



Sustento del uso justo
de Materiales Protegidos
derechos de autor para
fines educativos



UCI

Universidad para la
Cooperación Internacional

UCI
Sustento del uso justo de materiales protegidos por
derechos de autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estrictamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestión, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI – para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes pertenecientes a los programas académicos.

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor.

La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

- a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.
- b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.
- c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S, Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."
- d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.
- e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado editorial, sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.



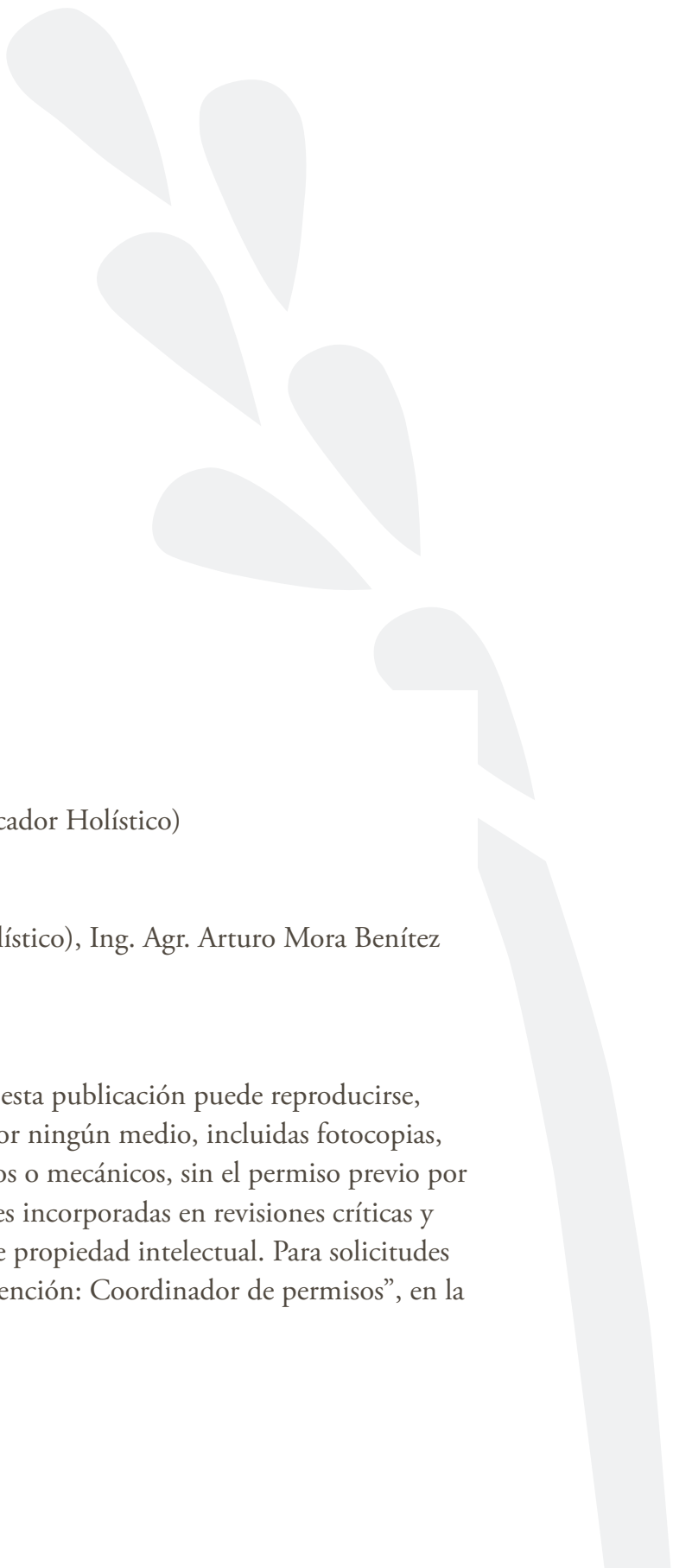
Savory

NUTRIENDO NUESTRO PLANETA

**ebook dos | LOS PROCESOS
ECOSISTÉMICOS**



Imagen: Matilda



Versión en Español

OVIS 21 S.A.

Traducción: Ing. Agr. Guillermo Vila Melo (Educador Holístico)

Diseño Gráfico: Lic. Huber Llanqui

Revisores: Ing. Agr. Pablo Borrelli (Educador Holístico), Ing. Agr. Arturo Mora Benítez (Educador Holístico) y Lic. Debra Jansen.

Copyright © Savory Institute 2018

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse, distribuirse o transmitirse de ninguna forma ni por ningún medio, incluidas fotocopias, grabaciones u otros medios o métodos electrónicos o mecánicos, sin el permiso previo por escrito del editor, excepto en el caso de citas breves incorporadas en revisiones críticas y otros usos no comerciales permitidos por la ley de propiedad intelectual. Para solicitudes de permiso, escriba al editor, con la dirección “Atención: Coordinador de permisos”, en la dirección que se encuentra debajo.

Savory Institute
637B South Broadway St., Suite 124
Boulder, Colorado 80305, USA
contact@savoryinstitute.org
<http://savory.global>

LOS PROCESOS ECOSISTÉMICOS

CONTENIDO

PRINCIPIOS ECOSISTÉMICOS	5
Cuatro Ventanas Hacia la Misma Habitación	5
CICLO DEL AGUA	6
El Flujo del Agua a Través de las Plantas y los Suelos	6
Ciclos del Agua Efectivos	8
Cómo Crear un Ciclo del Agua Efectivo	10
Ciclos del Agua No Efectivos	11
CICLO DE LOS MINERALES	13
Maximizando el Flujo de Nutrientes a Través de las Plantas y los Suelos	13
Minerales Hacia la Superficie	16
De las Plantas a la Superficie Suelo	17
Desde la Superficie Hacia el Subsuelo	17
La Importancia de la Superficie del Suelo	18
Ciclos Minerales Buenos y Pobres	19
DINÁMICA DE LAS COMUNIDADES	21
Los Patrones Siempre Cambiantes en el Desarrollo de las Comunidades Biológicas	21
La Cobertura del Suelo es Clave	21
Las Totalidades de la Naturaleza Funcionan a Nivel de Comunidad	22
Cambios en las Comunidades Biológicas	23
Sucesión y Escala de Distribución de Humedad	24
Implicaciones del Manejo	25





FLUJO DE ENERGÍA	26
Maximizando el Flujo de Energía de la Luz Solar a Través de Nuestro Ecosistema	26
La Pirámide Energética	26
El Tetraedro Energético	28
Tiempo—Duración y Tasa de Crecimiento	29
Densidad—de Plantas	29
Área—Foliar	30
MARCO DE MANEJO HOLISTICO	32
GLOSARIO	33

FUNDAMENTOS DEL ECOSISTEMA



Los cuatro Procesos Ecosistémicos

A menudo hablamos de varios ecosistemas – un ecosistema forestal, un ecosistema ribereño, un ecosistema de pastizales, etc. Sin embargo, al administrar estos ecosistemas, muchas personas olvidan que los límites que los definen son una distinción artificial. Un ecosistema ribereño, por ejemplo, no puede manejarse por separado del pastizal o del ecosistema forestal que lo rodea, pero en la práctica a menudo lo es. Cada uno de estos ecosistemas sólo existe en relación dinámica con el otro y como miembros de un ecosistema mayor. En lugar de distinguir los ecosistemas menores dentro de él, hablaremos de diferentes *ambientes* dentro de un ecosistema que funcionan a través de cuatro procesos fundamentales:

1. **Ciclo del Agua:** el movimiento del agua desde la atmósfera al suelo o los océanos, donde nutre la vida vegetal y animal, y finalmente de regreso a la atmósfera.
2. **Ciclo de los Minerales:** el movimiento de los nutrientes minerales desde el suelo a las plantas y los animales y de regreso al suelo otra vez.
3. **Dinámicas de las Comunidades (Sucesión):** la dinámica siempre cambiante dentro de una comunidad biológica. Este proceso es constante debido a la continua interacción entre las especies, además de una composición y microambiente cambiantes.
4. **Flujo de Energía:** el flujo de energía desde el sol hacia las plantas verdes en crecimiento, que convierten la energía (a través de la fotosíntesis) en el alimento que sustenta toda la vida.

Si tuviera que modificar conscientemente cualquiera de estos procesos, automáticamente los modificaría a todos de alguna manera porque están interrelacionados.

Cuatro Ventanas en la Misma Habitación

Otra forma de pensarlo es ver estos cuatro procesos como cuatro ventanas separadas que miran dentro de la misma habitación— obtiene cuatro perspectivas diferentes de la misma cosa – nuestro ecosistema. A través de una ventana observa el ciclo del agua, a través de otra, el ciclo de los minerales, y así sucesivamente.

La forma de obtener una verdadera comprensión de qué tan bien están funcionando los procesos ecosistémicos en su tierra es salir y caminar sobre ella. Hacer una lectura de la tierra, estar atento a los síntomas de un ciclo del agua no efectivo, un ciclo pobre de los minerales, un flujo deficiente de la energía o una comunidad biológica estancada o desequilibrada, es como diagnosticar una enfermedad. Debe entender cómo se ve un ecosistema saludable y luego ser capaz de reconocer los signos, síntomas o indicadores del deterioro de la salud.

Los procesos ecosistémicos son un elemento vital en el marco del Manejo Holístico. El contexto holístico—la fuerza guía detrás de la toma de decisiones holística—se apoya sobre los cimientos de nuestro ecosistema. Cuando comienza a practicar el Manejo Holístico, define el Todo que es responsable de manejar y luego crea un contexto holístico. El contexto holístico describe cómo quiere que sea su vida y el paisaje requerido para sostener esa forma de vida para usted y sus descendientes. Para el administrador de tierras, la descripción del paisaje incluye cómo deben estar funcionando los procesos ecosistémicos si esa tierra fuera a sostener la forma de vida descrita en su contexto holístico.

Si desea tener tierras saludables y prósperas, debe ser un observador agudo del mundo que lo rodea y estar consciente de qué tan bien funcionan los ciclos del agua y de los minerales, la dinámica de comunidades y el flujo de energía. Saber esto lo ayudará a monitorear los resultados de las acciones que tome que afecten la tierra. Las siguientes cuatro secciones describirán cada uno de los procesos ecosistémicos en mayor detalle, comenzando con el ciclo del agua.

CICLO DEL AGUA

El Flujo del Agua a Través de las Plantas y el Suelo

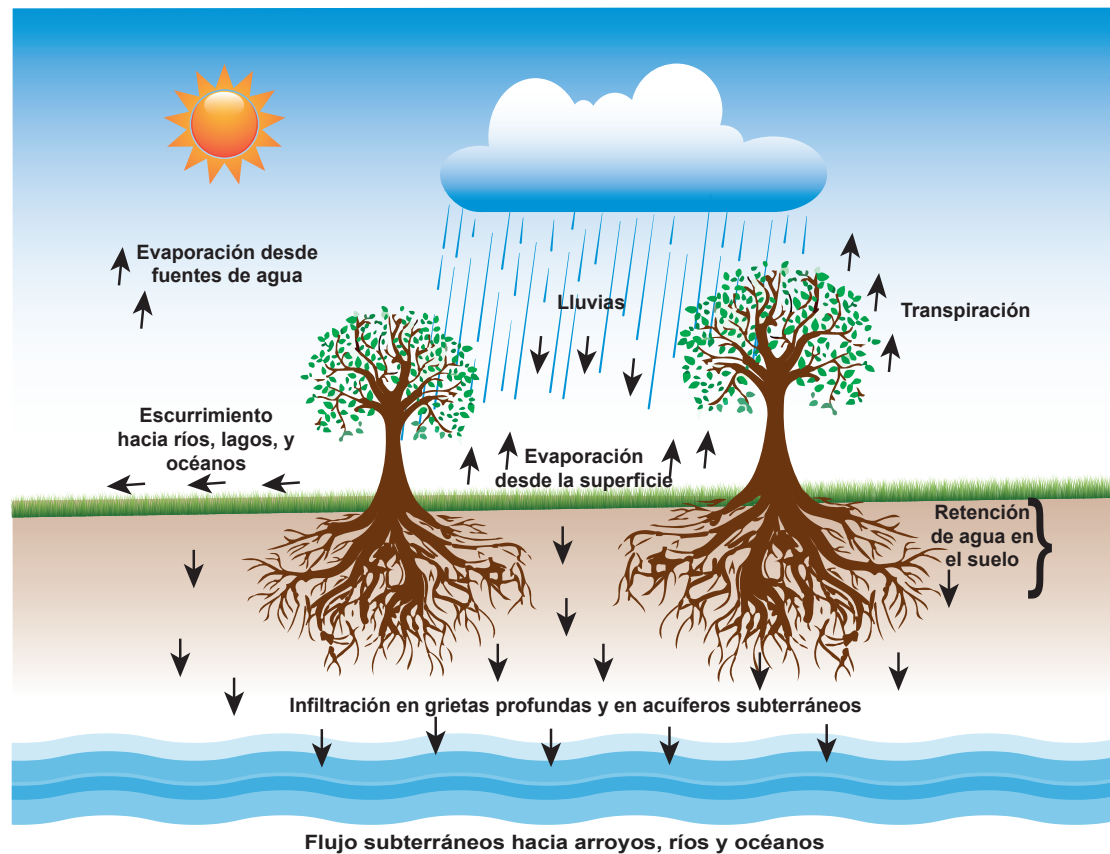
El agua es un recurso localmente finito que constantemente pasa de la atmósfera a la tierra y de regreso a la atmósfera. La siguiente ilustración muestra los diferentes caminos tomados por el agua que cae sobre la tierra en forma de lluvia, granizo y nieve. Una parte se evapora del suelo y las superficies de las plantas de regreso a la atmósfera. Una parte se escurre a los arroyos, ríos, lagos, y finalmente al mar antes de evaporarse. Una parte infiltra en el suelo y una porción de ésta se adhiere a las partículas del suelo.

El resto fluye a través del suelo hacia depósitos subterráneos, o acuíferos. Allí puede permanecer durante milenios, o encontrar rápidamente su camino de vuelta a la superficie en filtraciones en las márgenes de ríos, manantiales y pantanos, o posiblemente a través de plantas de raíces profundas que la absorben y la transpiran de vuelta al aire.

Del agua retenida por las partículas del suelo, una pequeña porción permanece fuertemente sujeta, pero la mayor parte es atraída por las partículas más secas o absorbida por las raíces de las plantas y transpirada a la atmósfera. Por lo tanto, de una forma u otra, toda el agua circula constantemente entre la tierra y el aire.

Todo agua que infiltre en el suelo se verá fuertemente atraída por las partículas más secas del suelo. El agua seguirá moviéndose hasta que se haya adherido en su totalidad a las partículas del suelo o haya pasado a los depósitos subterráneos de agua libre.

Ciclo del Agua



Las plantas absorben el agua, y los nutrientes esenciales disueltos en ella, a través de los pelos radiculares. Pueden hacer esto siempre que su capacidad para extraer el agua pueda vencer la capacidad de retención que ejercen las partículas del suelo. Como las partículas que se van secando entregan cada vez menos agua, la planta disminuye su velocidad de crecimiento. Eventualmente comienza a marchitarse con el calor del día o encrespa sus hojas para conservar la humedad conforme se reduce su capacidad de obtener agua del suelo. Mucho puede hacerse, sin embargo, para retener más humedad en el suelo, y así extender el tiempo durante el cual las plantas pueden crecer vigorosamente antes de alcanzar el punto de marchitamiento.

Si la superficie del suelo está cubierta por mantillo o plantas estrechamente espaciadas, retendrá más humedad y también lo harán las partículas del suelo debajo. Cuando la lluvia golpea el suelo desnudo, el impacto de la gota, cuando es severo, desplaza a las partículas del suelo y puede alterar la estructura del suelo moviendo partículas pequeñas entre las partículas grandes. Esto conduce a una superficie del suelo encostrada.

ENCOSTRADO

El encostrado se da cuando las gotas de lluvia caen sobre el suelo expuesto. La energía de la gota de lluvia rompe la estructura granular-migajosa y libera finas partículas de suelo. Las partículas ligeras se lavan mientras que las más pesadas se asientan y sellan, o encostran, la superficie. El encostrado inhibe la infiltración del agua y evita que el oxígeno ingrese al suelo y que el dióxido de carbono salga. Cualquier suelo que esté expuesto a las gotas de lluvia se encostrará, incluso los suelos arenosos. Encostrado reciente hace referencia a un suelo que se ha encostrado con la última lluvia. Encostrado inmaduro se refiere al encostrado que puede haberse roto en el pasado pero que aún es lo suficientemente fuerte como para inhibir la infiltración del agua, la aireación y el establecimiento de plántulas. Encostrado maduro se refiere a un suelo que ha permanecido encostrado el tiempo suficiente para que algas / líquenes o musgos colonicen la superficie desnuda. A menos que se perturbe, la producción seguirá siendo mínima y la biodiversidad podría no mejorar durante décadas.



Suelos cubiertos indican un ciclo del agua efectivos..

Suelos desnudos encostrados indican un ciclo del agua no efectivo.
(Texas, USA)

Un suelo desnudo y encostrado en la Patagonia Argentina. La valiosa y escasa precipitación rápidamente se evaporará o escurrirá de la superficie.

Ciclos de Agua Efectivos

Para mantener la biodiversidad en todos los ambientes exceptuando los humedales y los desiertos verdaderos, es necesario mantener un ciclo del agua efectivo en el cual:

- > se pierda poca agua por escorrentía o evaporación del suelo.
- > la mayor parte del agua infiltre en el suelo, y posteriormente lo abandone sólo a través de la transpiración de las plantas, descendiendo a depósitos subterráneos o a través de ríos y arroyos.
- > exista un buen equilibrio aire-agua en el suelo, permitiendo que las raíces de las plantas absorban agua fácilmente, ya que la mayoría de las plantas requieren oxígeno además de agua alrededor de sus raíces para crecer.

PREGUNTAS A HACER PARA DETERMINAR LA SALUD DEL CICLO DEL AGUA EN SU TIERRA

¿En la mayoría de sus pastizales, qué tan amplio es el espaciamiento entre plantas?

Cuando mira hacia abajo entre las plantas, cómo describiría la mayor parte de la superficie del suelo:

- > ¿Cubierta con mantillo, o desnuda y expuesta a la lluvia y el sol?
- > ¿Encostrada, sellada e impermeable, o rota y porosa?

Cuando mira entre las plantas en las laderas, ve pequeñas represas hechas de mantillo que se ha enganchado en las plantas y que están dando lugar a depósitos de limo detrás de cada una:

- > ¿Ve señales obvias de movimiento de agua en la superficie?
- > ¿La mayoría de las plantas con hojas finas y estrechas u otros signos de conservación de la humedad?
- > ¿Prevalencia de pastos y/o juncias micropereennes en el pastizal?
- > ¿Prevalencia de plantas con cutículas gruesas (piel) como los cactus?
- > ¿Son la mayoría de las plantas de pasto de hoja ancha y de rápido crecimiento?
- > Poco después de la lluvia ¿nota que las plantas de pasto son de color verde oscuro y crecen rápidamente, o no?

La mayoría de los administradores de tierras conocen la precipitación promedio que recibe su tierra y manejan en consecuencia. Desafortunadamente, el promedio rara vez ocurre, especialmente en ambientes con distribución estacional de humedad, donde la precipitación es a menudo errática. Un ciclo del agua efectivo tiende a nivelar estos desequilibrios porque cuando la tierra es saludable absorbe más lluvia y la utiliza de forma más eficiente. Una lluvia efectiva es aquella que empapa el suelo y se vuelve disponible para las raíces de las plantas, los insectos y los microorganismos, y luego se mueve hacia abajo para recargar las reservas de agua subterránea. En tierras saludables, es menor la cantidad de agua que se escurre o se evapora de la superficie del suelo en comparación con tierras menos saludables.

Una precipitación efectiva es aquella que empapa el suelo y se vuelve disponible para las raíces de las plantas, los insectos y los microorganismos, o recarga las reservas subterráneas con muy poca evaporación o escorrentía de la superficie del suelo.

Cómo Crear un Ciclo del Agua Efectivo

Para ingresar en el suelo, el agua primero debe infiltrar la superficie—la profundidad dependerá de la tasa a la que sea aplicada, la porosidad de la superficie del suelo, y la textura del mismo (por ejemplo, la cantidad de arcilla). Las herramientas de manejo que aumentan la cobertura vegetal y la materia orgánica del suelo ralentizarán el flujo del agua, lo que permite que penetre más antes de escurrir y aumentará la infiltración. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que hay algunas especies de vida silvestre que requieren grandes cantidades de suelo desnudo. Por ejemplo, el chorlito montañés, un ave rara de los pastizales de América del Norte, anida con mayor éxito en áreas con grandes cantidades de suelo desnudo, tal como las colonias de perros de las praderas.

Sin embargo, más que cualquier otro factor individual, un ciclo del agua efectivo requiere un manejo que mantenga o aumente la cobertura del suelo, seguido del incremento de materia orgánica, de la aireación y de la infiltración.

Cuando tiene un ciclo del agua efectivo y una comunidad vegetal saludable, los efectos de las inundaciones y las sequías se vuelven menos severos, aun cuando la lluvia es muy errática. Las inundaciones que sí ocurren—como sucede en años de muy alta precipitación o rápida fusión de la nieve—tienden a subir más gradualmente y a bajar más lentamente. Las aguas de la inundación tienden a ser claras, ya que acarrearán mucho menos suelo y residuos.

Los efectos de las sequías que sí ocurren—como sucede cuando hay poca o ninguna precipitación en la estación de crecimiento—son mucho menos severos porque más humedad penetra más fácilmente en el suelo y es retenida. En general, un ciclo del agua efectivo asegurará que haya más agua disponible durante un período de tiempo más largo para el crecimiento de las plantas.

Tierras saludables que tienen un ciclo del agua efectivo tienen las siguientes características en comparación con tierras menos saludables:

- > La superficie del suelo es permeable, y el suelo debajo de la superficie está bien aireado.
- > La escorrentía de agua y las pérdidas por evaporación desde la superficie del suelo se reducen al mínimo.
- > La infiltración en acuíferos subterráneos es más alta.
- > El contenido orgánico del suelo es alto.
- > La transpiración de las plantas es alta y se pueden lograr tasas de crecimiento más rápidas.
- > Los efectos de las sequías y las inundaciones son menos severos. Una superficie del suelo cubierta es fundamental para crear y mantener un ciclo del agua efectivo.

Ciclos del Agua No Efectivos

Cuando tiene un ciclo del agua no efectivo, los efectos de la sequía son mucho más severos porque se pierde más agua por evaporación o escorrentía. Puede haber un buen crecimiento de las plantas, pero sólo en espasmos breves, a menudo unos pocos días después de una lluvia, en comparación con áreas con ciclos del agua efectivos. Poco después de este borbotón de crecimiento, las plantas comienzan a marchitarse y el crecimiento se detiene hasta la siguiente lluvia. Las plantas comienzan a crecer más tarde en la estación, ya que la humedad del año anterior y a lo largo del invierno no se ha almacenado en el suelo. Los pastizales y las pasturas producen mucho menos forraje y en las tierras de cultivo, los rendimientos de los cultivos son mucho menores de lo que podrían ser en tierras saludables.

Cuando la precipitación es alta o la nieve se derrite rápidamente, a menudo ocurren inundaciones; pero cuando tiene un ciclo del agua no efectivo, son mucho más severas. Esto es particularmente cierto cuando hay grandes extensiones de tierra donde el suelo está desnudo. Cuanto mayor sea la cantidad de suelo desnudo, mayor será la tasa de escorrentía de agua. El suelo desnudo puede repeler más de la mitad del agua que cae sobre él. Es una gran cantidad de agua que podría estar disponible para los propósitos de la vida silvestre, los seres humanos y la agricultura.

Igual de alarmante es la cantidad de agua perdida por evaporación

HAGA LOS CÁLCULOS

Si bien hasta en las tierras más saludables probablemente no infiltrará toda la precipitación si se produce un aguacero o un deshielo extremadamente rápido, este simple ejercicio muestra el poder que tienen los administradores de tierras si logran mejorar el ciclo del agua.

Si 30 pulgadas de lluvia fueran a caer sobre un acre de tierra, eso equivaldría a 814.625 galones de agua. Si un cuarto de ese agua escurre, eso equivaldría a 200.000 galones de agua escurriéndose en un acre de suelo desnudo. Si multiplica esa cifra por un millón de acres, la cantidad total de agua escurrida sería de más de 200 mil millones de galones.

Si quiere pasar al sistema métrico, recuerde esta simple fórmula: si cae 1 mm de lluvia sobre 1 metro cuadrado de terreno eso equivaldría a 1 litro de agua. Por lo tanto, un rancho de 10.000 hectáreas que sólo recibe 250 mm (10 pulgadas) de lluvia obtendría un total de 2.500.000 litros de agua por hectárea (10.000 metros cuadrados por hectárea x 250 mm = 2.500.000).

Esa cantidad multiplicada por 10.000 hectáreas es una gran cantidad de agua, siempre y cuando la mantenga en el suelo para cultivar plantas y recargar las fuentes de agua subterránea!



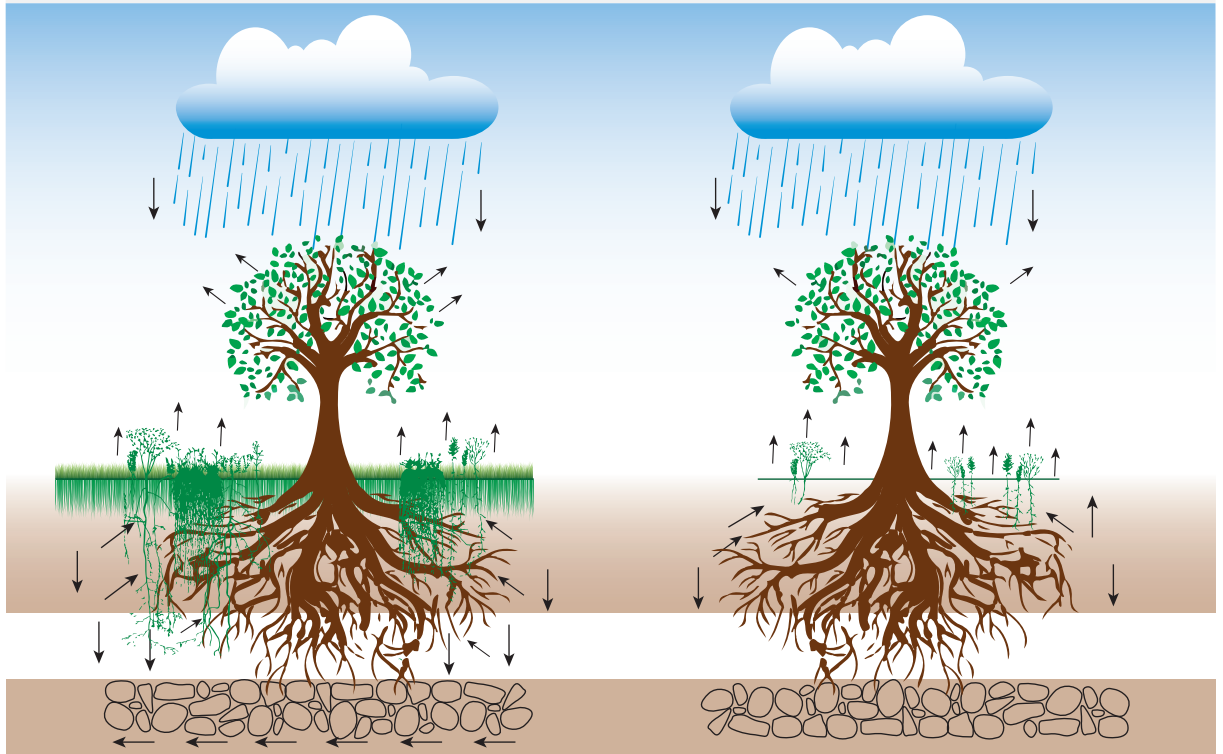
desde una superficie de suelo desnudo. Puede ser tan alta como el 90 por ciento. Desafortunadamente, no se presta mucha atención a la evaporación de la superficie del suelo. Esto es particularmente cierto en ambientes con distribución estacional de humedad, donde una cantidad significativa de suelo está desnudo entre plantas. Independientemente del ambiente, un ciclo del agua no efectivo tiene las siguientes características, en comparación con áreas con un ciclo del agua efectivo:

- > La superficie del suelo está expuesta y encostrada, y el suelo debajo de la superficie puede estar compactado—lo que reduce en gran medida la aireación.
- > La escorrentía de agua es mayor y las pérdidas por evaporación son más altas a través de las superficies expuestas del suelo.
- > La disminución de la infiltración del agua y el incremento de las pérdidas a causa de la evaporación de las superficies expuestas del suelo aumentan la severidad de las sequías, particularmente en los ambientes más áridos.
- > Las reservas de agua subterránea disminuyen porque el agua se escurre o se evapora de la superficie del suelo en lugar de filtrarse a los acuíferos subterráneos.
- > Hay menor contenido orgánico en el suelo y, por lo tanto, una aireación deficiente.
- > Las tasas de crecimiento de las plantas son más lentas en todas las condiciones, lo que conduce a una producción reducida.

Conclusión

Si su comunidad biológica no es tan productiva como potencialmente podría ser debido a cantidades significativas de suelo desnudo, sabe que el ciclo del agua no es efectivo. En términos de su contexto holístico, en la mayoría de los casos querrá describir cómo se vería la tierra cuando el ciclo del agua *es* efectivo.

UNA ÚLTIMA MIRADA A UN CICLO DE AGUA EFECTIVO Y OTRO NO EFECTIVO



Ciclo del Agua Efectivo

Bajo

Escorrentía en la superficie del suelo

Bajo

Evaporación desde la superficie

Bajo

Incidenca de sequías

Bajo

Incidenca de inundaciones

Alta

Transpiración por plantas

Alta

Infiltración a reservorios subterráneos

Alta

Efectividad de la precipitación

Ciclo del Agua No efectivo

Alta

Alta

Alta

Alta

Bajo

Bajo

Bajo

CICLO DE LOS MINERALES

Maximizando el Flujo de Nutrientes a Través de Plantas y Suelos

Al igual que el agua, los minerales y otros nutrientes siguen un patrón cíclico, ya que son utilizados y reutilizados por diferentes organismos. A diferencia del ciclo del agua, sin embargo, es mucho más difícil ver los minerales en movimiento; podemos ver el agua fluir, infiltrar, escurrir, pero no podemos hacer lo mismo con los nutrientes a medida que circulan por el sistema.

Se requiere de un conjunto diferente de habilidades de observación para vigilar un ciclo de los minerales efectivo y en correcto funcionamiento. Y, es importante recordar que el ciclo de los minerales no opera independientemente de los otros tres procesos ecosistémicos. Un ciclo del agua se vuelve más efectivo con un buen ciclo de los minerales que mantiene a las plantas saludables por encima y por debajo del suelo. Un ciclo de los minerales se ve reforzado cuando se tiene una abundancia y diversidad de especies dentro de la comunidad biológica, todas las cuales tienden a prosperar cuando maximiza el flujo de energía. Recuerde, cada uno de los cuatro procesos representa una ventana que mira dentro de la misma habitación, nuestro ecosistema.

Un buen ciclo de los minerales implica un suelo *vivo* y biológicamente activo, con una aireación y energía adecuadas bajo tierra para mantener una abundancia de organismos que conforman la cadena alimenticia del suelo (ver diagrama siguiente). Los organismos del suelo necesitan energía derivada de la luz solar, pero a menudo no emergen a la superficie del suelo para obtenerla por sí mismos. Dependen de un suministro continuo de residuos de plantas y animales en descomposición para satisfacer sus necesidades energéticas.



A los fines de ser más útiles para los humanos, la vida silvestre, y el ganado, los nutrientes minerales deben ser llevados a la superficie a través de las plantas vivas. Para obtener el máximo suministro de nutrientes en los estratos activos de suelo, los minerales deben ser traídos continuamente desde las capas más profundas del suelo a la superficie por las raíces de las plantas y los organismos del suelo. Luego, después de que plantas y animales los utilizan por encima del suelo, deben ser devueltos bajo tierra a través de la descomposición. En el suelo serán retenidos en las zonas activas de las raíces hasta que vuelvan a ser utilizados o migren a mayores profundidades.

Las plantas necesitan muchos minerales y nutrientes para su crecimiento. El carbono, el nitrógeno, el fósforo y muchos micronutrientes son obtenidos del suelo. Los nutrientes más comunes son el carbono y el nitrógeno. Los ciclos de muchos minerales siguen de cerca partes del ciclo del carbono.

HACIENDO UNA LECTURA DE LA TIERRA

¿Qué buscan los administradores de tierras en un buen ciclo de los minerales? Primero y principal, buscan ver si el suelo está cubierto ya sea por plantas vivas o por mantillo vegetal. En ambientes con distribución estacional de humedad, contemplan la descomposición de la vegetación senescente y el estiércol. Debería ser rápida. Las hojas y tallos de pastos grises indican una descomposición lenta, al igual que los montículos de estiércol duros y secos. En ambientes con distribución constante de humedad, la descomposición generalmente es rápida debido a la presencia de organismos descomponedores durante todo el año. En cualquier ambiente, los administradores de tierras buscan una combinación de plantas con diferentes profundidades de raíz para que los nutrientes se puedan elevar desde muchos estratos: pastos de raíz fibrosa, así como arbustos, hierbas de hoja ancha y árboles de raíz pivotante de penetración más profunda. Si el suelo se siente esponjoso cuando caminan sobre él, saben que es poroso y que probablemente esté lleno de vida.



Minerales Hacia la Superficie

Las raíces de las plantas son uno de los principales vehículos para llevar los nutrientes minerales a las capas superficiales del suelo. Para un buen ciclo de los minerales, necesitamos sistemas radiculares saludables, con muchas de esas raíces sondeando tan profundo como sea posible en los estratos inferiores del suelo y la roca en descomposición. También es importante tener una variedad de especies vegetales con el fin de tener muchas estructuras y profundidades de raíces diferentes.

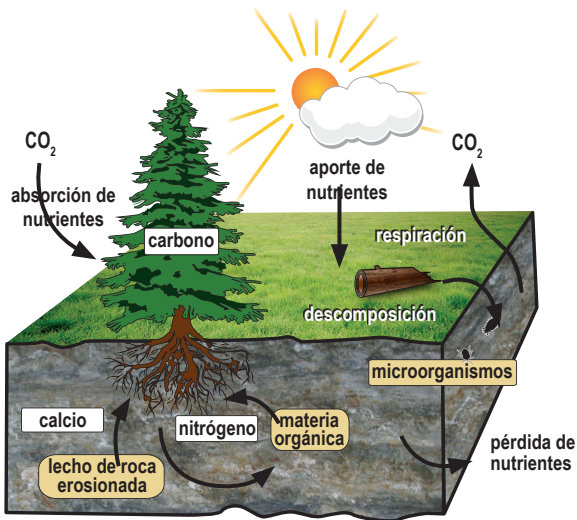


Imagen: U.S. Geological Survey

Del mismo modo en que reconoce las plantas que están sobre la superficie por su apariencia, de forma subterránea podría reconocerlas por su amplia variedad de patrones de enraizamiento. Algunas tienen abundantes raíces superficiales, mientras que otras sondean profundamente, alcanzando a veces por debajo del suelo mismo las grietas y hendiduras rocosas, en busca de agua y nutrientes. Tener una diversidad de plantas—un equilibrio entre plantas de raíces someras y plantas de raíces profundas—es esencial para la salud de toda la comunidad. Oligoelementos de importancia crítica pueden estar fuera del alcance de las raíces superficiales.

Las raíces de las plantas no son los únicos vehículos que transportan nutrientes desde el subsuelo a la superficie. Las lombrices de tierra, las termitas y otros insectos pequeños, junto con los mamíferos excavadores y otros animales pequeños, también juegan un papel importante en la elevación de los minerales llevándolos de las profundidades del perfil del suelo a los niveles superiores del perfil.



Componente de la Materia Orgánica adaptado de: *The Soil Biology Primer*, by Elaine R. Ingham, USDA Natural Resource Conservation Service http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology/soil_food_web

Desde Encima del Suelo Hacia la Superficie

Una vez que una planta ha obtenido nutrientes del suelo (y a veces del aire), el material vegetal—en forma de hojas, tallos, cortezas, ramas, semillas, flores, residuos de cosecha, etc. muertos—regresa a la superficie del suelo. Simplemente, el devolver el material vegetal a la superficie del suelo no lo hace inmediatamente disponible para su reutilización. Para ser reutilizado, el material muerto debe descomponerse en finas partículas, ya sea mediante fuerzas mecánicas, como la lluvia, el viento, el granizo o el pisoteo, o a través del consumo y/o la descomposición por medio de insectos superficiales o grandes animales de pastoreo que convierten el material en estiércol y orina.

A veces, el material vegetal se descompone por fuego u oxidación. Cuando esto sucede, muchos de los nutrientes toman forma gaseosa y el residuo o ceniza se vuela o se lava. En ambientes áridos, el suelo también está expuesto, lo cual puede reducir la humedad relativa, tanto en la superficie del suelo como bajo tierra.

La descomposición biológica rápida, en lugar de una descomposición química o física lenta, idealmente debería desempeñar el papel principal en la descomposición del material vegetal que muere anualmente en los ambientes a lo largo de toda la escala de distribución de humedad, con una principal diferencia. En los ambientes con una distribución confiable de humedad, permanentemente húmedos, la superficie del suelo normalmente mantiene comunidades extremadamente activas de pequeños organismos durante la mayor parte del año que pueden descomponer el material vegetal senescente sin contribución alguna de animales más grandes. En ambientes con una distribución de humedad más estacional, los grandes herbívoros, que albergan vastas poblaciones de microorganismos en su tracto digestivo, se vuelven críticos, ya que durante el período del año en que muere del cincuenta al noventa y cinco por ciento del material vegetal aéreo, las poblaciones de microorganismos e insectos también mueren. En tales ambientes, los animales grandes son necesarios, ya sea para pisotear el material incorporándolo a la superficie del suelo, donde se descompondrá más rápidamente, o para reducir su volumen al pastorearlo y digerirlo. El tracto digestivo del animal de pastoreo es un lugar donde los microorganismos permanecen activos durante todo el año en ambientes con distribución estacional de humedad.

Desde la Superficie Hacia el Subsuelo

Una vez que el material vegetal se ha descompuesto a través de la actividad biológica, el fuego o la oxidación, ¿cómo se mueven los nutrientes esenciales bajo tierra? Dos agentes – el agua y la vida animal – los ayudan a hacerlo de forma natural. Entonces, al planificar cómo mejorar el ciclo de los minerales, debe selecciona herramientas que promuevan la penetración del agua y la actividad animal.



Una pequeña advertencia, sin embargo: el mismo agua que transporta los nutrientes debajo del suelo puede llevarlos por debajo de las zonas de las raíces de las plantas que desea estimular. Este proceso, denominado *lixiviación*, a menudo es responsable por la pérdida de nutrientes valiosos. El principal factor que ralentiza la lixiviación es la materia orgánica en el suelo. A menor material orgánico provisto por plantas y animales muertos, y una menor actividad biológica, mayor será la tendencia a que ocurra la lixiviación. La lixiviación es más común en áreas de alta precipitación donde el agua se mueve a través del perfil del suelo en mayores cantidades.



Un ciclo mineral efectivo resulta en una rápida incorporación de materia orgánica al suelo a través de organismos vivo.

*El Bicho candado o Bicho torito (Coleóptero escarabeido del género *Diloboderus*), transporta nutrientes desde la superficie hacia el subsuelo.*

La Importancia de la Superficie del Suelo

La clave para la salud del ciclo de los minerales—como para el ciclo del agua—reside en última instancia en la condición de la superficie del suelo. Una superficie expuesta, encostrada por los efectos de la lluvia, es un microambiente severo en el cual la descomposición biológica ocurre lentamente.

La superficie sellada inhibe la aireación. A medida que la aireación disminuye, también lo hace la abundancia de la vida biológica. A medida que disminuye la abundancia de vida, también lo hace la materia orgánica, lo que conduce a una disminución en la estructura del suelo. A medida que la estructura del suelo disminuye, también lo hace la aireación. A medida que esta reacción en cadena se propaga a través del ecosistema, menos plantas producen menos cobertura del suelo, lo que aumenta la cantidad de suelo desnudo y casi impermeable.

Una superficie del suelo ideal es una que esté cubierta con plantas vivas estrechamente espaciadas, con material vegetal añejo y en descomposición (mantillo) cubriendo el

suelo desnudo entre ellas. Cuanto más estacional sea la distribución de humedad del ambiente, más probable es que encuentre suelo expuesto entre plantas—algo que puede que no vea si no se pone de rodillas y lo busca. Una buena cobertura de mantillo entre plantas (y sobre cualquier otro suelo desnudo) retendrá la humedad y regulará las temperaturas de la superficie, lo que hace que el microambiente sea mucho más hospitalario para los microorganismos descomponedores.

Ciclos de los Minerales Buenos o Pobres

En la sección anterior vimos ciclos del agua efectivos y no efectivos. ¿Qué caracteriza a un ciclo de los minerales que funciona efectivamente? La siguiente tabla le ayudará a hacer una lectura de sus tierras desde la perspectiva del ciclo de los minerales.

Describe las características de un ciclo mineral bueno frente a uno pobre y enumera los indicadores que buscará al observar lo que sucede en su tierra.

Conclusión

Ahora hemos visto a nuestro ecosistema a través de otra ventana más: el ciclo de los minerales. Al igual que con el ciclo del agua, parte de la descripción de la base futura de recursos en su contexto holístico debe abordar cómo debería funcionar el ciclo de los minerales. Incluso si no es un administrador de tierras, los procesos ecosistémicos en correcto funcionamiento son importantes para mantener la calidad de vida que usted desea.



CICLO MINERAL BUENO

Superficie del suelo porosa y rica en materia orgánica



La cubierta de mantillo en superficie es alta y madura, y se está descomponiendo sobre la superficie del suelo



Rápida rotación de material vegetal; la vegetación añeja se descompone fácilmente



Alta cantidad de insectos y de microorganismos presentes en la superficie



Alta densidad de plantas, escaso suelo desnudo



Plantas de raíces abundantes y penetran a diversas profundidades



Subsuelo poroso (buena estructura granular-migajosa), con vida abundante



Baja pérdida de minerales desde la superficie, así como baja pérdida de minerales por lixiviación



Alta rotación de los nutrientes minerales

CICLO MINERAL POBRE

Superficie del suelo sellada o encostrada, y pobre en materia orgánica



La cubierta de mantillo en superficie es escasa, e inmadura, los residuos oxidados descansan sobre la superficie del suelo



Lenta rotación del material vegetal, y lenta descomposición de la vegetación añeja (a menudo queda en pie y a la intemperie)



Escasa cantidad de insectos y microorganismos presentes



Baja cantidad de plantas, grandes áreas de suelos desnudo



Plantas de raíces superficiales, muchas carecen de una profunda penetración



Subsuelo no poroso (pobre estructura granular-migajosa) y vida escasa



Alta pérdida de minerales desde la superficie y por lixiviación



Baja rotación de los nutrientes minerales

DINÁMICA DE LAS COMUNIDADES

Los Patrones Siempre Cambiantes en el Desarrollo de las Comunidades Biológicas

Desde el momento en que los organismos vivos se establecen en un charco, sobre una roca o sobre un suelo desnudo o recientemente perturbado, comienzan a cambiar su entorno.

El cambio engendra cambios a medida que los organismos interactúan entre sí y con su microambiente—el entorno inmediato que los rodea. Eventualmente, una comunidad compleja se desarrolla compuesta de muchas formas de vida—desde microorganismos unicelulares hasta grandes árboles y mamíferos—funcionando como un Todo de una manera aparentemente estable. Una vez que cualquier comunidad alcanza el más alto nivel de desarrollo del que es capaz, puede parecer que permanece estable durante muchos años. Sin embargo, cuando la examine más de cerca, notará que la comunidad siempre está en constante cambio. Las plantas y los animales mueren y son reemplazados continuamente. El clima variable u otras condiciones ambientales, o la competencia entre especies, pueden promover el bienestar de una especie y disminuir el de otras. Debido a que las comunidades se mantienen dinámicas en cada etapa, nos referimos al proceso de su desarrollo sin fin como *dinámica de las comunidades*.

La Cobertura del Suelo es Clave



Cuando grandes cantidades de suelo están desnudas y expuestas, la comunidad generalmente es menos compleja. En la medida en que el suelo desnudo se cubre con plantas vivas o material vegetal muerto (mantillo), la biodiversidad y la complejidad de la comunidad generalmente aumentan. Cuando una comunidad se encuentra en las primeras etapas de desarrollo, o se reduce de una comunidad compleja a una simplificada de pocas especies, es probable que sea menos estable y menos resistente. Las poblaciones de una sola especie de planta,

insecto, o animal pequeño pueden crecer rápidamente a un gran número. Cuanto más complejas y diversas se vuelven las comunidades, menores son las fluctuaciones en las cantidades dentro de las poblaciones de especies no deseadas, y más estables tienden a ser las comunidades.

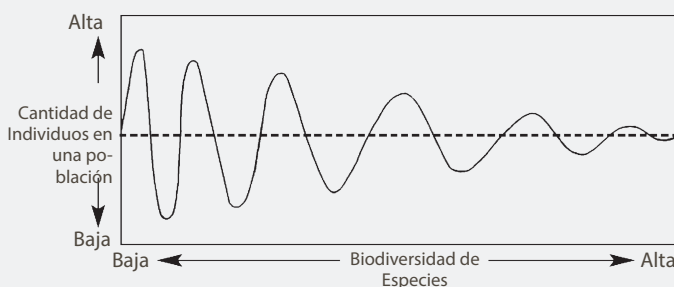
Una manera de evaluar la salud de una comunidad biológica es mediante la observación de la diversidad de sus especies, las cifras dentro de las poblaciones de esas especies y la estructura de edad (cuántos jóvenes, adultos, e individuos maduros hay) dentro de esas poblaciones. Cuanto mayor sea la diversidad de especies, mayor la complejidad y más estable la comunidad. Si desea proteger a una especie determinada, puede crear un ambiente en el cual prospere. Del mismo modo, si desea reducir las cantidades dentro de una especie, puede crear un ambiente que sea menos que ideal. En cualquier caso, fíjese en la estructura de edad para que le indique hacia qué dirección se dirige: si hay muchos jóvenes de la especie en cuestión, es probable que esa especie esté aumentando; si sólo se puede encontrar miembros maduros, esa especie puede estar disminuyendo.

Las Totalidades de la Naturaleza Funcionan a Nivel de Comunidad

Puede que recuerde que uno de los conceptos clave que condujeron al desarrollo del Manejo Holístico involucraba el concepto de holismo—que no puede influir en un aspecto de un ambiente o una comunidad, sin afectar muchos otros. Cada planta o animal individual está compuesto por miles de millones de células, cada una de las cuales es un Todo en sí misma. Las plantas o animales individuales, a su vez, no pertenecen a una población entera, sino a una comunidad entera, compuesta por muchas especies. Es importante hacer esta distinción porque una población de una especie cualquiera no puede existir fuera de su relación con millones de otros organismos de especies diferentes.

Algunos científicos sugieren que todo nuestro planeta es un organismo vivo que modifica la atmósfera que lo rodea a través de la actividad de las comunidades biológicas en tierra y mar.

Cuanto más compleja y diversa se vuelva la comunidad, más estables tienden a ser sus poblaciones.



Sabemos que las comunidades biológicas incluyen a todos los organismos vivos – desde simples organismos unicelulares hasta grandes animales, árboles, y corales. Esto incluye la compleja red de vida que existe dentro de los suelos, donde las partículas de roca, arena, arcilla y material orgánico en descomposición interactúan. Existen muchas relaciones complejas y mutuamente dependientes entre todos los niveles—por debajo y por encima del suelo y en la atmósfera.

Cualquier aspecto que cambie por encima del suelo probablemente cause cambios aún mayores bajo tierra, simplemente porque generalmente hay más vida bajo el suelo que por encima del mismo. Por ejemplo, se ha calculado que una pastura saludable que carga grandes cantidades de ganado posee una población de lombrices de tierra que por sí solas duplican el peso del ganado. Asimismo, las estructuras radiculares de las plantas contribuyen a la biomasa, al igual que las toneladas de microorganismos que habitan en un acre o hectárea de suelo saludable. Se ha estimado que tanto como mil millones de microorganismos viven en una sola cucharadita de suelo saludable.

Es importante reconocer cuánta vida existe debajo de la superficie del suelo porque una compactación excesiva del mismo, su exposición y encostramiento, un drenaje inadecuado, la fertilización excesiva, un envenenamiento por pesticidas u otras acciones similares, alteran la comunidad biológica subterránea. Y lo que sucede allí eventualmente se manifestará por encima del suelo.

Cambios en las Comunidades Biológicas

El proceso de cambio en las comunidades biológicas, desde la roca desnuda o el estanque nuevo al pastizal maduro, bosque, o lago, es una acumulación gradual y a menudo escalonada de diversidad de especies y biomasa, junto con cambios en el microambiente. A este proceso de cambio relativamente ordenado se le ha dado el nombre de *sucesión*.

A medida que la sucesión avanza, la complejidad, la productividad y la estabilidad aumentan, y el microambiente cambia hasta que algo limita el progreso, típicamente el clima o alguna obstrucción para la formación de suelo adicional (por ejemplo, una capa de roca subsuperficial). Las estaciones secas, los inviernos crudos, la luz solar limitada, y la cantidad y distribución de las precipitaciones definen el tipo de comunidad que la sucesión irrestricta puede producir. Pero ya sea que el resultado final de este movimiento sea una selva, un desierto, una sabana, un lago saludable y productivo, o un arrecife de coral, la comunidad siempre es dinámica ya que las muertes, la descomposición y el nacimiento promueven el cambio continuo dentro de ella.

Sucesión:

Las etapas a través de las cuales se desarrollan las comunidades biológicas. A medida que las comunidades simples se vuelven cada vez más diversas y complejas, se dice que la sucesión está avanzando. Cuando las comunidades complejas se vuelven más simples y menos diversas, la sucesión está en retroceso. Si se remueven los factores que producen este retroceso, la sucesión avanzará una vez más.



¿Cuándo es que prosperan ciertas especies, en qué cantidades, y por qué? Típicamente, una especie comenzará a aparecer y su población empezará a aumentar conforme se cumplan sus requisitos de establecimiento dentro de la comunidad. Las comunidades están compuestas por numerosas poblaciones de especies, cada una de las cuales tiene requisitos para su supervivencia y contribuirá en algo a la comunidad. Las poblaciones de las especies aumentarán en número a medida que sus necesidades sean cubiertas. Pero conforme la sucesión avanza, una población puede comenzar a declinar a medida que sus requisitos de crecimiento y supervivencia cambien y ya no sean los óptimos, y en algún momento la especie puede desaparecer por completo. Estos aumentos y disminuciones de diversas poblaciones son parte de la dinámica de siempre cambiante de la sucesión.

Sucesión y Escala de Distribución de Humedad

En ambientes con distribución estacional de humedad, el microambiente en las superficies del suelo expuesto está sujeto a tales extremos diarios y estacionales que el proceso de sucesión avanza muy lentamente. El proceso se facilita en suelos cubiertos por material viejo (mantillo) y en suelos agrietados por la intemperie o quebrados por el impacto físico de los animales, o maquinaria que ‘astilla’ la superficie. En ambos casos, generalmente resulta un microambiente conducente a agregar más complejidad y diversidad, y por lo tanto resiliencia.

Recuerde, los animales se pueden usar deliberadamente para romper la superficie del suelo y pisotear el material vegetal a la superficie como mantillo. Mayormente, en un ambiente con distribución de humedad estacional, se logra un mejor microambiente a partir del impacto de los animales con esta perturbación. En ambientes con distribución constante, la sucesión comienza con facilidad desde cualquier superficie desnuda. La distribución de temperatura y humedad promueve el rápido avance sucesional casi en todo lugar sin la ayuda de la perturbación física.



Una vibrante comunidad de pastizal con herbívoros, personas y perros interactuando para lograr equilibrio y resiliencia. (Two Dot, Montana, USA)

Implicaciones del Manejo

Toda la vida es sucesional y dinámica; por lo tanto, la base futura de recursos descrita en un contexto holístico gira en torno a la dinámica de las comunidades. Nuestro alimento proviene de organismos vivos y también lo hacen la mayoría de nuestras enfermedades. Nuestros paisajes incluyen organismos vivos. Es fundamental que aprendamos a manejar los organismos vivos teniendo en cuenta a la comunidad como un Todo, en lugar de intentar manejar ciertos organismos de forma aislada.

Si su contexto holístico incluye seguridad financiera como también ganado y vida silvestre saludables y productivos, lo más probable es que necesite un paisaje que incluya pastizales productivos. En un ambiente con distribución estacional de humedad, eso podría implicar aumentar la diversidad de pastos perennes. En un ambiente con distribución menos estacional de humedad, eso probablemente signifique evitar que su pastizal se convierta en bosque. En cualquiera de los dos casos, ciertas plantas, insectos, depredadores y otras formas de vida pueden convertirse en aliados o enemigos, y a ambos los puede hacer aumentar o disminuir a través del manejo del proceso sucesional.

Si desea favorecer a una especie en particular, entonces necesita direccionar el movimiento sucesional de la comunidad hacia el ambiente óptimo para esa especie. Simplemente proteger a una especie—aunque puede ser un paso intermedio importante—no necesariamente la salvará. Esto involucrará la aplicación de herramientas de manejo que producirán un ambiente en el cual esa especie prosperará. Cubrimos estas herramientas en detalle en el ebook #3.

Si comienza con un paisaje que tiene grandes cantidades de especies indeseables, el paisaje futuro que describa será uno menos ideal para las especies problemáticas. Su tarea entonces será la de aprender la biología básica de las diversas especies. ¿En qué etapa del ciclo de vida está la especie en su punto más débil? ¿Qué condiciones precisas necesita para sobrevivir en ese punto? Conocer estas respuestas lo ayudará a proporcionar las condiciones que influirán en gran medida cuáles especies aumentarán en número y cuáles disminuirán.

Conclusión

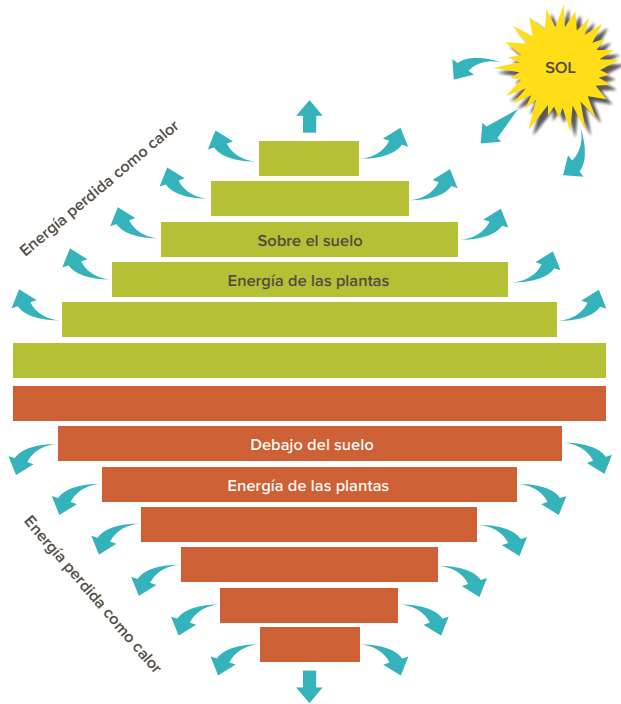
Ahora tiene una mejor idea de cómo funcionan las comunidades biológicas, y en su contexto holístico puede describir mejor lo que necesita: comunidades ricas en especies de plantas y animales, o biodiversidad, tanto por encima como por debajo del suelo.

Hemos explorado de forma simple las relaciones entre el agua, la estructura del suelo, la disponibilidad de minerales, y las comunidades de organismos vivos. Ahora pasamos al flujo de energía que anima todas estas relaciones, la cuarta ventana al ecosistema.



FLUJO DE ENERGÍA

Maximizando el Flujo de Energía de la Luz Solar a través de Nuestro Ecosistema



Todos los organismos requieren energía para vivir y la gran mayoría de ellos depende de la capacidad de las plantas verdes para capturar la energía del sol y convertirla en una forma que puedan utilizar. El flujo de energía es simplemente el flujo de la energía solar a través de las plantas verdes en crecimiento hacia todas las demás formas de vida, incluidos los humanos.

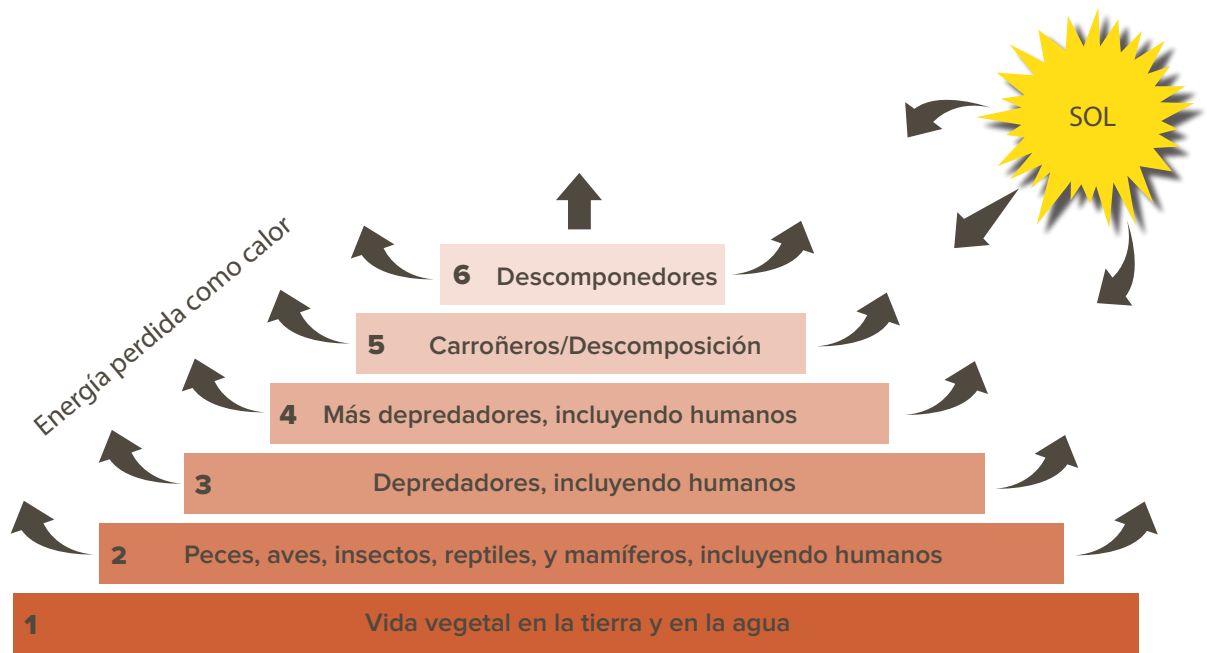
El flujo de energía en nuestro ecosistema a menudo se confunde con el ciclo del carbono, porque el almacenamiento de energía en la mayoría de los organismos vivos involucra carbono. Sin embargo, mientras que el carbono está constantemente circulando entre la tierra y la atmósfera, la energía del sol tiene un flujo unidireccional.

Si nos enfocamos en la relación energía-carbono, entonces omitimos un principio clave para manejar los cuatro procesos ecosistémicos: que el mundo natural y viviente funciona con energía solar y nuestras decisiones de manejo afectan drásticamente cuánta de esta energía es capturada y puesta en uso.

Toda la vida en el planeta—incluidos los humanos—depende de la capacidad de las plantas para convertir la energía de la luz solar en una forma aprovechable. Las plantas hacen esto a través del proceso de fotosíntesis. De todas las diversas formas en que la energía es convertida para usos prácticos (por ejemplo, la energía fotovoltaica, hidroeléctrica, eólica y mareomotriz para la electricidad), sólo la fotosíntesis produce directamente alimento para los organismos vivos.

La Pirámide de Energía

El flujo de la luz solar hacia el alimento a menudo se representa como una pirámide de energía. La figura a continuación muestra una pirámide energética básica. La mayor parte de la luz solar que impacta sobre la tierra y el agua es reflejada de inmediato, mientras que otra se absorbe como calor para luego ser irradiada. Una porción muy pequeña de la energía de la luz solar es convertida por las plantas verdes en alimento para su propio uso y el de otros organismos en la cadena alimenticia. Por lo tanto, las plantas verdes forman la base o el Nivel 1 de la pirámide de energía.



En la tierra, toda la conversión de energía del **Nivel 1** se encuentra en o sobre la superficie del suelo, donde las algas y las partes verdes de las plantas convierten la energía. En los ambientes acuáticos, lo que sucede es ligeramente diferente. Alrededor de los bordes poco profundos donde las plantas observables pueden crecer y sobresalir por encima de la superficie del agua, la conversión de energía todavía se desarrolla como lo hace en la tierra. Pero en el resto del área cubierta por un cuerpo de agua, la energía es convertida por una vida vegetal más simple por debajo de la superficie a profundidades que puede alcanzar la luz solar.

El **Nivel 2** representa la energía capturada y almacenada por los animales herbívoros que se alimentan de las plantas en el Nivel 1—peces, insectos, aves y mamíferos, incluidos los humanos. Esta energía es menor que la cantidad consumida como calor en los procesos vitales de los consumidores. Ésta no es una cantidad pequeña—aproximadamente el 90 por ciento de la energía se pierde en forma de calor al pasar de un nivel al siguiente.

Nivel 3, el reino de los depredadores, que incluye nuevamente a los humanos, conformado por los que se alimentan de los que se comen al Nivel 1, es aún más pequeño por la misma razón.

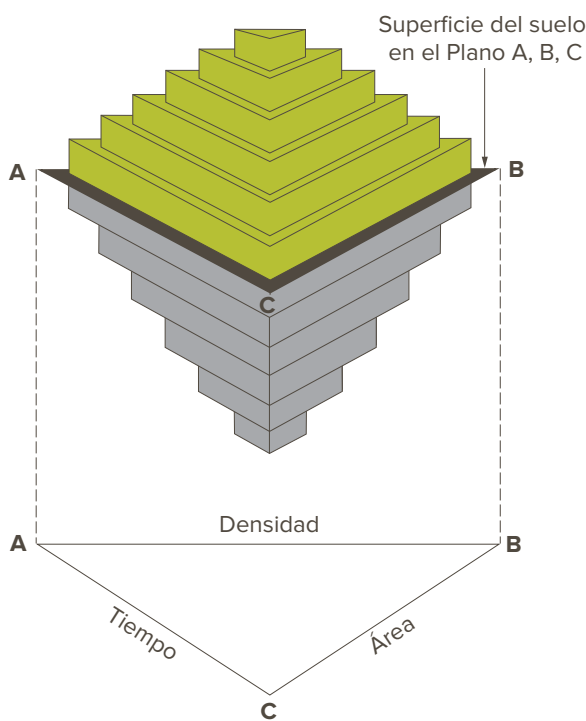
En el **Nivel 4**, nuevamente encontramos a los humanos, y a algunos otros depredadores, que se alimentan de peces y de otros depredadores que se alimentaron del Nivel 2. Una vez más, los procesos vitales de los consumidores han reducido la mayor parte de la energía aprovechable restante en un 90 por ciento adicional.

En el **Nivel 5**, los humanos abandonan la pirámide. Los carroñeros y los organismos de descomposición (descomponedores) reducen aún más el volumen de energía almacenada. Más allá del Nivel 5, quizás uno o dos niveles más de organismos descomponedores utilizarán el último resto de energía útil y la convertirán en calor.

La pirámide de energía es un diagrama útil para comprender los principios de cómo la luz solar es convertida en formas aprovechables para muchos organismos vivos. Sin embargo, no es tan simple ni ordenado como se muestra aquí. En cada nivel, una parte de la energía pasa directamente al nivel de descomposición como los productos de desecho de los animales y a través de los microorganismos que se alimentan de las plantas. En la vida real, debido a la gran pérdida de energía en cada nivel, la pirámide es mucho más plana de lo que se muestra en el diagrama. Sin embargo, el concepto de pérdida de energía cada vez mayor en cada nivel se mantiene en todo momento.

La pirámide de energía también se extiende bajo tierra, como se muestra a continuación, donde el flujo de energía afecta en gran medida la función de los otros tres procesos ecosistémicos—el ciclo del agua, el ciclo de los minerales y la dinámica de las comunidades. Los tres requieren una comunidad del suelo biológicamente activa, que a su vez requiere que la energía solar sea transportada bajo tierra por las raíces de las plantas o gusanos, termitas, escarabajos peloteros y otros organismos que se alimentan en la superficie.

El Tetraedro de Energía



El flujo de energía visto como dos tetraedros unidos en sus bases (etiquetados A, B, C). Podemos aumentar la cantidad de energía almacenada en las bases por encima y por debajo del suelo (que se muestra en la sección transversal) de tres maneras, al aumentar: el tiempo durante el cual la vegetación puede crecer y la velocidad a la que crece; la densidad de las plantas en una unidad de terreno; y el área foliar de plantas individuales.

Los cuatro conceptos clave que condujeron al desarrollo del Manejo Holístico nos permiten tomar esta imagen bidimensional del flujo de energía y desarrollar un modelo que permite una forma más sofisticada de manejar dicho flujo. Si podemos ampliar la base del triángulo, que representa la cara de la pirámide de energía, podemos aumentar el tamaño de la estructura completa y tener más energía disponible para utilizar en cada nivel. El modelo bidimensional que muestra la energía por encima y por debajo del suelo indicaría que hay muy pocas formas de ampliar la base. Pero cuando se visualiza como dos tetraedros unidos en sus bases (etiquetados A, B y C) como se ilustra, entonces aparecen opciones para aumentar enormemente el flujo de energía en el primer nivel vital: la superficie del suelo.

El Nivel 1 ahora tiene tres lados, a los que nos referiremos como *tiempo*, *densidad* y *área*. En el terreno, el manejo correcto puede aumentar el volumen de energía almacenada en el Nivel 1 al hacer tres acciones:

1. Aumentar el tiempo durante el cual la vegetación puede crecer y la tasa a la cual puede crecer;
2. Aumentar la densidad de la vegetación en pie en una unidad de tierra; y
3. Aumentar el área foliar de plantas individuales para capturar más energía.

Claramente, cuanto más extendamos cualquiera de los tres lados de la base, mayor será el volumen de energía que los humanos podrán cosechar en los niveles 2, 3 y 4. Por otro lado, al acortar cualquier lado, disminuirá la cantidad de energía disponible para cosechar en todos los niveles ascendentes. Los mismos efectos se propagarán tanto por debajo como por encima del suelo.

Tiempo—Duración y Tasa de Crecimiento

La energía convertida por las plantas mientras están verdes y en crecimiento debe sustentar toda la vida por encima y por debajo de la superficie del suelo durante todo el año. Cuanto más tiempo estén creciendo las plantas, más productiva será la comunidad en general. Podemos aumentar el tiempo de crecimiento prolongando la estación de crecimiento o aumentando las tasas de crecimiento en un período de tiempo determinado. En la práctica, optimizar los ciclos de los minerales y del agua y aumentar la complejidad de la comunidad biológica extenderá el tiempo de crecimiento en ambos sentidos (prolongando la estación y aumentando las tasas de crecimiento). Por ejemplo, algunos estancieros han logrado extender sus estaciones de crecimiento de 180 a 210 días.

Al manejar pastos, el tiempo de crecimiento también se puede utilizar de manera más eficiente si la mayor parte de las plantas pastoreadas no son cortadas en exceso. Cuanto menos se toma de una planta durante su crecimiento activo, más rápido vuelve a crecer.

El tiempo de crecimiento se ve afectado por la efectividad de los ciclos del agua y de los minerales, así como por la complejidad y diversidad de especies en la comunidad biológica. Por ejemplo, en un clima templado, es posible que quiera una mezcla de pastos tanto invernales como estivales—suficientes para garantizar que está maximizando la duración de la estación de crecimiento. Los pastizales que han sido mal manejados a menudo contienen principalmente pastos anuales, los cuales convierten la energía durante un tiempo más corto que los perennes. Un cambio en el manejo y la aplicación de diferentes herramientas podrían restablecer las plantas perennes y restaurar meses de productividad a esos pastizales.

Densidad—de Plantas

En la base, el lado de la densidad se refiere a la cantidad de plantas que crecen por cada yarda o metro cuadrado de terreno. Diez plantas creciendo en un metro o yarda cuadrada promedio de terreno probablemente puedan convertir más energía solar que tres plantas



en el mismo espacio. Los granjeros, estancieros, y pastores han sido conscientes desde hace tiempo de que el espaciamiento entre las plantas, o la densidad, puede afectar en gran medida el flujo de energía en sus tierras y han plantado en consecuencia, en busca de la densidad óptima que produzca los mayores rendimientos.

En ambientes con distribución de humedad menos estacional, el espaciamiento entre plantas, incluso en ambientes relativamente prístinos, es más bien cercano. Esta es una función del clima. Aunque el manejo puede afectarlo, la densidad de plantas es naturalmente alta. Esto está en contraste con los ambientes con distribución de humedad más estacional, donde la densidad de plantas se ve afectada por la disponibilidad de la humedad y la perturbación—o la falta de ella— por parte de grandes animales o el fuego. En estos ambientes, el manejo juega un papel clave en la mejora o disminución de la densidad de plantas. Aquí, el uso del impacto animal o la tecnología que simula la perturbación animal pueden resultar en un menor espaciamiento entre plantas. Sin embargo, si se aplica incorrectamente, cualquiera de estas dos herramientas puede dar lugar a un mayor espacio desnudo entre plantas y, como hemos visto anteriormente, el suelo desnudo puede influir negativamente en la efectividad de los cuatro procesos ecosistémicos.

Área—Foliar



El flujo de energía se maximiza con un menor espaciamiento entre plantas, un área grande de hojas y una variedad de especies que crecen activamente en diferentes épocas del año.

El área foliar es importante porque un grupo muy denso de plantas de hoja angosta puede capturar menos energía que un grupo moderadamente denso de plantas de hoja más ancha. Por lo tanto, si desea expandir el lado de la base correspondiente al área, debe aumentar la cantidad de plantas de hojas frondosas.

Las plantas se adaptan de tres maneras principales para adecuarse a las diferentes condiciones de crecimiento. Las plantas hidrófitas (ambiente húmedo) prosperan en suelos saturados y poco aireados.

Las plantas mesófitas (ambiente medio) crecen mejor cuando el aire y el agua están equilibrados en el suelo. Las plantas

xerófitas (ambiente seco) sobreviven donde el agua es escasa, aunque la aireación puede ser buena. Ambas plantas de tipo húmedo y las de tipo seco tienden a crecer lentamente y tienen hojas angostas que convierten mucha menos energía que las plantas de tipo medio, que extienden sus hojas anchas al sol y crecen rápidamente.

En general, un ciclo del agua efectivo resultará en pastos y hierbas de hoja frondosas con tasas de crecimiento más rápidas. Además de hacer que las plantas de pasto crezcan más estrechamente, la perturbación animal (impacto) y el pastoreo severo (versus sobrepastoreo) con períodos de recuperación adecuados, pueden hacer que muchas especies produzcan más hojas y menos fibra, lo cual a su vez aumenta el flujo de energía disponible para animales y humanos.

Conclusión

En términos de su contexto holístico, al describir la tierra en su base futura de recursos, transmita cómo sería si el flujo de energía fuera alto: el suelo estaría cubierto de vegetación, las plantas se mantendrían verdes y continuarían creciendo durante mucho más tiempo que ahora, y habría una gran variedad de ellas. La vida silvestre se beneficiaría también y sería más abundante como resultado. En esencia, si el ciclo del agua es efectivo, los minerales circulan rápidamente, y la biodiversidad es alta, entonces el flujo de energía tenderá a maximizarse.

La mayoría de los administradores de tierras buscan y describen una situación en la que se logra y se mantiene el mayor flujo de energía, ya sea en tierras de cultivo, pastizales o bosques. En la mayoría de las situaciones, se esforzará por manejar en pos de un ciclo efectivo del agua y de los minerales, y de una comunidad biológica altamente compleja (por encima y por debajo del suelo), todo lo cual resultará en un flujo de energía alto y sostenible.

En tierras de cultivo, puede buscar maximizar el lado del tiempo de la base del tetraedro asegurando buenas tasas de crecimiento diario y prolongando la estación a través de la siembra de policultivos, o al menos dos o más cultivos por año, siempre que sea posible. Puede optimizar la densidad plantando con espaciamientos cercanos. Se esforzará por maximizar el área foliar que está abierta y expuesta a la luz solar creando un buen drenaje, abundante materia orgánica en el suelo y una buena estructura granular-migajosa, y proporcionando una cobertura adecuada del suelo.

En la mayoría de las situaciones de pastizales, aumentaremos el flujo de energía manipulando las herramientas de pastoreo e impacto animal, tanto con el ganado como con la vida silvestre, para producir y mantener el máximo tiempo de crecimiento, la máxima densidad de plantas y la mayor área foliar. Los agricultores innovadores también están realizando siembras directas de granos en pastizales pastoreados, potenciando aún más el flujo de energía a través de lo que ellos llaman cultivo en pasturas.

En la mayoría de las situaciones forestales, se esforzará por maximizar el flujo de energía mejorando los ciclos del agua y de los minerales y aumentando la diversidad de especies vegetales y animales. Esto es particularmente cierto en los bosques que han sido simplificados mediante prácticas silvícolas de estilo industrial.



MARCO MANEJO HOLÍSTICO

TODO BAJO MANEJO

Tomadores de Decisiones — Base de Recursos — Dinero

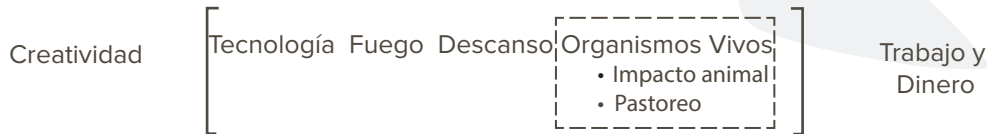
CONTEXTO HOLÍSTICO

(Declaración de Propósito) — Calidad de Vida — Base Futura de Recursos

PROCESOS ECOSISTÉMICOS



HERRAMIENTAS PARA EL MANEJO DEL ECOSISTEMA



TOMA DE DECISIONES Y ACCIONES

Metas, Objetivos, Tácticas, Estrategias, Políticas

Criterio de Selección Tradicional (experiencia pasada, consejo de expertos, investigación, etc.)

VERIFICACIÓN DEL CONTEXTO

Causa y Efecto	Eslabón Debíl • Social • Biológico • Financiero	Reacción Marginal	Análisis de Ganancia Bruta	Energía/ Dinero Fuente y Uso	Sustentabilidad	Instinto
----------------	--	-------------------	----------------------------	------------------------------	-----------------	----------

GUÍAS O PAUTAS DE MANEJO

Tiempo	Densidad Animal y Efecto Manada	Cultivo	Quema	Manejo de Poblaciones
--------	---------------------------------	---------	-------	-----------------------

PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

Planificación Financiera Holística	Planificación Holística de Tierras
Planificación Holística del Pastoreo	Desarrollo Holístico de Políticas
Orientación Holística de la Investigación	

RETROALIMENTACIÓN



GLOSARIO

Biodiversidad La diversidad de especies y su material genético, y la estructura de edad de las poblaciones dentro de una comunidad dada.

Ciclo del agua El movimiento del agua desde la atmósfera al suelo (o los océanos) y eventualmente de vuelta a la atmósfera. Un ciclo del agua efectivo es aquel en el cual las plantas hacen el máximo uso de las precipitaciones, muy poco se evapora directamente del suelo, y cualquier escorrentía que haya el agua no causa erosión y permanece limpia. También debe existir en el suelo un buen balance aire/agua, permitiendo que las raíces de las plantas absorban agua sin problemas. Para que un ciclo del agua sea efectivo en ambientes con DEH, el suelo debe estar cubierto con plantas vivas o mantillo, ya que grandes cantidades de agua se pierden a través del suelo desnudo y expuesto entre las plantas o por escorrentía.

Ciclo de los minerales El movimiento de los nutrientes minerales desde el suelo hacia las plantas y los animales, y de regreso al suelo nuevamente. Un ambiente saludable y productivo promoverá el movimiento de los minerales desde las capas profundas del suelo hacia las plantas por sobre la superficie con un mínimo de pérdida de minerales a causa de la erosión del suelo o la lixiviación.

Dinámica de las comunidades El desarrollo de comunidades de organismos vivos. Este proceso es constante debido a la continua interacción entre especies, además de una composición y microambiente cambiantes. Sin embargo, cuanto mayor sea la biodiversidad dentro de una comunidad, más compleja tiende a ser, y por lo tanto más estable.

Encostrado—inmaduro Describe una superficie de suelo que se ha vuelto mucho más gruesa que el encostrado reciente a través de eventos de lluvia repetidos, pero en la cual aún no hay señales de movimiento sucesional.

Encostrado—maduro Describe una superficie de suelo expuesta sobre la cual la sucesión ha llegado al nivel de una comunidad dominada por algas, líquenes o musgos y se ha estancado en ese nivel. Si no son adecuadamente perturbadas, dichas comunidades pueden permanecer en ese estado durante siglos, siempre que el suelo esté lo suficientemente nivelado como para inhibir la erosión hídrica.

Encostrado—reciente Describe una superficie de suelo que se ha sellado con la última lluvia y sobre la cual aún no hay signos visibles de movimiento sucesional. El encostrado se inicia por la acción de las gotas de lluvia sobre un suelo expuesto. La energía de la gota de lluvia rompe la estructura granular-migajosa y libera partículas finas de tierra que, a su vez, sellan la superficie haciendo que el suelo no pueda respirar fácilmente. Algunas personas utilizan el término ‘costra’ en lugar de ‘encostrado’.



Escala de distribución de humedad Todos los ambientes terrestres, independientemente del total de precipitación, se ubican a lo largo de un continuo que va desde una distribución constante de humedad (DCH) a una distribución muy estacional de humedad (DEH). Para simplificar, nos referimos a este continuo como una escala de 10 puntos, siendo 1 la DCH y 10 la DEH extrema.

Los ambientes con una distribución completamente constante de humedad se caracterizan por (1) una precipitación confiable, independientemente de su volumen; (2) una buena distribución de la humedad a lo largo de todo el año; (3) una alta tasa de descomposición biológica del material vegetal muerto, que es más rápida cerca de la superficie del suelo (de este modo, los árboles muertos se pudren en la base y caen relativamente rápido); (4) el desarrollo rápido de nuevas comunidades en cualquier superficie desnuda; y (5) el desarrollo de comunidades complejas y estables aún donde no son físicamente perturbadas por muchos años. En estos ambientes es prácticamente imposible producir o mantener millones de acres donde el suelo entre plantas esté desnudo, fuera de las tierras de cultivo que son constantemente expuestas por maquinaria.

Los ambientes con distribución muy estacional de humedad, por el otro lado, se caracterizan por (1) una precipitación poco fiable, independientemente de su volumen; (2) una pobre distribución de la humedad a lo largo de todo el año; (3) la descomposición química (oxidación) y física (meteorización) del material vegetal muerto, generalmente muy lenta y desde las partes superiores de la planta hacia abajo (de este modo, los árboles muertos permanecen de pie por muchos años); (4) el desarrollo muy lento de comunidades a partir de superficies de suelo desnudo, a menos que haya perturbación física; y (5) algas y líquenes cubriendo las superficies del suelo por siglos a menos que sean adecuadamente perturbadas. En estos ambientes es muy fácil producir millones de hectáreas donde el suelo entre plantas esté desnudo o encostrado con algas y líquenes, simplemente descansando la tierra en exceso, quemándola frecuentemente, o sobrepastoreando muchas plantas de pasto. Estas áreas tienden a mantener la biodiversidad y estabilidad sólo cuando reciben una perturbación adecuada periódicamente.

Estructura granular-migajosa Un suelo que tiene una buena estructura granular-migajosa se compone principalmente de agregados o migas de partículas de suelo adheridas entre sí cuando están húmedas o secas, mediante un pegamento producto de la descomposición de la materia orgánica y otras formas de vida del suelo. El espacio alrededor de cada agregado proporciona espacio para el agua y el aire, y esto a su vez promueve el crecimiento de las plantas.

Flujo de energía El flujo de la energía del sol hacia las plantas verdes, que convierten la energía (a través de la fotosíntesis) en el alimento que nutre toda la vida. El flujo de la energía de la luz del sol no es cíclico, es un flujo unidireccional a través de nuestro ecosistema.

Impacto animal La suma total de las influencias físicas directas que los animales ejercen sobre la tierra—pisoteo, excavación, defecación, micción, salivación, fricción, etc. Se logra más comúnmente con animales de pastoreo en altas concentraciones. Cuanto más grande el rodeo, mayor el efecto.

Mantillo Material vegetal muerto—hojas, tallos, ramas, corteza, acículas que han caído o han sido pisoteadas en el suelo. El mantillo, más que las plantas vivas, proporciona la mayor parte de la cobertura del suelo en ambientes con distribución estacional de humedad.

Pastoreo-severo Pastoreo que remueve una alta proporción de hojas de la planta, ya sea en la estación de crecimiento como en la de no crecimiento. En la temporada de crecimiento esto causa un retroceso temporal en el crecimiento de la planta. En ambientes con distribución más estacional de humedad, el pastoreo severo en algún momento durante el año generalmente es beneficioso para la mayoría de las matas de plantas de pasto perenne, y especialmente aquellas con puntos de crecimiento, o brotes, en las bases. La mayoría de los animales de pastoreo, incluidos el ganado vacuno, ovino y caprino, son pastoreadores severos, al igual que la mayoría de los herbívoros silvestres.

Período de recuperación—efectivo Un período en el cual una planta severamente pastoreada realmente ha desarrollado nuevas hojas y tallos y ha restaurado las reservas de energía en—dependiendo de la especie—raíces, bases del tallo o coronas restablecidas. Esto puede ocurrir sólo en condiciones de crecimiento activo.

Plantas hidrófitas Estas plantas se han adaptado a la vida en ambientes acuáticos y sólo pueden crecer en humedales o en suelos donde, durante la temporada de crecimiento, hay un exceso de agua y no hay suficiente aire.

Plantas mesófitas Estas plantas crecen mejor cuando el aire y el agua están en equilibrio en el suelo. Generalmente son de hoja ancha y crecen rápido.

Plantas xerófitas Del griego *xero*, que significa seco. Estas son plantas que se han adaptado a crecer en suelos donde durante la temporada de crecimiento hay un exceso de aire y poca agua.

Red alimenticia del suelo Las cadenas alimenticias unidas en una compleja red interconectada.

Sobrepastoreo Esto ocurre cuando una planta que fue consumida severamente durante la estación de crecimiento, vuelve a ser consumida severamente mientras utiliza la energía de su corona, bases del tallo o raíces para restablecer las hojas. Generalmente, esto resulta en la eventual muerte de la planta. En estadios intermedios resulta en una producción reducida de la planta. El sobrepastoreo ocurre en tres momentos diferentes: cuando la planta es expuesta a los animales durante demasiados días y estos tienen la posibilidad de volver a



pastorearla mientras intenta rebrotar; cuando los animales son retirados, pero regresan demasiado pronto y pastorean la planta nuevamente mientras todavía está utilizando la energía almacenada para reformar hojas; e inmediatamente después de la dormancia, cuando la planta recién está formando hojas nuevas a partir de la energía almacenada.

Sucesión Un aspecto importante de la dinámica de comunidades, la sucesión, describe las etapas a través de las cuales se desarrollan las comunidades biológicas. A medida que las comunidades simples se vuelven cada vez más diversas y complejas, se dice que la sucesión avanza. Cuando las comunidades complejas se reducen a una mayor simplicidad y menor diversidad, la sucesión se retrae. Si se eliminan los factores que causan el retroceso de la sucesión, esta avanzará una vez más.

