potencial biótico, dispersión y formas de crecimiento sólo adquieren importancia en el nivel de población y no de un individuo.

Ahora abarcaremos el concepto de **comunidad**. Se entiende por comunidad el conjunto de poblaciones que habitan en un lugar determinado, sin embargo, esta definición presenta una serie de problemas, ya que muchas poblaciones no permanecen en un lugar definido sino que viajan a lugares espacialmente distantes



en los cuales tienen una incidencia particular. Un ejemplo de ello son las aves que migran entre las zonas templadas y las zonas tropicales (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

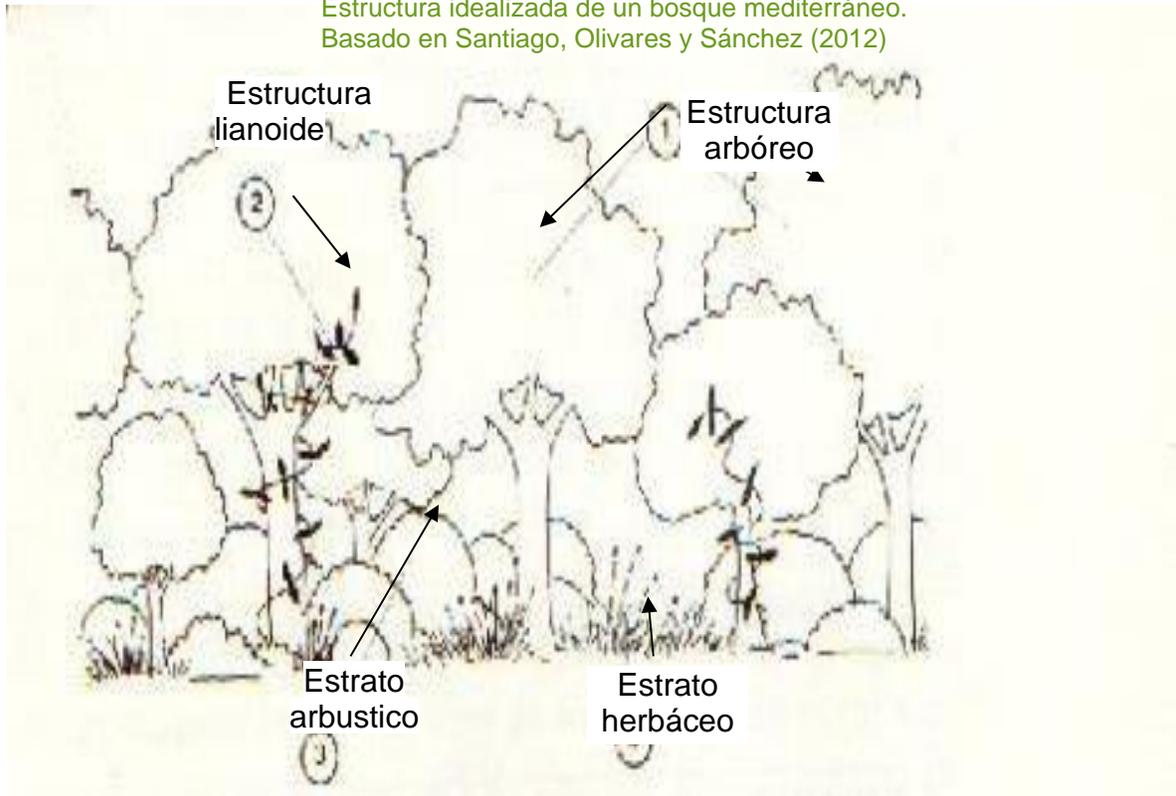
Generalmente los seres vivos necesitan de otros seres vivos semejantes o idénticos a ellos o de otras especies; de esto, surge la comunidad o mejor conocida como **biocenosis**, que es el conjunto de organismos, de toda especie que coexista en un espacio definido, llamado biotopo que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia. Siempre en la biocenosis va a ver una estructura, y la estructura de una comunidad biológica siempre se determina por una clase, número y distribución que presentan los individuos que conforman a las poblaciones; en esta estructura se llegan a distinguir tres cualidades fundamentales que son: la composición, la estratificación y los límites.

Ahora se describirán cada una de las cualidades fundamentales que se distinguen en la **composición** de una **comunidad**: la **abundancia**, que se define como el número de individuos que se encuentran presentes dentro de una comunidad delimitada por una unidad de superficie o volumen, es decir, la densidad poblacional de dicha comunidad; otro de las características es la **diversidad**, que se marca como la heterogeneidad de clases que constituye siempre a la comunidad; y una característica más es la **dominancia**, que es siempre la especie que sobresale dentro de la comunidad mediante su número de organismos, tamaño, o la capacidad defensiva que tiene. Es por ello que la comunidad lleva el nombre de la especie que domina dentro de ella, como por ejemplo, se puede decir o hablar de un pinar, una comunidad de espinos o un banco de abulones. Otra característica de la composición son el **hábitat**, que es el área que mantiene una especie dentro de un espacio físico en la comunidad y el **nicho ecológico**, que es el papel o la ocupación que tiene una especie determinada dentro de una comunidad, es decir, si se es productor, herbívoro o carnívoro.

Por último, encontramos en concepto de estratificación de la comunidad, estas son capas horizontales o verticales que se utilizan para marcar tanto el tipo de suelo como la cobertura vegetal que existe dentro de un ecosistema. En el caso de la cobertura vegetal, se determina desde las plantas que se encuentran a nivel del suelo hasta los grandes árboles que existen en los bosques y selvas de la biósfera y con ésta se puede también determinar la biodiversidad existente dentro de un sistema determinado. A continuación, observarás un esquema de la estructura de un bosque.



Estructura idealizada de un bosque mediterráneo.
Basado en Santiago, Olivares y Sánchez (2012)





Estratificación.



Basado en La Enciclopedia Libre Universal en Español (2006)

Se dice que existen comunidades monoestratificadas, donde la estratificación de forma vertical es de un tamaño muy pequeño y se le identifica como un solo estrato, como es el caso de las zonas rocosas o de las grandes áreas desérticas, donde sus organismos llegan a formar una capa en el mismo nivel. Como ejemplo se puede observar un bosque de la siguiente manera: Inicia con un estrato subterráneo, hacia arriba esta seguido por el suelo, posteriormente se encuentra el estrato herbáceo, sigue el arbustivo y como último estrato está el arbóreo.

La estratificación es el arreglo estructural que presentan las comunidades, por ejemplo, en el caso de la estratificación vegetal, ésta va a estar establecida por el tamaño y el tipo de vida que presentan los organismos; también nos marca el número de capas que se deben de presentar en una comunidad para que dichas comunidades logren aprovechar al máximo la energía luminosa que transita a través de ellas. Aquí el estrato superior siempre se forma por los organismos de mayor tamaño, en la capa intermedia se encuentran aquellos organismos que toleran las condiciones de los organismos de mayor tamaño, y el estrato inferior comprende las capas formadas por la hierba a una altura no mayor a 50 centímetros, así como la capa que está formada por el musgo y las plantas rastreras. Estos arreglos estructurales llegan ser parte de los **límites** de la biocenosis, los cuales en ocasiones es complicado establecer con claridad. Algunas ocasiones resulta fácil hacerlo, sobretodo en la biocenosis que utilizan biotopos muy concretos y que se encuentran bien delimitados, como llega a suceder en algunos sitios como una



charca o una isla. Cuando se llega a individualizar una biocenosis establecida en biotopos como un océano, éste resulta complicado delimitarlo pues unas con otras se llegan a interferir, es decir, a sobreponerse unas áreas con otras. En algunos casos existen zonas de transición que pueden ser llamadas zonas intermedias y que se le denomina **ecotono**. Como ejemplo de estos últimos tenemos a la frontera que existe entre un bosque y un desierto, o bien una laguna costera. Se indica que tanto la abundancia y la diversidad, llega a ser pequeña en las zonas donde los climas son muy extremos, ejemplo de ello son los desiertos, los fondos de los océanos o mares, etc.

En el siguiente subtema se revisarán las delimitaciones que existen en una comunidad.

3.1.2. Delimitación de un ecosistema dentro de su comunidad

Los ecosistemas se definen de dos maneras: los ecosistemas terrestres o también denominados **aeroterrestres** y los **acuáticos**. Los seres que se encuentran en las comunidades que conforman estos ecosistemas están adaptados en estos hábitats de diferentes maneras.

Cuando se habla de delimitar un ecosistema, se dice que son los límites de los mismos, donde existen algunos que se encuentran divididos por límites claros. Como, por ejemplo, se mencionan los siguientes: una laguna, un lago, una acumulación de agua de lluvia en un orificio e incluso un jardín. Mientras que en los ecosistemas terrestres los límites se pueden delimitar mediante algunos tipos de vegetación.

Uno de los factores que sirven para delimitar un ecosistema de otro, son muchos de los **accidentes geográficos** que se encuentran en los continentes, ejemplo de ello son los ríos o las altas montañas que son obstáculos para algunas especies de poderse desplazar de un ecosistema a otro.

Cuando se requieren definir los límites de un ecosistema se pueden tomar en cuenta ciertas **interacciones ecológicas**. Dentro de estas interacciones que se toman en cuenta existen: la temperatura, la humedad, la latitud, la altitud, las condiciones y características del suelo, los climas, la topografía, etc., que llegan a



ser determinantes en los límites o delimitaciones que tienen cada uno de los ecosistemas dentro de la biósfera.

Suele ser un problema el decidir donde marcar los límites en el análisis del ecosistema;

Sin importar como se delimite éste, ya sea por características naturales o por líneas arbitrarias a conveniencia propia, se deben tomar en cuenta en el entorno las entradas y las salidas de materia y energía Strayer *et al* (2003, p. 386), citado en Odum *et al.* (2008), clasificaron los límites valiéndose de cuatro clases de principales rasgos limitantes:

- 1) Origen y mantenimiento.
- 2) Estructura espacial.
- 3) Función.
- 4) Dinámica temporal.

Desde el pasado los ecólogos han debatido sobre si las comunidades de poblaciones en tierra firme deben considerarse como comunidades discretas con los límites bien definidos, o si éstas llegan a responder de manera independiente a gradientes del entorno, en grado tal que estas comunidades se llegasen a empalmar de forma continua, de manera que el reconocimiento de dichas unidades discretas es arbitrario.

Al delimitar un ecosistema en el espacio y el tiempo, éste se realiza con fines operacionales, es decir, de forma arbitraria y va a depender de las características definitorias que le den los usuarios u observadores dentro de los ecosistemas.



3.2. Diversidad biológica

La **diversidad biológica** se determina como la variedad de tipos de vida y adaptaciones que sufren los organismos en el ambiente dentro de la biósfera. También se le conoce como biodiversidad y ésta constituye la gran abundancia de vida que existe dentro del planeta en toda su extensión, es decir, en ecosistemas marinos y terrestres.

Como se ha mencionado la biodiversidad o diversidad biológica, de acuerdo al Convenio Internacional sobre Diversidad Biológica, es un término que hace referencia a la amplia variedad de seres vivos que existen en nuestro planeta llamado Tierra, así como a los patrones naturales que la conforman, que es un resultado de millones de años de evolución por los procesos naturales y la influencia de las actividades del ser humano que día a día van en crecimiento. Esta biodiversidad, comprende también la gran variedad de ecosistemas, cuyas diferencias genéticas para cada especie que habita en ellos permiten una combinación de múltiples formas de vida y cuyas interacciones son la parte fundamental y sustento de la vida en el planeta.

La **diversidad** también se define como diversidad genética, diversidad de las especies, diversidad de los hábitats y la diversidad de los procesos funcionales y diversidad específica que mantienen los ecosistemas complejos, Odum *et al*, (2008). Éstas se definirán más adelante.

Es útil saber que hay dos componentes de la diversidad:

1. **Componente de riqueza o variedad**, a este componente se le expresa como el número de tipos de componentes (como ejemplo se menciona a las especies, las variedades genéticas, las categorías de uso de suelo y los procesos bioquímicos que se generan) por unidad de espacio.

2. **Componente de abundancia relativa** o distribución de unidades individuales entre los distintos tipos. Aquí el hecho de que se mantenga la diversidad moderada o alta es importante no sólo para asegurar que todos los nichos funcionales clave estén operando, sino en particular para mantener redundancia y elasticidad dentro del sistema. En otras palabras, es protegerlo contra periodos de tensión, como son



las tormentas, incendios, enfermedades, así como los cambios extremos de temperatura (que ocurrirán tarde o temprano en la biósfera).

A la diversidad se clasifica en tres tipos que son los siguientes, según la Universidad de Navarra (2009):

Diversidad específica: Es la biodiversidad más aparente. Ésta se caracteriza porque es la que se refiere primeramente a las especies.

Diversidad genética: Es la que estudia las semejanzas esenciales que tienen las especies entre sí, aunque no todos sean iguales. Genéticamente tienen características diferentes, existiendo variedades y razas dentro de las especies; mediante este tipo de diversidad se puede tener una gran riqueza que le ayuda a facilitar su adaptación a los medios cambiantes y a su proceso de evolución.

Diversidad de ecosistemas: Aquí la vida ha ido adaptándose a distintos hábitats, formando siempre un sistema complejo de interrelaciones entre otros seres vivos y los no vivos. Este tipo de diversidad es un poco difícil de medir con respecto a la de las especies o la genética, ya que las fronteras de las comunidades no se encuentran bien definidas. Independientemente de esto, en la medida en que se utilizan criterios coherentes con cuales definir a las comunidades y a los ecosistemas, se podrá medir el número y distribución de los mismos.

La riqueza actual de la vida que existe en la biósfera es el producto de millones de años que ha sufrido la evolución. Cuando se habla de la biodiversidad, se hace referencia a desde lo micro como son los genes, hasta lo macro como son las especies y los ecosistemas que hay en una región dada.

Dentro de la civilización humana, han surgido culturas que para su bienestar se han adaptado al entorno, ya sea usando, descubriendo o modificando los recursos bióticos y no bióticos del medio en el que cohabitan, por lo tanto, la biodiversidad ha sido modelada de forma diferente, ya sea por la domesticación e hibridación que se ha tenido de las variedades locales en los cultivos y los animales del área afectada.

Concluyendo en términos generales, se dice que la palabra **biodiversidad** se ha transformado como un sinónimo de preocupación por la pérdida de especies que existe actualmente en los diferentes hábitats que componen un ecosistema.



Para ampliar tu información deberás consultar la fuente electrónica de un ejemplo de lo que se menciona en estos párrafos, en él se habla sobre la diversidad y conservación de especies en las Islas Galápagos, que son un bastión de diversidad único en el mundo. Este documento es una recopilación de información sobre Estado y Amenazas de la biodiversidad de estas islas, que se vería como un ejemplo de lo que sucede en todas las regiones de la Tierra.

En el siguiente subtema se describen otros tipos de diversidad que son la alfa, la beta y la gama.

3.2.1. Tipos alfa, beta y gama

La diversidad en un tipo de hábitat o comunidad determinado no debe confundirse con la diversidad en un paisaje o región que contenga una mezcla de hábitats y lotes de paisaje.

Whittaker (1960) sugirió los siguientes términos:

1. Diversidad alfa, para la diversidad dentro de un hábitat o dentro de una comunidad. Se le denomina como la riqueza de una especie dentro de una comunidad específica a la que se le considera que es homogénea.
2. Diversidad beta, para la diversidad entre hábitats. Se le considera al grado de cambio o reemplazo que tiene una especie entre distintas comunidades de una región o un país.
3. Diversidad gama, para la diversidad de áreas a escala de paisaje. Se dice de la riqueza de especies en un conjunto de comunidades que integran un ecosistema dado, es resultante de la diversidad alfa y beta en conjunto.

En la definición anterior, se ha mencionado a qué nivel dentro de la escala espacial y temporal corresponden estas tres manifestaciones que existen, de la riqueza entre las especies, así como las relaciones que guardan entre sí. Esto ha permitido y llevado a analizar la influencia de los siguientes factores como son los biogeográficos y los ecológicos dentro de las distintas expresiones que existen en los diferentes ecosistemas del planeta. De este mismo modo, se plantean algunos de los posibles efectos que generan la fragmentación de origen antrópico y llega a tener sobre los distintos tipos de diversidad de especies.



Desde que Whittaker (1960), propuso los términos de diversidad, se han encontrado diferencias en los criterios sobre los que debe considerarse como tal. La primordial diferencia se refiere a lo que se mide, es decir, a la cantidad de las especies de una muestra territorial, o la riqueza en especies de la muestra de una comunidad en los ecosistemas estudiados.

Al prescindir de la asociación de la diversidad alfa con una dimensión territorial fija, el valor se puede definir como:

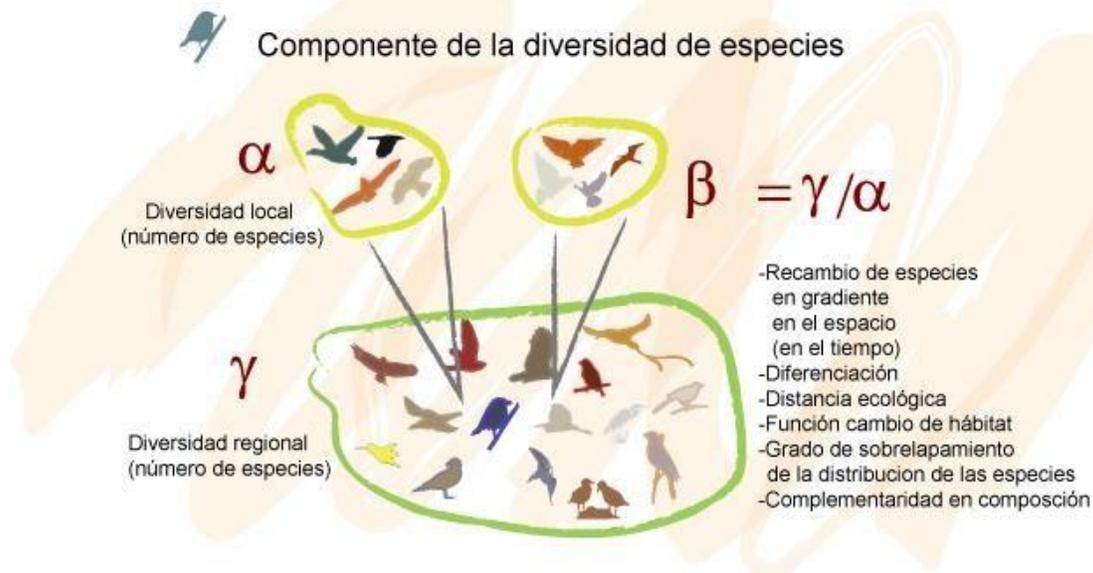
- Al número de organismos que hay en una comunidad en un punto determinado, se le conoce como **diversidad alfa puntual**.
- Al promedio de los valores puntuales correspondientes a distintos lugares dentro de un ecosistema ocupado por una misma comunidad se le define como **diversidad alfa promedio**.
- Es el número de individuos que se muestrea en un punto determinado dentro de un lapso de tiempo y se le denomina como **diversidad alfa acumulada** (Halffter y Moreno, 2007).

En la diversidad beta, las diferencias se miden entre las especies que puede haber entre dos puntos, tipos de comunidad o ecosistemas. Estas diferencias podrán llevarse a cabo en el espacio, cuando las mediciones se hagan en sitios diferentes en un mismo tiempo, o cuando las mediciones se lleven en un mismo lugar, pero en diferentes momentos. La definición que realiza Whittaker (1960) de esta diversidad, se refiere a los individuos como entidades taxonómicas y no al número de especies dadas.

El último tipo de diversidad que se analiza en este apartado es la diversidad gama, que nos indica el número de especies dentro del conjunto de sitios o comunidades que se encuentran dentro de un paisaje, al cual se define como un área específica heterogénea pero que se distingue y es integrado por el conjunto de ecosistemas interactuantes que se repiten similarmente según lo define Forman y Gordon (2010).



Componente de la diversidad de especies.



Basado en Whittaker Harding (1960)

En el siguiente subtema se estudiarán algunos de los índices de diversidad de mayor uso e interés para los ecólogos.

3.2.2. Medición de la diversidad: índices de diversidad

Las mediciones que se realizan frecuentemente de la diversidad siempre aparecen como indicadores de que los ecosistemas funcionan bien. Dentro del proceso de sucesión, el desarrollo en los ecosistemas implica siempre el incremento de la diversidad, de su estructura y de la organización de los mismos.

Cuando se habla de diversidad se tienen que tomar en cuenta dos componentes fundamentales:

- a) **Riqueza específica:** que se refiere al número de especies que se encuentran dentro de un ecosistema.



- b) **Equitabilidad:** se refiere a la medición de la distribución de abundancia de los individuos o especies que hay en un ecosistema.

Para poder medir la diversidad existente hay varios métodos denominados índices y se usan de manera que se pueda comparar la biodiversidad entre los ecosistemas de diferentes zonas o regiones.

La importancia de utilizar estos índices de diversidad es que nos aportan una visión de la distribución espacial de las diferentes especies en un hábitat dentro de un ecosistema dado, y en la cual se debe incluir la riqueza y equitabilidad de las especies.

Dentro de los principales y más importantes índices de diversidad que se analizarán de manera breve están los siguientes: Índice de Margalef, Índice de Shannon-Wiener y por último el Índice de Simpson.

Ahora bien, las especies o diversidad biótica pueden llegar a dividirse en componentes de riqueza y de distribución. El número total de especies por unidad de área (m² o hectárea) y el índice de diversidad de Margalef son dos ecuaciones simples que se emplean para calcular la riqueza de especies. Según Bueno, Corella y Jiménez (2010), el Índice de Shannon H y el Índice de uniformidad de Pielou, son dos índices que se emplean con frecuencia para el cálculo de la distribución de las especies. Otro índice muy usual es el Índice de Simpson, que incluye sumar el cuadrado de cada relación de probabilidad.

En primera instancia, revisarás el **índice de Margalef**. Este índice también es conocido como el índice de biodiversidad de Margalef, llamado así porque lleva el mismo nombre del autor, este índice se le considera como una medida que se utiliza dentro de la ecología para tener la estimación de la biodiversidad que existe dentro de una comunidad con base a una distribución numérica de los individuos de las especies diferentes que habitan en ella, y está en función del número de individuos que hay en la muestra que analiza.

Se expresa de la siguiente manera:

$$I = \frac{(S-1) \cdot N}{\ln N}$$

Donde:

I= Nos indica la biodiversidad.



S= Número de especies que se encuentran presentes.

N= Número total de los individuos que se encuentran y que pertenecen a todas las especies.

Ln= Logaritmo neperiano de un número.

A los valores que se manejan inferiores a 2.0 se les consideran y relacionan con las zonas bajas de biodiversidad, éstos se dan como resultado de las acciones antropógenicas, es decir, por acciones que emprende el ser humano; mientras que los valores superiores a 5.0 se les considera indicativos a la alta biodiversidad.

Su fórmula se le representa como:
$$D_{mg} = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

Es claramente un índice que tiene en cuenta únicamente la riqueza de especies, pero de forma que no aumente el tamaño de la muestra.

A continuación, se presenta un ejemplo donde se observa cómo se pueden realizar los cálculos de los datos muestreados en un sitio o ecosistema determinado. En la siguiente tabla se muestran datos aleatorios que sirven para determinar este índice de diversidad.

Índice de Margalef.

Especie	No. de individuos	
<i>Rubus ulmifolius</i>	4	
<i>Coriaria myrtifolia</i>	3	
<i>Prunus spinosa</i>	5	
<i>Crataegus monogyna</i>	3	
<i>Clematis vitalba</i>	3	
<i>Ligustrum vulgare</i>	4	
<i>Rosa canina</i>	2	
Total	N= 24	S=7

Basado y adaptado de Garmendia, Samo y Delgado (2008)

Al sustituir la fórmula, quedaría de la siguiente manera:

$$D_{mg} = \frac{(7-1)}{\ln 24}$$

Donde:

$$D_{mg} = \frac{6}{3.1780}$$



El resultado es:

$$D_{mg} = 1.8879$$

Como el valor resultante es menor a 2.0 se le considera que esta zona estudiada tiene baja diversidad.

Uno de los índices de diversidad más simples y más utilizados es el Índice de Simpson, este término puede referirse a cualquiera de los tres índices relacionados.

El **Índice de Simpson (D)** mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie (categoría). Cuya fórmula se representa:

$$D = \frac{1}{\sum(n_i^2/N)}$$

Donde:

D= Probabilidad de individuos seleccionados.

\sum = Suma de todas las especies.

n_i = Número de individuos de las especies *i*.

N = Número total de individuos de todas las especies.

El valor de **D** oscila entre 0 y 1. En ausencia de diversidad, donde sólo hay una especie presente, el valor de **D** es 1. Cuando la riqueza y la equitatividad de la especie se incrementan, el valor se aproxima a 0.

Dado que cuando mayor sea el valor de **D**, menor es la diversidad, se resta 1 a **D** para obtener: Índice de diversidad de Simpson = $1 - D$.

Con el uso de la tabla anterior como ejemplo para resolver este índice de Simpson, se tiene que:

Índice de Simpson.

Especie	No. de individuos (n_i)	D
<i>Rubus ulmifolius</i>	4	0.1662
<i>Coriaria myrtifolia</i>	3	
<i>Prunus spinosa</i>	5	
<i>Crataegus monogyna</i>	3	
<i>Clematis vitalba</i>	3	



<i>Ligustrum vulgare</i>	4	
<i>Rosa canina</i>	2	
Total	N= 24	S=7
	$\Sigma = 7$	

Basado y adaptado de Garmendia, Samo y Delgado (2008)

Sustituyendo los datos representados en la tabla, se representa de la siguiente manera:

$$D = 7(4|24)$$

$$D = 7(0.1666)$$

$$D = 1.1662$$

Aplicando a este valor de **D**, la fórmula para obtener el Índice de diversidad de Simpson, que es **1-D**, sustituyendo tenemos que **1-1.1662** es igual a **0.1662**, este proceso se realiza para cada una de las especies del área que se tiene en estudio para conocer la diversidad existente en ese ecosistema.

Para que puedas profundizar en el tema, puedes consultar la página People.wku.edu-online, la cual puedes ubicar en la sección *Para saber más*.

Ahora se revisará el **Índice de Shannon-Wiener (H)**, al igual que el Índice de Simpson, tienen en cuenta a la riqueza de las subespecies y a la proporción de cada una de ellas dentro de la zona. Este índice viene de la ciencia de la información; también se le ha denominado como Índice de Shannon o el Índice de Shannon-Weaver dentro de la literatura ecológica. Esta medida fue la diversidad de la teoría de la información y las medidas del orden (o desorden) observadas dentro de un sistema particular. En los estudios ecológicos, este orden se caracteriza por el número de individuos observados para cada subespecie en el área de muestreo. Al igual que el índice de Simpson, donde el primer paso es calcular **Pi** para cada categoría de subespecie. A continuación, se multiplica este número por el total de números. Mientras que se puede utilizar cualquier base, donde el logaritmo es de uso común. Este índice se calcula a partir de la suma de estos números negativos. En otras palabras, el índice se le define como:



$$H = \sum (p_i \log_2 [p_i])$$

Donde

Σ = Suma de todas las especies

P_i = Proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/N).

Log_2 = Logaritmo base 2 (para no complicarte en la sustitución del logaritmo base 2 se usa el siguiente factor de conversión equivalente a **3.3219**).

Nuevamente se toma como ejemplo los valores que se encuentran en la primera tabla, y se realiza la sustitución en la fórmula que representa el Índice de Shannon-Wiener.

Índice de Shannon-Wiener.

Especie	No. de individuos (n_i)	D
<i>Rubus ulmifolius</i>	4	0.1662
<i>Coriaria myrtifolia</i>	3	
<i>Prunus spinosa</i>	5	
<i>Crataegus monogyna</i>	3	
<i>Clematis vitalba</i>	3	
<i>Ligustrum vulgare</i>	4	
<i>Rosa canina</i>	2	
Total	N= 24	S=7
	$\Sigma = 7$	

Basado y adaptado de Garmendia, Samo y Delgado (2008)

Al sustituir la fórmula se obtiene que:

$$H = 7 (0.1662 \log_2 [0.1662])$$

$$H = 7 (0.1662 * 0.5521)$$

$$H = 7 (0.0917)$$

$$H = 0.6419$$

Con la riqueza de las especies (S) y el índice de Shannon –Wiener (H), también se puede calcular una medida de uniformidad.

$$E = \frac{H}{\log(S)}$$



Donde:

E= La equitatividad es una medida de la similitud de la abundancia de diferentes especies.

S= Riqueza de especies.

H= Índice de Shannon-Wiever.

Sustituyendo los datos representados en la tabla, se representa de la siguiente manera:

$$E = 0.6419 / \log (7)$$

$$E = 0.6419 / 0.8451$$

$$E = 0.7595$$

Cuando hay una proporción similar de todas las subespecies, entonces la uniformidad es uno, pero cuando las abundancias son muy diferentes (algunas raras y algunas especies comunes), este valor aumenta.

Este índice es uno de los más criticados, pero también el más utilizado. De hecho, casi toda la investigación que se ha realizado sobre gradientes de diversidad o causas de la diversidad, han sido elaboradas sobre éste.

La diversidad biológica puede ser cuantificada de muchas maneras, los principales factores que se deben tomar en cuenta para medirla son la riqueza y uniformidad de especies. La riqueza es una medida de la cantidad de diferentes tipos de organismos presentes en un área particular, sin embargo, la diversidad no sólo depende de la riqueza sino también de la uniformidad, esta última compara la similitud del tamaño poblacional de cada una de especies presentes en el ecosistema.

Al medir la diversidad es bueno recordar que lo que se describe es la relación de los individuos de distintas subespecies dentro de una zona en específico.

Los índices de diversidad proporcionan información importante acerca de la rareza y lo común de las especies en una comunidad. La capacidad de cuantificar la diversidad de esta manera es una herramienta importante para los biólogos que intentan entender la estructura de la comunidad.



3.2.3. Definición de rutas de acción

La conservación de la diversidad biológica, incluidos los recursos genéticos, es fundamental para sostener los valores productivos de los ecosistemas existentes en la biósfera llamada Tierra, es decir, es el mantener el estado sanitario y la vitalidad de los ecosistemas existentes y de este modo, se puedan mantener las funciones de protección y ambientales.

La mayor amenaza para los ecosistemas y la diversidad es su transformación para otros usos. La presión creciente de las manchas urbanas y sus aspiraciones por una mejor calidad y nivel de vida, sin tener la debida precaución por la sostenibilidad de los recursos, que son los que constituyen la base de estos desarrollos, aumentan la preocupación al respecto. Aunque es inevitable que se produzcan en el futuro cambios en el uso de las tierras, tales cambios deben programarse para ayudar a conseguir los objetivos complementarios. Esto puede realizarse incluyendo las preocupaciones sobre la conservación como un componente importante de la planificación del espacio y de las estrategias de su ordenación.

Sea cual sea la cantidad real de especies, la diversidad del planeta no es fija. A lo largo del tiempo evolutivo se desarrollan nuevas especies mientras que las existentes desaparecen, es decir, se extinguen. La diversidad del planeta es una historia de permanentes cambios. Asimismo, la diversidad biológica tampoco es la misma en todas las regiones sobre la faz de la Tierra, existen diferentes patrones geográficos de diversidad que se vinculan a las condiciones ambientales y la capacidad de los ambientes locales de mantener una comunidad diversa. En términos generales, el número de especies terrestres disminuye a medida que uno se aleja del Ecuador hacia los polos. Cabe destacar la reducción global en la riqueza de especies cuando uno se traslada del Sur al Norte.

La disminución en la diversidad de especies, a medida que uno se mueve hacia el Norte en el continente americano, forma parte del patrón global de diversidad (tanto terrestre como marino) que va en disminución desde el Ecuador hacia el Norte y Sur hasta los polos. Si bien los científicos, aunque no conocen los mecanismos concretos que subyacen al patrón geográfico de diversidad de especies, han postulado diversas hipótesis vinculadas con varios factores, incluyendo la edad de la comunidad, la heterogeneidad espacial del ambiente, la estabilidad del clima en el tiempo y la producción del ecosistema.



Cuando se comparan las tasas actuales de extinción de especies, no obstante, la cantidad de especies extinguidas a causa de la caza y la explotación excesiva es relativamente menor. Sin lugar a dudas, la mayor amenaza a la diversidad biológica de la

Tierra es la alteración y la destrucción del hábitat.

La causa principal de las extinciones de especies radica en la destrucción del hábitat que se produce a causa de la expansión de las poblaciones y actividades humanas. Históricamente, la mayor causa de transformación del suelo ha sido la expansión de las tierras agrícolas para atender las demandas de una población humana en crecimiento.

De ahí que las regiones tropicales del mundo han sido el foco de atención principal, debido a la elevada diversidad de especies que poseen, a las presiones de las crecientes poblaciones y el desarrollo económico que se presenta en éstas. La destrucción de estas regiones se ha vuelto sinónimo del declive de la biodiversidad. Con éxito la diversidad biológica de la Tierra.

A pesar de la necesidad de concentrar los esfuerzos de conservación en especies individuales que se encuentran amenazadas y en peligro de extinción, la manera más eficaz de proteger la diversidad biológica global es la preservación de hábitats o comunidades ecológicas enteras. De hecho, es probablemente la única manera en la que será posible conservar con éxito la diversidad biológica de la Tierra dado el limitado conocimiento de la biología de la mayoría de las especies y la naturaleza compleja de las interacciones entre especies en el contexto de la comunidad.

A diferencia del enfoque de conservación de poblaciones, que se concentra en la protección de una única especie y en sus requisitos de hábitat específicos, el enfoque basado en la comunidad exige una comprensión de la relación entre los patrones globales de diversidad biológica y las características del paisaje. Uno de los elementos clave al diseñar un programa para proteger y conservar la diversidad de especies global en determinada región, es la comprensión de las relaciones entre superficie y riqueza de especies estudiadas.

Las áreas protegidas constituyen una parte notable de las estrategias de conservación, sin embargo, las áreas protegidas son insuficientes para asegurar por sí solas la conservación de los árboles y otras especies. Incluso aunque se alcanzase el objetivo mundial expresado a menudo del 10 al 12 % de áreas conservadas, situadas adecuadamente y ordenadas de forma apropiada, lo que por



desgracia no suele ser el caso en el momento actual, se ha estimado que en las próximas décadas sólo podría conservarse en tales áreas alrededor del 50 % de las especies.

Para llevar a cabo esta conservación se necesita realizar un plan de acción de conservación de la diversidad biológica, éste siempre debe ser planeado para una especie o una comunidad en específico, o en su defecto para un área determinada que se quiera restaurar y conservar. Generalmente un plan debe contener un buen fundamento, objetivo u objetivos, metas, un programa o programas, es decir, aquí se debe especificar cuál o cuáles son las áreas a restaurar o conservar, como suelos, bosques, selvas, etc., delimitar la extensión del área, la especie o especies. Dentro del plan se debe tener siempre en cuenta el lugar o sitio prioritario para la conservación de todo lo que existe ahí, es decir, la flora y fauna que habitan el lugar designado, o en su defecto, el poder recuperar una especie en peligro de extinción. Teniendo como resultado áreas de conservación.

Generalmente a estas áreas de conservación se les denominan Reservas de la Biósfera, y que son utilizadas para la conservación, recuperación e investigación de la biodiversidad en peligro de extinción o con disminución considerable que las ponga en peligro de desaparecer.

Cierre de la Unidad

En esta última unidad de la asignatura, revisaste los temas de organización y diversidad dentro de los ecosistemas, por lo cual se dieron los conceptos y algunas particularidades sobre población, comunidad y ecosistema. También se detalló los parámetros que delimitan a un ecosistema con otro, además se explicaron de manera breve lo que son las mediciones de diversidad, así como sus principales índices para poder conocer la riqueza y uniformidad de las especies dentro de un ecosistema dado.

Podemos concluir que en nuestros días existe una cabal conciencia, desde un punto de vista de los científicos que se dedican a investigar sobre la diversidad biológica, sobre este inmenso valor de la diversidad como una mejor fuente de la calidad de vida, dentro de la biósfera, es importante evitar dañarla, ya que con el excesivo consumo y quema de combustibles fósiles y el estar cambiando el uso del suelo la



biósfera, se generan perturbaciones en ella y en sus ciclos biogeoquímicos, alterando con ello a las especies y comunidades.

Para saber más



Para profundizar sobre la biodiversidad, consulta el siguiente libro titulado: *Biodiversidad: Todas las claves*, del autor Luis Cardona, 2007. En éste podrás tener una mejor visión de lo que es la biodiversidad, también se expone este concepto de una forma muy didáctica y comprensible; se realiza una explicación de cómo interactúan los procesos de ganancia y pérdida de la biodiversidad. Además, abarca conceptos de conservación de especies en la Tierra y se realiza al final del texto un análisis para poder tener una mejor conservación de las especies.



Otra recomendación es la Revista Mexicana de Biodiversidad, en la cual podrás revisar artículos del manejo de índices de diversidad. La puedes **consultar** en la siguiente liga:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532007000200015



En este artículo del autor E. H. Simpson, llamado *Measurement of Diversity* (Medición de la diversidad), podrás entender más acerca de este índice de Simpson, ya que se presenta el documento original. Lo puedes **consultar** en la siguiente liga:

<https://www.nature.com/articles/163688a0>



Fuentes de consulta



Bibliografía básica

1. Garmendia, A. S., Samo Lumbreras, A. J. y Delgado, J. A. (2008). *Introducción práctica a la ecología*. (Primera edición) España: Pearson Educación.
2. Odum, E. P. y Sarmiento, F. O. (1999). *Ecología: EL PUENTE ENTRE CIENCIA Y SOCIEDAD*. México: Compañía Editorial Mc-Graw Hill.
3. Odum, E. P. y Barrett, G. W. (2008). *Fundamentos de Ecología*. (Quinta edición) México: Thomson Learning México and Latin America.
4. Smith, T. M. y Smith, R. L. (2007). *Ecología*. (Sexta Edición) México: Pearson Educación.

Bibliografía complementaria

5. Cardona Pascual, L. (2007), Gómez, T. y Giraldo, K. (Ed). *Todas las claves. Biodiversidad*. Editorial: Océano Ámbar.
6. Forman, R. T. y Gordon, M. (2010). *Landscape ecology*. USA: Wiley.
7. Margalef, R. (2004). *Ecología*. España: Omega.
8. Miller, K. R. y Levine, J. S. (2010). *Biology*. USA: Pearson Education.
9. Pielou, E. C. (2010). *Ecological diversity*. USA: University of Michigan.
10. Ricklefs, R. E. (1998). *Invitación a la ecología*. (Tercera edición). Panamá: Médica Panamericana.
11. Townsend, C. R., Begon, M. y Harper, J. L. (2008). *Essentials of Ecology*. (Third edition). USA: Blackwell Publishing.



12. Whittaker Harding, R. (1960). *Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California*. New York: Ecological Monographs Vol. 30: 279 – 338.
13. Whittaker Harding, R. (2008). *Communities and ecosystems*, (Second Edition). USA: Macmillan.

Fuentes electrónicas

14. Biology Cabinet Organization. (1997). *Ecología*. Recuperada el 26 de noviembre 2011, de: <http://www.biocab.org/ecologia.html>
15. Bueno Mari, R., Corella López, E. y Jiménez Peydró, R. (2010). Culicidofauna (Diptera: Culicidae) presente en los distintos enclaves hídricos de la ciudad de Valencia (España). *Revista Colombiana de Entomología*. Recuperado el 07 de marzo del 2012, de: http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882010000200011&lng=pt&nrm=
16. Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos y Fondo Mundial para la Naturaleza. (2002). Bensted-Smith. (Ed.). *Visión para la biodiversidad de las islas Galápagos*. R. FCD, Puerto Ayora, Galápagos. Recuperada el 16 de diciembre de 2011, de: http://www.ua.es/es/estudios/seus/villena/programacion/2006-2007/verano2007/desarrollo_sostenible/apuntes/biodiversidad.pdf
17. Halffter, G. y Moreno, C. (2007). El significado de las Diversidades alfa, beta y gama. Cap. 1. *Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma*. Recuperado el 07 de marzo del 2012, de: <http://www.sea-entomologia.org/HALFFTER/M3M4-001.pdf>
18. La Enciclopedia Libre Universal en Español. (2006). *Estratificación*. Recuperada el 25 de febrero del 2012, de: http://enciclopedia.us.es/index.php/Estratificaci%C3%B3n_de_la_biocenosis
19. Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. España: CYTED, ORCYT y SEA. Recuperado el 1 de diciembre 2011, de: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
20. Samaniego Gaxiola, J. y Chew Madinaveitia, Y. (2007). Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Vol.78 No. 2. México. Recuperado el 3 de diciembre 2011, de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532007000200015
21. Santiago, M., Olivares Ponce, F. y Sánchez Sánchez, C. (2012). *Estructura idealizada de un bosque mediterráneo*. Madrid: Universidad Complutense.



22. Simpson, E. H. (Ed) (1949). *Measurement of Diversity*. USA: Macmillan Publishers Ltd. Recuperado el 3 de diciembre del 2011, de: <http://people.wku.edu/charles.smith/biogeog/SIMP1949.htm>
23. Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Conceptos Ecológicos y los Niveles de organización biológica*. Recuperada 25 de noviembre del 2011, de: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion1/capitulo02/tema01/01_02_01.htm
24. Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Biología virtual*. Recuperada el 30 de noviembre 2011, de: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap04/04_08_01.htm
25. Universidad de Navarra. (2009). Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Tema: Ecosistemas en peligro. Cap. *Diversidad Biológica*. Recuperado el 07 de marzo del 2012, de: <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/12EcosPel/120DivBiol.htm>