

### **3. LAS AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS COMO MUESTRAS DE LA BIODIVERSIDAD A DIFERENTES NIVELES**

Las áreas protegidas constituyen muestras de diferentes niveles de la biodiversidad. Según la representación de los componentes de cada nivel dentro del área y del grado de interacción con el paisaje circundante, las áreas protegidas tendrán menor o mayor viabilidad de mantenerse como muestras de biodiversidad a diferentes escalas.

Como ya lo mencionáramos, la biodiversidad se presenta en diferentes niveles de organización: ecosistemas, paisaje; comunidades bióticas, poblaciones y genético. A su vez, cada nivel cuenta con tres componentes intrínsecos: composición (es decir, los elementos con que cuenta el nivel); la estructura (cómo se ensamblan tales componentes) y función (cómo interactúan tales componentes) (Tabla 1)

Tabla 1:  
(modificado de Noss, 1990)

<b>NIVEL</b>	<b>COMPOSICION</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>FUNCION</b>
<b>ECOSISTEMA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Componentes y subsistemas</li> <li>* Base energética</li> <li>* Tipo de comunidades bióticas</li> <li>* Tipo de sustratos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Estructura trófica</li> <li>* Estructura temporal</li> <li>* Estructura espacial</li> <li>* Distribución de la biomasa</li> <li>* Sustrato y variables del suelo: pendiente y aspecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ciclaje de nutrientes</li> <li>* Estabilidad</li> <li>* Elasticidad (resiliencia)</li> <li>* Tasas de flujo de materia y energía</li> <li>* Sucesión</li> </ul>

<p><b>PAISAJE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Identidad, distribución, riqueza y proporción de "parches" de tipos de hábitat;</li> <li>* Tipos de paisajes "multiparches"</li> <li>* Patrones colectivos de distribución de especies (riqueza, endemismos)</li> <li>* Diversidad y equitatividad</li> <li>* Dominancia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Heterogeneidad</li> <li>* Conectividad</li> <li>* "Parcheo"</li> <li>* Fragmentación</li> <li>* Configuración</li> <li>* Juxtaposición</li> <li>* Distribución de frecuencia de tamaños de "parches"</li> <li>* Relación area-perímetro</li> <li>* Patrones de distribución de capas de hábitat</li> <li>* Dimensión fractal</li> <li>* Bordes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Régimen de perturbaciones: extensión areal, frecuencia, período de rotación, predecibilidad, intensidad, estacionalidad</li> <li>* Persistencia del parche y tasas de recambio</li> <li>* Tasas de erosión</li> <li>* Procesos geomorfológicos e hidrológicos</li> <li>* Tendencias en el uso del suelo</li> </ul>
<p><b>COMUNIDAD BIOTICA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Identidad, frecuencia, riqueza de especies y gremios</li> <li>* Proporción de especies endémicas, exóticas, en peligro</li> <li>* Curvas de dominancia-diversidad</li> <li>* Proporción de formas de vida,</li> <li>* Coeficiente de similitud</li> <li>* Proporción de especies de plantas C4:C3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Fisonomía y biomasa de la vegetación</li> <li>* Estructura vertical de la vegetación</li> <li>* Cobertura</li> <li>* Árboles muertos en pie,</li> <li>* Proporción de claros ("gaps")</li> <li>* Disponibilidad de recursos de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Herbivoría</li> <li>* Parasitismo</li> <li>* Tasas de Predación</li> <li>* Tasas de extinción local y de colonización</li> <li>* Dinámica de parches a escala fina</li> <li>* Tasas de intervención antrópica local</li> <li>* Fenología anual y multianual</li> </ul>
<p><b>POBLACION</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Abundancia relativa y absoluta</li> <li>* Importancia relativa en la comunidad</li> <li>* Biomasa individual</li> <li>* Densidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Dispersión (microdistribución)</li> <li>* Rango (macrodistribución)</li> <li>* Estructura poblacional (proporción de sexo, proporción de edades)</li> <li>* Variables del hábitat</li> <li>* Variación morfológica entre los individuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Procesos demográficos (fertilidad, tasa de reclutamiento, curvas de supervivencia)</li> <li>* Dinámica metapoblacional</li> <li>* Fluctuaciones poblacionales</li> <li>* Ecofisiología</li> <li>* Historia de Vida</li> <li>* Fenología</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tasa de crecimiento</li> <li>* Patrones de aclimatación y adaptación</li> </ul>
<b>GENETICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Diversidad alélica</li> <li>* Presencia de alelos raros particulares</li> <li>* Presencia de alelos recesivos deletéreos</li> <li>* Variantes de cariotipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tamaño efectivo de la población</li> <li>* Heterocigosis</li> <li>* Polimorfismo fenotípico o cromosómico</li> <li>* Superposición generacional</li> <li>* Heredabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Depresión endogámica</li> <li>* Tasa de exogamia</li> <li>* Tasa de deriva genética</li> <li>* Flujo de genes</li> <li>* Tasa de mutación</li> <li>* Intensidad de selección</li> </ul>

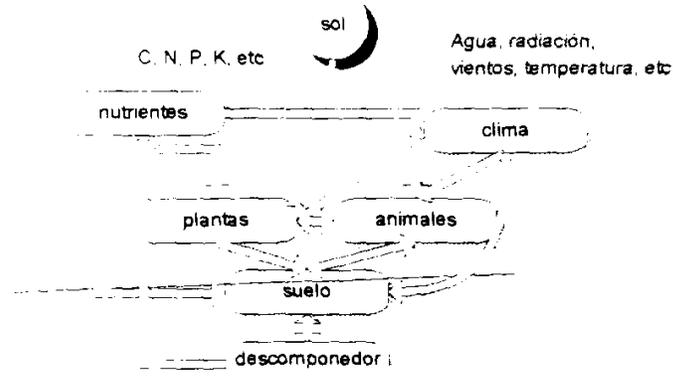
### 3.a. Nivel de Ecosistemas

#### ☐ Qué es un Ecosistema: componentes y dinámicas

Un sistema es un conjunto de subsistemas que interactúan y que persiste a través del tiempo debido a la interacción de sus componentes. El sistema posee una organización definible, continuidad temporal y propiedades funcionales distintivas más del sistema que de sus componentes, denominadas **propiedades emergentes** del nivel de sistema.

Los ecosistemas, son entonces sistemas constituidos por subsistemas físicos y biológicos (biota, suelo, clima, agua, energía), con identidad organizacional definida mediante estructuras tróficas y energéticas y persistentes en el tiempo a pesar de las perturbaciones. Las tasas fotosintéticas, los ciclos y reciclamiento de los nutrientes, las rutas del flujo de energía en la producción secundaria, la interacción de los componentes de las comunidades bióticas, la estabilidad y elasticidad, entre otros rasgos, son propiedades emergentes de los ecosistemas. En la Fig. 12 se muestran los diferentes componentes de los ecosistemas y sus relaciones dentro de la dinámica de su funcionamiento.

Figura 12:



Las propiedades generales de los ecosistemas son la **persistencia** y el **crecimiento** y, como todo sistema biológico que interactúa con su medio físico, la tendencia es siempre al máximo tejido vivo compatible con ese medio físico. Un ecosistema crece (por ejemplo en biomasa) y persiste en el tiempo de acuerdo a la rigurosidad del ambiente físico y a la rigurosidad -intensidad- y frecuencia de las perturbaciones. Por ejemplo, un ecosistema ausente de perturbaciones, crece hasta su Biomasa potencial máxima, mientras que en presencia de perturbaciones (fluctuaciones ambientales) y subsiguientes recuperaciones, hacen que el sistema fluctúe alrededor de un nivel más bajo, denominado **Biomasa persistente máxima**. Cuanto más frecuentes y severas sean las perturbaciones, menor será la biomasa persistente (ver Figs 13 y 14).

Figura 13

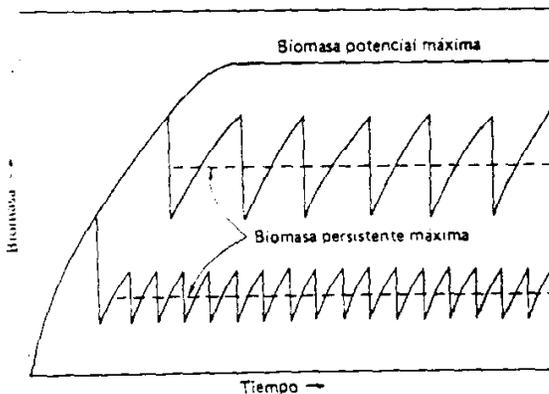
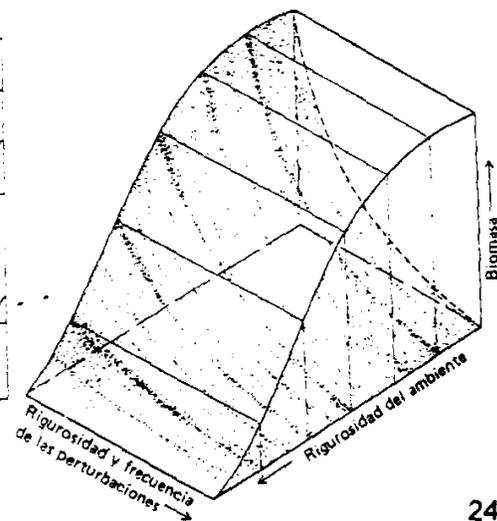
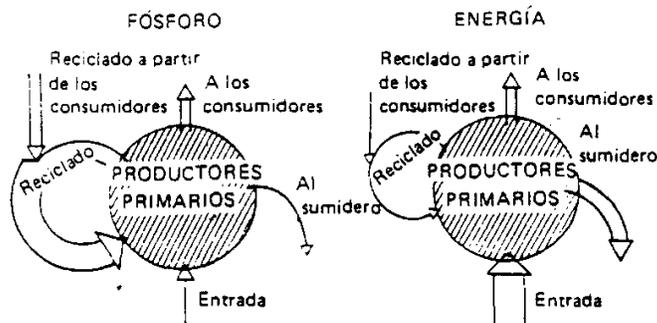


Figura 14



Los procesos de ciclaje de materia y energía en los ecosistemas, ocurren a eficiencias muy distintas (se entiende por eficiencia a la relación entre la cantidad reciclada y la suma de la cantidad reciclada más la cantidad que se pierde en el sumidero). La energía circula con una eficiencia baja, mientras que una sustancia como el fósforo lo hace con una eficiencia elevada (Fig. 15).

Figura 15:



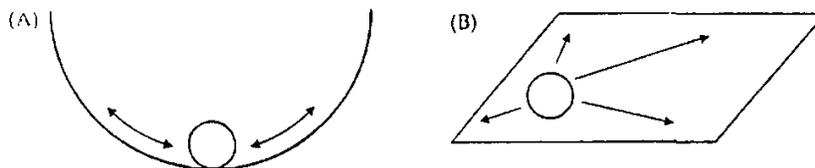
Todos los ecosistemas han desarrollado mecanismos para el almacenamiento de materia y energía que les permite mantener la homeostasis (es decir mantenerse en equilibrio energético). Esta base energética de reserva es grande y con tiempo de respuesta lento, pero es crítica para el almacenamiento y removilización de los nutrientes. Los ecosistemas mantienen esta reserva energética en forma de detritos orgánicos. Por ejemplo, la tasa de renovación del componente orgánico más lento de los suelos es en general muy lento para ecosistemas fríos como la tundra (340 años) comparado con los ecosistemas tropicales como las pluviselvas (alrededor de 33 años). Finalmente, podemos decir que los ecosistemas son unidades procesadoras de energía reguladas por los ciclos de elementos nutrientes en el sistema, a la vez fuertemente ligadas a ellos. Los ecosistemas poseen cuatro propiedades internas cuyas interacciones permiten su persistencia y crecimiento: a). el establecimiento de una base energética, b). el desarrollo de una reserva energética, c). el reciclado de elementos y d). la regulación de las tasas de consumo y reciclado de energía y nutrientes. A través de estas propiedades internas de los sistemas, que resultan de la organización jerárquica de los componentes tróficos y de las poblaciones, los ecosistemas logran la persistencia y el crecimiento mediante el establecimiento de bases seguras tanto para la fijación de energía como para su almacenamiento.

## ▢ Teorías: equilibrio y no-equilibrio. Perturbaciones Intermedias

Al principio de la ecología teórica moderna (1970), se postulaba que los ecosistemas o las comunidades se encontraban en equilibrio (tasa de incremento = tasa de disminución = estado estacionario) en relación a sus procesos ecológicos o componentes, tales como la diversidad de especies o la tasa de flujo de energía. Tomando en consideración las actuales teorías ecológicas (1980-1990), los sistemas naturales no se encuentran en equilibrio (tasa de incremento  $\neq$  tasa de disminución = estado cambiante).

Gráficamente, podemos ver que la **teoría de los ecosistemas en equilibrio** (Fig. 16 A) implica que el sistema frente a una perturbación -cualquiere fuera la dirección de la misma- vuelve al punto original, manteniendo de esta manera el equilibrio. Las implicancias de este paradigma en el manejo de áreas protegidas incluyen las siguientes: 1. una unidad de naturaleza es conservable a sí misma en una reserva; 2. tales unidades se mantienen ellas mismas en una configuración estable y balanceada y 3. si es perturbado, el sistema retornará a su anterior estado. Bajo este paradigma, las reservas podrían ser preservadas a perpetuidad si están liberadas de la influencia humana.

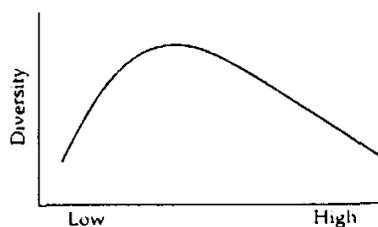
Figura 16  
(Meffe & Carroll 1994)



Modelos conceptuales de sistemas ecológicos en (A) equilibrio y (B) no equilibrio. Si es disturbado, el sistema en equilibrio eventualmente retorna a su estado original, pero el sistema en no equilibrio puede asumir un nuevo estado. Este último concepto reconoce la importancia de las perturbaciones externas al sistema.

Sin embargo, la **teoría del no-equilibrio** indica que los ecosistemas están raramente en un punto estable: están abiertos al intercambio de materia y energía de sus alrededores, no son internamente autorregulados y están muy influenciados por perturbaciones periódicas que afectan su estructura interna y funcionamiento. Esta nueva perspectiva enfatiza los procesos, dinámicas y el contexto, más que la estabilidad de punto final (Fig. 16 B). Se define como **disturbio** (o perturbación) cualquier evento en el tiempo que perturba un ecosistema, comunidad, estructura poblacional y cambios de recursos, disponibilidad de sustratos o el ambiente físico. Uno de los aspectos importantes para el manejo de reservas es la hipótesis de los disturbios intermedios (Connell 1978), que establece que la máxima riqueza de especies (y diversidad) ocurre en muchos ecosistemas en intensidades y frecuencias intermedias de disturbios naturales (Fig. 17). Las implicancias para la conservación que tiene el paradigma del no-equilibrio incluye lo siguiente: 1. una unidad particular de naturaleza no es fácilmente conservable como una reserva aislada de sus alrededores; 2. las reservas no se mantendrían ellas mismas en estados estables y balanceados; 3. en las reservas ocurrirían eventos de disturbios (incluyendo los humanos) lo que les llevaría, como resultado, a un cambio de estado. El paradigma del no-equilibrio implica entonces que las reservas no serán exitosas cerrándolas y aislándolas ya que las perturbaciones, las influencias de sus alrededores y las presiones humanas, resultarán en cambios en las composiciones de especies y en cambios en las tasas y direcciones de los procesos naturales. Este dinamismo debe ser tenido en cuenta en el diseño y manejo de las áreas protegidas. A medida que el tamaño de las reservas disminuye, incrementa la destructividad de los eventos de disturbios, afectando significativamente la diversidad. Es por ello que, en general, las reservas pequeñas deben estar sometidas a una mayor intensidad de manejo activo y adaptativo que las grandes.

Figura 17  
(originalmente de Connell 1978)



## ▢ Resiliencia y Area Mínima Dinámica

**Resiliencia** (más correctamente **elasticidad**) es la velocidad a la que un sistema (ecosistema, comunidad, población) retorna a su estado anterior después de una perturbación. Este concepto tiene que ser considerado en el contexto de la persistencia de los ecosistemas y de otros términos útiles para describir los cambios en los ecosistemas tanto en la teoría del equilibrio como del no equilibrio. Estos términos son:

**Constancia:** ausencia de cambio en algún parámetro de un sistema, como el número de especies, la composición taxonómica, la estructura de tipos biológicos en una comunidad o en alguna característica del ambiente físico.

**Persistencia:** tiempo de supervivencia de un sistema o de alguno de sus componentes. En este sentido, una población podría ser considerada más persistente que otra si el tiempo promedio hasta su extinción fuera más largo. En el caso de ecosistemas, la persistencia significaría la duración del sistema con características únicas identificables, como por ejemplo un bosque maduro.

**Inercia:** capacidad de un sistema para resistir las perturbaciones externas. Diferente a la resiliencia que implica un cambio pero a su vez un retorno al punto original. En la inercia el sistema se resiste a ser modificado significativamente.

**Amplitud:** superficie sobre la que un sistema es estable. Un sistema tiene una amplitud elevada si se le puede desplazar considerablemente de su estado previo y todavía retorna a él.

**Estabilidad cíclica:** propiedad de un sistema de ciclar u oscilar alrededor de un punto o zonas centrales. Los sistemas depredador-presa presentan propiedades cíclicas.

**Estabilidad de trayectoria:** propiedad de un sistema de desplazarse hacia algún punto o zonas finales, a pesar de las diferencias en los puntos de partida. Corresponde al significado de estabilidad durante la sucesión vegetal, en la que puede alcanzarse un único estadio "clímax" a partir de varios puntos de partida.

Todos estos términos hacen al concepto de "estabilidad" de los ecosistemas, referido a la tendencia de permanecer en las proximidades de un punto de equilibrio o a volver a él después de una perturbación. En el caso de la teoría del no equilibrio, estos términos pueden ajustarse a "tramos" o "momentos" de la trayectoria de los cambios que sufren los sistemas luego de una perturbación. En la Fig. 18 se representan gráficamente estos términos.

Figura 18  
(Orians, a partir de Lewontin 1969)

