

Titulo: Como mantener la Biodiversidad en el suelo.

Ing. Benigno René Díaz Rodríguez

Asesor

Asociación de Durazneros del Noreste de Chihuahua, Chih.

CONOCER PARA PROTEGER: **Conciencia, conocimientos, actitudes, habilidades y participación son los objetivos de la Biodiversidad.**

Introducción.

La revolución verde produjo la concentración de recursos científicos y tecnológicos que entre 1960 y 1970 lograron resultados espectaculares. Las ventajas del modelo permitieron que muchos países lograran la autosuficiencia de alimentos a pesar de un aumento de la población sin precedentes. Sin embargo, quedaron algunas secuelas no deseables fundamentalmente relacionadas con el impacto ambiental negativo: **erosión, degradación de suelos** y enormes áreas marginales descuidadas. A su vez, la escasez de petróleo que se produjo a principios de la década del setenta, generó una toma de conciencia acerca de que los recursos de la tierra son limitados. Crece la preocupación sobre el impacto de algunas tecnologías industriales, tales como el de los **pesticidas** en la cadena alimentaría, la contaminación de ríos y acuíferos por fertilizantes, la escasez de recursos ahí. Es indudable que la agricultura moderna se basa fundamentalmente en la artificialización y, por tanto, altera las estructuras del ecosistema y su funcionamiento. Toda práctica tiene un riesgo y un costo ecológico que la teoría y la práctica económica, basada en los valores de mercado de corto plazo, ha sido incapaz de tomar en cuenta.

Uno de los aspectos más importantes de la artificialización es la especialización productiva, es decir, la reducción de la diversidad natural para concentrarse en pocas variedades y eventualmente en el monocultivo. La diversidad del ecosistema tiene enorme importancia, pues es uno de los factores fundamentales para su estabilidad y que incide en la homeostasis y resiliencia del sistema natural, que le permite recibir impactos desde el exterior, mantenerse en todo sistema y autorreproducirse. La especialización y la homogeneización de cultivos eliminan especies. Ello tiende a alterar la **estructura de los suelos**, modifica los flujos de nutrientes y de energía y los ciclos biogeológicos.

Por otra parte, las prácticas de cosecha indiscriminada y de cosecha selectiva tienden también a reducir la diversidad del ecosistema, lo cual resulta, finalmente, en la destrucción de sus mecanismos de funcionamiento y su desorganización.

La disminución de diversidad es un fenómeno que se da desde los primeros tiempos de la civilización humana. Sin embargo, se ha acentuado en los últimos

cien años. La reserva de especies biológicas es de unos 10 millones, de los cuales cerca de 8.5 millones han sido identificadas. De las más de 240 000 especies de plantas conocidas, sólo 150 han sido domesticadas por el hombre, y sólo 30 de ellas proporcionan 85% del peso de los alimentos consumidos por los seres humanos y 95% de sus calorías y proteínas. A su vez ocho especies (trigo, arroz, maíz, cebada, avena, sorgo, mijo y centeno) proporcionan las tres cuartas partes del total de proteínas alimenticias y energía consumidas por el hombre, y tres: trigo, maíz y arroz, proveen 50% de la energía humana. En relación con los recursos ganaderos se da un fenómeno similar.

Los patrones imperantes en el comercio internacional promueven la homogeneización de cultivos y monocultivos y refuerzan las prácticas descritas de mecanización, fertilización, riego, etc., que al alterar el sistema natural ponen en peligro la diversidad biológica y la erosión del suelo.

Biodiversidad, contracción de la expresión 'diversidad biológica' expresa la variedad o diversidad del mundo biológico. En su sentido más amplio, biodiversidad es casi sinónimo de 'vida sobre la Tierra'. El término se acuñó en 1985 y se ha utilizado mucho en los años noventa, tanto en los medios de comunicación como en círculos científicos y de las administraciones públicas.

Se ha hecho habitual, en parte por comodidad, considerar tres niveles jerárquicos de biodiversidad que afectan de manera especial al hombre: genes, especies y ecosistemas. Pero es importante ser consciente de que ésta no es sino una de las varias formas de evaluar la biodiversidad y que no hay una definición exacta del término ni, por tanto, acuerdo universal sobre el modo de medir la biodiversidad. El mundo biológico puede considerarse organizado en una serie de niveles de organización de complejidad creciente; ocupan un extremo las moléculas más importantes para la vida y el otro las comunidades de especies que viven dentro de los ecosistemas. Se encuentran manifestaciones de diversidad biológica a todos los niveles. Como la biodiversidad abarca una gama amplia de conceptos y puede considerarse a distintos niveles y escalas, no es posible reducirla a una medida única. En la práctica, la diversidad de especies es un aspecto central para evaluar la diversidad a los demás niveles y constituye el punto de referencia constante de todos los estudios de biodiversidad

Hay tres razones por las que los biólogos estamos interesados en la diversidad y su medida:

1. La diversidad es un concepto intelectualmente muy atractivo que sigue suscitando un considerable debate. A escala ecológica, los bien conocidos patrones de variación espacio-temporal de la diversidad, continúan estimulando la mente de todos cuantos nos dedicamos al estudio de la diversidad biológica, desde cualquier enfoque.

2. Frecuentemente se acostumbra a pensar que las medidas de diversidad son buenos indicadores del estado de 'salud' del ecosistema.
3. La diversidad es uno de los temas centrales de la Biología. A escala evolutiva, la explicación de la diversidad constituye la cuestión esencial que intenta explicar el *paradigma darwiniano de evolución por selección natural*.

Cómo definir el concepto de Biodiversidad: Hay muchas definiciones y una intensa discusión si el término biodiversidad es realmente un concepto o simplemente una construcción mental que se puso de moda y se convirtió en un referente que cada persona entiende a su manera pero de forma diferente. En este sentido los conceptos Biodiversidad más aceptados son:

- + La biodiversidad está definida por el número elevado de especies de flora, fauna y la diversidad de formas de vida existentes. Es la totalidad de los genes, las especies y los ecosistemas de una región.
- + La biodiversidad es la totalidad de los genes, las especies, los ecosistemas y los procesos vitales de toda índole de una región.
- + La biodiversidad es un concepto que ha saltado a las páginas de los periódicos y al lenguaje coloquial como sinónimo de abundancia de especies. Sin embargo, tiene un sentido mucho más amplio y puede aplicarse también a la variabilidad que encierran otros niveles de organización como genes, poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes. Esta perspectiva, más integradora y ambiciosa, refuerza la importancia de mantener la biodiversidad como valor básico en conservación y gestión de la naturaleza.

¿Seguimos siendo ricos en biodiversidad en nuestra región ?

Somos ricos en biodiversidad y lo seguiremos siendo en la medida en que mantengamos los ecosistemas y la biodiversidad que los integra. Transformar ecosistemas y su biodiversidad por monocultivos o destruir un bosque para extraer solo algunos productos comercializables, empobrece la diversidad, altera los ciclos naturales de regulación ecológica y puede conducir al detrimento de la calidad del agua, el suelo y el aire, acabando también con el potencial y oportunidades que estos pueden ofrecer.

¿Cuáles son los principales factores que atentan contra la biodiversidad?

Son muchos, la inopia y el desconocimiento de la biodiversidad son de los más graves, otro es el afán individualista de explotar o aprovechar recursos naturales con fines de florecimiento económicos sin tener en cuenta ni importar los efectos o daños ecológicos que se causan.

¿Se puede hablar de biodiversidad y desarrollo sostenible?

Si se puede hablar. Muchos modelos y alternativas de desarrollo actuales no son sostenibles, pero son las que tenemos. La reflexión y las acciones deben estar

por lo tanto dirigidas a generar alternativas de desarrollo sostenibles o por lo menos más sostenibles por que es fácil imaginarse que prácticas insostenibles nos llevan a la crisis ambiental.

¿Qué pueden hacer los “Fruticultores” para ayudar a la preservación de la biodiversidad de los suelos?

Es mucho lo que podemos hacer como empresario, productor, científico, técnico, mayordomo y obrero puede para conservar la biodiversidad de los suelos: **Interesarse, informarse, capacitarse, tener y generar conciencia y actitud ecológica frente a lo que se compra o consume diariamente en nuestras huertas.** En nuestra región se empieza a entender que es posible ejercer una influencia para que los productos que se ofrecen en el mercado sean producidos con el menor impacto ambiental posible. Esto ha llevado a **“Crear Buenas Prácticas Agrícolas”**, manejo y producción ecológicamente aceptables, que individualmente o en su conjunto contribuyen a la conservación de la biodiversidad del suelo y la naturaleza.

Agrobiodiversidad: La diversidad agrícola o agrodiversidad es un concepto que reúne lo relativo a la diversidad biológica para la producción agrícola y comprende los recursos genéticos de plantas y animales, los organismos del suelo, los insectos y otros organismos en ecosistemas manejados o agroecosistemas, y también los elementos de ecosistemas naturales para la producción de alimentos. En consecuencia, sus componentes se refieren a los siguientes elementos:

Los organismos del suelo en áreas de cultivo y que son esenciales para la fertilidad, estructura, cualidad, sanidad y los ciclos de nutrientes. Insectos, bacterias y hongos, de ocurrencia natural, que controlan las plagas y enfermedades de las plantas y animales domésticos.

Los componentes y los tipos de agroecosistemas (sistemas de cultivos, paisajes, cultivos asociados, suelos, etc.) y que son importantes para la productividad.

Recursos silvestres (flora, fauna, microorganismos) del hábitat natural y paisajes, que proveen servicios, como control de plagas y estabilidad de los ecosistemas, importantes para el desarrollo agrario.

Los componentes culturales y conocimientos de los agricultores y pobladores rurales para el manejo de los recursos biológicos, como la diversidad de cultivos, los árboles, los suelos, los animales y otros relacionados con la producción de alimentos.

Entre los beneficios de la agrobiodiversidad se pueden señalar los siguientes:

1. Incrementa la productividad, las cosechas, y la seguridad alimentaria.
2. Provee estabilidad y sostenibilidad a los sistemas de producción agrícola.
3. Contribuye al control de plagas y enfermedades en forma natural.
4. Conserva los suelos, y aumenta la sanidad y fertilidad.
5. Diversifican la producción y las oportunidades de ingresos a los agricultores.
6. Incrementa el valor económico y aumentan los ingresos.
7. Reduce o dispersan los riegos para las familias, comunidades y países.
8. Aumenta la eficiencia del uso de recursos y contribuyen a la salud de los ecosistemas.
9. Reduce la presión de la agricultura sobre tierras frágiles, bosques y especies en peligro.
10. Reduce la dependencia de insumos externos.
11. Aumenta el valor nutritivo y provee recursos medicinales y alimenticios adicionales.

Principales características de los suelo y como lograr su biodiversidad.

El suelo es la capa más superficial de la tierra, formada por materias minerales y orgánicas, debida a la acción conjunta de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen que ver con la alteración geológica continuada de la roca original (roca madre), la combinación de agentes atmosféricos como el viento o el agua, la presencia de seres vivos (plantas y animales y microorganismos) y la descomposición de éstos por otros organismos, que producirá un enriquecimiento en materia orgánica. Por lo tanto, los factores que influyen en la formación de un determinado suelo son la composición de la roca madre, la climatología, la topografía, la circulación del agua y el factor biótico (animales, plantas y microorganismos). El suelo es el soporte de la mayor parte de la vida en las zonas emergidas del planeta ya que constituye el medio en el que se desarrollan las raíces de las plantas, encontrando en él soporte y extrayendo el agua y los elementos nutritivos que necesitan para sobrevivir, junto con la energía del sol obtenida a través de la fotosíntesis.

En el suelo encontramos las siguientes Fases.

Fase Sólida. La Fracción Mineral, integrada por partículas de tamaño, forma y composición muy variados, provenientes de la degradación de la roca madre. Según su tamaño, dentro de estas partículas se diferencian los elementos gruesos (piedras, gravas) y los elementos finos, que se clasifica en arenas (partículas comprendidas entre 2 y 0,02 milímetros); limos (aquellas comprendidas entre 0,02 y 0,002 milímetros) y arcillas (partículas de menor tamaño). Cuando se habla de la **textura** de un suelo nos referimos a la

proposición relativa entre estos tres tipos de elementos finos. Este es uno de los aspectos fundamentales a considerar para caracterizar un suelo.

La Fracción Orgánica. Constituida por raíces, hojarasca, restos de vegetales y animales en distintos estados de descomposición, organismos vivos como pequeños animales, microflora, microfauna, bacterias y hongos, y fundamentalmente humus, que es la materia orgánica transformada.

Fase líquida. Está constituida por el agua que rellena los poros entre las partículas sólidas y que lleva disueltos distintos elementos químicos. El contenido de esta solución es primordial para las plantas ya que a través de ese líquido es como éstas asimilan los nutrientes minerales que necesitan.

Fase gaseosa. La integra el aire, que se difunde en el suelo desde la atmósfera, a través de los poros entre partículas que no son ocupados por la fase líquida, y así como otros gases producidos en el propio suelo. El oxígeno del aire es vital para un correcto crecimiento de las plantas ya que las raíces lo absorben y lo utilizan en sus procesos metabólicos, al igual que los microorganismos que realizan la descomposición de la materia orgánica y ponen a disposición de las plantas los nutrientes contenidos en ésta.

El Complejo Arcillo- Húmico. Estructura del suelo. Las partículas de materia orgánica transformada del suelo (humus), junto a algunos compuestos minerales del suelo como las partículas de arcilla y los hidróxidos reaccionan químicamente entre sí constituyendo el llamado **complejo arcillo- húmico** de los suelos. Las propiedades de este complejo son de gran importancia para la fertilidad de un suelo y la capacidad de éste para permitir un buen crecimiento de los cultivos.

En efecto, en primer lugar, el complejo arcillo- húmico actúa como cemento que une las diferentes partículas de arena y limo del suelo formando los denominados agregados del suelo, elementos de mayor tamaño que tienen cierta estabilidad frente a acciones físico-químicas o mecánicas moderadas. La organización de estos agregados se conoce como **estructura del suelo**. Un suelo con una buena estructura permite la necesaria circulación del agua y el aire en la capa explorada por las raíces.

Por otra parte, el complejo arcillo húmico retiene también, mediante enlaces químicos, los elementos minerales que las plantas necesitan para su crecimiento, de forma que puedan ser tomados cuando éstas los necesiten, evitándose que sean arrastrados por el agua hacia zonas más profundas (arrastrado que se denomina **lixiviación**). Por último, otra función de gran importancia del complejo arcillo es la de retención del agua del suelo, actuando como una esponja, de manera que ésta queda a disposición de las raíces de las plantas. De todo lo anterior se deriva la gran importancia de la materia orgánica para el mantenimiento de una correcta estructura del suelo, de una adecuada

fertilidad del mismo y de su capacidad de retención de agua disponible para las plantas y la biodiversidad.

Objetivo:

- Resumir los principales conceptos sobre biodiversidad.
- Factores que influyen sobre la biodiversidad del suelo en huertas.
- Resultados preliminares en huertas de Nvo. Casas Grandes.

Desarrollo:

Factores que influyen sobre la biodiversidad del suelo en huertas.

La erosión: Todos los suelos, incluidos los de los ecosistemas naturales, se ven afectados por los procesos de erosión, tanto la de carácter **hídrico**, producida por la lluvia y el movimiento del agua, como la producida por el **viento** (erosión eólica).

A menudo pueden observarse en nuestras huertas **señales**, que nos puedan avisar de que nuestros suelos están sufriendo un proceso erosivo:

1. Destrucción de la capa superficial del suelo, que incluso puede llegar a desaparecer.
2. Cambio de color de los suelos, evolucionando hacia tonos más claros, síntoma de haber alcanzado capas con menores contenidos en materia orgánica.
3. Diferencias apreciables en el desarrollo de los cultivos de unas zonas a otras (altura, vigor, rendimiento, aparición de enfermedades, etc.)
4. Raíces de plantas y árboles que queden al descubierto con el paso del tiempo.
5. Aparición de regueros y cárcavas, que van aumentando en densidad y profundidad.
6. Presencia de depósitos en surcos y zonas más llanas de la explotación.

El proceso de erosión hídrica se inicia con el impacto de las gotas de lluvia cargadas de energía cinética sobre **el suelo desnudo**, que puede producir la ruptura de los agregados del suelo, que son más estables frente a la erosión, en otras partículas más pequeñas que saltan por el aire y que pueden ser más fáciles arrastradas.

Tipos de Erosión Hídrica

Los tipos de erosión hídrica que suelen establecerse son:

- Erosión laminar. Es la erosión más o menos uniforme de toda la superficie de un campo. Las raíces de plantas, árboles y vallas quedan

- progresivamente expuestas al bajar el nivel de la superficie de suelo. En ciertos olivares es frecuente encontrar los árboles con peana, que no son otra cosa que la zona de raíces de estos árboles que han quedado al descubierto por la erosión.
- Erosión en surcos. Como la superficie del terreno no es homogénea y forma pequeñas depresiones, la escorrentía superficial del agua forma pequeñas corrientes con mayor velocidad y mayor caudal a través de las mismas, produciéndose un mayor arrastre de partículas del suelo que origina surcos más o menos profundos. El hecho de que las labores posteriores escondan el daño no significa que no se haya producido una pérdida considerable de suelo fértil y de su biodiversidad.
 - Erosión en cárcavas. Se produce por la no corrección de los surcos ya que el agua profundiza en ellos originando estas cárcavas, que pueden tomar forma de “V” o forma de “U” según la resistencia a la erosión de las diversas capas del suelo.

Erosión eólica:

En nuestra región se ve sometidas por periodos prolongados a vientos fuertes y constantes y que impactan sobre la superficie del terreno, causan una erosión importante de los suelos y pérdida de su biodiversidad. Este fenómeno se ve favorecido por la existencia de superficies irregulares y amplias zona de suelos sueltos de texturas finas y mal estructuradas, presencia de lluvias escasas y mal distribuidas junto a temperaturas elevadas. Los daños se originan tanto donde se arrastran partículas de suelo como donde se deposita, alterando las características del suelo preexistentes (formación de dunas, acumulación de sedimentos que impermeabilizan la superficie de los suelos, etc.) Por consiguiente, todos los factores, mencionados al hablar de la erosión hídrica, que afecten negativamente al mantenimiento de una adecuada estructura de los suelos, favorecerán también la erosión eólica.

Entre los daños que produce la erosión pueden considerarse:

- Daños Directos sobre el suelo y su capacidad para sustentar vida vegetal (cultivos o vegetación natural).
- Deterioro de la integridad física del suelo, por arrastre y pérdida de partículas. Debido a que la mayor parte de las partículas arrastradas son las más pequeñas, **como arcillas y materia orgánica**, que son las que contribuyen a que el suelo tenga una estructura adecuada, esta estructura se ve degradada.
- Por otra parte, al arrastrarse partículas más finas, la textura del suelo varía hacia formas más arenosas.
- Pérdida de la fertilidad natural del suelo, que se debe a las partículas del complejo arcillo-húmicos (arcillas y materia orgánica) que son las que más sufren el arrastre de la erosión.

- Pérdida del volumen de agua que puede almacenar el suelo, debido tanto a la pérdida de grosor, como a la pérdida de una adecuada estructura que facilite la infiltración, que además se ve disminuida por el sellado de los poros de la superficie, por arcillas y limos producidas por la rotura de los agregados, que hacen que aumente el agua de escorrentía.
- Dificultades para el laboreo por la pérdida de espesor, aparición de surcos y cárcavas, de encharcamiento en zona de acumulación de sedimentos, etc.

Lo principales daños producidos a la biodiversidad de suelo por la erosión son:

- Contaminación de las aguas superficiales por arrastre de los sedimentos
- Dificultan la penetración en el agua de la luz que las plantas acuáticas necesitan para la fotosíntesis y deterioran los hábitats de peces y resto de organismos acuáticos.
- Contaminación de las aguas superficiales por arrastre de **fertilizantes, patógenos, materia orgánica y residuos de pesticidas** mediante la erosión de las capas más superficiales del suelo, que son aquéllas en las que estas sustancias se acumulan en mayor medida.
- Aterramiento de zonas y cultivos de zonas más bajas con la consiguiente modificación de las condiciones de suelos preexistentes.
- Daños en la infraestructura de la explotación, en los sistemas de regadío por obstrucción de tuberías y equipos de bombeo, etc.
- Daños en las infraestructuras de comunicaciones y aterramiento de los embalses con la consiguiente pérdida de capacidad de almacenamiento.
- Daños en las infraestructuras de comunicaciones y aterramiento de los embalses con la consiguiente pérdida de capacidad de almacenamiento

El laboreo y sus efectos sobre la biodiversidad del suelo.

Esta mayor potencia disponible para realizar un mayor número de labores, mediante sistemas más rápidos y agresivos, ha producido una serie de efectos indeseables sobre el suelo y su fertilidad y, en general, sobre la biodiversidad del medio ambiente: Un laboreo excesivo, con mayor número de pases y actuaciones más rápidas y agresivas, actúa pulverizando los agregados del suelo, disgregándolos y deteriorando así la estructura del suelo. Este deterioro de la estructura tiene como efecto una mayor fragilidad de los suelos frente a la erosión, con todo lo que esto conlleva.

Esta disgregación de los agregados del suelo provoca, por otra parte, una disminución de la red de poros del suelo que produce una disminución de la aireación del suelo y de la capacidad de infiltración de agua de éste, lo que provoca a su vez un aumento de la escorrentía y, por tanto, de la erosión.

Está demostrado que el laboreo excesivo, especialmente con el arado de vertedera que produce el volteo del suelo, disminuye considerablemente el

contenido de materia orgánica de los suelos, mediante la liberación física del CO₂ (producto final de la descomposición de la materia orgánica), que se encuentra naturalmente retenido en el suelo, y la aceleración de la oxidación biológica de esta materia orgánica (la materia orgánica se quema al mayor contacto con el aire), con lo que se contribuye, junto al CO₂ producido por los propios motores de combustión de los tractores, al efecto invernadero en el planeta. De esta manera el suelo incrementa su actuación como fuente de CO₂ en lugar de convertirse en sumidero de CO₂, por acumulación de materia orgánica en los suelos.

Las labores de remoción del terreno producen un considerable aumento de las pérdidas de agua del suelo por evaporación, sobre todo en primavera-verano.

El continuo paso de maquinaria pesada termina formando una capa de suelo compactada en profundidad (suela de labor) que impide el paso de las raíces de los cultivos y dificulta la infiltración del agua, con lo que se reduce el espesor útil de suelo para los cultivos.

En general, el laboreo excesivo disminuye la biodiversidad del entorno, y el ecosistema que se halla directamente ligado al suelo, produciéndose cambio brusco en las condiciones de temperatura, aireación y humedad y las posibilidades de supervivencia de los organismos y microorganismos:

- Los macro consumidores (insectos y caracoles).
- Los detritívoros (lombrices, microartropodos y nemátodos)
- Los degradadores (bacterias, hongos, actinomicetos y protozoos)

Por último, se producen otros efectos indeseables sobre la economía de la explotación al requerirse fuertes inversiones en maquinaria y mayores consumos de combustibles (mayores aportes de CO₂ a la atmósfera), aceites, etc.

En la actualidad se han desarrollado diversos sistemas de manejo de suelos denominados de conservación, que se basan en una mayor o menor reducción, en número e intensidad, de las labores de cultivo y en el mantenimiento en la superficie de los suelos cubierta con la vegetación de la región o cantidades de rastrojos o residuos de las cosechas anteriores para disminuir la erosión. Estos sistemas (mínimo laboreo) aplicables tanto a cultivos herbáceos como a cultivos leñosos, son expuestos por muchos técnicos y con resultados excelentes, sin embargo el tradicionalismo y el uso excesivo de la maquinaria agrícola no permiten desarrollar buenas prácticas agrícolas y conserva la biodiversidad del suelo.

Contaminación de suelos por plaguicidas y herbicidas y su influencia sobre la biodiversidad del suelo.

Factores que influyen en la mayor o menor posibilidad de contaminación.

La presencia de microorganismos en el suelo, tiene un papel importante a la hora de degradar los plaguicidas y herbicidas, es decir cuanto menor cantidad de microorganismos tenga un suelo, mas difícil será el que se degraden los plaguicidas en el mismo (especialmente los órganofosforados)

La presencia de bajas temperatura y pluviométrica acentúa los efectos:

Temperatura. Cuando la temperatura es baja el tiempo de permanencia de los plaguicidas y herbicidas en el suelo es mayor y la contaminación por tanto es mayor y tardan más en degradarse que cuando las temperaturas son altas.

Pluviométrica.

La ausencia de humedad y de lluvias favorece la permanencia de los plaguicidas y herbicidas en el suelo, la humedad en el suelo produce, que los fenómenos de adsorción (adhesión superficial de sustancias o moléculas que no llegan a mezclarse) sean menores y que por tanto se aumente la difusión del producto, así como la asimilabilidad del mismo

Según la fuerza de enlace de las partículas que constituyen la arcilla sea más o menos débil esta permitirá la entrada de moléculas orgánicas (plaguicidas o herbicidas) de manera más o menos fácil, en la arcilla tipo montmorillonita la fuerza es débil lo que hace que puedan entrar moléculas de tipo orgánico (plaguicidas) de un modo más fácil que por ejemplo en la arcilla tipo caolinita, en la que la fuerza de enlace entre las partículas es más fuerte, resulta más difícil la entrada de moléculas de tipo orgánico. El pH del suelo influye de manera que la adsorción de ciertos pesticidas aumenta al bajar el pH.

Efectos de los fertilizantes sobre la biodiversidad del suelo.

Las sales de nitrato son muy solubles, por lo que la posibilidad de que se produzca la lixiviación de este compuesto es elevada y más teniendo en cuenta el bajo poder de adsorción que presentan la mayoría de los suelos para las partículas cargadas negativamente.

El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales.

En estos medios acuáticos superficiales los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio, proceso que será explicado más ampliamente en el apartado de impacto medioambiental sobre las aguas de las actividades agrícolas y ganaderas.

Brevemente explicaremos que en un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad autodepuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos.

La lixiviación de nitratos hacia el subsuelo puede contaminar los acuíferos subterráneos, creando graves problemas de salud si se consume agua rica en nitratos, debido a su transformación en nitritos por participación de unas bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria. A su vez los nitritos se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado.

La cantidad de nitratos que se lixivian hacia el subsuelo depende del régimen de pluviosidad y del tipo del suelo. La mayoría de los suelos poseen abundantes partículas coloidales, tanto orgánicas como inorgánicas, cargadas negativamente, con lo que repelerán a los iones nitrato y como consecuencia, estos suelos lixiviarán con facilidad a los nitratos. Por el contrario, muchos suelos de la región adquieren carga positiva y por tanto, manifiestan una fuerte retención para los nitratos. La textura del suelo es un factor importante en relación con la lixiviación. Cuanto más fina sea la textura más capacidad de retención presentarán. Por otra parte, para una misma dosis de fertilizante nitrogenado, por ejemplo 200 Kg./ha, la lixiviación es mayor cuando el suelo presenta un drenaje más alto. Así mismo, podemos evaluar el exceso de N que se puede producir en función de la cantidad de N fertilizante aplicado y del drenaje del suelo.

Impacto ambiental del exceso de fertilizantes nitrogenados

- Cuando se realiza un abonado nitrogenado, en especial si se emplean dosis excesivas respecto a las necesidades reales de los cultivos implantados, pueden producirse los siguientes efectos secundarios.

Aportación de otros nutrientes no requeridos, como Azufre (S), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Sodio (Na) y Boro (B).

- Variación del PH del suelo (acidificación o alcalinización de los suelos)
- Incremento de la actividad biológica del suelo con importantes efectos indirectos sobre la dinámica global de los nutrientes.
- Daños por salinidad y contaminación de acuíferos, causados por una dosificación muy alta.
- Daños causados por las impurezas y productos de descomposición.
- Efecto secundario, herbicida y fungicida, de la cianamida cálcica.

Aplicación de abonos orgánicos no descompuestos.

El uso indiscriminado de estiércol provoca en muchos suelos trastornos físico-químicos y biológicos por las cantidades y naturaleza de los efluentes líquidos. La deyección líquida que contiene el estiércol acarrea problemas en los suelos a causa de los excesivos esparcimientos de estiércoles y purines en los suelos los cuales serían:

En la cantidad de materia orgánica. Cuando las dosis de estiércol licuado son muy importantes, se observa un aumento de la concentración de carbono en la capa arable, y un aumento en el espesor de la capa orgánica. La mineralización de estas materias orgánicas excedentes presenta problemas medioambientales (exceso de nitrógeno) que afectan tanto a las características físico-químicas de los suelos y su capacidad para mantener a los cultivos, como a los potenciales peligros de contaminación de acuíferos y cursos de agua.

- *Exceso de minerales.* Las producciones agrícola, animal o vegetal están acompañadas de inevitables liberaciones de sustancias en el medioambiente. En el caso de la producción animal, los minerales no utilizados acaban en el medioambiente con las deyecciones. La intensificación de la fertilización de las huertas así como el uso indiscriminado de abonos orgánicos y aumenta considerablemente el aporte de minerales provocando antagonismos y cambios en la flora microbiana del suelo.
- *Acumulación de fósforo.* Los fosfatos tienen una reducida movilidad en el suelo, y las pérdidas son en general casi nulas. La capacidad de fijación por los fosfatos en el suelo es más reducida en los suelos arenosos, que en los suelos limosos pero cuando se alcanza la saturación puede sobrevenir la emigración de los fosfatos en profundidad causando una eutrofización de las aguas tanto superficiales como subterráneas.
- *Aporte de potasio.* El potasio se encuentra sobre todo en la fracción líquida del estiércol, en forma inorgánica, si no se absorben por las plantas o es absorbido por las partículas del suelo puede ser lixiviado.
- *Aporte de boro.* El boro se puede volver tóxico a partir de una concentración en el suelo de 5 mg/Kg. (ppm) de boro soluble. En suelos muy ácidos la solubilidad del boro es muy elevada.
- *Aporte de metales pesados* En el caso de que metales como el cobre, que es aportado con estiércol fresco o compost de mala calidad, aumenten su contenido en la capa arable puede venir una modificación de la población microbiana del suelo, por ser ciertas bacterias poco resistentes a ese metal. Esta modificación podría ser el primer paso hacia una notable disminución de las funciones metabólicas microbianas. Hay ciertos procesos de la normal y necesaria dinámica de los suelos en los que resulta conocida su sensibilidad al aporte de metales, como la fijación de nitrógeno por las cianobacterias. Los otros metales no esenciales

como el plomo, el cadmio, el mercurio o el arsénio, son aportados en cantidades ínfimas y no presentan ningún riesgo para los suelos.

Resumiendo: El suelo es una compleja comunidad de organismos interdependientes, cuyas interacciones están determinadas por las características físico-químicas del mismo. Por tanto, la calidad del suelo, o sea, su capacidad para funcionar en la forma deseada, depende tanto de sus propiedades químicas y físicas como de sus componentes biológicos y sus interacciones. Aunque el componente biológico del suelo es responsable, entre otras cosas, de la estructura del mismo, de la formación de humus, y el reciclado de nutrientes, los microorganismos del suelo son muchas veces ignorados como parte importante del funcionamiento del ecosistema, aún cuando los microorganismos son muy sensibles a los cambios y perturbaciones que generan las prácticas agrícolas en nuestras huertas. Desde este punto de vista, es esencial reconocer la diversidad biológica del suelo para poder comprender mejor su funcionamiento. El término biodiversidad incluye la variedad de especies en el ecosistema así como la variabilidad genética de cada especie y las interrelaciones de los procesos bioquímicos que allí ocurren. Diversidad biológica es un tópico ambiental que preocupa tanto a científicos como a los productores y a la sociedad en general, y que agrupa a cada nivel de organización biológica, desde el molecular hasta el ecosistema global terrestre. Clásicamente los programas de biodiversidad se han centrado en plantas y animales, mientras que la biodiversidad del suelo y la microbiana ha recibido poca atención. Se estima que sólo el 13% de las poblaciones microbianas de la Tierra (bacterias, hongos, virus, etc.) han sido identificadas, lo que significa que se desconocen la mayoría de las especies existentes.

Dentro del contexto de agricultura sostenible, es particularmente atractiva, y es una práctica cada día más extendida, la inoculación de plantas con microorganismos que protejan de enfermedades o disminuyan la dependencia de fertilizantes químicos (biofertilizantes). Sin embargo, el uso masivo de tales inoculantes ha despertado serias preocupaciones sobre el posible impacto ecológico de su liberación al medio ambiente, en especial en aquellos casos de manipulación genética del inoculante. La evaluación de dicho impacto es muchas veces difícil debido a limitaciones de tipo técnico, así como a la dificultad para determinar si la alteración de algún parámetro medioambiental como consecuencia del uso de inoculantes microbianos puede afectar de forma negativa al equilibrio futuro de los ecosistemas del suelo. Un énfasis especial ha sido otorgado a los posibles riesgos que suponen la transferencia genética entre los inoculantes y las poblaciones nativas del suelo. Parece claro que la consecuencia primaria de la transferencia horizontal de genes es la generación de nueva biodiversidad. Sin embargo, y a tenor de los resultados obtenidos por diversos laboratorios, resulta patente que la biodiversidad generada por transferencia genética horizontal sólo puede ser evaluada a medio y largo plazo, en periodos de tiempo normalmente superiores a la duración de un experimento. Por ello es necesario recurrir a estrategias alternativas que permitan reconocer

cambios cualitativos y cuantitativos en las poblaciones microbianas como consecuencia de la introducción de nuevos individuos (inoculantes) en ecosistemas concretos, y que de alguna forma nos ayuden a comprender/predecir las posibles consecuencias positivas, negativas o neutras que las futuras prácticas agrícolas en nuestras huertas y pueden tener en el equilibrio de los ecosistemas actuales e incrementando la biodiversidad.

**"Errar es humano; perseverar el error es diabólico."
San Agustín de Hipona**