

Puntos de Relieve

1 ¿Cantidad de Nutrientes o Acceso a Nutrientes? Una Nueva Comprensión de Cómo Mantener la Fertilidad del Suelo en los Trópicos

8 Del Banco de Semillas de ECHO

ECHO
17391 Durrance Rd
North Ft. Myers, FL 33917
USA
Phone: (239) 543-3246
Fax: (239) 543-5317
echo@echonet.org
<http://www.echonet.org>

ECHO Notas de Desarrollo

¿Cantidad de Nutrientes o Acceso a Nutrientes? Una Nueva Comprensión de Cómo Mantener la Fertilidad del Suelo en los Trópicos

Por Roland Bunch

Introducción

A fin de lograr niveles altos de productividad agrícola en los trópicos al más bajo costo posible tanto en términos económicos como ecológicos, necesitamos comprender adecuadamente la relación entre los nutrientes en el suelo y la productividad de los cultivos. Para que esto suceda, la comprensión actual tiene que cambiar. **La idea convencional de la relación entre nutrientes del suelo y productividad de cultivos en los trópicos está llevando tanto a políticas agrícolas dañinas e ineficientes como a dañar las prácticas a nivel de finca.** No es necesario utilizar las grandes cantidades de fertilizantes químicos que se recomiendan con tanta frecuencia. De hecho, muchas veces el uso de dichos fertilizantes no es necesario, es caro y es dañino para el medio ambiente, especialmente porque los productores a menudo dejan de usar materia orgánica cuando usan fertilizantes químicos.

Gran parte de la teoría aquí descrita fue originalmente desarrollada por los doctores Artur y Ana Primavesi. Para obtener un análisis más profundo de los asuntos químicos y biológicos descritos en este artículo, el mejor libro en la actualidad es el libro de Ana Primavesi, *The*

Ecological Management of the Soil [El Manejo Ecológico del Suelo] (desafortunadamente este libro está disponible en la actualidad sólo en español y portugués). Este artículo abordará el concepto convencional de la fertilidad del suelo y algunos de sus defectos; una nueva concepción de fertilidad del suelo; y cómo puede ponerse en práctica la nueva teoría.

El Concepto Convencional de Fertilidad del Suelo

La fertilidad del suelo es más que el contenido de nutrientes disponibles en el mismo. Para fines de este artículo, utilizaremos la definición de fertilidad del suelo presentada en el libro de Anthony Young, *Agroforestry for Soil Conservation* (Agroforestería para Conservación del Suelo): “la fertilidad del suelo... es la capacidad del suelo de apoyar el crecimiento de las plantas, en forma sostenida, bajo condiciones dadas de clima y otras propiedades relevantes de la tierra”.

El concepto tradicional de fertilidad del suelo ve en gran medida la fertilidad como un reflejo de las cantidades generales de concentración de nutrientes en el suelo. Según este concepto, mientras haya suficientes nutrientes presentes, el pH del suelo se encuentre dentro de un cierto rango, y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) sea suficientemente alta para retener los nutrientes, existe una buena fertilidad del suelo. La idea básica es que el suelo funciona como un banco: añadir nutrientes repetidamente, durante un largo período de tiempo, y ellos gradualmente aumentarán como una cuenta de ahorros, aumentando la fertilidad del suelo y por lo tanto la

productividad de los cultivos. Nos referiremos a esta idea de la fertilidad del suelo como el Concepto de Cantidad de Nutrientes (NQC por sus siglas en inglés).

En la mayoría de los libros sobre propiedades y manejo del suelo (la mayoría de ellos escritos por proponentes del NQC), se presta poca atención a la materia orgánica o a la biología del suelo. En lugar de eso, las fuentes y cantidades de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) dominan la discusión. Como resultado de esto, la mayor parte de las recomendaciones para restaurar la fertilidad del suelo y mejorar la producción de alimentos en los trópicos descansan en la aplicación fertilizantes químicos.

Primero, una breve explicación para beneficio del lego: los cultivos pueden absorber algunos nutrientes que existen en el suelo en niveles de menos de 0.2 partes por millón, mientras otros nutrientes a menudo son difíciles de absorber a una concentración 100 veces mayor. (Ahn) Así, de hecho existe poca relación entre la habilidad física de la planta para absorber un nutriente y la concentración del nutriente en el suelo. Además, las plantas no absorben los varios nutrientes principalmente según los niveles presentes en el suelo, sino más bien de acuerdo con las propias necesidades de la planta, y en proporciones entre los nutrientes que son relativamente estables para cada especie o variedad de planta, independientemente de la cantidad de nutrientes en el suelo. Así, el Concepto de Cantidad de Nutrientes realmente dice que, siendo otras condiciones adecuadas, el crecimiento o productividad de toda planta dependerá en gran medida de la cantidad y disponibilidad del nutriente que es el factor limitante para que la planta logre el máximo crecimiento. Según esta teoría, en la práctica el crecimiento máximo de un cultivo debe lograrse teniendo reservas suficientemente grandes de estos nutrientes en el suelo de forma que existan cantidades adecuadas de ellos en formas disponibles. (Cresser)

Las insuficiencias del Concepto de Cantidad de Nutrientes

Insuficiencias teóricas del concepto

1) El Concepto de Cantidad de Nutrientes está sobresimplificado. Otros factores son mucho más importantes para la productividad que la cantidad total de cualquier nutriente único o grupo de nutrientes. Estos otros factores incluyen: la forma química en la cual ocurren los nutrientes; la profundidad del suelo en el cual éste ocurre; los tipos y números de macro y microorganismos que existen; la presencia de capas de compactación del suelo; y el equilibrio que existe entre los nutrientes, el pH del suelo, su contenido de humedad, su contenido de materia orgánica, sus macro y microorganismos, su textura y estructura, etc. Estos factores también influyen unos en otros, de manera que los microambientes dentro del suelo están cambiando constantemente. Algunas veces una planta puede tener

acceso a la mayor parte de un nutriente dado en el suelo, mientras que otras veces quizás sólo pueda tener acceso a menos del 1% de la cantidad total del mismo nutriente. La clave es la biodisponibilidad del nutriente, o sea, cuanto del nutriente de hecho está **disponible** para la planta.

Los factores arriba enumerados son reconocidos por los proponentes del Concepto de Cantidad de Nutrientes. Sin embargo, su pensamiento está dominado por un hecho en particular: que en un ambiente de **suelo uniforme**, si más de un nutriente dado está presente en el suelo, habrá más en forma disponible. No toman en cuenta el hecho de que el suelo no es uniforme y que a menudo la relación no existe, especialmente en los trópicos. Por ejemplo, el fósforo del suelo puede estar hasta cincuenta veces más disponible en un ambiente orgánico que un ambiente de suelo ácido infértil – y sin embargo la mayoría de los científicos todavía aconsejan agregar fósforo a suelo ácido, en lugar de aplicar el fósforo a un mulch, por ejemplo.

2) El Concepto de Cantidad de Nutrientes parece asumir que los nutrientes son relativamente estables en el suelo. Realmente no lo están, especialmente cuando la CIC del suelo es baja y/o en donde ocurre erosión. El nitrógeno y el potasio en particular no permanecen en el suelo por largo tiempo, y el fósforo es menos estable en suelos tropicales que lo que se ha supuesto por largo tiempo. El “dinero” está filtrándose fuera del “banco” constantemente. Y cuanto más dinero haya en el banco, mayor será la cantidad que se filtre.

Los fertilizantes químicos no mantienen los niveles de la mayoría de los micronutrientes en el suelo y reducen el pH del suelo. Esto significa que los productores quizás necesiten usar caliza o fertilizantes alcalinos caros debido al bajo pH del suelo por el uso de fertilizantes químicos. Se admite, la materia orgánica también falla en aumentar drásticamente las cantidades de nutrientes en el suelo al largo plazo en los trópicos. El uso de ya sea fertilizantes químicos o de materia orgánica exclusivamente no logrará mejoras a largo plazo en cantidades de nutrientes. No es que los fertilizantes químicos sean totalmente malos: el reemplazo de algunos elementos químicos en el suelo es aceptable y a menudo incluso deseable.

3) Los proponentes del Concepto de Cantidad de Nutrientes en gran parte han evitado tomar en cuenta el tremendo impacto en los suelos tropicales de factores tales como su macro y microbiología, el contenido de materia orgánica, los microambientes y las capas de compactación.

Insuficiencias en la práctica

La mayor parte de los científicos de suelos convencionales han concluido que las tecnologías de “bajo insumos externos” deben conducir inevitablemente a “bajos resultados”; que la “agricultura ecológica” es inevitablemente improductiva y que virtualmente no tiene futuro; y que los suelos con CIC muy baja, como los de la

mayoría de Africa Occidental, tienen muy poco potencial para una productividad agrícola decente. Ninguna de estas conclusiones está basada en la comprensión científica que nosotros tenemos de los suelos en su totalidad. La evidencia concreta de decenas de miles de agricultores en todo el mundo, así como también de muchos experimentos científicos, brinda evidencias considerables de que ninguna de estas conclusiones es, de hecho, exacta.

Así, el Concepto de Cantidad de Nutriente nos está fallando. Nos falla al no llevarnos a conclusiones adecuadas sobre las prioridades agrícolas. No predice qué sucederá si aplicamos una amplia gama de tecnologías agrícolas que actualmente están siendo probadas en los trópicos, y tampoco nos ayuda a comprender una serie de fenómenos naturales y agrícolas que estamos observando. Sobre todo, nos está fallando al no llevarnos hacia nuevas y prometedoras tecnologías que puedan proporcionar beneficios tremendos a bajo costo para los agricultores más pobres en los trópicos.

Veamos estas fallas con mayor detenimiento.

1) El Concepto de Cantidad de Nutrientes tradicional en los ambientes tropicales ha hecho que muchos científicos rechacen la agricultura ecológica a la primera. Según la forma de pensar del Concepto de Cantidad de Nutrientes, si no se pone mucho en la cuenta bancaria, no se puede retirar mucho. Debido a esta forma de pensar, las tecnologías prometedoras tales como la agricultura ecológica y la agroecología han sido ignoradas en gran medida (Pretty y Hine).

2) El Concepto de Cantidad de Nutrientes afirma que los suelos con CIC muy baja nunca producirán grandes cosechas debido a que estos suelos no pueden retener muchos nutrientes a lo largo de todo el ciclo de vida de un cultivo. Así, grandes áreas de los trópicos ha sido descartadas como áreas “de bajo potencial”, donde se considera que las inversiones en desarrollo agrícola no valen la pena (Mosher). Esta política errónea ya ha agravado serios problemas de injusticia económica y de hambre. Y todo debido a una teoría de la fertilidad del suelo que en el mejor de los casos es cuestionable.

3) El Concepto de Cantidad de Nutrientes conduce en forma casi inevitable a un alto uso de fertilizantes químicos, que son particularmente caros para agricultores pobres en recursos en los trópicos. Sin embargo, la experiencia en país tras país ha mostrado que con gastos totales mucho más bajos, los agricultores pueden lograr los mismos o incluso más altos rendimientos. Con el tiempo, el uso de la mayoría de los fertilizantes químicos minan los micronutrientes del suelo, lo acidifican aún más, y ayudan a erosionar, agotar o simplemente no reponen la materia orgánica del suelo. Luego se reduce la respuesta a fertilizantes químicos hasta que eventualmente no hay más ventajas económicas en su uso. El reciente aumento en los precios del petróleo (de

US\$12.00 por barril a algo entre US\$19.00 y US\$32.00 por barril) aumentará el costo de los fertilizantes debido a mayores costos de producción y transporte. ¡Aprendamos sobre posibilidades tecnológicas que permitan a los agricultores ser productivos sin recurrir tanto a fertilizantes químicos!

4) El Concepto de Cantidad de Nutrientes carece de habilidades de predicción. Se ha logrado una muy alta productividad en suelos que nunca podrían producir dichos rendimientos según el pensamiento tradicional, usando sólo la mitad a un décimo de la cantidad de nutrientes recomendados por el Concepto de Cantidad de Nutrientes. Podemos señalar varios casos específicos en los cuales el Concepto de Cantidad de Nutrientes no ha podido predecir los fenómenos presentes.

- ❖ Los aumentos en rendimientos logrados por el uso de abono verde / cultivos de cobertura (av/cc) en sistema tras sistema son mucho mayores que lo que el Concepto convencional habría predicho. La tecnología de “abono verde / cultivos de cobertura” produce biomasa, a menudo de leguminosas, intercalada con cultivos regulares, bajo árboles frutales, durante la estación seca, durante períodos de heladas o en suelos degradados demasiado pobres para cultivar (i.e. en todos los casos en tierras con poco o ningún costo de oportunidad), de esta manera **agregando enormes cantidades netas** de biomasa alta en nutrientes *in situ* a los sistemas agrícolas y aplicándola a la superficie donde es altamente accesible para cultivos posteriores (ver Bunch 2001). “Arboles dispersos” es otra práctica tradicional en todo el mundo que apenas recientemente ha sido estudiada y promovida en Centroamérica, pero que aparentemente tiene un tremendo potencial para aumentar la producción de biomasa en muchos de los trópicos de tierras bajas.

Los productores que usan abono verde / cultivos de cobertura, que resulta en aumentos de quizás sólo 100 kg de N fijado y sin P o K adicionales, a menudo han duplicado los rendimientos de maíz (Buckles; Bunch y López; Pretty y Hine, por ejemplo). Aún más, en el norte de Honduras se ha continuado produciendo con rendimientos de 2.5 t/ha en suelos tropicales relativamente pobres y húmedos todos los años durante 40 años, sin ninguna aplicación de NPK químico. Por supuesto, lo que está pasando aquí se debe a la dinámica biológica, física y química dentro del suelo, no sólo a la de los nutrientes del suelo. Sin embargo, según el Concepto de Cantidad de Nutrientes, los niveles de P, al menos, deberían haberse convertido en un factor limitante importante hace algunos años. Aún así, después de 40 años, las aplicaciones de P químico en estos suelos todavía no dan una respuesta económica. (Buckles).

- ❖ Usando el Sistema de Intensificación del Arroz (SRI por sus siglas en inglés) en Madagascar, cientos de

agricultores están logrando rendimientos de 12 a 15 t/ha, y ocasionalmente 18 t/ha, usando sólo cantidades moderadas de compost y sin fertilizantes químicos en suelos ácidos de baja CIC (un caso clásico de “suelos de bajo potencial”) (Uphoff, ver también ECHO Notas del Desarrollo, Número 70). Sin embargo los expertos mundiales en arroz mantienen que el “máximo biológico” para la planta de arroz es menos de 10 t/ha. La actitud de que “agricultura de bajos insumos es agricultura de bajos resultados” ni siquiera se acerca a explicar los rendimientos de arroz de 15 t/ha en estos suelos de “bajo potencial” con tan poco N introducido en el sistema.

- ❖ En Africa Occidental, en suelos muy viejos de baja CIC, las mujeres siembran frecuentemente maíz de 4 m de alto y 4 t/ha en pequeñas parcelas alrededor de sus viviendas. La única adición al suelo son las aguas grises y restos de comida del hogar, los cuales se aplican diariamente.
- ❖ La agricultura tradicional de rozar y quemar o agricultura migratoria ha sido un método mundial antiguo de regenerar suelos. Las técnicas no pueden ser explicadas plenamente por la interpretación dominante del Concepto de Cantidad de Nutrientes. Cerca de la mitad de los campos que los agricultores de Africa Occidental indicaron que estaban listos para ser “rozados y quemados” no tenían vegetación visible en ellos aparte de pastos. Si los pastos pueden regenerar los suelos por sí mismos, ¿cómo puede el Concepto de Cantidad de Nutrientes explicar este fenómeno mundial?
- ❖ La productividad de biomasa de los bosque húmedos naturales es mucho mayor que lo que su CIC permitiría bajo el Concepto tradicional. Los científicos que normalmente siguen el Concepto de Cantidad de Nutrientes admiten libremente que el rápido reciclaje de nutrientes en los bosques húmedos tropicales permite tremendos niveles de producción de biomasa en presencia de niveles muy bajos de nutrientes y CIC en el suelo en general. Sin embargo muchos niegan la posibilidad de que este mismo fenómeno de la rápida circulación de nutrientes pudiera ser la base de agricultura de cultivos altamente productiva bajo condiciones similares. En otras palabras, los proponentes de Cantidad de Nutrientes admiten libremente en el caso de los bosques tropicales que “bosques de bajos insumos producen bosques de alta producción”, pero se rehúsan a admitir que el mismo principio podría ser aplicable a la agricultura en los mismos ambientes.

El bombeo de nutrientes (el transporte de nutrientes a la superficie del suelo desde capas más profundas por los árboles) aparentemente podría de alguna forma oscurecer un poco el asunto anterior. Sin embargo, muchos bosques húmedos producen grandes cantidades

de biomasa sobre los subsuelos que, incluso bajo bombeo de nutrientes extremadamente eficiente, proporcionan menos nutrientes que los agregados artificialmente bajo muchos sistemas “de bajos insumos externos”. Además, áreas profundas del suelo desde las cuales los nutrientes son presumiblemente “bombeados”, casi siempre poseen concentraciones mucho menores de nutrientes que las que tiene los suelos encima de ellas. Por lo tanto, incluso **con** bombeo de nutrientes, los bosques naturales proporcionan evidencia clara de que se están extrayendo suficientes nutrientes de suelos con una concentración total extremadamente baja de nutrientes para producir niveles muy altos de biomasa.

- ❖ Las compañías de fertilizantes químicos han gastado millones de dólares para investigar formas de “liberación lenta” de fertilizantes químicos. De modo que estas compañías admiten a través de sus acciones que la cantidad general de nutrientes disponible en cualquier momento no es el asunto principal en productividad. En lugar de eso, el **suministro constante** de nutrientes es más importante que la cantidad total disponible en cualquier momento en particular.

Dadas las aparentes imprecisiones e incluso las inconsistencias lógicas del Concepto de Cantidad de Nutrientes tradicional, es el momento de formular un concepto nuevo, más amplio y preciso de la fertilidad del suelo en los trópicos.

El Concepto de Acceso a Nutrientes de la Fertilidad de Suelos Tropicales

Para ilustrar el Concepto de Acceso de Nutrientes de fertilidad del suelo, comenzamos con un experimento reportado en el libro *Manejo Ecológico del Suelo* de Ana Primavesi. En este experimento, se sembraron cultivos en cuatro soluciones hidropónicas. Las soluciones fueron las siguientes:

- 1) Se utilizó una concentración normal de nutrientes para un desarrollo máximo de la planta de maíz, y se reponía cada 4 días.
- 2) Se utilizó el doble de la concentración normal y se reponía cada 4 días.
- 3) La solución normal fue diluida 50 veces y también se reponía cada 4 días.
- 4) La solución normal fue diluida 50 veces, pero se reponía cada 2 días.

El crecimiento de la planta (medido en gramos de peso seco) fue menor en el segundo caso que en el primero. El crecimiento de la planta en el tercer caso también fue menor que en el primero. Pero en el cuarto caso, el crecimiento de

la planta fue un poco mejor que en el primero. **Incluso cuando la solución de nutrientes era 1/50 de lo que el Concepto de Cantidad de Nutrientes habría visto como óptimo, las plantas crecieron igualmente bien, siempre y cuando la solución fuera reemplazada con suficiente frecuencia y las raíces pudieran tener acceso a los nutrientes.**

El crecimiento de los cultivos sobre una extremadamente baja concentración **no** depende de la concentración de nutrientes. En lugar de eso, depende del acceso constante de las raíces de la planta a los nutrientes, incluso cuando estos nutrientes existen en concentraciones muy bajas. Lo que se necesita es un suministro constante de una pequeña pero bien balanceada cantidad de nutrientes durante el tiempo, y el acceso sin obstrucción de las raíces de la planta a estos nutrientes.

Este experimento muestra que la relación entre concentraciones o cantidades generales de nutrientes y crecimiento de la planta es, sobre una cierta concentración mínima, prácticamente **inexistente**. Siempre y cuando las plantas disfruten de las condiciones idóneas de equilibrio de nutrientes, accesibilidad a los mismos y un reabastecimiento constante de nutrientes, la relación entre la concentración de nutrientes en el suelo y su productividad es ya sea cero (i.e. no hay relación) o negativa (i.e. nutrientes más concentrados reducen la productividad de la planta).

Estos resultados son más pertinentes a suelos y agricultores tropicales que a suelos y agricultores de zonas templadas por distintas razones:

- 1) Los suelos tropicales tienden a tener concentraciones más bajas de nutrientes y menos sitios de intercambio de cationes (menor capacidad de retención de nutrientes).
- 2) El calor ambiental de los trópicos dificulta a las plantas crear suficiente presión osmótica para absorber nutrientes de soluciones altamente concentradas. Las concentraciones limitadas de nutrientes a menudo son mejores.
- 3) La mayoría de los agricultores en los trópicos trabajan a mano o con tracción animal, de manera que pueden micromanear el suelo a mano y crear distintos microambientes. En algunos de estos microambientes, los nutrientes son más accesibles
- 4) Los agricultores pobres en recursos no pueden permitirse la sobre-aplicación de fertilizantes. Y a menudo pierden más nutrientes que los productores de zona templada debido a la alta precipitación, laderas escarpadas o factores de química de suelo

En lugar de enfatizar la concentración de nutrientes en el suelo, el nuevo concepto enfatiza el acceso de las raíces de la planta a los nutrientes del suelo. Nos referiremos a este concepto como el Concepto de Acceso a Nutrientes de

fertilidad del suelo. Aquí presentamos los principales enunciados de este concepto:

El crecimiento máximo de la planta puede lograrse mejor y en forma más barata en los trópicos a través de:

- 1) El suministro constante de nutrientes del suelo (logrado en la forma menos cara con concentraciones bastante bajas)
- 2) Un equilibrio saludable entre los nutrientes
- 3) Acceso máximo de las raíces de la planta a estos nutrientes (p. ej. El mantenimiento de una buena estructura del suelo y/o mulches)

La Idoneidad del Concepto de Acceso a Nutrientes

¿Puede el Concepto de Acceso a Nutrientes explicar los fenómenos arriba mencionados mejor de lo que podría explicarlos el Concepto de Cantidad de Nutrientes? Por una parte, el Concepto de Acceso a Nutrientes admite que pueden lograrse altos niveles de productividad a través de altas concentraciones de nutrientes en la agricultura de países desarrollados, e incluso en agricultura de plantaciones altamente capitalizadas en los mejores suelos de los trópicos. Esto es cierto en muchas circunstancias, especialmente en climas más fríos, cuando los suelos son compactados o la estructura óptima del suelo ha sido dañada, cuando la CIC es alta y cuando los agricultores están bien capitalizados.

Sin embargo, donde los suelos tienen CIC muy baja, donde la materia orgánica del suelo es o pudiera ser abundante y barata, donde el capital es escaso, y/o donde las temperaturas son altas, el Concepto de Acceso a Nutrientes apunta a prácticas agrícolas de un tipo radicalmente distinto a las usadas actualmente.

Muchos productores, en el sur de Brasil y decenas de otros países, han logrado rendimientos competitivos a un costo relativamente bajo en suelos de “muy bajo potencial”, con impacto ecológico de largo plazo más positivo que el de la agricultura realizada según el Concepto de Cantidad de Nutrientes.

Así, el Concepto de Acceso a Nutrientes podría reducir significativamente los costos de producir rendimientos competitivos en los trópicos. También se enfrenta a la injusta discriminación actual contra aquellos que practican la agricultura en los llamados suelos de “bajo potencial”. De hecho, con aplicaciones bastante pequeñas y baratas de nutrientes altamente accesibles, estos suelos pueden producir cosechas varias veces mayores de sus niveles actuales. El “potencial” del suelo depende más del manejo adecuado del suelo que de la adición de grandes cantidades de nutrientes sumamente caras.

El Concepto de Acceso a Nutrientes también cuestiona los esfuerzos para subsidiar grandes cantidades de fertilizantes químicos caros para países africanos que ya están

prácticamente en bancarrota. Dichas propuestas se basan en el Concepto de Cantidad de Nutrientes. La adopción del Concepto de Acceso a Nutrientes obligaría a una importante reformulación de estas propuestas, dirigiéndolas más bien hacia la meta de mayores rendimientos a través de mayores niveles de producción de biomasa, mejoras en la estructura del suelo y sistemas basados en mulch.

Además, el Concepto de Acceso a Nutrientes puede explicar en forma adecuada los fenómenos observados anteriormente, que la teoría tradicional no puede explicar:

- ❖ Abono verde/cultivos de cobertura. En lugar de depender de altas concentraciones de nutrientes químicos, los rendimientos en sistemas de av/cc y agroforestales dependen de la fijación de N y el reciclaje de grandes cantidades de materia orgánica que hace que P y otros nutrientes en los suelos sean mucho más solubles (i.e. disponibles químicamente), y coloca a la mayoría de estos nutrientes cerca de la superficie del suelo, donde son fácilmente accesibles a las raíces de las plantas.
- ❖ Rendimientos de SRI. Con la metodología de SRI, el suelo es aireado y las plantas producen casi seis veces más raíces por plantas. Esto significa que pueden tener acceso a muchos más nutrientes en el suelo
- ❖ Huertos familiares en África Occidental. La materia orgánica que se produce en las cocinas diariamente mantiene un suministro pequeño y regular de nutrientes.
- ❖ Regeneración de suelos tropicales. La regeneración de los bosques o pastizales mantiene o mejora la estructura del suelo de forma que en tierra recientemente rozada los cultivos puede tener acceso de manera más eficiente a la baja concentración de nutrientes. La materia orgánica en o cerca de la superficie del suelo (de años de barbecho) suministra nutrientes en pequeñas cantidades.
- ❖ Bosques húmedos. Se mantiene una buena estructura de suelo y mulches, de modo que los árboles pueden tener acceso a las pequeñas cantidades de nutrientes que son suministrados constantemente por la descomposición de la materia orgánica del suelo. Los árboles con raíces profundas y muchas raíces alimentadoras pueden captar muchos nutrientes incluso aunque estén sólo presentes en bajas concentraciones.
- ❖ Fertilizantes químico de liberación lenta. Los beneficios de los fertilizantes químicos de liberación lenta son mucho más comprensibles basándose en el Concepto de Acceso a Nutrientes en lugar de basarse en el Concepto de Cantidad de Nutrientes.

Por supuesto que estas explicaciones son muy simplistas. El acceso de las plantas a los nutrientes es un fenómeno muy complicado que involucra un gran número de factores. Estos incluyen la temperatura del suelo, niveles de materia

orgánica del suelo, pH, propiedades químicas del suelo, la presencia de capas compactadas y posicionamiento y equilibrio de los nutrientes. Todos estos factores a su vez son afectados por la actividad de cientos de miles de microorganismos en cada cucharadita de suelo. **Sin embargo, el Concepto de Acceso a Nutrientes parece acercarse más a explicar la suma total o promedio de todos estos variados y misteriosos procesos que el Concepto de Cantidad de Nutriente.**

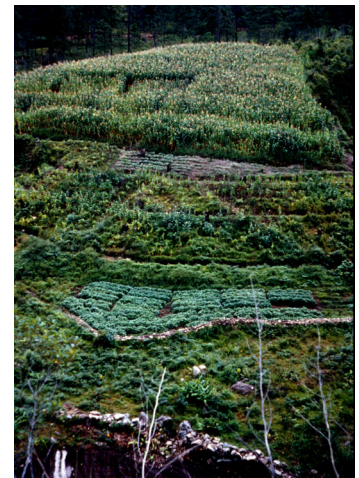


Figura 1. Las técnicas asociadas con el Concepto de Acceso a Nutrientes pueden resultar en cambios dramáticos. Arriba se muestra una parcela de tierra desnuda, erodada. A la derecha se muestra la misma parcela solo dos años más tarde. Fotos de Roland Bunch.

Poniendo el Concepto de Acceso a Nutrientes en la Práctica

La forma más fácil de poner en práctica el Concepto de Acceso a Nutrientes es a través del uso abundante de materia orgánica. La materia orgánica suministra concentraciones bajas a medias de nutrientes, casi siempre en cantidades bien balanceadas. Debido a su propia naturaleza, la materia orgánica también tiene un mecanismo de liberación lenta, que permite a los nutrientes estar disponibles para las plantas durante un período de varios meses o años. Y por último, la materia orgánica del suelo puede mejorar de manera gradual la estructura del suelo, tanto directamente (a través de proporcionar materiales aglutinantes para mejorar la floculación) como indirectamente (al alimentar a las lombrices de tierra y otros organismos del suelo que también mejoran la estructura del suelo) (Minnich).

La mejor forma de aplicar materia orgánica es aplicarla ya sea a la superficie del suelo o, durante el período de transición (de agricultura basada en fertilizantes a agricultura basada en mulches), dentro de los 20 cm. de la superficie. Durante el primero o segundo año de una transición a agricultura basada en mulches, la compactación del suelo bajo la superficie es un serio factor limitante. Después del primero o segundo año, prácticamente toda la materia orgánica debiera aplicarse a la superficie del suelo.

El Concepto de Acceso a Nutrientes no apoya necesariamente un enfoque totalmente orgánico. Pero

sugiere una gran reducción en el uso de fertilizantes químicos en el corto plazo. En el largo plazo, sugiere el uso de fertilizantes químicos solamente para reemplazar los nutrientes que no son suministrados por la materia orgánica y la fijación de nitrógeno.

En base a la Teoría del Acceso a Nutrientes, se han comenzado a utilizar alrededor de todo el mundo los siguientes Cinco Principios de manejo de suelos en la agricultura de pequeños productores:

1) Maximizar la producción de materia orgánica. La producción de materia orgánica puede aumentarse de las siguientes formas: a) cultivos intercalados de av/ccs con cultivos anuales o cultivos arbóreos; b) establecimiento de parcelas y huertas de dos hasta cuatro niveles; y c) plantar árboles o av/cc en tierras improductivas o durante la estación seca. El riego puede ayudar a aumentar la producción de materia orgánica en zonas secas. Es mejor producir la biomasa en el sitio.

2) Mantener el suelo cubierto. Cubrir el suelo ayudará a reducir tanto el crecimiento de las malezas como el calentamiento del suelo. Lo último puede acelerar la combustión de la materia orgánica, reducir las tasas de crecimiento del cultivo y causar la muerte de los organismos benéficos del suelo. Al maximizar la producción de biomasa y mantener el suelo cubierto, muchas veces puede eliminarse la necesidad de dejar las tierras en barbecho. Mantener el suelo cubierto reduce la tasa de descomposición de la materia orgánica del suelo, lo que significa que la provisión de nutrientes del suelo durará más tiempo y será más constante, incluso si los mulches tienden a perder una cierta cantidad de N debido a la volatilización.

3) Usar cero labranza. Con el objeto de que sea efectiva, esta técnica debe ser utilizada en presencia de una producción máxima de biomasa, de forma que pueda mantenerse el suministro de nutrientes y una buena estructura del suelo. Los sistemas con una abundante producción de biomasa pueden seguir siendo altamente productivos durante décadas, tal como lo han demostrado una serie de sistemas de av/cc y agroforestales.

Muchas veces la cero labranza no puede practicarse en el primero o segundo año de la transición. Pero las poblaciones de organismos que labran naturalmente el suelo aumentan rápidamente a medida que los niveles de materia orgánica del suelo aumentan y el suelo se cubre. (Por ejemplo, los científicos han mostrado que solamente las lombrices pueden mover más suelo/ha/año que lo que mueve un pase de arado utilizando un arado de vertedera tirado por un tractor.) (Minnich)

En los libros de texto convencionales, la labranza está vinculada al aumento del uso de herbicidas. Sin embargo, si el suelo se mantiene cubierto a través del uso adecuado de av/cc y agroforestería, la gran mayoría de los productores de pequeña escala descubrirán que no necesitarán nunca, o solo raramente, el uso de herbicidas.

La labranza daña la estructura del suelo y aumenta la tasa de combustión de la materia orgánica del suelo. También expone al suelo (i.e. viola el principio de mantener el suelo cubierto) y remueve o incorpora el mulch, lo que viola el quinto principio que se presenta más abajo.

4) Maximizar la biodiversidad. Este principio es de primordial importancia para mantener la sostenibilidad del sistema en el largo plazo. También puede ser muy importante en mantener el balance de nutrientes requerido por el Concepto de Acceso a Nutrientes (Primavesi).

5) Alimentar a los cultivos en gran parte a través del mulch. Muchos suelos tropicales húmedos no son ambientes muy hospitalarios para las raíces de los cultivos debido a su bajo pH (menor de 5.0), su toxicidad por aluminio y las capas compactadas. Los cultivos muchas veces crecerán mucho mejor si también pueden acceder a los nutrientes de una gruesa capa de residuos o mulch. La mayor parte de las raíces de alimentación se expandirán inmediatamente debajo o hacia arriba dentro de una capa de mulch **siempre y cuando ésta permanezca razonablemente húmeda.** El impacto de los fertilizantes químicos también puede a veces aumentarse mucho al aplicarlo al mulch en vez de al suelo.

Alimentar a las plantas a través del mulch ayuda a compensar una pobre estructura del suelo o condiciones menos que ideales para el crecimiento de las raíces. En suelos pobres, si los nutrientes están sobre la superficie del suelo, las plantas tendrán mejor acceso a ellos.

Los pequeños productores y las ONG han desarrollado una cantidad de formas simples para que el acceso de las plantas a los nutrientes pueda mejorarse sin ser caro durante el período de transición. Por ejemplo, Edwin Asante, de Visión Mundial /Ruanda desarrolló una versión de “siembra de precisión” de papas para pequeños productores. En este caso, se coloca una bola de 8 cm de materia orgánica, cal y cerca de una cuarta parte de la cantidad normalmente recomendada de fertilizante químico menos de 0.5 cm directamente debajo de la semilla. Los rendimientos en suelos muy pobres con un pH de 3.5 han promediado las 20 t/ha, en contraposición a las 9 t/ha sin siembra de precisión (comunicación personal, durante una visita de campo). En Honduras, Elías Sánchez desarrolló un tipo de labranza en fajas o en líneas (llamado localmente “labranza mínima”) que concentra la materia orgánica en la faja del cultivo, en donde es más accesible.

Estos Cinco Principios son los mismos principios que un bosque tropical húmedo emplea para mantener su alta “productividad” por milenios, incluso en suelos con muy baja CIC. Un bosque tropical húmedo maximiza la producción de biomasa y la biodiversidad, mantiene el suelo sombreado permanentemente, y alimenta a sus plantas en gran parte a través de la capa de residuos. Y, por supuesto, ningún ser humano ha arado un bosque para mantenerlo verde y exuberante, siglo tras siglo.

Impacto Adicionales del Concepto de Acceso a Nutrientes

Podemos esperar algunos resultados importantes del concepto de Acceso a Nutrientes de la fertilidad del suelo.

1) **Un aumento en el optimismo sobre la condición de los productores pobres en recursos.** Dado el Concepto de Acceso a Nutrientes, incluso aquellos productores con suelos fuertemente degradados podrían incrementar dramáticamente sus rendimientos con muy poca inversión más que el aumento del conocimiento y la adopción de nuevas técnicas agrícolas. Av/cc proporcionan nitrógeno más barato que las fábricas de fertilizantes, en tanto que la cero labranza y los cultivos de cobertura pueden prácticamente eliminar la ventaja comparativa brindada por los tractores.

2) **Agricultura más sostenible.** Con el uso de las prácticas anteriormente mencionadas, la agricultura del mundo se volverá bastante más sostenible. El aumento de la sostenibilidad vendrá de la reducción del uso de fertilizantes químicos (reduciendo la contaminación del agua subterránea y las aguas superficiales, el desbalance de los nutrientes y la acidificación de los suelos). También vendrá de los impactos positivos sobre el medio ambiente del aumento de la producción de biomasa, la cobertura del suelo, la materia orgánica del suelo y la biodiversidad, y la disminución de la dependencia de los agricultores de combustibles fósiles cuyo costo va en aumento.

El artículo completo con todas las referencias (20 páginas en total) está disponible a solicitud.

Referencias Seleccionadas

Ahn, Peter Martin (1993) *Tropical Soils and Fertilizer Use*, Essex, Longman Group UK Ltd.

Buckles, Daniel, *et al.* (1998) *Cover Crops in Hillside Agriculture, Farmer Innovation with Mucuna*, Ottawa, Canada, International Development Research Centre (IDRC) and International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).

Bunch, Roland (2001) "A Proven Technology for Intensifying Shifting Agriculture, Green Manure/Cover Crop Experience Around the World," and "Achieving the Adoption of Green Manure/Cover Crops," both presented at the International Institute for Rural Reconstruction (IIRR's) Conference on "Best Practices in Shifting Agriculture and the Conservation of Natural Resources in Asia," held August 14-26 at Silang, Cavite, the Philippines. Both are soon to be published by IIRR.

Bunch, Roland and Gabino López (1995) *Soil Recuperation in Central America, Sustaining Innovation after Intervention*, Gatekeeper Series No. 55, London, International Institute for Environment and Development (IIED).

Cresser, Malcolm, *et al.* (1993) *Soil Chemistry and its Applications*, Cambridge, UK, Cambridge University Press.

Minnich, Jerry (1977) *The Earthworm Book, How to Raise and Use Earthworms for Your Farm and Garden*, Emmaus, Pennsylvania, Rodale Press.

Mosher, A. T. (1971) *To Create a Modern Agriculture, Organization and Planning*, New York, Agricultural Development Council, Inc.

Pretty, Jules and Rachel Hine (2000) *Feeding the World with Sustainable Agriculture, A Summary of New Evidence*, Colchester, UK, University of Essex.

Primavesi, Ana (1982) *Manejo Ecológico del Suelo, La Agricultura en Regiones Tropicales, Quinta Edición*, Buenos Aires, Librería "El Ateneo" Editorial.

Uphoff, Norman (2000) "How Can 'The Biological Maximum' for Rice be Exceeded? Possible Explanations for the High Yields Observed with the System of Rice Intensification (SRI)," draft copy, printed paper.

Young, Anthony (1989) *Agroforestry for Soil Conservation*, Oxon, UK, C.A.B International.

DEL BANCO DE SEMILLAS DE ECHO

Zanahoria 'Uberlandia'

Por Dawn Berkelaar

Hace algunos años (en el número 43 de EDN, diciembre de 1993), escribimos que había semilla disponible para una zanahoria que semillaba en los trópicos (normalmente las zanahorias sólo producen semilla en los climas templados con un invierno frío). El Dr. Warwick Kerr nos envió la semilla original de la zanahoria 'Uberlandia' desde Brasil hace casi diez años. En nuestro artículo de 1993, mencionamos que una persona familiarizada con el mejoramiento de plantas podría hacer

un gran bien al productor campesino si seleccionase semillas de plantas que produjeran zanahorias de mejor calidad.

En 1994, Reed Franz, un profesor retirado de agricultura vocacional del centro de Florida, asumió el reto e inició con paquete de semillas de la zanahoria Uberlandia. El sembró las zanahorias en la primera semana de enero. A comienzos de mayo, evaluó las zanahorias cavando a lo largo de cada una, revisando la punta, y cortando una muesca en el lado. Reed estaba seleccionando por varias características: apariencia agradable,

tamaño aceptable, lados casi paralelos y una punta un poco roma, consistencia, sabor agradable (no leñoso o amargo), una alta tasa de xilema a núcleo, y un intenso color naranja. Las zanahorias no satisfactorias se extrajeron y quemaron antes de que el tallo semillero comenzara a crecer rápidamente. (Estas mismas técnicas de selección pueden utilizarse con otras variedades de zanahoria.)



Figura 2. Un xilema grueso con un núcleo pequeño, naranja brillante, indica alto contenido de caroteno. Foto por Reed Franz.

Cuando las flores abrieron y el polen apareció, Reed sacudió manualmente las cabezuelas de las flores unas sobre otras para transferir el polen. Hizo esto dos o más veces por día durante el período pico de la polinización. Las cabezas de las semillas se recolectaron tan pronto se volvieron de color café, luego se colocaron en recipientes poco hondos y se pusieron a secar bajo techo. Cuando las umbeletas se volvieron quebradizas, se trituraron manualmente las cabezas de las semillas y se pasaron a través de varios cedazos con varios tamaños de malla. Una cantidad pequeña de semilla se puso aparte para la siembra del año siguiente, pero Reed trajo la mayor parte a ECHO para ser distribuida a nuestra red.

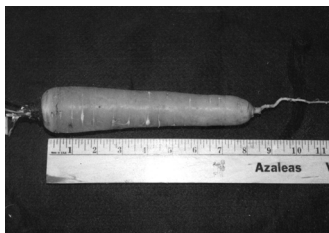


Figura 3. Esta zanahoria fue parte de la cosecha del 2000 de Reed. Note el tamaño y la punta roma, ambas características por las cuales Reed estaba seleccionando. Foto por Reed Franz.

En la primera cosecha hace más de seis años, sólo el 3-4% de las zanahorias fueron naranja, y muchas de ellas fueron muy delgadas. Con cada generación, el tamaño y el color de las zanahorias mejoró. Las zanahorias que están produciendo ahora tienen un buen tamaño y un color naranja profundo. En este momento, la zanahoria Uberlandia está lista para ser cultivada y seleccionada en localidades específicas.

Rick Burnette cultivó estas zanahorias en el Centro del Proyecto de Desarrollo Holístico de Tierras Altas (UHDP por sus siglas en inglés) en la provincia Chiang Mai en Tailandia. El dice que en UHDP la zanahoria Uberlandia ha sido plantada por al menos un año y ya han cosechado dos generaciones de semillas de las plantas. El recuerda que las zanahorias echan semilla en una parcela durante la temporada fría temprana y más tarde durante la temporada caliente tardía. Aunque no han sacado muchas raíces (debido a que están tratando de ahorrar semilla), las maduras que sacaron tenían cerca de seis pulgadas de largo. Las plantas se asperjaron semanal o cada dos semanas con un insecticida botánico hecho de neem, zacate limón y galangal. A pesar de este tratamiento, algunas de las raíces estaban infestadas con larvas de las raíces y más tarde se pudrieron.

Burnette escribe “Me he sentido estimulado debido a que la variedad parece desarrollarse bastante bien hasta el momento y la considero una buena fuente de vitamina A para los productores de huertos caseros en el área. Aunque los tailandeses más ricos de las tierras bajas están familiarizados con las zanahorias híbridas producidas en las plantaciones locales y que se venden en el mercado, las minorías de las tribus de las colinas están menos familiarizadas con el cultivo. Aunque su aceptación de las zanahorias no es segura, la respuesta inicial a las zanahorias en el Centro parece favorable.”

Si Ud. desea probar estas zanahorias en su área, escríbanos para un paquete de prueba. Aquellos que trabajan en desarrollo agrícola pueden solicitar un paquete gratis. Para otros, el costo des de \$4.00. Cuando siembre estas zanahorias, asegúrese de que no saca y se come las mejores antes de que las semillas se hayan formado; si lo hace, estará haciendo en cierto sentido una selección negativa, salvando semilla de las peores zanahorias cada año. Estaremos interesados en saber cómo crecen las zanahorias Uberlandia en su área. Mientras tanto, decimos, “Gracias, Reed, por un trabajo bien hecho!”

ESTA PUBLICACION tiene derechos de autor del año 2002. Las suscripciones valen US\$10 por año (US\$5 para estudiantes). Las personas que trabajan con pequeños agricultores y hortelanos urbanos del tercer mundo deberán pedir una solicitud para obtener una suscripción gratuita. En español, los números 47-74 pueden comprarse por la suma de US\$12, incluyendo el franqueo aéreo. En inglés, los números 1-51 (revisadas) se encuentran disponibles en una obra llamada *Amaranth to Zai Holes: Ideas for Growing Food Under Difficult Conditions*. El costo del libro es de US\$29.95 más el franqueo postal en América del Norte. Hay un descuento para misioneros y trabajadores en pro del desarrollo de los países en vías de desarrollo (en las Américas, US\$25 incluye el correo aéreo; Europa, África y Asia, US\$25 incluye el correo por vía terrestre y US\$35 para enviarlo por correo aéreo). El libro y todos los números subsiguientes están disponibles en CD-ROM por \$22.00 (incluyendo el franqueo aéreo). En inglés, los números 52-74 pueden comprarse por la suma de US\$12, incluyendo el franqueo aéreo. ECHO es una organización cristiana no lucrativa que le ayuda a ayudar a los pobres del tercer mundo para que cultiven productos alimentarios. Este número es traducido por Auxilio Mundial de Nicaragua.