

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA JUAN DE CASTELLANOS
Instituto de Investigaciones Científicas. Inicien
Facultad de Ciencias Agrarias

CIENCIA Y VIDA
II SEMANA CIENTÍFICA

Seminario – Taller

LOS BIOINDICADORES DEL SUELO, UNA
HERRAMIENTA DE ANÁLISIS EN AGRICULTURA
ORGÁNICA

Orientado por: Ana María Primavesi Ph.D
en Ingeniería Agronómica

Tunja, octubre 6 y 7 de 2003

INTRODUCCIÓN

BIOINDICADORES, SUELO Y PLANTAS

La agricultura representa el sector más importante de la economía de nuestro país. Está sujeta a la biodiversidad vegetal y a la riqueza del suelo, se puede hacer un uso adecuado o no, dependiendo de tecnologías apropiadas y la disponibilidad de saberes y de conocimiento científico.

“El manejo de los suelos constituye una de las prácticas más importantes en la agricultura moderna. Existen diferentes tipos de suelos con distintas propiedades físicas, cada una de ellas requiere su propia preparación, uso y conservación; estas prácticas pueden variar de acuerdo con el cultivo seleccionado para la siembra y condiciones ambientales de la zona” Montenegro y Malagón 1990.

El suelo es alterado de diversas maneras: laboreo, adición de fertilizantes, sustancias tóxicas, orgánicas e inorgánicas, monocultivo entre otras. En este sentido, Primavesi 1984, sostiene que: “Toda descomposición es una secuencia de oxidaciones y reducciones de una sustancia orgánica hasta conseguir agua y gas carbónico”.

Los organismos que viven en el suelo, por su diversidad y capacidad de adaptación a condiciones diversas pueden desempeñar múltiples funciones de gran importancia para el sistema, que producirían efectos ecológicos por acción mecánica o química. Asimismo, algunos de ellos pueden actuar como **indicadores de calidad de suelo**, (Otero et al 2002).

Dado que en él existe una gran biodiversidad microbológica, faunística y florística propia de cada lugar o región. Los **bioindicadores** permiten conocer las condiciones particulares del suelo y los cultivos, manifestando el estado del ecosistema de manera sistémica como lo concibe la agricultura orgánica.

En consecuencia se puede argumentar que la Agricultura Orgánica es el manejo del todo y no de las partes, porque un factor no actúa solo; la vida es sistémica holística.

OBJETIVO GENERAL

Profundizar científicamente acerca de los bioindicadores de condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo y su relación con el uso de abonos orgánicos fermentados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Permitir un acercamiento a la aplicación de conocimiento científico en las condiciones de suelos tropicales andinos.

Conocer las características de los bioindicadores de malezas, enfermedades, plagas y su relación con las condiciones edáficas.

Identificar algunos mecanismos de sincronización que tienen las plantas para reproducirse, nutrirse y protegerse a partir de los minerales presentes en el suelo, y/o la aplicación de abonos orgánicos fermentados.

LOS BIOINDICADORES DEL SUELO, UNA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS EN AGRICULTURA ORGÁNICA

Ana María Primavesi

Quiero hacer una introducción a la Agricultura Orgánica, porque esta ha venido siendo vista de manera un poco distorsionada, bajo las normas que recibimos de Europa. Allí no sirve para mejorar los suelos ni para nutrirlos. Por el contrario, ellos no consideran el suelo, y la gente cada vez menos quiere producir, porque toda la agricultura europea y norteamericana es subsidiada, no así la orgánica. Los gobiernos quieren que se produzca orgánicamente porque es más barato, además consideran que se produce menos, de tal manera que la organización está hecha para producir menos y no para producir más.

Nosotros aquí en América Latina tenemos varias experiencias en donde la producción orgánica es mucho mayor que la química, en regiones donde los agricultores convencionales se convirtieron en orgánicos, justamente para producir más y mejor.

En Agricultura Orgánica el enfoque cambia, eso es lo que les quiero mostrar, porque es básico que no tengamos el enfoque racional, temático, no es un tema. Ni una parte, ni una fracción de un tema, lo que nosotros enfocamos es un conjunto, porque en la Naturaleza todo funciona en ciclos y en sistemas, por eso hablamos de ecosistemas. Eso los incluye automáticamente.

Un ecosistema es un sistema que queda solamente en un determinado lugar. Entonces no puedo transferir tecnología de América del Norte, de Europa o de cualquier otro lugar para Colombia, porque aquí Uds. tienen ecosistemas colombianos y para cada altitud es otro tipo de ecosistema.

Voy a hablar primero de agricultura tropical y después vamos a tratar un poco sobre los problemas de la agricultura andina, porque a partir de una determinada altitud cambia todo, entonces no es la misma agricultura. Los Andes son ecosistemas específicos, todos especiales que no pueden ser confundidos con otros, porque si en un momento dado Ud. habla de un ecosistema, se refiere a una determinada región o lugar y no como hoy en día que al hablar de ecología, las personas piensan en la manutención del agua en un lugar público o la preservación de un mico o en cualquier cosa así, no es una noción total de ecosistema, que incluya los ciclos y todo lo que existe en el lugar.

Tenemos que modificar un poco y les digo una cosa: si voy a hablar para un público que es muy convencional, siempre invito algunos técnicos especialistas en computación, porque la computación trabaja con sistemas que a pesar de ser artificiales, no pueden trabajar con factores, porque el factor no funciona, sólo funciona el sistema. Entonces, estos técnicos son los mejores acompañantes para hablar de Agricultura Orgánica, porque cuando los agrónomos comienzan a decir que no es científico ver el total, que hay que mirar las partes, aquí entran los señores de la computación a decir “cómo es posible que Uds. todavía piensen y trabajen en factores, es el sistema lo que funciona”, ellos entonces terminan con esta idea que se tiene de trabajar solamente con factores.

Hay un proverbio chino que dice: “Si usted mira una montaña con un microscopio, va a ver sólo un grano de arena, el resto es para Ud. un secreto”, así que no vamos a ver la montaña con un microscopio sino con ojos bien abiertos y bien atentos.

La Agricultura Ecológica, ¿una alternativa o un imperativo?

Ustedes pueden ver que en nuestro ambiente nativo, cuanto menos vegetación haya y menos tupida esté, es más pesado el efecto de la lluvia. Por causa de la vegetación las lluvias son más frecuentes y menos violentas, esta agua se infiltra hacia la capa freática y los acuíferos. Infelizmente, sino hay más infiltración, no hay más ríos, ni más pozos ni más nada. Aquí podemos ver que al retirar la vegetación las lluvias son más violentas, y las épocas de sequía más prolongadas. Los suelos desnudos frente a la lluvia, permiten que el agua escurra y hay menos agua en el suelo en el nivel freático, y mucho más viento. Nosotros tenemos una desertificación anual de 10 millones de hectáreas que equivalen a tres Holandas. Toda esta área resulta desertificada por causa de esa agricultura, que cree que tiene que abrir las fronteras agrícolas desmontando. Porque ellos no desmontan porque necesitan más área para plantar, ellos desmontan para movilizar máquinas. Por ejemplo, en Argentina las máquinas de sembrar trigo o soya, tienen 25 tolvas de siembra, normalmente llevan 5, así que ustedes pueden imaginarse el peso de la máquina y cómo influye sobre los suelos; cuando ellos llevan agrotóxicos al campo, éste soporta un peso de 25.000 litros de agua, con esto se destruyen los suelos completamente. Ahora viene la labranza: esta ha sido el mayor desastre en suelos tropicales, porque el suelo está desprotegido, porque queda limpio. Recién ahora en Colombia se está plantando el café con plantas de bajo porte como el caso del maní forrajero, *Arachis pintoi*, para proteger el suelo porque el suelo tropical no puede ser desprotegido, pueden ver que la temperatura que necesitamos para nuestras plantas en el trópico es de 25 °C. Con 32 °C la planta ya no absorbe más. Ahora, en las mayores altitudes de los Andes funciona todo diferente. Más adelante vamos a hablar un poco sobre los problemas de los Andes, porque allá, ya no es el trópico común.

Aquí tenemos menor infiltración de agua en el suelo. Esto hay que tenerlo en cuenta, porque entre más seco esté el suelo, más sufre con el clima, y se secan las fuentes y los ríos. Por toda América y por todo el mundo se está hablando que las guerras de este siglo no van a ser comerciales sino por agua. Se están utilizando cada vez más fertilizantes químicos e irrigación, pero el efecto de la irrigación es limitado, dependiendo si está bien o mal hecha, por causa de una irrigación mal hecha, sin cuidar el suelo, se están salinizando anualmente 4 millones de hectáreas.

Tenemos un mayor desequilibrio nutricional de las plantas, porque se cree que las plantas necesitan tres elementos N-P-K, y el resto, los 45 elementos que también necesita la planta, se dejan para más tarde. Se dice por ejemplo que el potasio es muy importante, muy bien, pero el potasio solamente ayuda en una reacción química dentro de la planta, mientras que el cobre que es un micronutriente, está ayudando en 10.000 reacciones, porque puede ser constantemente reutilizado, por lo tanto no es menos importante, es mucho más potente, más eficiente que el potasio, pero esto se olvida. Tenemos mucha mayor ocurrencia de plagas y enfermedades, porque si usted tiene una planta mal nutrida, ella se va a enfermar, que es lo que vamos a ver enseguida.

Mayor producción, menor valor biológico de los alimentos. Las personas comen 4.000, 5.000, 6.000 calorías como los norteamericanos, que están muy obesos pero mal nutridos y por eso todo el sistema nervioso no funciona.

Sobre los cultivos transgénicos.

Bueno, tenemos aquí de un lado un cultivo de soya, un tipo de monocultivo que va desde la Patagonia hasta el Amazonas. Y tenemos en el otro lado una agricultura más sana, que tiene plantas mayores, plantas menores, rotación de cultivos, rompevientos. Es por aquí que tenemos que trabajar, porque hoy en día el problema es soya, que puede o no, ser transgénica. Para mí, los transgénicos son simplemente una política de avestruz, ellos quieren esconder, encubrir un problema que existe, y que no saben resolver. Porque por ejemplo en la soya, los agricultores de

monocultivo tienen el problema de una maleza, la “lecherita” que es una Euphorbiacea que aparece en gran cantidad en los cultivos, aún trabajando con sistema de siembra directa. Entonces se recomienda sembrar la soya RR (Roundup Ready) que permite la aplicación del Roundup para matar la “lecherita” y el cultivo de soya queda limpio. Pero la “lecherita” es un indicador de deficiencia de molibdeno, el Roundup no fertiliza el suelo con molibdeno, sólo mata al mensajero que nos dice que el molibdeno es deficiente. Entonces, ellos no están resolviendo nada. Actúan como los pueblos muy primitivos, que cuando llegaba un mensajero con un mensaje muy desagradable, lo mataban. Este es el criterio que aplicamos hoy con los transgénicos, lo que no lleva a nada. Otro ejemplo es la soya variedad Bt: ya hay cerca de 64 variedades con implantación de *Bacillus thuringiensis*, es el implante en la planta de una proteína tóxica, entonces los animalitos que se comen el cultivo (orugas, cucarrones, etc), ya no consiguen hacerlo. Pero también es tóxico el polen, la base para el grano. De manera que ya se ha causado muchos problemas en niños, por ejemplo la McDonalds, la Nestlé y todas esas compañías que producen alimentos, ya no están utilizando plantas transgénicas, justamente para no causar alergias a los consumidores.

Pero el problema continúa, si por ejemplo ustedes tienen esta oruga en el repollo o en el coliflor, ella se come la hoja, con el transgénico no lo hace, pero ¿si el repollo también es deficiente en molibdeno?. Ahí no estamos aportando molibdeno, simplemente envenenando el parásito. No se está resolviendo nada. Hoy en día en Norteamérica, donde desde hace 15 años se utilizan transgénicos, el problema es que entre el 14 y el 24% de las hortalizas ya no reaccionan, porque la deficiencia que el parásito indicaba es tan fuerte, que ya no se puede esconder. Otro ejemplo es el maíz, si tiene cogollero *Spodoptera frugiperda*, este gusano aparece si hay deficiencia de boro, la cual, con el maíz transgénico continúa y el maíz produce cada vez menos, hasta cuando el agricultor no utiliza más transgénico porque ya no es posible. Podemos ver entonces que el problema además de si el transgénico es o no es peligroso, hasta que la investigación sobre el tema lo determine, también es los problemas que el transgénico encubre.

Bueno, nosotros intentamos desarrollar una agricultura con bosques y también una ciudad con árboles, para ver nuevamente el agua. Esto es bueno, pero si la población humana sigue aumentando, en pocos años vamos a tener el doble de la población, tendremos 9 o 10 billones de personas. ¿Cómo vamos a hacer para mantener el paisaje de esta manera, si tenemos tantas personas para alimentar?. Bueno, el problema es justamente el valor biológico del alimento: si el valor biológico es elevado, no necesitamos tanto. En Malasia hay una experiencia muy interesante en este sentido.

Sobre el encalamiento en el suelo.

Utilizamos los fertilizantes químicos que son solamente NPK, a veces el encalado, que es un problema muy, muy serio en el trópico, porque nuestros suelos son muy ricos en aluminio y en hierro, no en formas tóxicas. Con el encalado, que es una forma fuerte de corregir el pH, lo que conseguimos es sacar el aluminio de su actividad en el suelo, como agregante muy débil del suelo, el resultado es que nuestros suelos se endurecen, quedan compactados y todo por el encalado. Tuvimos una experiencia en Río Grande do Sul, que fue una catástrofe muy grande. Se hizo la corrección del pH del suelo, resultando en un endurecimiento tal del suelo, que ahora 40 años más tarde, no se ha recuperado completamente. Esto es algo muy, muy serio. De modo que el encalado es importante donde el suelo natural, nativo, tiene un pH de 7.0, aquí yo tengo que corregir el pH si está más bajo. Pero el suelo tropical tiene un pH natural de 5.6 a 5.8. La corrección del pH con encalado es absolutamente engañosa. Lo que necesitamos es calcio como nutriente pero no para corregir.

Sobre la agricultura convencional y la agricultura ecológica.

La agricultura convencional es temática-analítica, enfoca un factor, una fracción de un factor, y analiza y se cree que este análisis es esencial para ser científico. Pero lo razonable es acudir a la síntesis, porque con sólo el análisis quedan todos los factores separados. Ahora es el momento de la síntesis, de componer nuevamente. En la agricultura ecológica la visión es general, holística. Holístico significa el todo, el sistema. Yo trabajo con sistemas y no con factores.

En la agricultura convencional se combaten síntomas, lo cual es muy caro. En la agricultura ecológica tenemos la prevención de los síntomas: trabajamos con las causas y no con los síntomas. Allí, en la convencional, la investigación es con factores, aquí es con ciclos y sistemas. Por lo tanto la manera de trabajar es completamente diferente. No se trata solamente de cambiar el NPK por compost, todavía no es ecológico. Puede ser orgánico, claro, porque ya no se utilizan químicos, pero el enfoque convencional continúa, si persistimos en trabajar con los síntomas. Combatimos la erosión, combatimos las plagas y las enfermedades, aunque estos pesticidas sean menos tóxicos, pero hay pesticidas tan tóxicos en la agricultura orgánica que se aconseja usar máscaras en su aplicación, la única diferencia es que ya no se usa más NPK.

La agricultura convencional utiliza labranza profunda, no una vez sino hasta tres veces, ¿porqué?. Porque la labranza profunda era la solución en zonas templadas, porque allí tenían que voltear el suelo helado para calentarlo un poco y así poder plantar. Y solamente cuando practicaron el volteamiento del suelo, consiguieron plantar raíces o tubérculos como la zanahoria y la papa. La papa tan sólo pudo ser plantada a partir de ese momento, antes no se podía. En el trópico los cereales eran pocos, porque cultivábamos especialmente raíces y tubérculos, que eran más seguras, como yuca, papa, ñame. De modo que la labranza es la cosa más engañosa que podemos hacer. Otra diferencia es que el suelo de las zonas templadas tiene poca microvida, así que allá se puede revolver el suelo hasta 20 o 30 cms de profundidad sin problema alguno. Pero en el trópico hay 10 millones de microorganismos por cada cm de suelo, siendo la mayor parte hongos que producen una gran cantidad de antibióticos, no porque tengan alguna enfermedad, sino para garantizar su espacio de vida y por tanto, su alimento. Los antibióticos son lavados hacia el suelo, y a partir de unos 20 cms de profundidad, los antibióticos son tales que el suelo está prácticamente estéril. Si esta parte la volteamos hacia la superficie, el resultado es que la lluvia destruye el suelo y lo compacta. Además viene el monocultivo, el "imposible" de la manipulación genética.

Bueno, el monocultivo es de clima templado. Si yo siembro por ejemplo trigo, durante 15 años, en fin, la vida del suelo se acostumbra y la agricultura puede continuar. Pero en el trópico esto no es posible, porque hay tantísimos microorganismos que lo impiden. Lo podemos hacer, pero se presentan tantas cada vez más enfermedades, cada vez más problemas y la producción es cada vez menos, porque el sistema tropical es el reciclaje de la materia orgánica. Lo que aquí nosotros tenemos es el trópico, donde más o menos el 80% de los nutrientes están en la biomasa, mientras que en la zona templada ese 80% está en el suelo de forma mineral.

Utilizamos herbicidas y los pesticidas químicos, que en la agricultura también son un desastre. Nosotros hicimos ensayos con pesticidas en cítricos. Fue un ensayo grande en 300 hectáreas sembradas con cítricos, donde dejamos completamente de aplicar pesticidas en 1 año, al cabo del cual las 11 enfermedades se redujeron a 2. Esto quiere decir que solamente 2 eran enfermedades producidas por desequilibrio nutritivo, las otras eran efectos colaterales de los pesticidas que se aplicaban. Las compañías que venden los productos químicos saben de esto y por eso tienen calendarios de aplicaciones: primero usted aplica esto, después aquello, porque ellos ya saben cuales son las plagas y enfermedades que van a aparecer.

Y después viene el riego, que se necesita porque el agua ya no penetra más en el suelo. Existen regiones que necesitan un poco de riego, claro, pero la base es que el agua penetre en el suelo, y éste la conserve. Esto vale para cualquier lugar. Por ejemplo, especialmente en los países andinos,

el riego y la conservación del agua, alcanzó niveles muy elevados y muy impresionantes, de modo que hasta se puede decir que había “cultivo del agua”.

Tenemos que las consecuencias de la agricultura convencional son erosión, inundaciones, sequías, aumento de plagas y enfermedades, y plantas con muy poca resistencia contra estas enfermedades, residuos tóxicos en los alimentos, alimentos de muy bajo valor biológico que no mantienen la salud de las personas. En la agricultura orgánica el enfoque es completamente diferente, tenemos un enfoque holístico y sistémico. Y no es simplemente cambiar un factor químico por uno orgánico, ejemplo: NPK por compost, no es ese el caso. Es un enfoque diferente que trabaja diferente, donde no luchamos contra los síntomas, sino que trabajamos sobre las causas: la necesidad biológica de la planta. Nosotros prevenimos las causas. Es bastante más barato, menos dispendioso y da más producción. Porque si aplicamos únicamente el cambio del factor orgánico por el químico, es mucho más trabajoso, más caro y menos productivo. Este sistema de sustitución no funciona, lo que si funciona es la prevención.

Utilizamos la labranza mínima, la siembra directa, la asociación y la rotación de cultivos, o sea, nosotros trabajamos de una manera muy diferente. La agricultura tiene que ser económica y ecológica, quien hace agricultura puramente orgánica no va a tener mucho éxito. Voy a darles un ejemplo de aquí mismo, de Colombia. Estuvimos en una finca demostrativa de una ONG europea, a casi 3.200 msnm, donde se muestra la agricultura orgánica para los agricultores de la región, indígenas todos. Lo primero que hicieron fue producir materia orgánica y como no la podían obtener de la finca porque era muy pequeña, hicieron unos enormes estanques de concreto para cultivar plantas acuáticas y así compostar. El primer problema: no creo que un indígena tenga la plata para hacer los estanques, pero bueno... las instalaciones para compostar también las hicieron en concreto, muy bonitas, pero mientras todo el mundo miraba entusiasmado el compost, yo miraba los suelos, y los suelos estaban aparentando mucha materia orgánica. Les pregunté: “¿tienen análisis de estos suelos?, sí tenemos”. Bueno, los suelos estaban con 18% de materia orgánica, porque en esa altura la descomposición es muy lenta, les pregunté: “¿y con ese porcentaje de materia orgánica, todavía le aplican más?. Me respondieron: claro porque en las normas está recomendado el compost, por eso lo colocamos, muy bien pero el límite de materia orgánica que soporta un suelo bueno es de 5% y no de 23%”. También criaban lombrices, utilizando el estiércol de cabras y de gallinas de la región. Sobre esto les comenté: “en una manotada de suelo, uno saca por lo menos 5 lombrices muy activas, así que ¿para qué crían lombrices?, me contestaron: es que esas son lombrices nativas, pero las que utilizamos son californianas. Ah muy bien, pero la lombriz californiana come rápidamente y produce humus, pero el resto no lo hace”.

Otro ejemplo es la eliminación de la sombra del café, presentándose una rara exposición de deficiencias de minerales. Les pregunté: “dígame una cosa, ¿conocen el pH de su suelo?, ah sí, es de 2.7. Muy bien, y ustedes creen que el café con este pH ¿va a obtener sus nutrientes?, porque el café de sombrío aunque necesita 5 veces más de calcio, necesita 3 veces menos de zinc, y todo lo demás, mucho menos. Al sol, el café necesita de 3 a 5 veces más de los elementos que necesita a la sombra. Esto no lo habían pensado. Ahí les pregunté: ¿porqué retiran la sombra?, me contestaron: porque en el Brasil siembran a libre exposición y muy densamente, también lo hacemos así. Les dije: pero pierden lo que tenían, porque el café de sombrío de Colombia, precisamente es famoso por su calidad, el café arábigo que ustedes tenían lo han sustituido por uno que crece a pleno sol, siembran caturra, que es de inferior calidad y al sol, es peor. Entonces Colombia, en lugar de ser el único país del mundo con café de alta calidad, va a pasar a ser uno más entre tantos productores, sin distinción alguna frente a los otros y va a tener que luchar mucho por el mercado”. Tampoco habían pensado en eso. Bueno, con esto quiero mostrarles que todo es 100% orgánico, porque no estaban utilizando ningún fertilizante químico, ni tampoco ningún defensivo químico. Pero todo lo que hacían era 100% antiecológico, y ahí está el problema: lo que uno hace puede ser orgánico pero no ecológico.

Respecto al perfil del suelo, también hay diferencias: en Colombia 1.5 ms como mínimo. En los países de clima templado tienen 30, 40 cms, hasta 1 metro. En el suelo tropical la vida es muy intensa, y normalmente el suelo es muy poroso, sino está malogrado. Tenemos una muy buena infiltración de agua y de aire, porque la necesitamos para la metabolización de la planta. Nuestra diversidad de vegetación es muy grande, ¿por qué?. Hay dos razones: una es que las plantas de diversas especies, y a veces de diversas variedades, consiguen explorar el mismo espacio de tierra, el mismo espacio radicular, así que puede haber 2,3,4 o 5 plantas que enraizan el mismo espacio, porque cada una explora de una manera diferente. Lo segundo es que la vida del suelo necesita diversidad: se piensa que al colocar cualquier hoja en el suelo, todo el mundo se nutre, pero no es propiamente así, porque las bacterias tienen una única enzima, los hongos pueden tener 4, los insectos tienen normalmente 2 enzimas. Por ese motivo están restringidos a nutrirse de ciertas hojas, de ciertas sustancias químicas, y así, cada planta diferente, cada variedad diferente, nutre ciertos organismos del suelo. Cuanto más biodiversidad arriba del suelo, tanto más diversidad abajo del suelo. Y también allá ellos se controlan uno con otro, de ahí que no haya enfermedades. Si uno ve un árbol enfermo en la selva, es porque ya está para morir, y si lo cortamos, normalmente está hueco.

Hay un equilibrio de todos los nutrientes si el suelo está en condiciones naturales, y además, si hay poco o ningún viento. Por ejemplo: la Amazonía es de una calma total y el bosque es el termostato de la región, es el regulador del clima, su importancia no está en suministrar el oxígeno que nosotros necesitamos, sino en actuar como termostato. Normalmente el oxígeno viene en mayor cantidad del océano. Por ejemplo: en la selva amazónica la diferencia máxima de temperatura es de 18 a 28 °C, lo normal es de 21 a 28 °C. Cuando se elimina la selva, la diferencia es de doce grados para 32 o 36 °C, así que la diferencia aumenta mucho. En el caso del Oriente Medio donde no hay vegetación, a pesar que no es un clima tropical sino templado, los rangos son de - 4 °C de noche, hasta 56 °C de día. Hay una diferencia de 60 °C, mientras que donde hay selva, es muy poca la diferencia.

En principio, la agricultura debe ser un ecosistema simple, tiene que ser una agricultura para atender las necesidades de las plantas, y estas necesidades son en primer lugar: nutrientes en el suelo. Miremos la capacidad de intercambio (CIC): en el suelo tropical es muy baja, tenemos caolinita, de muy baja CIC. En el trópico el humus normalmente no se forma, y el que se forma es ácido fúlvico, y no ácido húmico, que es el ácido de la humina. La humina enriquece el suelo, enriquece la CIC, y por tanto, la cantidad de nutrientes que están a disposición de las plantas.

En el trópico se hace de todo para disminuir la cantidad de iones, ¿por qué?. Porque en el trópico necesitamos poca concentración en el suelo para que así la planta consiga absorber agua durante el día. Tenemos los nutrientes movilizados por la vida, gracias a la exploración de las raíces: si por ejemplo la raíz de un cultivo está explorando sólo hasta 10 o 12 cms de profundidad, eso es muy poco, claro, y si es en un monocultivo, es todavía más pequeño, porque en este suelo una raíz no puede entrar en el espacio de otra. Hoy en día en Norteamérica y también en el Brasil, se está plantando dos variedades diferentes del mismo cultivo, ejemplo: fríjol o maíz, para conseguir que las raíces de una planta, entren en la rizósfera de la otra y puedan explorar el doble de espacio que tenían en el monocultivo.

Naturalmente, dependiendo del tipo de agricultura que se haga, se necesita materia orgánica o fertilizante químico, y además, sol y oxígeno. Mucha gente dice: “ah, esta planta no necesita oxígeno”, pero están muy equivocados, porque la raíz en sí no necesita, pero la planta para su metabolismo sí. El arroz es la única planta capaz de captar oxígeno del aire y llevarlo al cuello de la raíz, donde realiza el metabolismo, pero las demás plantas cultivadas están imposibilitadas para hacerlo. En el caso de la reducción de nutrientes, la situación es peor. Es decir, si no hay oxígeno en el suelo, los nutrientes pierden oxígeno y adquieren hidrógeno. Aquí hablamos de reducción de

nutrientes, y los nutrientes reducidos son normalmente tóxicos. De modo que en el análisis químico, él aparece como un nutriente disponible, pero en la realidad la planta no puede utilizarlo.

Además de la presencia de los nutrientes en el suelo, necesitamos que ocurra su absorción. Y para ello lo más importante es el agua y el aire, sin ellos la planta no absorbe. En el trópico la cantidad de nutrientes disueltos tiene que ser muy baja, porque si tenemos muchos nutrientes disueltos en el agua, hay un efecto de ósmosis y el agua siempre va a pasar de la solución más débil hacia la solución más fuerte. Si la solución más fuerte está en el suelo y no en la planta, entonces la raíz pierde agua, en lugar de absorberla. Esto es un problema muy grave, por eso el suelo tropical es pobre: la planta no absorbe agua durante las horas calientes del día, si el suelo no tiene una concentración muy, muy baja de nutrientes.

La temperatura no puede pasar de 32 °C. Si el suelo está insolado, si el sol golpea el suelo, la temperatura llega hasta 56 °C a las 2 pm, y en casos extremos hasta 74 °C. A esta temperatura se puede fritar un huevo y es un milagro que una planta consiga crecer en éste suelo, sin morir, pero absorber agua, de ninguna manera.

Y después viene el potencial de las raíces de absorción, que depende de la fotosíntesis y el transporte de las sustancias fotosintetizadas. En este transporte es muy importante el boro, porque en su mayor parte las plantas cultivadas inician la fotosíntesis con glucosa, y la glucosa no puede ser transportada, tiene que ser transformada en sacarosa, porque solamente la sacarosa migra. Para esta transformación se necesita boro, si no hay boro no hay transformación, la raíz es muy pequeña y la planta no crece lo suficiente.

Aún disponiendo de nutrientes en el suelo y de absorción, la planta todavía no ha metabolizado las sustancias. Aquí entra el análisis foliar: hago un análisis y descubro que la planta es muy rica en elementos, pero la cosecha está muy por debajo de la expectativa, ¿porqué?. Porque muchos nutrientes pueden circular por la savia sin ser metabolizados, porque falta alguna cosa para ello y ahí está el problema. Entonces el análisis foliar da algún indicio, pero no aclara sobre la cosecha que voy a tener, porque no me dice si la planta va a metabolizar estos productos que están en la savia. La planta absorbió, claro, pero si va a formar sus sustancias es otro asunto.

Entonces viene el metabolismo, para eso necesito energía libre, y ésta proviene de una respiración aeróbica y no fermentativa. Si la planta tiene energía libre, el suelo tiene que ser aeróbico, porque ahí de cada mol de glucosa, ella va a formar 672 calorías. Si hace respiración fermentativa produce solamente 21 calorías por mol, que es mucho, mucho menos. Entonces, cuanto menos aire hay en el suelo, tanto menor será la cosecha.

El **fósforo** es importante no solamente porque va a transportar la energía hacia el lugar donde se lleva el proceso químico, sino también porque transporta sustancias para el metabolismo. Y en este metabolismo, como veremos después cuando hablemos de la relación entre las enfermedades y la nutrición, son importantes las enzimas de la actividad. Si hay enzimas un proceso químico ocurre en 2 a 3 minutos, si no hay enzimas ocurre en 3 o 4 horas, entonces la planta forma mucho menos productos. Les voy a contar una historia muy interesante acerca de un floricultor que dijo lo siguiente: “tengo 5 invernaderos con crisantemos y todos están invadidos por roya. Si no consigo cosechar, estoy quebrado”. Entonces estudiamos el porque de la roya: el problema no es la roya, sino justamente que una enzima tiene que ser activada y el activador de la enzima es un micronutriente. La cuestión era descubrir cual era el activador de esta enzima, llegamos a la conclusión de que podía ser yodo, así que en cada invernadero (de 10.000 m²) colocamos 5 gramos de yodo y esto acabó con el problema. La roya no desapareció, pero no había más en las hojas nuevas: estas salieron completamente limpias y todas las ramas consiguieron formar botón y florecer. Me preguntaron: “¿Es que el yodo mata la roya?. No, no la mata”. Aquí tenemos otro problema en la agricultura, porque no es cuestión de matar. En la agricultura orgánica no se mata,

se previene y se coloca el factor que está faltando. En el caso comentado, se trató de activar la enzima que faltaba para un determinado proceso químico. Bueno, este es un problema que hay que aclarar, porque en la agricultura convencional se trata de matar todo: mato esto, mato aquello, pero no es el caso en la agricultura orgánica. Aquí nos preguntamos: ¿cómo funciona el ciclo de la vida?, ahí entra también un poco de religión, porque podemos ver que Dios hizo perfecta la Naturaleza, no hay porque pensar que hizo todo perfecto para el Norte, y todo equivocado para el Sur. No es posible, Él no engaña, también para el Sur lo hizo todo perfecto. Sólo que nosotros creímos que del Norte, que nos mandaba sus colonizadores, era lo correcto y como se consideraba al indígena como inferior, naturalmente lo que el blanco decía era lo correcto. Pero el indígena sabía cómo tratar sus suelos, el blanco no, él venía de otro clima. Entonces todo este problema que tenemos hoy, es justamente por los colonizadores.

Y tenemos la planta que transforma la energía libre del sol en energía química, utilizándola con el agua, gas carbónico y minerales. Esta materia orgánica que ella produce, sirve de alimento y finalmente tiene que ser descompuesta. Y en esta descomposición, insisto de nuevo aquí, Dios no creó parásitos. Es otro asunto, porque Dios no es perverso: Él no creó los parásitos para infernalizar nuestra vida, el parásito fue creado por el hombre, no por Dios. Los microorganismos e insectos existen para descomponer toda materia vieja, enferma, débil, muerta. ¿Han pensado que sucedería si todo aquello que muere, no fuese descompuesto?, nuestro planeta sería un inmenso velorio, lleno de cadáveres y no habría más vida. Entonces es necesaria la descomposición para no chocar con los seres vivos, por eso existen los microbios y los pequeños insectos, que hacen esto muy discretamente. Si por ejemplo, los insectos y los microorganismos no eliminan a los que están enfermos o débiles, estos se reproducirían también, y el resultado sería que la vida ya habría terminado porque estaría completamente degenerada. Y para no degenerar la vida, ellos simplemente matan todo lo que no tiene pleno vigor vital. Ese es el papel de los microbios. Entonces la energía, agua y gas carbónico son resultado de la descomposición, de manera que el ciclo de la vida se cierra, donde las mismas sustancias que entraron, están en el final del ciclo de la vida. El último estado de un ciclo, es siempre igual al primero de un nuevo ciclo.

Bueno, para que entiendan un poco mejor esto de los ciclos, podemos ver el ciclo del agua. Esta se evapora del océano, forma nubes, cae como lluvia, penetra en el suelo, abastece el nivel freático, nace como fuente, forma los ríos y termina en el mar. Este es el ciclo entero. Ahora, si uno rompe el ciclo a esta altura (el suelo), el agua no penetra más, no forma más ríos, sino que forma inundaciones y va directo al océano. En el Brasil tenemos bastante problema de inundaciones, al punto de que hay ciudades que quedan cubiertas por el agua. Así que el gobierno mandó ingenieros hidráulicos a Norteamérica para que se entrenaran en el control de inundaciones. Los ingenieros estaban muy inseguros, pensando, bueno todos los diques y represas que hacemos no resuelven el problema. Me preguntaron si no podía dar una opinión más ecológica, sin embargo el gobierno no estaba interesado, porque ¿qué puede decirle un agrónomo a un ingeniero altamente especializado en los Estados Unidos?. Bueno, pero los propios ingenieros pensaron que sí, que yo podía decirles algo de provecho. Les dije que el problema no era de hacer diques y represas, sino de volver a dejar que el agua completara su ciclo en el suelo y para eso no se necesitan obras de ingeniería: sólo se necesita materia orgánica. Si tenemos el suelo protegido con materia orgánica, con poros, no hay más inundación. Se mostraron muy interesados y el propio gobierno también, porque a los cuatro días me llamaron para decirme que había sido fabuloso, que se iba a ahorrar mucho dinero porque ya no van a ser ingenieros los que van a resolver este caso, sino agrónomos extensionistas.

Bueno, nuestra agricultura convencional está basada en la ciencia, y por lo pronto, lo que los científicos consideran como científico es solamente el análisis. Y como analizan solamente un factor, desconsideran todo el resto del ciclo. Tenemos así una agricultura que es muy, muy extraña: la labranza, la exposición del suelo al sol y a la lluvia, el monocultivo, la falta de materia orgánica. Porque especialmente por los herbicidas se evita que nazca cualquier planta, y si acaso nació, viene el roundup y la mata. De modo que no hay más posibilidad de formar materia

orgánica. En el monocultivo normalmente la quemamos por causa de algún insecto, porque se piensa que este se reproduce por causa de su existencia, pero esto no es verdad. El insecto aparece porque el cultivo ofrece la sustancia que él puede consumir, a tal punto que ahora el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos establece que las sustancias semi-elaboradas que circulan por la planta sin que se sinteticen debidamente, exhalan un tipo de “aerosol” que atrae al parásito. Entonces la planta llama al parásito exacto para su estructura química.

Tenemos después el NPK, en desconsideración de todos los otros elementos, la deforestación, la movilización de máquinas cada vez más pesadas. Porque se considera al suelo únicamente como un sustrato donde se colocan las semillas, le agregamos fertilizante químico más riego, ¡listo!. No hay más suelo, no es más un organismo vivo, y para rematar el viento, por causa de la deforestación. Tenemos aquí una agricultura completamente despreocupada de sus consecuencias. Hoy en día sabemos que la mayor parte de las enfermedades humanas, son provocadas por el suelo. Los suelos no es que tengan los gérmenes, sino que al producir el alimento, este no es suficiente para mantener la salud. Por ejemplo, y esto es reconocido por los mismos científicos norteamericanos, si una madre recibe una alimentación muy rica en **nitrógeno**, automáticamente es deficiente en **cobre**, porque el nitrógeno y el cobre son elementos complementarios: si yo tengo por ejemplo, 1.500 miligramos de nitrógeno, necesito 1 miligramo de cobre, pero si este cobre no existe y las plantas son fertilizadas con NPK, la madre es deficiente y el hijo que nace va a ser parapléjico, porque el cerebro se desarrolla menos en su parte motora y por eso el hijo no puede mover sus piernas.

Otro ejemplo es con el **zinc**: si la madre recibe una alimentación deficiente en zinc por causa de fertilizaciones ricas en fósforo, el niño nace mentalmente débil. Si se encala demasiado y falta manganeso, el niño nace deforme. Así que todo exceso de un elemento provoca la deficiencia de otro, y si la madre no está completamente adaptada a este tipo de alimentación, por tanto, de suelo, podemos ver los problemas que aparecen en los hijos. Esto va a tal punto que en la China hicieron un experimento con 1400 niños con problemas de debilidad mental, se les dio zinc y todos se recuperaron, se volvieron normales y todo ¿porqué?. Porque ya sabemos que el zinc es el agente que actúa en la eliminación del gas carbónico en la sangre, al circular la sangre por el cuerpo, retira el gas carbónico y lo lleva al pulmón, que se libra de él, al cambiarlo por oxígeno, así se oxigena el cuerpo. Pero al faltar el zinc, el pulmón no consigue evacuar todo el gas carbónico, y por lo tanto trae menos oxígeno del que debería. El resultado es un cerebro mal oxigenado que no es capaz de un raciocinio y de un comportamiento normal, al suministrar zinc, esto se normaliza.

Entonces tenemos aquí todos estos problemas, pero la agricultura convencional combate los síntomas, por ejemplo, combate la erosión. En un suelo muy compactado, los nutrientes son reducidos a sustancias tóxicas y por causa de la mala nutrición de las plantas, aparecen las plagas y las enfermedades, entonces lo que se hace es matar las plagas y las enfermedades y si no hay porosidad en el suelo, se riega. La vida se uniformiza, las plantas están mal nutridas, hay plagas: se combaten con agrotóxicos. Al viento no se le combate sino a la sequía. Entonces todo el asunto es combatir, combatir. Pero si uno hace agricultura orgánica solamente cambiando estos factores de la agricultura convencional y continua combatiendo, sólo que con métodos menos peligrosos, estamos en lo mismo, haciendo de la agricultura una actividad cada vez más cara, más arriesgada y más difícil. Lo que tenemos es cambiar a una agricultura agroecológica, que no cometa los errores de la agricultura convencional. En aquella hacemos labranza mínima, siembra directa, protección del suelo. Ahora, en los Andes la protección del suelo va hasta una cierta altitud, a partir de esta altitud, esta protección debe ser oscura, no de color claro, precisamente a causa de la poca insolación, es decir, hay luz pero no hay calor.

En la agricultura agroecológica hay rotación de cultivos, hay policultivos, la materia orgánica es devuelta al suelo, hay presencia de macro y micronutrientes, no es solamente NPK, hay rompevientos y reforestación y la utilización de la maquinaria es con criterio. Por ejemplo en un

cultivo de soya, normalmente la maquinaria pesada pasa unas 18 veces: cada vez que yo mande la maquinaria al campo debo pensar ¿es necesario?, ¿no puedo hacerlo de otra manera?. Lo que tenemos que hacer es empezar a trabajar de otra manera y no es nostalgia por los métodos antiguos, es una manera absolutamente sintética y holística, es más bien mirando hacia adelante, no hacia atrás. Hace un tiempo dicté un cursillo de 2 días para el personal del Instituto Agronómico de Sao Paulo en Campiñas, les expliqué que la agricultura tiene como base la fisiología vegetal y las necesidades fisiológicas de la planta, uno de los asistentes dijo: “ahora estoy entendiendo porqué aprendemos fisiología vegetal en la facultad, porque toda la tecnología debe atender estas necesidades”. En la agricultura convencional, que es completamente arbitraria, esto no tiene sentido.

En un suelo agregado donde no hay terrones, su forma es de agregados, esto es un suelo óptimo para la agricultura. Al sacar una muestra de este suelo, este se rompe en diversos lugares, dependiendo del lugar donde rompe, cambia un poco la estructura del suelo. La zona de trabajo está acá abajo: se puede saber donde está la zona de trabajo por causa de la materia orgánica, por ejemplo al pasar un arado, él va a revolver toda la materia orgánica hasta la profundidad de la zona de trabajo, quedando aquí la materia orgánica. Al utilizar un rotovator toda la materia orgánica se mezcla con la porción de suelo que se removió. Así es que uno puede saber exactamente con que implemento se trabajó el suelo por la posición de la materia orgánica.

Al sacar una muestra de un suelo agregado, cae prácticamente como arroz, no hay ningún terrón ni nada. Es un suelo ya recuperado: era un suelo bastante decadente, recibió materia orgánica y está prácticamente recuperado. En mi finca solamente trabajo con materia orgánica, el compost lo coloco solamente en el invernadero: mi filosofía es que lo que es del campo, es del campo y lo que es del pasto, es del pasto. El estiércol se lo dejo al pasto y la materia orgánica, los rastrojos y todo eso, van para el campo. La descomposición de materia orgánica es un asunto fundamental, porque si se revuelve toda esta materia orgánica a 20 o 30 cms de profundidad, se produce un desastre ecológico, porque la materia orgánica en nuestros suelos tropicales sufre una descomposición anaeróbica produciendo gases tóxicos. Y en segundo lugar esta materia orgánica va a fijar o “secuestrar” nitrógeno del suelo. Entonces, al revolver materia orgánica a profundidad, vamos a tener que esperar como mínimo 3 meses para poder sembrar. Al revolver la materia orgánica a 6 u 8 cms, máximo 10 cms de profundidad, se puede sembrar inmediatamente. Además, esta materia orgánica no va a “secuestrar” nitrógeno del suelo, sino a fijar nitrógeno del aire. En un encuentro de agricultura orgánica que tuvimos en Sao Paulo, con la participación de profesores de la India, se les preguntó: “¿les interesa saber cómo nosotros hacemos compost?, no, nos interesa ni un poquito, ¿y porqué no?. Dijeron: nosotros utilizamos el sistema Daa, palabra que viene del nombre de un profesor de Allahabad, que hacía lo siguiente: colocaba superficialmente la materia orgánica y si el suelo era bastante pobre, colocaba escorias thomas o algún fosfato natural, cualquier tipo de fosfato cálcico, unos 250 o 300 kilos, como resultado, la materia orgánica se descompone por bacterias que producen un azúcar ácido que nosotros llamamos ácido poliurónico. Este azúcar es la comida predilecta de los microorganismos fijadores de nitrógeno del aire, fijándolo para el cultivo. De manera que uno no necesita, preocuparse que el tamo no tenga suficiente nitrógeno, porque este es fijado. Entonces, tenemos es que activar siempre todo el ciclo de la vida y no solamente uno u otro factor.

Aquí podemos ver que sacamos una muestra de suelo que no está totalmente recuperado. Se aprecia donde se encontraba una capita dura, porque todavía presenta terrones, tanto arriba como abajo, el suelo está bueno. El problema del suelo agrícola es siempre la capa que queda por debajo de unos 8 a 12 cms de profundidad y ahí está el problema con las raíces. Acá vemos una raíz de nabo, si tenemos una capa dura en esta profundidad, la raíz no penetra más allá, simplemente su parte inferior no existe, entonces lo que tenemos es una planta mal nutrida, porque explora un espacio muy reducido de suelo. Por eso necesita fertilizante químico y riego, porque la raíz tampoco tiene la posibilidad de absorber agua, como lo hace cuando crece naturalmente hacia abajo

y no para arriba, como vemos aquí. Si consideramos que cada punta de una radícula es un punto de absorción, entonces podemos imaginar que para esta otra planta, no va a faltar agua ni en época de sequía, ni tampoco van a faltar los nutrientes, porque esta planta tiene una alta capacidad de absorción. El caso que mencionamos antes es todo lo contrario, porque las raíces no iban para abajo sino para los lados. Algo se obvia el problema cuando sembramos dos variedades de la misma especie, ejemplo: soya, al sembrar 2 variedades de soya una al lado de otra, de tal manera que cada una puede entrar en el espacio de la otra, se aprovecha el doble de espacio que normalmente se tiene si fuese un cultivo de soya de una sola variedad. Aquí tenemos otro problema en la agricultura convencional con la soya y es que al ver el análisis de suelos, pasamos al mismo fertilizante y es no es correcto porque cada variedad tiene una capacidad completamente diferente de utilizar y absorber nutrientes. Esta de aquí (lo señala) es la prueba, porque si una variedad puede entrar en el espacio radicular de la otra, es porque no están utilizando los mismos nutrientes o no los utilizan de la misma manera porque tienen una vida diferente en la rhizósfera. Si se generaliza un fertilizante para soya, es una imposición muy grande. Esto ya no es ni un poco científico, es simplemente un incentivo para que la agricultura compre fertilizantes.

Conozco un cuadro que fue elaborado por un indígena peruano, que dice: *“ustedes aparecieron y sacaron todo del bosque, como resultado todo el mundo está enfermo en clínicas y hospitales, y lo que se produce, no es más alimento sino enfermedad”*. Es la visión de un indígena de la selva amazónica respecto a la cultura blanca.

Aquí podemos ver que cada región tiene sus animales: estos son las alpacas de la zona andina. Lo interesante cuando vi este pasto, fue que le comente al agrónomo que estaba conmigo, que esta era una típica imagen de fuego, porque solamente con el fuego se eliminan todas las plantas que tienen estolones y que protegen al suelo, quedando solamente algunas que soportan el fuego. Él me contestó que esto no era posible, porque este pasto no da para quemar, ya que el fuego no puede pasar de una macolla a otra. Ahí los niños que estaban con nosotros dijeron que utilizando una antorcha se propaga el fuego de macolla en macolla. La llama o la alpaca es un animal muy especial porque logra nutrirse comiendo este pasto seco, aprovechándolo de tal manera que el estiércol y el de todos estos animales del mismo tipo, no tiene nada, es pura celulosa ya que todo el resto lo absorben. Hay una cosa más, estos animales adaptados al suelo andino, tienen los pies muy grandes y esto hace que la pisada sea muy suave, no causan erosión. Si uno cambia la alpaca por un carnero, ya en un año se va a presentar erosión muy violenta, porque el carnero tiene el pie muy pequeño y el peso que coloca por cm^2 , es el mismo que el de un buey, mientras que la llama no, porque tiene un pie muy grande y el peso, en términos de presión por cm^2 , es muy suave.

Lo de las quemadas es la manía de la mayor parte de los agricultores: fuego en el bosque, fuego en el pasto, fuego en todo lo que pueden, argumentan que no hace daño porque el fuego no penetra mucho en el suelo. Pero el problema no es que el fuego penetre en el suelo y mate las bacterias, porque en la agricultura convencional se trata siempre de matar, el problema es que mata la comida, el alimento de los microorganismos del suelo. Hicimos un experimento en donde un potrero se quemaba 1 vez por año y otro potrero no se quemaba, al cabo de 8 años, el potrero que no se quemaba tenía 5 veces más materia orgánica que el otro. Además de esto, era muy inferior la calidad de las plantas presentes en el potrero que se quemaba, la pastura empeoraba porque había una selección de plantas inferiores, resistentes al fuego, en otras palabras, se empeoraba por partida doble. Aquí podemos ver una imagen de la devastación amazónica. No tumban todos los árboles sino que dejan algunos, al final estos también son quemados. Así es la manera, pero no lo hacen por un sentimiento ecológico, sino por economía. Ya que los que quedan en pie, mueren después. Este es otro lugar en la Amazonía donde se quema 5 veces al año, allí crece solamente un único pasto que nosotros llamamos “cerda de chancho”, que es muy duro y prácticamente no sirve para nada, las cabras se lo comen solamente al comienzo cuando está rebrotando. Pero las quemadas están acabando con todo.

Aquí vemos un suelo muy cultivado con agrotóxicos y NPK que está completamente destruido, en terrones, pero el encargado me dijo: “no se preocupe porque tengo un desterronador muy bueno, que pulveriza todos estos terrones”. Pero el problema es que mecánicamente uno puede pulverizar los terrones, no lo dudo, pero mecánicamente no se pueden agregar, lo que hacemos es pulverizar, pero nunca agregar. Pero el suelo no es polvo, son agregados. Si por ejemplo uno tiene un bulto de arroz y le echa agua, esta penetra rápidamente y desaparece. Pero si uno muele este arroz y lo vuelve fécula, el agua se empoza, no penetra. Si de este suelo que estoy mostrando, hiciéramos una calicata, donde vemos que no tiene horizonte de trabajo, las raíces van hasta acá y ahí terminan, su producción va a ser muy baja porque es completamente anaerobio.

En esta microfotografía que vemos de un suelo, se aprecian terrones y polvo, pero no hay poros, mientras que en un suelo bueno, se ven agregados y poros, y gracias a ellos el aire y el agua. En donde no hay poros no hay posibilidad de que entren el aire y el agua. Tenemos que muchas veces el suelo agrícola se resquebraja y si uno se pregunta porqué la respuesta común es que es por falta de humedad, pero la humedad no falta a unos 10 o 12 cms de profundidad, entonces ¿cuál es la respuesta?. Es porque si uno tiene un suelo pulverizado, al humedecerse va a dislocar a los vecinos, sufriendo dislocaciones internas, al secarse, estas dislocaciones no se revierten, nada vuelve a su lugar, porque todo permanece en el lugar donde fue empujado. Por esto es que el suelo se resquebraja, porque no tiene estructura.

Aquí vemos un suelo mecanizado convencionalmente, pulverizado y luego sembrado con soya. En algunas partes la soya nació, en otras no y ya hay erosión. Lo más interesante es la explicación del dueño: “mire, aquí mi soya no nació, por lo que yo sé que el administrador se robó la soya. Cuando abrimos los surcos, encontramos la semilla debajo de una costra de más o menos 5 cms, la semilla simplemente no tenía la fuerza para romper esta costra, el dueño entonces me dijo: pero si sembró, entonces porqué no colocó el fertilizante, yo compré el fertilizante pero por lo que se ve, no fue aplicado. Al excavar un poco más, encontramos el fertilizante a 15 cms. De nuevo el dueño afirmó que la empresa que le había vendido el fertilizante, le había dado una fórmula equivocada. Sin embargo, no era difícil mandar a examinar el fertilizante en Piracicaba y resultó ser exactamente el que él había comprado”. En conclusión, no se trata de culpar a todo el mundo por el fracaso del cultivo, sino que el suelo no estaba en condiciones de ser sembrado, en este caso con soya. Podemos recuperar el suelo con un abono verde o dejarlo en reposo con vegetación nativa, pero no tratarlo de la manera que les comenté.

Aquí podemos ver que se han hecho curvas a nivel por todas partes, pero las curvas se rompen y el agua corre, pero con vegetación podemos recuperar las cárcavas que se forman. Esta es otra cárcava que fue hecha por un alcalde que desvió toda el agua para que pasara por este cauce.

Vemos un campo muy poco inclinado, empujado, pero con una fuerte erosión, porque toda el agua escurre, aumentando el caudal hasta que llega a un punto donde comienza a arrastrar el suelo, entonces el problema es justamente el agua que escurre, no es que aparezca espontáneamente algún desastre, sino algo predispuesto por el mismo cultivo. Aquí vemos un potrero muy mal manejado: sin rotación y con la presencia permanente del ganado, hay compactación que condujo a la erosión.

Esto de aquí es un pasto orgánico, pero el suelo se nota resquebrajado. Esto no tiene porque ser así, nunca, pero aquí está el problema porque este agricultor orgánico cuida de las normas, pero no del suelo. Las normas son una imposición de arriba para abajo y la agricultura natural es justamente un trabajo de abajo para arriba, nosotros mejoramos primero el suelo, con eso mejoramos las plantas y ahí sí, atendemos las normas. En otras palabras, aquí no hay nada de “bio” porque el suelo está muerto, el problema con este hombre es que piensa que cuanto más pase el tractor por el campo, más muestra su habilidad con la máquina. Vemos que todo está compactado y esto no solamente va a dificultar la emergencia de las plantitas, sino que también va a facilitar el

escurrimiento del agua. Por lo tanto, vamos a tener plántulas que fracasan al nacer y agua que escurre.

Esta de aquí es una historia muy triste en Kenia, en África. Esta gente era el pueblo más rico de toda Kenia, eran ganaderos y como tenían la costumbre de migrar para hacer la rotación de sus pasturas, pasaron por encima de los agricultores, quienes naturalmente no aceptaron que el ganado dañara sus cultivos, vino el conflicto y las autoridades inglesas prohibieron el paso del ganado, por lo tanto, la migración. Como resultado el suelo y los pastos se arruinaron, afectándose la gente y el ganado, convirtiéndose la situación en pobreza. La costumbre del nomadismo no obedecía a que no les gustara ser sedentarios, es simplemente una forma de conservación de las pasturas. El sistema del cual ellos hablan, es una mini-migración en la propiedad, justamente para mantener la pastura y no arruinarla.

Vemos como en el nordeste del Brasil el suelo está tan arruinado, que el agua lluvia que viene escurriendo por las laderas, se acumula formando pantanos, que tienen hasta cangrejos, en un suelo que anteriormente estaba bien. En este campo de algodón tenemos la misma situación, todo el suelo se está resquebrajando porque ya no tiene estructura.

Aquí vemos que se hizo un terracedo, sacando el suelo de la parte de arriba y colocándolo en la parte de abajo. Donde se colocó el suelo de la superficie, las plantas crecieron a la altura de un hombre, tanto el maíz como la yuca y acá donde el suelo fue retirado para colocarlo en la parte de abajo de la terraza, las plantas están muy pequeñas. Entonces tenemos diferencias con el mismo suelo, el mismo clima y el mismo fertilizante químico, la única diferencia es que en una parte se ha acumulado el suelo superficial y en la otra, se sembró sobre el subsuelo. La diferencia radica en que el subsuelo no tiene vida, por eso el agricultor distingue entre el suelo “gordo” (Σ) y el suelo “frío”. Eso de frío porque el subsuelo en Europa es frío, concepto que ha permanecido hasta hoy, pero aquí no es frío, más bien es caliente, pero está sin vida y la diferencia es justamente la vida del suelo.

Si uno ve un río con agua turbia, podemos tener la certeza que en esa región el suelo es decadente. Hay una indicación muy interesante de la FAO que menciona que se puede calcular la decadencia de los suelos por la altura de los puentes, ¿cómo puede ser esto?, ¿qué tienen que ver los puentes con la decadencia de los suelos?. El asunto es el siguiente: si las crecientes, las inundaciones son muy grandes, hay que construir un puente enorme sobre un río pequeño para que la inundación no lo arrastre y esto sucede porque la tierra está muy, muy decaída. Acá vemos un río seco, como los hay en toda América Latina, que lleva 3 años sin buena lluvia, por eso vemos el lecho del río con vegetación y las sequías son cada vez peores. Una vez fui a Tocantins que es un estado de la Amazonía, ha sido muy deforestado y en 10 años ya no había más agua en los ríos. Hice una reclamación en el Ministerio del Interior: “es imposible que ustedes trabajen de esta manera, tienen que ver hasta que punto están preservando la seguridad nacional. No se preocupe, me contestaron, ya tomamos las medidas necesarias. Al preguntarles cuales, me dijeron: muy simple, en los libros de geografía está escrito que un río es una corriente permanente de agua. Ahora usted puede ver en los libros de geografía que un río es una depresión en el terreno, por donde corre agua cuando llueve”.

Vemos como es el inicio de la erosión causada por el viento, podemos ver el suelo que comienza a ser retirado por el aire que va ascendiendo, y arranca la tierra y hasta las plantas. El arrastre puede ser hasta 100 kms de distancia, siendo depositado luego por la lluvia. Aquí en este lugar había una capa agrícola, que ya no existe porque ahora no es propiamente un desierto, sino simplemente el polvo que fue retirado de otras regiones y depositado acá.

Vamos a hablar de otro mito de la agricultura convencional. Este de aquí es un cultivo de caña, su dueño afirma que el suelo está muy compactado, entonces resolví hacer surcos de 5 cms de

profundidad abajo del nivel del fertilizante, sembrando la caña arriba del fertilizante, pero esta creció con las raíces hacia arriba, ¿porqué sucedía esto?, porque el suelo es impermeable, está muy duro. Al colocar el fertilizante químico debajo de la caña, cuando llueve se produce una especie de salmuera y ahí ninguna planta puede crecer, así que lo que hace la caña es huir de la salinidad, huir hacia arriba. Y aún sin colocar abajo el fertilizante químico, la planta no produce la raíz donde queremos, sino donde está genéticamente determinado. Ella se sembró acá, pero produce su raíz en este sitio, porque la caña produce su raíz a 10 cms de profundidad y nunca más abajo ni más arriba, esto está determinado genéticamente, si sembramos la caña a 20, 30 o a 50 cms, ella siempre produce su raíz a 10 cms. Ahora, si sembramos la caña más abajo, puede suceder que hasta que se produzca la raíz, se haya formado una capa dura y por lo tanto la raíz no baje más. Podemos ver el caso donde la semilla fue plantada abajo, pero el suelo era un poco mejor y la raíz consiguió bajar. En este otro caso, ella bajó hasta donde la semilla fue plantada, entonces podemos ver que la penetración de la raíz depende del suelo y no de la profundidad en la cual se coloca la semilla.

(Σ) gordura en portugués significa grasa. Aquí da la idea de un suelo con sustancias agregantes.

Aquí vemos unas curvas de nivel, no para arroz de riego sino para algodón, pero en un suelo tan compactado y duro, que toda el agua escurría y se estancaba.

Bueno, esta es una historia un poco complicada de creer, pero fue muy famosa en el nordeste brasileño. Se refiere a un agricultor, bueno, agricultor es un decir, era un “usinero” (cañero, dueño de un gran ingenio), propietario de 30.000 hectáreas de caña de azúcar. El primer año después de rozar y sembrar obtuvo una cosecha de 120 a 130 toneladas por hectárea, en el segundo año con fertilizante químico obtuvo 80 ton/ha y en el tercer año con fertilizante químico más nematicida obtuvo 35 ton/ha. ¿Qué hago? Me preguntó. Como él le daba tanta importancia a los nemátodos, hicimos una calicata para ver las raíces en un lote donde llevaba produciendo de 120 a 130 ton/ha de caña, mientras que en los otros lotes, con sólo 2 o 3 años, ya tenían que ser intervenidos. Así que abrimos el suelo y las raíces estaban a más de 2 ms de profundidad y tenían, no cientos sino millones de nemátodos, nunca nadie allí había visto tantos nemátodos juntos, sin embargo, la caña estaba en muy buen estado. La pregunta fue: ¿cómo es posible tener una caña en tan buen estado con tantos nemátodos?, el asunto es el suelo que era permeable, bien agregado, así la caña podía extender sus raíces hasta 2.25 ms de profundidad, abasteciéndose con suficientes nutrientes. El nemátodo le inyecta a la planta una hormona semejante al 2,4.5 D que es una hormona de crecimiento, entonces, si la planta tiene lo suficiente para nutrirse, resulta beneficiada por esta hormona, porque contribuye a aumentar su metabolismo. Por el contrario, si la planta no tiene lo suficiente para nutrirse, el efecto es negativo, porque la planta únicamente “bombea” agua pero no los nutrientes, es decir no tiene que comer. En otras palabras, el problema no es el nemátodo, sino la nutrición de la planta, los nutrientes que ella consiga obtener. Aquí podemos ver que el nemátodo puede ser un problema en un suelo malo, pero en un suelo bueno no hay problemas, en este caso, planta y nemátodo viven en una perfecta simbiosis.

Otro caso fue con un cultivador de plátano que me dijo: “los nemátodos me cuestan tanto dinero que estoy vendiendo mi casa, mi camión, tengo deudas en el banco y no hay progreso en la situación, todo se me va en comprar nematicidas y el problema continúa”. Fui a mirar la plantación, observé las raíces y encontré que 5, 6 o 9 nemátodos, eran muy pocos para matar una planta, pero verificamos que en las puntas de las raíces había una “roseta” y la punta misma de esta radícula estaba muerta, esto es típico de una deficiencia de boro, se lo comenté al agricultor, sin embargo para cerciorarnos cortamos unas plantas para ver y en efecto, el plátano tiene unas células muy grandes en el vástago que en la 2º o 3º línea no tenían una coloración normal, parecían llenas de agua y posteriormente se rompían, esto es típico de una deficiencia de boro. Le dije al dueño: aplique 12 kilos de boro, como ácido bórico, por hectárea a ver que sucede. Así lo hizo y al cabo de un tiempo le pregunté: “¿está cosechando?”, me respondió que normalmente, ¿y los

nemátodos murieron?, respondió: no se”. El problema es cuando la planta no está en condiciones de soportar este hospedero, es la misma situación que en una familia muy pobre y recibe la visita de un huésped, entonces hay poco para todos y todos se levantan con hambre, por el contrario, si se trata de una familia bien abastecida y reciben un invitado para el almuerzo, la reunión es más alegre y hay comida suficiente para todo el mundo. Esto es justamente lo que pasa con los nemátodos, si la planta tiene lo suficiente para vivir, el nemátodo retira el 40% de los carbohidratos que sintetiza la planta, por eso es que él inyecta esta hormona.

Tenemos otro problema, todo el mundo dice que la erosión se debe a la pendiente. Aquí vemos las obras de nivelación que hizo el gobierno estatal en los campos, como resultado el agua no tiene para donde escurrir, se empoza 3,4, 6 hasta 8 días, no escurre porque no tiene para donde, pero tampoco se infiltra, entonces el problema es justamente la compactación del suelo. Pasando exactamente lo mismo con la raíz, ella no penetra en el suelo, abajo debería formar una especie de nabo pero no lo hace, como podemos ver está asentada en la capa dura, va paralela a esta capa e incluso alcanza a ir para arriba, no está haciendo lo que se espera de ella.

Vamos a contar una historia que tiene que ver con el guandul, *Cajanus cajan*. En una finca ganadera muy grande con cerca de 74.000 hectáreas en la Amazonía, invadida por un pasto conocido como “cola de zorro”, pasto ácido que crece solamente en suelos que tienen una capa dura más o menos a 80 cms, capa que estanca el agua, permitiendo que justamente crezca este pasto que como es muy duro, el ganado casi no lo come. Los técnicos del Ministerio le decían al dueño que tenía que dinamitar la capa dura y fertilizar con nitrógeno y fósforo, y además hacer un buen encalado, él respondió que aquí en la selva, sin una buena carretera, tenía que traer todo eso en helicóptero. Me preguntó: “¿qué hago, usted no sabe alguna cosa?, le dije: intentemos con guandul”. Sin embargo, el Instituto Agronómico de Belém manifestó: “el guandul nunca nadie lo había plantado en esta región, posiblemente no crezca y si crece, no va a florecer, pero si florece no va a dar fruto, de manera que esa no es una solución”. Sin embargo, consideramos que en la situación del ganadero, cualquier tentativa era válida, así que cargamos una avioneta con semilla de guandul y la regamos sobre la finca. El guandul creció, floreció, fructificó y daba sombra para los pastos. En el primer año no sucedió nada, pero para el segundo año produjo esta raíz que vemos acá (la señala), actuó igual que un sacacorchos, creciendo hacia abajo y rompiendo la capa dura. En la medida que la capa dura se rompía, iba desapareciendo el cola de zorro y retornaba el pasto original que era el *Brachiaria*, se preguntaban: “¿pero cómo, si faltaba también nitrógeno?”. El nitrógeno está en menor cantidad cuando hay sombrero en el suelo (N. de T.: la planta bajo sombra necesita menos nitrógeno que a libre exposición). El fósforo fue movilizado por la raíz del guandul y en cuanto al calcio, la planta necesita menos cuando está bajo sombrero que a libre exposición. También me decían: “la pastura va a ser pobre en nitrógeno y calcio”, mi respuesta fue que la actividad del propio guandul, suministraba esto. Así que el ganado podía comer el guandul y el pasto, se nutria bien y engordaba nuevamente. Esto aquí fue un milagro para los técnicos norteamericanos que mandaron un equipo de investigadores para hacer un estudio sobre este asunto. Entonces vemos que el problema no es técnico-mecánico o químico, el problema también es ecológico.

Este otro caso fue muy interesante, ocurrió en Ceará, en el nordeste brasileño. El suelo era tan duro que no entraba ni siquiera el arado, el dueño decidió colocar las semillas de maíz sobre la superficie y después, echarle tierra encima. El maíz creció, sin embargo el viento tumbó todas las plantas, ¡nunca había visto un maíz tan débil! y era porque no tenía raíz, estas habían crecido superficialmente. Les recomendé que sería más interesante aplicar un abono verde que trabajar en un suelo tan decadente.

Mucha gente me dice que la agricultura orgánica sólo sirve para pequeños agricultores. Esto no es cierto, se puede realizar en cualquier tamaño. Ahora, si la agricultura orgánica la van a desarrollar sólo los pequeños agricultores, entonces apenas el 20% lo harán porque el restante 80% son arrendatarios, esto es, aquellos que no van a invertir en un suelo que no les pertenece y aún si

todos los pequeños agricultores fueran propietarios y además, agricultores orgánicos, ellos representan sólo el 2.7% de los suelos agrícolas del mundo. Así que salvar este 2.7% y continuar desertificando y erosionando por parte del 97.3% restante, significa que todos vamos a ser arrastrados, por esto, no vale la pena decir que vamos a trabajar con los pequeños agricultores, se tiene que trabajar con todo el mundo. Conozco un productor de plátano orgánico que cultiva 100.000 hectáreas en Ecuador, para estos sistemas, tenemos que desarrollarlos como sistemas propios, no basados en una norma o en preceptos, más bien en conceptos. Como por ejemplo: una parte del plátano va para la industria, para hacer dulce y el bagazo que sobra más los “restos de cama de pollo”, se prepara un abono, un compost. Sabemos que los ingredientes de este compost, tienen residuos tóxicos (la cascarilla, el estiércol de pollo y el bagazo), pero si se abona el plátano con este preparado, en el 1º año ya mejora la salud de las plantas. De manera que si cada año, se les va colocando compost, cada vez están con mejor salud, el bagazo de plátano cada año va a tener menos veneno, y en 4 años, el agricultor será orgánico.

Tenemos otro caso de una finca con caña de azúcar, también bastante grande. Lo primero que hacemos es reunir a todo el equipo técnico y administrativo, para saber que es posible técnica y financieramente, porque simplemente yo no puedo decir: “esto es lo que ustedes tienen que hacer y se acabó”. Descubrimos que la única manera que este agricultor muy grande funcione orgánicamente, es la siguiente: disminuir el espaciamiento entre surcos, con esto se gana un terreno que se puede dejar en barbecho, sin disminuir la cosecha. Resolvimos que como las malezas crecían fabulosamente bien, con ellas íbamos a recuperar el suelo, así que rozamos a los 3 meses para evitar la formación de semillas. Hacia el final del año, la tierra mostraba síntomas de recuperación y por lo tanto, podía ser nuevamente sembrada. Porque se resolvió que en todo terreno en recuperación, el rastrojo se cosechaba y no se quemaba, como normalmente se hacía. Este rastrojo, esta paja también ayudó. Con este caso quiero decirles que cada caso, es un caso, que con este tipo de estrategias, es posible recuperar los suelos y establecer la agricultura orgánica, porque de lo que se trata es de mejorar el suelo a tal punto que la planta permanezca saludable. No se trata de producir menos, o caer en las recetas, eso no es orgánico, la base de lo orgánico es un suelo vivo y con salud, por lo tanto, también plantas saludables.

Aquí quiero contarles que esto es un nabo que no es un nabo, está todo ramificado porque ya en esta profundidad (la señal), tenía dificultades para penetrar. De manera que por la raíz, ya sabemos como es el suelo. Así que cuando usted tenga problemas, no le pregunte al técnico, pregúntele a la raíz. Este cultivo de nabo hace parte de una finca de alrededor de 38 hectáreas, propiedad de un horticultor orgánico-biodinámico, donde cada año su producción disminuía y empeoraba, así que me dijo: “Yo no puedo continuar, la agricultura orgánica me está arruinando, si sabe algo que pueda intentar, lo hago, de lo contrario, en unos 5 o 6 meses voy a tener que regresar a la agricultura convencional”. Lo primero que vi en sus cultivos fue una super irrigación, porque con sólo 2 horas de sol ya las plantas se marchitaban. Pensé que esto no podía ser posible, abrí el suelo y encontré que todas las raíces estaban a 3 cms de profundidad, así que mi pregunta fue: “esta raíz es poco profunda por el exceso de agua o es por otra razón?”. Cuando saqué un poco de suelo olía a pantano, que no es más que materia orgánica en descomposición. Buscamos entonces más profundamente y encontramos su materia orgánica, toneladas de compost, pero a 35 cms. Le dije: “esto no es posible, ¿porqué lo hace?”. Me contestó que para cuando la raíz penetre, encuentre abono, le aclaré que la materia orgánica no es un fertilizante químico, es un acondicionador físico del suelo, los nutrientes químicos que libera la materia orgánica, simplemente son un regalo que adicionalmente nos da. Ahí el hombre me dijo: “Bueno, yo puedo colocar la materia orgánica en la superficie, pero estoy seguro que las raíces también se van a quedar ahí, superficialmente, no van a profundizar”. Le contesté: “si lo hacen así, es buscando boro porque una raíz que busca boro, lo hace en la materia orgánica, entonces se puede aplicar entre 8 y 12 kilos de ácido bórico por hectárea, dependiendo si el suelo es arenoso o arcilloso, revolviéndolo un poco con el mismo suelo, sembrando después las hortalizas y ahí sí, colocando la materia orgánica en la superficie. Unos meses después me llamaron del supermercado donde este señor

vendía sus hortalizas: “¿Qué fue lo que ustedes hicieron?, ahora los productos que él nos entrega son 2 veces más grandes que las hortalizas convencionales y se conservan mucho mejor”. Sucedió que otros agricultores convencionales de la región se convirtieron en orgánicos porque también querían producir como él. Lo más interesante es que después este señor me dijo: “para controlar mis suelos debo consultar con mis raíces, pero para mí es complicado andar por todos los canchales mirando raíces, ¿usted no quiere dar un cursillo para los trabajadores de la finca?”. Acepté y les enseñé cómo mirar las raíces para ver qué estaba bien o qué estaba mal, de ahí en adelante hicieron el trabajo con tanto entusiasmo que ya no eran más simples trabajadores, sino colaboradores. Con este apoyo, el horticultor no volvió a cometer errores o a engañarse respecto de su cultivo, porque sus trabajadores observaban el suelo, las raíces, las plantas y con él, discutían el porqué. De modo que este señor decidió asociarse con sus trabajadores, porque de otra manera no concebía practicar adecuadamente la agricultura. Esto era un espectáculo en la región, nadie podía creer que la agricultura orgánica fuera más productiva y barata que la convencional. Sin embargo, hay un punto que no se debe olvidar: se necesita una observación amorosa del suelo. Uno debe tener amor hacia el suelo, para poder ver si no está muy bien y así hacer alguna cosa. Es como un padre o una madre con su hijo que si está enfermo, tiene fiebre, lo observan y así pueden hacer algo. Entonces el suelo necesita un poco de amor, un poco de entusiasmo, porque la agricultura orgánica no es solamente una actividad económica, es también una actividad espiritual entre el suelo y el ser humano, esto no lo podemos olvidar. Los indígenas en Bolivia dicen lo siguiente: “por el valor del producto que cosecha, se conoce el espíritu del agricultor”. Claro, porque si el espíritu del agricultor es solamente ganancia, va a mirar solamente las normas, pero ellas no resuelven nada en relación con el suelo y la producción. Y la producción va a ser más cara, peor y no hace rico al agricultor, en caso de que no reciba un precio adicional, sin embargo, este precio adicional es cada vez menor. Aquí diría que en este caso la agricultura orgánica es una actividad antisocial, porque se produce para una elite extranjera y no para el pueblo hambriento de nuestros países. Así que tenemos que cambiar muchas cosas: 1°. La recompensa al agricultor por un producto mejor, ya es la cosecha mejor y no la exportación hacia los ricos que pagan mejor. Se produce no solamente por dinero, sino porque nos gusta nuestro suelo, esto es básico, yo sé como es cada pedazo, cada capita de mi suelo, sé perfectamente como va a reaccionar en mi finca, debemos conocer nuestro suelo como si fuese un animalito doméstico.

Parece que nuestros gobiernos únicamente resuelven los problemas del suelo haciendo represas. Es muy bonito y hasta romántico, pero es poco eficiente. En el nordeste del Brasil se hizo una investigación y encontraron que todas las represas que allí se han hecho, sólo consiguen retener el 1% del agua que escurre y entonces ¿qué está pasando con el resto de represas que corresponden al 99% del agua?, ¿es esto eficiente?. No lo es, se ha dispuesto hacer distritos de riego con esta agua, pero como es agua que ya escurrió por el suelo, es rica en sales, además que en las zonas inferiores de estas represas quedan los cultivos más pobres, entonces, a más tardar en 7 años comienza la salinización de los suelos, encontramos pH de 8.0, 8.5 y hasta 9.0, perdiéndose cualquier trabajo. Esto no es la solución, la solución está precisamente en el suelo y no en hacer represas o grandes obras, en la agricultura orgánica que tiene que ser ecológica, debe tenerse amor por el suelo, sin esto no se funciona.

Nuestros suelos tropicales. El suelo nativo es muy profundo, muy permeable, pero es muy pobre en minerales. Vemos que las plantas influyen de dos maneras sobre el suelo: primero por la raíz que extrae y que excreta y la hoja que reserva los minerales y el agua, que es extraída del suelo, la planta suministra sus hojas para protección del suelo y como alimento para la vida. En este sistema, como vimos ayer, si hay aireación no hay ninguna dificultad para que la planta se nutra bien. Un suelo protegido deja penetrar toda el agua, nada escurre. Por ejemplo en la Amazonía tenemos ríos y todos los puentes están 40 cms arriba del nivel del agua porque nunca se presenta inundaciones, pero si comenzara el desmonte alrededor, se afectaban todos los puentes, en pocos meses no habría ninguno. Entonces vemos que todo es un sistema, no hay una parte separada de otra. Si llegamos a plantar aquí, modificamos completamente este cuadro, el suelo queda

desprotegido, se calienta, la lluvia barre la tierra desnuda, se presenta erosión, se forman las costras y el agua que destruye los agregados de la superficie, se tapan los poros formándose una capa dura de barro que no deja penetrar las raíces. Entonces el espacio de la raíz es muy restringido, mientras que acá el espacio es grande (lo señala). Entonces para esta planta el suelo no es pobre, mientras que para esta otra, el suelo si es pobre y entonces que es lo que hacemos: colocamos abono, riego, toda esa metodología que hoy día existe para remediar las deficiencias del suelo que nosotros provocamos, pero estas no recuperan el suelo y cada vez acudimos a otra tecnología. Esto es un engaño para los agricultores que nunca ganan, los que les venden son los que ganan plata.

Bueno, aquí vemos pasto india, *Panicum maximum*, y quiero que vean la diferencia: vemos el pasto invadido por malva, que también le hace competencia. Al abrir el suelo se ve que el suelo está completamente compactado, la lluvia ayudó en esto. Entonces la malva no apareció porque quiso hacerle compañía al pasto, ella está queriendo mejorar el suelo, rompiendo las capas. Donde el pasto permaneció solo, usted ve que el suelo está bueno, entonces el problema es que este pasto cuando está corto no protege el suelo.

Aquí vemos una raíz de frijol que entró muy bien, más o menos 12 cm, después muestra dificultades pero cuando llovía, penetraba un poco más. Con estas dificultades tenemos que ver que hacemos. Solo el subsolador no resuelve, menos el arado, la recuperación debe ser orgánica. Por las raíces podemos saber si la planta está contenta o no, con la tecnología que estamos utilizando. Esto es muy importante, los agricultores deben preguntarle a sus plantas y no al técnico, porque la planta es la que sabe mejor que cualquier otro, lo que le gusta o lo que no le gusta, es que por la raíz podemos saber como es nuestro suelo. Esto hace parte de la tecnología tropicalizada, es que justamente lo que queremos es concientizar a todos que el suelo tropical es completamente diferente al suelo templado y un ecosistema tropical es completamente diferente a un ecosistema de clima templado. "Eco" en griego quiere decir hogar, entonces a cada hogar le corresponde un sistema, yo no puedo aplicar acá este sistema y transportarlo para otro lado en el trópico. Hoy en día todas las Facultades de Agronomía del Brasil tienen una cátedra de transferencia de tecnología, pero es una tristeza porque esta tecnología produce más estragos que mejoras. En clima templado trabajando con agricultura convencional todo va por receta, pero lo de aquí es con conceptos porque no tenemos una misma tecnología para todos los lugares, si decimos que necesitamos mucha vida diversificada en nuestros suelos, entonces ¿cómo lo vamos a hacer?, no puede ser algo imposible, debe ser algo al alcance del agricultor, más barato, más posible para ellos.

La arcilla en clima templado es la esmectita, hoy se dice así, antiguamente se llamaba montmorillonita que es muy rica en sílice: cada fracción de arcilla tiene una capa de sílice, una de aluminio y otra de sílice, o sea, son dos de sílice. En cuanto a la arcilla caolinita del trópico, es muy rica en hierro y aluminio no tóxicos, solamente son tóxicos cuando están reducidos, sino están en forma reducida no son tóxicos. La caolinita es una arcilla muy intemperizada y como resultado tiene solamente una capa de hierro y aluminio y una de sílice, aquí la segunda capa de sílice no existe. Sin embargo en clima templado el suelo es muy "raso" y en clima tropical es profundo, igual sucede en los Andes donde hay metro y medio y hasta dos metros y medio. Otra diferencia es la concentración de nutrientes: en clima templado son elevados, en el trópico es muy bajo. En clima templado el 80% de los nutrientes están en el suelo, en el trópico ese 80% está en la biomasa. Esto significa que debemos reciclar esta biomasa y darle animación a esta vida. Si lo que hacemos es reducir esta biomasa cada vez más, por el uso del monocultivo o de los herbicidas, estamos sacando toda la productividad de los suelos, se agota su productividad porque depende de la biomasa. Esto es la base de nuestro sistema de trabajo. Otro aspecto es el de la agregación del suelo: en clima templado la agregación es por el calcio, en el trópico es por el hierro y el aluminio, entonces si nos ponemos a perseguir al hierro y al aluminio a ultranza, porque en estado reducido puede ser tóxico, podemos ocasionar la destrucción de la agregación del suelo y esto ha sucedido en Brasil y en todos los lugares donde se utiliza un encalado muy elevado para corregir el pH. También se

presenta otro problema: el calcio en clima templado sirve como corrector del suelo, pero en el trópico el calcio es solamente nutriente vegetal, no es un correctivo, nuestros pH están entre 5.2 y 5.8, es el nivel óptimo, si tiene más ya es un desequilibrio.

Respecto a los microorganismos, en clima templado tienen muy pocos, alrededor de 2 millones por gramo del suelo, por lo tanto hay pocos hongos y pueden tener un suelo activo hasta 30 cm, en otras palabras, pueden revolver su suelo hasta 30 cm sin causar costras superficiales. Esto no lo podemos hacer nosotros porque tenemos de 15 a 20 millones por gramo de suelo, muy activos hasta 15 cm por lo tanto hay muchos hongos que producen antibióticos y estos antibióticos que al ser lavados por la lluvia dentro del perfil del suelo, por debajo de los 15 cm hacen que la vida sea muy reducida porque el suelo es rico en antibióticos. Pero nuestros sistemas tropicales funcionan por el reciclaje rápido de materia orgánica, vivimos de eso. El humus por ejemplo en clima templado... la materia orgánica tiene una descomposición muy lenta, el humus se forma de la descomposición de esta materia orgánica, proceso que es enriquecido por el calcio ya que si no hay calcio, no hay formación de ácido húmico, por eso es que nosotros tenemos ácidos húmicos, porque normalmente el suelo es rico en calcio, formándose las huminas. Estas huminas en el trópico no se forman de cualquier manera, son sales de ácido húmico, sales que normalmente se forman con calcio y magnesio y este tipo de ácido húmico es un gran enriquecedor del complejo de cambio del suelo, así el suelo se enriquece cada vez más.

En el trópico la descomposición es muy rápida y sólo llega a ácido fúlvico que es un ácido húmico inicial que no consiguió su enriquecimiento con calcio y es fácilmente lavado del suelo, por eso tenemos ríos y quebradas negras, es justamente el ácido fúlvico lavado del suelo, y cuando es lavado este ácido arrastra consigo cationes, empobreciendo más el suelo, pero entonces ¿podemos pensar que este sistema está hecho así para incomodar?... no, porque este es el sistema que justamente nosotros necesitamos para producir aquí en el trópico. Acá el problema no es de muchos nutrientes, no tenemos el mismo sistema que en clima templado, y si la Naturaleza hace eso tiene toda la razón, porque así se disminuye la riqueza de cationes en la rizósfera. En clima templado para un mejor metabolismo de la planta, la temperatura es de 12 °C, pero para nosotros es de 25 °C, más del doble. En clima templado la insolación es débil, tengo un pariente que fue a Norteamérica a aprender inglés y me escribió: "aquí hay sol, pero hace luz... no hace calor". Entonces aquí está el asunto, allá en el suelo no hay calor porque la insolación es muy débil, acá para nosotros la insolación es muy fuerte, especialmente para los que se acercan al Ecuador. En clima templado la evaporación del agua es por la vegetación, si un suelo está sin vegetación, no pierde agua porque no se calienta, lo máximo que el suelo se calienta es a 14 °C y el agua todavía no se evapora. Entonces se da el caso en regiones semiáridas, quienes labran el suelo lo dejan 1 año sin vegetación y sin ningún plantío, acumulándose la lluvia que entra. Al siguiente año plantan porque ahora el suelo tiene más agua y así salvan su cultivo. Acá en el trópico este sistema no funciona porque primero, si el suelo no está cubierto la lluvia enseguida forma una costra y el agua va a escurrir, y lo segundo, el suelo se está calentando de tal manera que se presenta una pérdida de agua más por evaporación del suelo que por transpiración de la vegetación. De modo que si yo planto cualquier cultivo, por ejemplo maíz, yo no combato más la maleza, porque el suelo protegido garantiza mucho más la conservación de agua que el suelo desnudo. Si es en fríjol, donde se presentan malezas de porte rastrero, yo las dejo porque no son altas y no perjudican la cosecha, de modo que no hay necesidad de sacarlas.

En clima templado las lluvias son generalmente débiles, el impacto de la lluvia es medio, pero aquí las lluvias son muy intensas. Allá la condición del suelo es limpio para captar calor, por eso ellos desmalezan, no solo porque así benefician el cultivo, sino porque temen que se pierda humedad y falte la luz que calienta el suelo. Nosotros no, por el contrario, nosotros tenemos que mantener nuestro suelo protegido, porque el calor es muy grande. En Brasil he llegado a medir hasta 74 °C, en África me contó un investigador que midió temperaturas de 63 °C, y además el impacto de la lluvia es muy violento. Por ejemplo en la Amazonía uno no encuentra un paraguas (se refiere a

sombrillas), no se usan paraguas porque es tal la manera violenta de llover que en 2 minutos está todo roto, entonces simplemente no se usan.

En clima templado la labranza es profunda porque como ya mencionamos la vida es muy débil, allá necesitan calentar el suelo, nosotros no... porque en el suelo tenemos una vida super animada y por el contrario, necesitamos que el suelo no se caliente más, por eso necesitamos cada vez más labranza mínima o cero, es decir, con siembra directa ya es suficiente para animar la vida. Por ejemplo, si usted hace cualquier labranza, 2 horas más tarde tiene una nube gruesa de gas carbónico sobre el suelo. Este gas "grueso" sube a la estratosfera y contribuye del mismo modo que los automóviles al efecto invernadero, así que la agricultura tropical contribuye violentamente a este efecto si se utiliza la labranza convencional del suelo. De otra parte, en la tecnología de clima templado se necesitan nutrientes, entonces se colocan fertilizantes químicos, cuanto mayor es la cantidad, tanto mejor es, pero en el trópico el problema no es ese, aquí no se puede tener mucha cantidad ya que se necesitan muy pocos nutrientes disueltos en la solución del suelo, lo que yo necesito es que las raíces tengan acceso, que tengan espacio para crecer. Como vemos la situación es completamente diferente y es un absurdo que utilicemos la tecnología para clima templado en los suelos tropicales, por eso no producimos bien. Un ejemplo es con el cultivo de maíz, es una planta mejicana, pero acá en América Latina, normalmente si yo tengo mucha suerte produce 6 ton/ha, en Europa prácticamente sin fertilizante químico, ellos producen de 12 a 15 ton/ha, ¿porqué?, porque utilizan la tecnología adecuada para ellos, pero acá la tecnología no es nuestra. Entonces el asunto es que si empezamos a utilizar agricultura orgánica, debemos empezar a utilizar nuestra tecnología para producir eficientemente, y bueno, se necesita expresamente que en el suelo tropical haya agregados y para esta agregación necesito materia orgánica, donde esta materia orgánica no es alimento directo para la planta, porque en primer lugar ella alimenta la vida del suelo. Una vez hicimos una encuesta entre los investigadores de materia orgánica de varios países para saber su opinión sobre las funciones de la materia orgánica en el suelo, el 98% respondieron que la necesitamos para alimentar la vida del suelo, sólo el 2% respondió que para nutrir la planta. La materia orgánica nutre la planta después, cuando todo está descompuesto, lo más importante es justamente su acción como acondicionador de la parte física del suelo y no un alimento puro y simple para la planta. Es que las plantas no comen restos de otras plantas, no comen compost, las plantas comen los minerales al final de la descomposición, para ellas el compost no es alimento, debe estar bien descompuesto hasta obtener los minerales, agua y gas carbónico. A veces la planta es capaz de absorber un aminoácido muy simple, pero mayoritariamente ella necesita la descomposición total. Entonces lo que yo debo saber es que tipo de vida, que tipo de microbios, yo quiero nutrir, y como los microbios que yo preciso para la agregación del suelo son aeróbicos, la materia orgánica debe quedar en la capa aeróbica del suelo y por lo tanto, no se debe enterrar. Mucha gente entierra la materia orgánica argumentando que "la raíz debe penetrar y cuando lo haya hecho va a encontrar su abono". No, esto no es así, porque lo que está enterrado no es comida o alimento para las plantas, es un alimento para la vida del suelo y si entonces aparece así una flora bacteriana, porque los hongos no aparecen en la parte superior, se da una descomposición anaeróbica que es absolutamente perjudicial para las plantas que están en la superficie porque hay producción de gas metano, de gas sulfhídrico y otras cosas así, de modo que la planta no se beneficia al enterrar la materia orgánica. Entonces hay que pensar para que sirve la materia orgánica, además que el suelo debe estar protegido contra el sol, del calentamiento y del impacto de la lluvia. Esta protección se puede llevar a cabo de diversas maneras: una persona hace mulch, otra persona hace un cultivo asociado, otra persona hace una siembra más densa plantando más cerca... en fin, cada uno hace lo más conveniente para su caso, porque no es que todo mundo tenga que hacer mulch... no, no es así. Por ejemplo si yo tengo una plantación de 20.000 hectáreas, ¿qué puedo hacer?, entonces se puede hacer una siembra densa para que el suelo esté más rápidamente protegido. Si es con caña y ya está un poco mayor, puedo dejar las malezas que no perjudiquen, porque depende si es una maleza que perjudica al cultivo, sino perjudica la cosecha, se puede dejar, la caña necesita un sistema radicular profundo y muy profuso. Otra manera es aprovechar el aumento del sistema radicular para los lados utilizando 2 variedades diferentes que

tengan una absorción diferente, por ejemplo 2 variedades de maíz o de arroz o de fríjol, así la raíz tiene el doble de espacio porque también puede entrar en el espacio radicular de sus vecinas. Si el enraizamiento tiene que ser bastante profundo, esto se puede ayudar un poco con boro, porque cuando la planta está abastecida con boro, más fácilmente la raíz alcanza profundidad. Por ejemplo tengo una pequeña compactación en la zona de trabajo, pero esta compactación no es mayor de 2 mm, ¿porqué la raíz no pasa estos 2 mm de compactación?, si por ejemplo vemos que una raíz nativa consigue romper concreto, romper piedras, derribar muros... entonces, ¿que es lo que pasa?. La raíz en principio es muy fuerte, pero en las plantaciones de cultivos de variedades importadas, especialmente hortalizas, que se importan de Holanda o de América del Norte, las plantas están completamente fuera de su medio y por lo tanto, la raíz es muy débil, la capita que hablábamos se puede romper simplemente con una raíz más fuerte del cultivo y se coloca un poco de boro también en el suelo, puede ser 3 o 4 kg/ha de ácido bórico que es suficiente para romper esta capita. Pero si coloco boro sobre el suelo, tengo que avisar a la raíz de mi intención, porque si solamente coloco el boro y no aviso a la raíz, las semillas de la planta que crecieron en un suelo deficiente en boro y formaban una raíz menor, van a absorber el boro pero no lo van a utilizar... ahí está el grave problema, porque se puede decir: “los micronutrientes en el suelo tropical no hacen ningún efecto o muy raramente”, ¿porqué?, porque esto depende de si el suelo tiene un poco de boro o cuando menos en la semilla. Pero si no hay semilla, sino hay un suelo apto para la germinación, la planta no va a utilizar los micronutrientes, los va a absorber. Si se hace un análisis químico de la hoja, se verá un nivel muy elevado de boro, de molibdeno, de cada micronutriente, pero la planta no los utiliza, ella continua mostrando la deficiencia del nutriente y es impresionante cuando falta molibdeno, se aprecia que las hojas prácticamente no tienen limbo, son muy, muy estrechas, tienen la vena principal y un poco de limbo a los lados, pero la hoja prácticamente no se desarrolla. Para este caso, si usted fertiliza con molibdeno, aplicación foliar, aplicación al suelo, no adelanta nada, todas las hojas van naciendo de la misma manera, muy estrechas. Pero si hace análisis, la planta está rica en molibdeno, entonces ¿porqué no hace efecto?, porque la planta es como un computador, permanentemente cuando ella termina la absorción mecánica del agua, empieza la absorción fisiológica. En este momento se hace el análisis para saber que hay en el agua y que no hay, que va a encontrar en el suelo y que no va a encontrar, y la planta durante su vida intenta formar semilla y así reproducirse, pero esta reproducción no es posible si para ella es imprescindible un elemento que no está en el suelo. Aquí entonces hace un “programa alternativo” para poder de todas maneras formar alguna semilla, este programa alternativo entra cuando se pasa de la absorción de agua mecánica a la absorción fisiológica, es decir cuando la planta comienza a trabajar, es en este momento cuando la planta debe saber si va a haber este elemento en el suelo, si no, no hace “programa” para el elemento. Entonces si pretende dar boro, molibdeno o zinc para la planta, debe “avisar” a la semilla, el aviso a la semilla es el siguiente: se pulveriza la semilla con una solución de 3 gramos de boro en 3 litros de agua, equivale a una proporción de 0.003%, para molibdeno es de 0.001%, en el caso de arroz que la cáscara de la semilla es más firme se puede usar cobre hasta el 1% como sulfato de cobre... pero la planta debe ser avisada, sino avisa entonces no vaya a utilizar lo que encuentre en el suelo, pero si le avisa a la planta y le dice: “mira, te voy a colocar boro”, pero después olvida su promesa, la cosecha se cae, porque la planta tiene en su programa ese elemento y usted falla en su compromiso. Pero el desarrollo del sistema radicular no solamente depende de la adición de boro, también de la protección contra el viento. El viento se lleva el 70% de la humedad del suelo y con esta situación, debemos poner esa cantidad a disposición de la planta, cuanto menos viento tanto mejor. A las personas les gusta el viento porque seca el sudor, pero a la planta no le gusta.

En agroecología el enfoque es holístico, trabaja con sistemas y con ciclos, no trabaja con factores. Un ejemplo: falta fósforo, entonces aplicamos fósforo... no, no es así, debemos ver porqué falta el fósforo, si es un suelo muy compactado, el fósforo simplemente desaparece y el aluminio aparece. Podemos hacer el experimento de tomar una muestra de suelo agregado y hacerle análisis, luego lo golpeamos para compactarlo y hacemos otro análisis, el resultado es completamente diferente. En EMBRAPA (Instituto Brasileño de Investigaciones Agropecuarias) en Río de Janeiro se hizo un

encalado muy elevado para neutralizar la toxicidad del manganeso, pero después encontraron que el manganeso es tóxico solamente en suelos anaerobios, si se colocaba materia orgánica en el suelo se formaban agregados y la toxicidad del manganeso desaparecía como por encanto. Entonces vemos que el asunto no es aplicar la cal... no, es ver porqué hay toxicidad del manganeso, porque normalmente el manganeso no es tóxico. Es tóxico cuando el suelo está en condiciones anaeróbicas. Entonces en la agroecología se emiten conceptos, es holístico, no combate síntomas, evalúa las causas y por eso debemos saber como funciona un ciclo. Para el agregamiento del suelo podemos utilizar tamo, rastrojo, abono verde, compost, raíces muy fuertes... especialmente las de algunos pastos tienen un poder muy grande de agregar el suelo. Entonces no se limita la imaginación del agricultor, porque utiliza lo que más se encuentre en su entorno. No hay que obligarlo a tomar una medida determinada, él implementa la medida de la cual dispone con facilidad. Si él va a proteger su suelo, esto lo puede hacer con mulch, con siembra directa, con cultivos asociados, con lonas, puede ser de cualquier manera. Se trata de ampliar el sistema radicular, de proteger contra el viento y de mantener la salud de las plantas con una alimentación completa. Es el sistema de trofobiosis que vamos a ver después como funciona.

Y finalmente la biodiversidad, porque en agricultura tenemos un sistema natural muy simplificado, pero la simplificación no puede llegar al monocultivo. La simplificación debe ser con biodiversidad a través de la rotación de cultivos, especialmente donde se usa la siembra directa, esta rotación es muy importante, porque de lo contrario vamos a tener un surtidor de enfermedades y de plagas, que no estaban cuando se sembraba convencionalmente, porque la excreción radicular siempre es la misma y el tamo siempre es el mismo, entonces lo que hacemos es "cultivar" algunas especies de microbios y de insectos, los otros mueren de hambre. Entonces se cumple aquello de suelo sano-planta sana-hombre sano, por eso se habla de madre tierra, porque ella nos da justamente los minerales que nosotros necesitamos para nuestra salud, la planta transforma estos minerales en sustancias orgánicas que comemos. Por lo tanto, nuestra salud, tanto del cuerpo como del espíritu, depende del suelo, de ahí que le demos tanta importancia al suelo. Si el hombre es sano, es más pacífico que el hombre que está con el espíritu en dificultades. El espíritu del hombre no funciona cuando hay alteración de los nervios porque no hay protección en ellos, son los fosforados los que disuelven la protección de los nervios, de cualquier manera el hombre se enferma cuando el suelo está decadente.

Sobre algunos equívocos en Agricultura Orgánica.

La agricultura orgánica no quiere agrotóxicos... muy bueno, pero no es suficiente, resuelve poco, porque hay agrotóxicos que vienen con la lluvia, si plantamos 2 o 3 hectáreas con orgánico y todos los vecinos plantan con químicos, pues la lluvia está llena de agrotóxicos. Bueno... en qué equívocos puede caer la agricultura orgánica, por ejemplo en emitir recetas, en el enfoque factorial o sea, ver un factor de producción desde un único enfoque, por ejemplo si miramos una silla por la parte de atrás tenemos una idea de cómo es, si la vemos por delante tenemos otra idea, si la vemos de lado es estrecha, entonces cada uno va a tener su enfoque de la misma silla... es lo que justamente es el enfoque factorial, muy restrictivo, no funciona, lo que debemos ver es el enfoque general.

Otro error es utilizar pesticidas orgánicos como hábito y no solamente como excepción, no comprenden que el suelo ya está decadente, entonces semana tras semana aplican estos caldos, si hago esto así ya no es una agricultura orgánica, es como una agricultura convencional pero menos tóxica, podemos así obtener productos orgánicos llenos de agrotóxicos. Otro asunto es producir orgánicamente para el comercio exterior, así no ayudo a ningún agricultor, estoy completamente en contra de este sistema, porque nuestros agricultores tienen que producir en primer lugar para sus hermanos del mismo país, ¿qué estoy haciendo si la gente de los países ricos van a comer un alimento mejor, y los nuestros van a comer alimentos muy intoxicados?

Otro caso es cuando utilizamos compost simplemente como nutriente y no como acondicionador del suelo y mantengo el suelo desprotegido porque todo el mundo hace lo mismo. Entonces debemos ver como protegemos el suelo: puede ser una siembra más densa, y no creer que romper compactaciones es agregar, pensando que los terrones chicos son agregados, esto es absurdo. Vi una tesis de doctorado que hablaba de agregados de 12 mm... no existen, el mayor agregado que existe en la Naturaleza es de 4 mm, que es hecho por las lombrices, pero mayor que esto no existe, si tenemos agregados de 12 mm estos son terroncitos, no agregados, esto lo podemos diferenciar fácilmente porque el terroncito siempre tiene fases rectas y ángulos agudos y en los agregados no hay fases rectas, son siempre curvas, tampoco hay ángulos y además no son estables al agua: si se colocan sobre un colador y se riegan con agua, se deshacen, por lo tanto, romper una capa dura no es agregar. Tampoco podemos creer que un buen compost es el que proviene de los restos de ciudad... no, no lo es, como tampoco utilizar variedades de otro país... esto es un gran problema, normalmente se importan semillas de Holanda o de América del Norte o de Italia muy buenas para los suelos de ellos, nuestros suelos son de otro tipo, de otro clima y si para estas semillas usamos nuestro compost nunca va a ser adecuado o raramente, la planta se enferma a pesar del compost, ante esto usted dirá: “el compost no vale nada”, no, no es que no valga, es que el compost es de un ecosistema y la semilla es de otro ecosistema que no combinan, allá el suelo es más rico en calcio y en fósforo, entonces, ¿qué ocurre?. Al venir acá estas semillas, el agricultor necesita añadir calcio y fósforo al suelo porque con el compost no es suficiente y por otro lado, nosotros tenemos más micronutrientes libres en el compost, que en clima templado los tienen porque el suelo es más neutro. Esto es un gran problema porque considero que si nosotros queremos hacer agricultura orgánica, debemos tener variedades adaptadas a nuestro clima y no variedades importadas de otros países, es bueno importarlas una vez para después adaptarlas. Ahora, la adaptación funciona con verdaderas variedades, no funciona con híbridos, ni con plantas genéticamente transformadas. Entonces esto tenemos que hacerlo rápidamente, porque más tarde ya no habrán posibilidades, porque las variedades ya serán híbridos o genéticamente transformadas y ya no habrá posibilidad de adaptación. Tampoco podemos creer que todo el nitrógeno viene del compost, esto es un error, porque entonces no se mejora el suelo para tener plantas sanas. En Australia ante una enfermedad en los cultivos o una plaga que invade, primero ellos se preguntan ¿porqué?, ¿qué se ha hecho que esté equivocado?, ¿qué no está bien?, entonces buscan saber que es o que es lo que tiene el suelo para que se produzcan plantas enfermas. Porque debemos tener claro una cosa: la planta se enferma antes de ser atacada por el parásito, y aún si uno elimina el parásito, ella continúa enferma, no se sana, entonces el problema es creer que si ya no hay más parásito, la planta está bien. El producto que ella va a elaborar es biológicamente inferior. Aquí vemos unas hojas de poroto (fríjol), este de aquí es un fríjol que fue tratado con agrotóxico y su aura está muy perturbada. Este de aquí es un fríjol tratado con compost y EM (microorganismos especiales) y su aura está completamente normal, podemos ver como es la hoja en la Naturaleza, su valor biológico es máximo. Esta de aquí fue tratada únicamente con materia orgánica, la planta no está enferma como esta de acá, pero no está buena, algo le falta, porque nuestras variedades son de afuera y no combinan con nuestros suelos y con la materia orgánica que nosotros les podemos suministrar, entonces no podemos pensar que por tener materia orgánica la planta ya está sana, porque puede que todavía no encuentre todo lo que necesita.

Otro asunto que considero un error en agricultura orgánica, es vivir solamente con las normas y no para la ecología, hay mucha influencia con las normas que da Europa, utilizando recetas y no conceptos. En todo esto se receta, por ejemplo la manera de hacer compost de cualquier manera, no es que esté en contra del compost, estoy contra la idea que solamente con compost se hace agricultura orgánica, porque en agricultura orgánica debemos animar la vida diversificada. Entonces, el cómo usted anima esta vida diversificada es un asunto serio, cada uno lo hace de la manera que sea más conveniente. No es que usted deba de cualquier manera usar compost, porque es continuar con el enfoque analítico, factorial, analizando factor por factor, es cuando utilizan el compost como NPK, un NPK orgánico y no como un alimento para la vida y acondicionador de la estructura del suelo, que es lo correcto. Una vez un agricultor chileno me dijo: “no consigo un

producto de exportación porque con 40 toneladas de compost, adicióno solamente la mitad de NPK que coloca mi vecino en su finca”, es una visión completamente distorsionada porque el compost no sirve como NPK orgánico y además continúan con un suelo expuesto al sol y a la lluvia y rompen las compactaciones con máquinas y creen que este rompimiento de terrones es suficiente para mejorar un suelo duro y compactado... no, no lo es porque con una máquina se puede romper y se puede pulverizar el suelo, pero no agregar. La agregación es un proceso biológico y no mecánico, entonces si hoy rompe una capa dura en el suelo, máximo en 3 semanas está acabado, porque usted no mejoró nada, más bien empeoró. No podemos aceptar que el compost sea un negocio de fincas convencionales y la basura orgánica de la ciudad es un residuo orgánico, porque es químico desde el punto de vista orgánico, es más tóxico que el que viene de la agricultura convencional. Por ejemplo, hoy en día en Alemania, se acepta el 20% de compost de material proveniente de fincas convencionales, el resto no. También hay que ver que no todo el nitrógeno viene del compost y de la fijación por Rhizobium y por las leguminosas, hay mucha fijación tanto en la rizósfera como en las hojas, de modo que una planta sana no tiene problemas de nitrógeno. El problema ocurre cuando la planta está enferma, la solución no es usar pesticidas orgánicos, caldos contra la maleza, caldo de tabaco, EM4 y lo usan ordinariamente cada semana, sin considerar que puede ser tóxico. Esto así es absurdo, porque en la agricultura orgánica también pueden haber plantas enfermas. Es la misma cosa que si usted por ejemplo cada mañana en el desayuno utiliza un antibiótico, no... no debe hacer eso. Entonces podemos ver que el uso de agrotóxicos muestra una agricultura orgánica equivocada, no es correcta. En mis viajes he constatado que muchos agricultores orgánicos tienen el suelo en pésimo estado y claro, en este tipo de suelos las plantas se enferman y por lo tanto, van a necesitar justamente de la aplicación de agrotóxicos y caldos, semana tras semana. Si la agricultura orgánica funciona de esta manera, no es mejor que la agricultura convencional, es peor. De igual forma, la ganancia del agricultor no debe ser por un mejor precio sino por una mejor producción, sobre esto, conozco un agricultor orgánico que acompaña sus bandejas de productos orgánicos con un panfleto que dice algo así como: “el producto orgánico es menor, más feo, menos sabroso, pero no tiene veneno”, producir estos productos es una aberración. Sin embargo, hoy en día produce un producto orgánico maravilloso, sin panfleto, todos admiran sus productos y él gana porque cosecha más, no tiene enfermedades, ni insectos y todo porque salvó su suelo, esto es lo importante, es la base de la agricultura orgánica. Creer que la agricultura orgánica es más cara, laboriosa, menos productiva y todo por el estilo, hace mucho daño porque esto no es agricultura orgánica, es una aberración.

La fotografía son las emanaciones magnéticas de la hoja, la fotografía se toma en completa oscuridad, sin nada de luz, se abre un campo eléctrico de 11 micrones debajo de la película, entonces contra este campo eléctrico muy fuerte aparece el campo magnético de la planta, todos los colores que aparecen son de la propia aura magnética de la planta. El concepto es el siguiente: supongamos que tenemos una planta deficiente en molibdeno y por lo tanto es atacada por un gusano, si matamos este gusano no hemos resuelto la deficiencia, esta continúa, la planta todavía esta enferma. Si acabamos el ataque del gusano con una mariquita o si lo mato con un insecticida, da lo mismo, no estamos contribuyendo con la salud de la planta y del suelo. Se puede cosechar, claro, pero la planta continúa siendo deficiente, y esto significa que no va a formar las sustancias químicas que necesitamos para nuestra alimentación y por lo tanto, su valor biológico es bajo.

Sobre los abonos verdes, los cultivos asociados y la adaptabilidad de las especies nativas.

Bueno aquí vemos un trabajo que hicimos con abono verde, quiero hablarles de lo que podemos conseguir como abono verde, porque es una manera de colocar materia orgánica en el suelo, sólo que esta normalmente es de rápida descomposición, no va a mejorar mucho la agregación, a no ser por el sistema radicular. Además hay que considerar que si uno siempre aplica abono verde, nunca tanto, el suelo va a tener un pH muy bajo. Así que lo que puedo hacer es aumentar las especies de una rotación, claro, por ejemplo al hacer una rotación, después abono con soya, maíz, esto es un abono verde con 4 o 5 especies diferentes, prácticamente lo que tengo es una rotación que aumenta

la biodiversidad en el campo. También el abono verde puede ser utilizado como cobertura del suelo entre 2 cultivos, cosecho uno y todavía no es la época de plantar el otro cultivo y uso la cobertura del abono verde, un ejemplo: avena-lupino-trigo sarraceno, etc., teniendo en cuenta que el lupino es solamente para regiones más bien frías, para regiones calientes es una buena opción como abono verde la crotalaria. También se pueden hacer asociaciones, una muy conocida es maíz-poroto, también está el algodón-Caupí, *Vigna* sp., dejando éste como abono verde, o puedo tener café con dolichos (fríjol jacinto) o con maní, *Arachis pintoi*, en esto, cada uno puede hacer cosas distintas. También puede ser para fijar nitrógeno, pero como les decía ayer, de todas las leguminosas, solamente el 8.7% fijan nitrógeno por rizobios, el resto no fijan nada. Hay también Actinomicetes que fijan, hay también por las hojas (endófitos), entonces no son solamente las leguminosas. También puedo movilizar el fósforo y el calcio, acudo a plantas ricas en estos minerales como el chícharo, altramuza, sarraceno, lo hago a través de ellas. Puedo proveer el suelo con potasio, por ejemplo utilizando higuerilla o pasto elefante, este pasto tiene tanto potasio que a veces al utilizarlo se provoca la deficiencia de magnesio, por lo tanto, hay que añadir un poco de magnesio porque el potasio es demasiado. También con las raíces de las leguminosas puedo romper las capas duras en el suelo, por ejemplo con guandul, mejoro su estructura con crotalaria o con dolichos, las leguminosas me sirven también para combatir nemátodos, casi cada leguminosa combate un tipo distinto de nemátodo, aunque también hay leguminosas que no combaten a los nemátodos, sino que los crían. Hay algo importante: no se puede plantar la misma leguminosa año tras año, porque en el primer año combate pero en el 2 o 3 año cría sus nemátodos, así que nos ganamos un problema.

Al hacer cultivos asociados tenemos que conocer el comportamiento de cada especie, puedo hacer un cultivo asociado entre maíz y mucuna (es la misma vitabosa) *Mucuna deeringianum*, pero sembrando esta leguminosa bastante después, porque sino se enreda excesivamente en el maíz. Muchas asociaciones puedo hacer: avena-vicia en clima frío, café-dolichos, cacao-eritrina, naranja-mucuna y con palma, pero siempre y cuando, controle el proceso. Así que hay muchas posibilidades, por eso yo no doy recetas, cada uno hace lo que es más conveniente en su finca. Pero siempre lo que debo saber es que tengo que tener mayor diversidad en el suelo, porque la biodiversidad arriba del suelo, va a ser la biodiversidad abajo del suelo, no es por la raíz que me refiero, es por la microvida. Hay que tener en cuenta lo siguiente: la microvida del suelo contiene unas enzimas que funcionan restringidas a ciertas estructuras químicas, así que cada planta, cada hoja, tiene sus microorganismos que la descomponen, no es que todas las bacterias y todos los animalitos ahora van a descomponer todas las hojas, cada tipo de hoja tiene su tipo de microbios. Vi una fotografía muy interesante en este sentido, correspondía a un gusano que comía arroz, pero no encontró el arroz que necesitaba, el que había en el campo no ofrecía el sustrato que el gusano podía digerir, ¿qué sucedió?, tenía tanta hambre que se comió la primera planta que encontró en el camino, se le colocó ácido láctico que hace transparente los tejidos permitiendo ver su intestino y se podía apreciar de la cabeza a la punta que todo el intestino estaba lleno de pedazos de hoja que había comido y que no consiguió digerir, finalmente el gusano murió de indigestión. De manera que no es que cada animalito, coma lo que encuentre en el camino, porque las enzimas los “programan” para determinado alimento, determinadas hojas. Así que cuanto más biodiversidad haya arriba del suelo, más habrá abajo del suelo, y esto anima la vida de las plantas. Así que cuanto más microbios haya, tanto más nutrientes van a ser disponibles, y tanto mejor se desarrollará a planta.

Bueno en estos análisis, vemos el análisis foliar, estos de acá son rizobios del suelo y estos de la hoja, vemos que el suelo es super pobre y podemos pensar que en un suelo pobre vamos a tener una planta pobre. Sin embargo, se hizo el análisis de un árbol nativo llamado “ubucero” allí presente, y la cantidad de nutrientes en las hojas, con excepción del calcio y del potasio, era siempre normal, inclusive hasta más que lo normal. Así que si la planta está adaptada a un ambiente, consigue movilizar y absorber lo que necesita, por lo tanto, no importa que el suelo sea pobre o rico, lo importante es que la planta está adaptada. Por eso antiguamente, por ejemplo en la

China había 14.000 variedades de soya, en toda Asia había 80.000 variedades de arroz, solamente en Malasia había 10.000 variedades, hoy en día hay 8, los norteamericanos acabaron con todas. A propósito, el gobierno de Filipinas primero estaba muy entusiasmado con las semillas híbridas, que son más productivas, se empezaron a dar cuenta que producían más pero costaban más, hasta que los agricultores iban poco a poco a la quiebra, así que el Ministerio de Agricultura inició una campaña para recuperar las variedades antiguas, de 10.000 recuperaron 36, el resto se habían perdido. Esto lo podemos considerar una catástrofe mundial que la Revolución Verde ha provocado, y que está aumentando con los transgénicos, entonces podemos concluir que en un suelo pobre una planta que está adaptada no se inmuta, ella encuentra lo que necesita, tiene la capacidad de extracción, pero hoy en día la planta no tiene esta capacidad.

Bueno acá vemos la infiltración del agua, este es otro motivo para la rotación de cultivos, porque en cada cultivo la infiltración es diferente, por ejemplo en el trigo es menor que en la canola que es una planta con la que se hace aceite en Europa y también el lupino favorece una infiltración mayor que la del trigo y la vicia mucho más que todas las otras, entonces podemos ver que la penetración del agua también depende del cultivo y de la cobertura del suelo. Cuanto mejor sea esta última y cuanto mejor sea el sistema radicular, tanto más permeable se torna el suelo, en ciertas regiones del Brasil, septiembre es el inicio de las lluvias mientras que abril marca el inicio de la sequía, entonces si manejamos los rastrojos, no se depende del declive del suelo ni de la lluvia, se depende de la agregación del suelo. Aquí podemos ver como el declive era muy fuerte, del 12% y la lluvia no es poca, es de 1500 mm y vemos que cuando se quema el tamo, la pérdida de suelo es de 20 ton/ha, si el tamo se entierra, se pierden 13 ton/ha de suelo, pero si el tamo se maneja como cobertura, sólo se pierden 6 ton/ha, es decir, el 30% de lo que se pierde cuando se quema el suelo. De modo que hay manera de manejar el rastrojo y evitar el escurrimiento del agua. Cuanta más agua se pierde, tanta mayor sequía va a sentir el cultivo.

Ahora, sobre el tema de las malezas traje pocas cosas porque no sé que malezas tienen acá, pero si sabemos que cada maleza indica una cosa, entonces observando pueden hacer sus propios criterios y descubrir porqué cada maleza –hablo de maleza solamente como planta nativa– crece solamente para regular lo que nosotros desregulamos con nuestra agricultura, porque ella tiende a sanar lo que nosotros destruimos y es que cada maleza indica muy específicamente alguna cosa. Por ejemplo si tenemos lengua de vaca, *Rumex crispus*, indica un exceso de nitrógeno y una deficiencia de cobre, pero no se trata de nitrógeno químico, sino orgánico, las diferencias indicadas son muy exactas: si yo uso nitrógeno orgánico, en ese estiércol aparece lengua de vaca y está faltando cobre, pero si uso fertilizante químico aparece otra planta, la lengua de vaca no la indica. Otro ejemplo: el nabo forrajero, *Raphanus raphanistrum*, indica la deficiencia de boro y en alguna ocasión vi un campo de trigo que estaba invadido por un tipo de nabo, no del tipo forrajero sino de uno que es nativo, y al agricultor le decían: “usted plantó una semilla que es maleza”, él respondía que la había comprado en la Secretaria de Agricultura y no le creían, el problema es que si el suelo es deficiente en boro o en manganeso, este nabo aparece solito, porque la semilla se puede conservar en el suelo por 30 o 35 años sin que nazca, pero si se presenta la condición favorable para que ella aparezca, lo hace. Entonces si abonamos con boro o manganeso, desaparece así como apareció, porque está indicando justamente esta deficiencia. Ahora si tenemos una planta llamada “cola de zorro”, *Andropogon bicornis*, ella nos está indicando la presencia de una capita impermeable a una profundidad de 30 cm que va estancando el agua, al punto que en época de lluvias el suelo se vuelve pantanoso y todo el mundo dice que cola de zorro es de suelo ácido, muy bien, pero si se rompe esta capita con las raíces de guandul, la cola de zorro desaparece, entonces no es que sea una planta de suelo ácido sino más bien de las condiciones tan específicas de este suelo. También está el caso de la “lecherita”, *Euphorbia heterophila*, en el cultivo de soya, ella, específicamente en cultivos de siembra directa aparece mucho indicando deficiencia de molibdeno. Si se utiliza la variedad de soya “Roundup ready” que es transgénica (resistente al herbicida Roundup), se puede acabar con la lecherita, pero no hay un suministro de molibdeno, que cada vez va a faltar más y más, hasta que simplemente la soya no puede volver a crecer, porque el molibdeno aumenta la cantidad de vainas

y la cantidad de granos dentro de las vainas, así que la cosecha disminuye si falta molibdeno, entonces sembrar variedad "Roundup ready" no soluciona el problema, sino que más bien lo esconde, porque no hay suministro de molibdeno. Otro ejemplo: cuando hay mucha amapola en el cultivo de trigo, conocí este caso en Chile, hasta el Ministerio de Agricultura estaba muy agitado, aducían que el Canadá lo había hecho a propósito para perjudicar la producción triguera de Chile, el problema no es ese, sino que allá los suelos son muy ricos en calcio y el trigo no consigue procesar todo este calcio, entonces la Naturaleza echa mano de la amapola que si lo elimina, luego esta planta desaparece cuando ya no tiene más razón de ser. También tenemos esta planta llamada "cerda de chanco" que crece en climas tropicales cuando hay quemadas muy frecuentes, o el caso de la alfalfa invadiendo el pasto, que nos está indicando deficiencia de potasio, otra planta que nos indica presencia de capitas duras es la malva. Entonces, cada planta indica una cosa.

Este análisis lo podemos llevar a las plagas, cada plaga solo ataca una planta si hay alguna deficiencia, ¿porqué?, porque la deficiencia impide que una determinada enzima cumpla su respectiva reacción en la planta, así que lo que produce es un producto semifabricado circulando por la planta, sin que llegue a su estado final, y este producto emana un olor que atrae a la plaga, es por eso que la hormiga cortadora no ataca una planta con adecuado nivel de molibdeno, solamente lo hace cuando falta este mineral, ¿porqué?, es porque sin molibdeno la planta no tiene enzimas para formar proteínas, si la proteína se forma, la hormiga no se la come más. Con las hormigas también vemos como con ciertas plantas duras, les cuesta mucho cortar, entonces cogen las hojas caídas en el suelo y se van, eso es porque detectan que allí en la planta, hay proteína y los hongos de los nidos de las hormigas, no consiguen vivir en un sustrato proteico, porque sus enzimas son solo para aminoácidos, por lo tanto no la cortan, solo lo hacen cuando falta proteína. La *Pseudomonas* como lo mencioné ayer en el cultivo de tabaco, hace presencia por deficiencia de potasio, porque normalmente la *Pseudomonas* es una bacteria que vive en la rizósfera de esta planta y hasta contribuye en la fijación de nitrógeno, pero si falta potasio, ataca la hoja y acaba con el cultivo. En el caso del cogollero del maíz, *Spodoptera spp.*, es por deficiencia de boro. Y el tierrero en maíz y frijol, que mata las plántulas, entra en el suelo y hace el daño, hasta en un 20% del cultivo, pero si se pulveriza la semilla con una solución de sulfato de zinc en un rango de 0.03 a 0.1%, no pasa nada. Hay unos pequeños escarabajos, que los llamamos "tucuras", que se alimentan de las hojas de las plantas, entonces siempre que la hoja esté comida por ellos, podemos tener la certeza que el suelo está muy compactado, porque este bichito solamente ataca cuando las plantas presentan una respiración fermentativa, porque en condiciones normales la planta tiene una respiración oxidativa, en un suelo aeróbico la planta forma 720 calorías por cada molécula de glucosa, pero si el suelo es anaeróbico, porque está muy compactado, forma solamente 20 calorías por cada molécula, produciendo alcohol especialmente en la raíz. Ahí fácilmente podemos hacer un análisis en placa verde con colorante, para ver qué excreta la raíz. En este caso cuando la raíz excreta alcohol, allá arriba están las tucuras comiéndose las hojas. Otro caso más conocido es la roya del trigo que se presenta por deficiencia de boro y de cobre, sobre esto les voy a contar dos situaciones. Una, hice un trabajo sobre cobre en trigo y constatamos que si falta cobre, aunque no sea visible, se presenta una disminución de la cosecha y si la deficiencia es mayor, entonces aparece la roya. La opinión que recibí de una estación experimental en Holanda, es que debía estar equivocada, porque allá nunca lograron constatar la deficiencia de cobre en sus trigales, les contesté que colocaran solamente 2.5 kilos de sulfato de cobre por hectárea y si no sucede nada, bueno, pues estoy equivocada, lo hicieron y cosecharon exactamente el doble de lo que venían obteniendo, esto quiere decir que la deficiencia estaba latente, no era todavía suficiente para causar la roya, pero si afectaba sensiblemente la cosecha. También en Sao Paulo sembramos trigo en una región en donde los funcionarios del Gobierno nos habían advertido sobre la presencia de 12 variedades de roya que atacaban al trigo, bueno, mi opinión fue que las royas obedecen a deficiencias en cobre y en boro, así que vamos a colocarlos para ver que pasa, pues el trigo se dio completamente limpio a pesar de las 12 variedades de roya en la región.

Entonces podemos ver que las malezas, las plagas y las enfermedades que aparecen en las plantas, nos están indicando alguna cosa, por lo tanto, en agricultura ecológica no tratamos de matar lo que aparece como maleza, insecto u hongo, sino que buscamos sanar las causas, es mucho más interesante y menos estresante. Y aquí está la mayor crítica a los cultivos transgénicos, porque con estas plantas modificadas se controlan las malezas y las plagas, claro, pero no se corrigen los problemas, estos continúan. En Norteamérica, donde llevan plantando transgénicos 15 años, con datos de 1999 porque no tenemos datos del 2000, ya estaban usando un 24% menos de variedades BT, *Bacillus thuringiensis*, porque ya no estaban protegiendo más las plantas de las plagas. Entonces podemos ver que en la agricultura orgánica nosotros tratamos de añadir estos elementos para proteger las plantas.

Sobre la materia orgánica.

Aquí vemos el ciclo de la materia orgánica, es producida por la fotosíntesis, a partir de luz, agua y gas carbónico que vienen del sol, se producen las hojas que nutren a los microorganismos, hongos, bacterias, y estos movilizan nutrientes que la planta va a absorber nuevamente, vemos entonces la interrelación muy íntima entre la planta y el suelo. ¿Y que sucede al interior de la materia orgánica?, bueno es un asunto bien interesante. El primer estado siempre es atracción electroquímica, está la arcilla y el humus, que es ácido y atrae cationes que son fijados de manera suficientemente fuerte para que no sean atraídos por otra arcilla, así se forman los agregados primarios, entonces en cuanto más valencias tiene un catión, mayor es la atracción. Estos agregados primarios son muy pequeños y no son estables al agua, si toman agregados del subsuelo y los ponen en la superficie, la primera lluvia los destruye, por lo tanto, ellos tienen que ser mejorados por la agregación biológica de las bacterias, que como ya había comentado, producen una “jalea” bacteriana que principalmente es ácido poliurónico que cumple la función de pegar los agregados primarios formando agregados secundarios y entonces aquí viene la estabilización por las hifas de los hongos, que se vuelven locos por comerse esta jalea, así que amarran estos agregados con sus hifas, como un paquete. Pero esto no es un amarre estable, sino lo suficiente para consumir la jalea, cuando terminan con esta jalea, retiran la vida de las hifas y la primera gota de lluvia destruye el agregado. Estos agregados que no son permanentes, duran entre 8 a 10 semanas y después se deshacen, por eso una vez que se realiza la siembra necesitamos como mínimo 8 semanas de protección para el suelo, por otro lado, estos agregados forman los poros en los cuales entran la lluvia y el aire que son muy importantes para el metabolismo de la planta, claro que la lluvia no solamente se necesita para la planta, sino también para los ríos y quebradas y todo el sistema de agua dulce del planeta. Así que cuando no hay hongos, no hay poros y no hay ríos con agua, el agua termina perdiéndose. Actualmente tenemos mucho más hongos que antiguamente porque la temperatura es más elevada, ha aumentado entre 1.5 y 3%, entonces el problema es precisamente hacer que las lluvias se infiltren en el suelo, porque cada vez tenemos ríos con agua, no porque esta se esté secando sino porque no está infiltrando hasta la capa freática del suelo o hasta los acuíferos más inferiores. Así que nuestra obligación a través de la agricultura está en nutrir estas bacterias con materia orgánica, porque las bacterias que mejor producen jalea son las cytophagas que descomponen el tamo, por eso el tamo es un agregador mucho más eficiente que el compost, este está a mitad de camino de una descomposición ya recorrida. Después viene la protección de esta capa, porque los grumos no se destruyen por sí mismos sino por el impacto de la lluvia, entonces podemos tener una capa de vegetación suficientemente densa para que amortigüe la lluvia o preparamos un mulch para que cumpla esta función. En general la gente dice que esto está muy bien pero requiere de una serie de análisis de suelos bastante dispendiosos, de tal manera que el agricultor no puede saber fácilmente que es lo que necesitan sus suelos. Esto es muy fácil de saber: se coge un terrón del suelo, no importa si está seco o está húmedo, y se le rompe, si se quiebra en pedacitos redondos como se aprecia aquí al lado izquierdo, está muy bien porque estos son grumos, los grumos parecen como maíz quebrado o arroz quebrado y pueden tener hasta 4 mm de tamaño, normalmente van de 0.5 a 1 mm. Bueno, si el terrón se quiebra como se muestra aquí arriba, con fases bastante irregulares, la tierra todavía está más o menos buena y la

densidad aparente es de un máximo de 1.3 gr/cm³ mientras que acá la densidad es de 0.9 (refiriéndose al primer caso). Pero si el terrón ya se rompe con fases muy rectas, la tierra está muy dura así que es urgente que se haga una recuperación en este suelo porque en estas condiciones no hay posibilidad que un abono actúe para que la planta de una buena cosecha, si el suelo se rompe de esta manera, hay que utilizar materia orgánica, entonces no es cierto que el fertilizante químico sustituya al orgánico, en este caso sin materia orgánica no se podría continuar plantando. La gente está desertificando sus suelos precisamente por causa de la opinión un poco extraña que NPK es suficiente para el suelo, pero esto no es así, se necesitan también los agregados. Ahora si el suelo se rompe en estratos de esta manera (lo señala), está muy pero muy dañado y normalmente necesita una recuperación drástica y complicada. En cierta ocasión me encontré un suelo de estos en un invernadero, el propietario me decía: “mire mis plantas raquíticas, pequeñitas, no sé que les pasa, no sé cuanto de compost ponerle”, observando a 6 cm, el suelo ya estaba de esta manera (se refiere al suelo que rompe en estratos), entonces en estos casos la recuperación es bastante demorada, es mejor abandonar el terreno por unos 8 o 10 años para que la madre Naturaleza actúe por su cuenta, porque para el agricultor va a ser bastante costoso. Cuando di un curso en la Escuela Ecológica en la Universidad Ecológica de Costa Rica, había 2 holandeses profesores de edafología que me dijeron: “esto aquí no funciona, porque llueve todos los días y los terrones se rompen con facilidad”, les contesté que si, pero la fase de rompimiento también es la misma en suelo húmedo” (se entiende por el contexto que les muestra unas fases de rompimiento de suelo compactado), se sorprendieron al ver esta diferencia de fases, me dijeron: “no creemos que esto sea suficiente para probar que el suelo está arruinado (compactado), les pregunté si creían en las lombrices y dijeron que si porque venían de una escuela ecológica con orientación orgánica, entonces les mostré las lombrices que habían que eran bastantes por causa de la lluvia, las lombrices no andaban, estaban formando un nudo, enrollándose en bolitas pequeñas y se quedaban por ahí, les pregunté porqué hacían esto las lombrices, pero no sabían, les dije: “es porque les está faltando condiciones de vida, falta materia orgánica y falta aire, están en un estado extremo de reposo para ver si mejora la situación, sino mejora, simplemente se mueren”, parece que nunca habían visto nada igual. Lamentablemente la mayoría de los investigadores del suelo, tienen miedo de poner su mano en el suelo, trabajan con muchos aparatos e instrumentos, pero no tocan el suelo, y de esto nadie se escapa, tenemos que tocar el suelo y romperlo para ver como está, porque hay agua para lavarse mientras el suelo está todavía en buenas condiciones, pero si está muy compactado, tal vez no va a haber agua para lavarse las manos.

Bueno acá tenemos la tasa de descomposición de la materia orgánica confrontada contra el tiempo, medido en días (15, 50, 75, 150, etc), vemos que prácticamente en 50 días no existe más celulosa en el suelo, los almidones desaparecen al cabo de 75 días, las proteínas desaparecen todavía más rápidamente. Entonces todo depende de las sustancias que contenga el abono que uno coloca, si se agrega tamo va a durar un poco más, si se coloca un abono verde u hoja de soya o frijol, se mantiene solamente por unas pocas semanas y después ya no queda nada. Es por eso que nos interesa que la descomposición dure el mayor tiempo posible para que así se mantengan más los grumos. La estabilidad de los agregados acompaña la descomposición de la materia orgánica, presentándose la mayor estabilidad entre los 9 y 15 días, después va bajando y a las 21 semanas ya es muy baja, de manera que a partir de acá es necesario proteger el suelo contra el impacto de la lluvia, porque la inestabilidad del agregado frente al impacto de la lluvia es cada vez mayor y puede ser fácilmente destruido.

Sobre asociaciones entre plantas.

Respecto a las asociaciones entre plantas, tenemos varios casos. Conocí la situación en el estado de Río Grande do Sul donde se sembraba conjuntamente el trigo morisco y el trigo común, pero el común empezó con que cada año se daba menos y menos, tanto que el gobierno del estado llegó a la conclusión que allí no era apto para producir trigo, hasta que un agricultor no sembró más el trigo morisco y el trigo común comenzó a repuntar, así descubrieron que trigo común y trigo

morisco no es una buena combinación. Algo mucho peor sucedió entre los cultivadores de zanahoria y ajo, un extensionista les decía que hicieran rotación con leguminosas: “tienen suministro gratuito de nitrógeno y no necesitan añadir”, pero resulta que las leguminosas son los más acérrimos rivales de la zanahoria y del ajo, por causa de las leguminosas después en la primera siembra, baja la cosecha a la mitad, que fue lo que sucedió. Vemos entonces que hay plantas que se repelen de tal manera que no tiene caso sembrarlas juntas, es el caso del girasol y la papa, esto es una catástrofe, ninguno de los 2 cultivos consigue crecer porque tienen las mismas armas, los “aerosoles” que exhalan no permiten que ambos sean sembrados en el mismo campo ni siquiera a una distancia de 50 o 60 metros. En cambio hay un caso curioso con la manzanilla y la menta, la manzanilla perjudica seriamente la producción de aceite de la menta, pero en cambio la menta aumenta los aceites aromáticos de la manzanilla. Otro ejemplo: la papa se lleva muy bien con el amaranto (kiwicha). La mayor parte de los cereales y leguminosas son benéficos. Otros caso: la cebolla es casi milagrosa si se siembra con la hierba de Santa María (es un tipo de artemisia), una vez sembré cebollas en condiciones muy secas por causa del clima, la hierba de Santa María invadió violentamente las cebollas y pensé que como había tanta sequía no iba a cosechar nada, cuando llegaron las lluvias, quise retirar la hierba de Santa María y sembrar otra cosa pero que sorpresa nos llevamos al ver unas cebollas bastante grandes. Vemos que arveja con nabo no da, avena con remolacha no da, el sorgo con el ajonjolí (sésamo) es una catástrofe, el ajonjolí no llega ni a florecer si está cerca del sorgo y esta planta a su vez, perjudica el trigo, entre otras por esto no soy muy amiga del sorgo, es una planta que retira en exceso el agua del suelo con raíces de hasta 3 ms de profundidad, este puede ser el motivo, pero también puede ser que el sorgo sea autointolerante, no se puede plantar sorgo sobre sorgo, entonces no se sabe si es por este motivo o por la deficiencia de agua que el sorgo resulta perjudicial para el trigo. Como pueden ver, así se trate de un abono verde o de una rotación, uno debe cuidarse de plantar especies que no se gusten, por el contrario, hay que buscar plantar especies amistosas o que se gusten, las amistosas son llamadas sinérgicas.

Aquí vemos la diferencia entre un bosque nativo y un “canavial”, en el bosque nativo la lluvia penetra inmediatamente y en el canavial se demora hasta 240 minutos, como el agua no es un ciudadano muy paciente, simplemente escurre produciendo erosión.

Sobre el efecto del viento en suelos desprotegidos.

Ustedes pueden ver este paisaje nuestro, de hoy en día, con un desmonte muy violento, con muchas partes de desarrollo agrícola y pastoril y tenemos una ciudad, como en la mayor parte de los casos, bueno en el caso de Bogotá, constituye una excepción porque en el centro de la ciudad tiene un pulmón ecológico. Pero la mayor parte de las ciudades no tiene nada, sólo cemento, asfalto y edificios, y el agua no infiltra, solamente escurre, y por eso hay cada vez más inundaciones en las ciudades.

Lo peor que sobreviene con el desmonte es justamente el viento que entra en el paisaje. Pueden ver que si el suelo tiene un 80% de humedad, conserva el doble de humedad cuando tiene bosque que lo protege del viento, que cuando no lo tiene. Si el suelo tiene una humedad del 40%, la diferencia es mucho mayor. La tierra que tiene protección contra el viento, retiene 3 veces más humedad. Allá en el Brasil, por el viento se pierden hasta 750 mms de lluvia al año, eso significa que si una región tiene 1300 mms de lluvia, que es una buena cantidad, resulta convirtiéndose en una región semiárida porque el viento se lleva más de la mitad del agua. Y en Rusia por ejemplo, se lleva hasta el 80%. Entonces podemos ver que el viento es un problema muy grande en toda nuestra agricultura.

Aquí tenemos una región semiárida en la que la lluvia no es tan poca, pero cae toda en una sola época, en unos 3 o 4 meses. Después al estar todo sin vegetación mayor, el viento pasa y seca todo. Estos de aquí son árboles europeos, que soportan estos niveles de sequía, de resto no queda nada. Y lo peor en estas regiones es el fuego. Ellos han llegado a quemar hasta 5 veces al año, para favorecer la producción de pastos para animales. Y con eso consiguen justamente que el suelo esté

cada vez peor, cada vez más compactado, porque después la lluvia golpea y entonces la desertificación es cada vez más rápida.

Bueno, hace unos 20 años no existía en el Brasil erosión por viento. Hoy ya tenemos erosión por viento. Ustedes dirán ahora que hace falta mucho viento para retirar toda la tierra de las plantaciones, pero no, no es solamente el viento, es también el aire caliente que sube. Simplemente el suelo se calienta mucho y el aire comienza a subir. Normalmente sube a una velocidad de hasta 180 kph, pero hay días en que la velocidad aumenta hasta 400 kph, entonces es demasiado y produce este problema de la erosión por el viento.

Vemos aquí el problema del viento, apreciamos que si se tiene una barrera demasiado impermeable contra el viento, este pasa por arriba e inmediatamente vuelve a soplar sobre la superficie, pero si la barrera es un 30% permeable, el viento no pasa por arriba sino a través de la barrera y mucho más amortiguado y además el efecto de la barrera cubre una distancia mucho mayor. Para conocer la dirección del viento basta con mirar a una palmera o alguna planta que forme penacho, más aún si está solitaria, porque el viento que uno debe impedir no es el viento fuerte, sino el viento permanente, el que es relativamente débil pero que sopla todo el día. Este tipo de viento cuando es débil, es muy difícil precisar de donde viene, porque el rompaviento debe cortarlo perpendicularmente y no debe canalizarlo. Y la razón es la siguiente: aquí tenemos los estomas de una planta, este se ve abierto y este está cerrado, cuando comienza el calor del día la planta cierra sus estomas para no perder agua y si pierde mucho agua, llega un punto donde la planta se marchita, porque la planta cuando transpira humedad, esta satura el aire y en estas condiciones no puede seguir transpirando, la transpiración es un fenómeno que se da por difusión de vapor de agua desde las cámaras subestomáticas hacia la superficie foliar. Entonces si el viento arrastra la humedad desde esta superficie foliar, la planta sigue transpirando de tal manera que funciona como una bomba que va sacando cada vez más agua. Veamos ejemplos de cultivos con protección o no del viento: esta es una plantación de maíz de indígenas dentro de la selva, ellos desmontan únicamente $\frac{1}{2}$ hectárea y el maíz crece muy grande, de 3 a 4 mazorcas por planta, aquí no están sometidos a nada de viento, esto no sucede cuando los campesinos siembran a campo abierto. Aquí tenemos una huerta también hecha a la sombra del viento, en medio de un bosque así.

Este caso es en África, están sembrando árboles para protegerse del desierto, al principio hacen un muro para proteger a los mismos árboles. Así que solamente con rompavientos se defienden contra el desierto, porque el viento es uno de los dos factores que favorecen la formación del desierto, porque el desierto se forma por un lado por un suelo muy compacto, en el que poquísima agua se infiltra, y por otra parte por la acción de un viento muy seco que se lleva la poca agua que se infiltra en unas 12 horas, aproximadamente. Así que lo primero es protegerse del viento y lo segundo mejorar el suelo, estas 2 han sido medidas muy eficaces que ellos están utilizando.

Esta es una fotografía de un vivero en donde las plántulas crecen entre rompavientos de eucaliptos, que no es lo más favorable pero es mejor que nada.

Esta imagen corresponde a los Andes bolivianos en un área donde antiguamente los suelos eran bosques, los campesinos se han asentado en lotes de 1 a 5 hectáreas empezando un fuerte desmonte y allí empezó la erosión, ahora están reforestando porque no es posible plantar con tanto viento. Aquí en esta Puna boliviana, los campesinos hacen muros para poder hacer huertas defendidas contra el viento, al destruir el bosque original, ahora están en lucha con el viento.

Así que en función de la protección contra el viento, el paisaje no debe estar totalmente sin árboles, ya sea con barreras rompavientos o en forma de árboles dispersos, pero de alguna manera hay que proteger los cultivos y pasturas contra el viento.

Aquí tenemos el caso de un agricultor que plantó su mismo bosque porque la protección contra el viento y contra el sol es fundamental. Este otro caso es de un agricultor que irrigaba diariamente sus cultivos, le dije que si hacía una cobertura del suelo no necesitaba irrigar diariamente, él consideraba que no, que el mulch solo funciona cuando hay descomposición y se le suministra nutrientes al suelo y decidió hacer un mulch con un tamo muy ácido y muy duro para mostrarme que la idea de la cobertura estaba equivocada y que es la materia orgánica y no la cobertura, la que ayuda a crecer. Bueno, él colocó esta cobertura y disminuyó el riego a solo 2 veces por semana,

pero insistía que aquello no iba a funcionar. Cuando llegó la cosecha, este tamo no se había descompuesto muy bien, pero la cosecha si le aumento a casi el doble.

Bueno, hay otro asunto y es que las personas creen que el rompeviento es muy costoso y por eso no lo hacen. Este es el caso de un desmonte en el Serrado de Brasil en el que las barreras de viento lo que hicieron fue canalizarlo a lo largo del cultivo, les decía de la inconveniencia de este trazado y que la barrera debe ir contra el viento, en otro lote hicieron una serie de barreras en sentido contrario, es decir rompiendo el viento, el resultado fue que el pasto permaneció durante todo el verano sin secarse, mientras que el otro donde el viento estaba canalizado, si se secó, porque la canalización aumenta el efecto dañino del viento.

Aquí vemos a un hombre muy romántico que hizo todos sus rompevientos con rosales, esto se ve muy bonito, él es un 100% de agricultura orgánica, al punto que en los baños no hay papel higiénico sino unas canastillas con hojas frescas.

Aquí vemos barreras rompevientos hechas con guandul alternando dentro de un cultivo de café y con cobertura del suelo, este café está más grande y tiene menos edad.

Esto es en mi finca, frijol orgánico con rompevientos y se puede apreciar que no hay ninguna enfermedad ni ningún parásito en el cultivo, y las curvas a nivel están sembradas con rompevientos que además cumplen la función de proteger contra la erosión.

Sobre el estado de compactación del suelo y la disponibilidad y deficiencia de nutrientes.

Este es un trabajo de unos alumnos de postgrado, en el 1° cuadro a la derecha toda la tierra está en un buen estado de agregación, en el 2° con tierra compactada, el 3° y el 4° está aún más compactada y los análisis del suelo fueron idénticos porque venían del suelo homogenizado 2 a 3 veces, podemos ver que cada cuadro representa un nivel distinto de compactación, entonces en el 1° vemos que falta agua porque el experimento solo fue irrigado una vez por semana, en el 2° que tenía una capa compactada en el fondo, el agua no podía escurrir y por eso las plantas son las mejores, en el 3° con la mitad de la tierra compactada, apareció una deficiencia muy aguda de **nitrógeno** y de **calcio** que no existía en los otros dos, y en el 4° aparecía una deficiencia muy fuerte de **fósforo** acompañada de **aluminio** tóxico en cantidad de 2.5 mequiv./gr., entonces la pregunta es porqué estas deficiencias no aparecieron en los otros cuadros, la única respuesta es por causa del anaerobismo. Aquí por ejemplo, el suelo ya era muy poco porque la mitad estaba compactado, así que depende absolutamente de la cantidad de suelo que la raíz pueda explorar e igualmente del agua, entonces agua y desarrollo radicular son fundamentales para las cosechas. Esta muestra aquí que el aluminio cuando aparece solito, es tóxico, es como también con cualquier solución monosalina, es decir que si yo tengo una única sustancia disuelta, ya sea N,P,K o cualquier otra, es tóxica si está sola. Vemos aquí que en el primer caso fue omitido el nitrógeno, en el segundo el potasio y en el tercero fue una solución 50 veces diluida de los otros nutrientes más la cantidad normal de nitrógeno y la planta simplemente se murió porque el nitrógeno era tóxico, en este caso al estar acompañado de mínimas partes de los otros nutrientes.

Este es el caso de agricultor de 500 hectáreas de *papa*, todo su cultivo fracasó después de la aplicación de un fertilizante foliar nitrogenado, lo hizo porque tenía una pronunciada deficiencia de **nitrógeno**. El quería saber porque había muerto su cultivo, hicimos un hoyo en el suelo y encontramos lo siguiente: el punto vegetativo de la papa es de 3 cm, él había colocado su semilla a 40 cm y el fertilizante por abajo, la planta formó sus raíces a los 10 cm y como este agricultor es rico, tenía irrigación constante. Esto destruye el suelo tanto como una lluvia fuerte. Cuando la papa ya había formado sus raíces y comenzaban a profundizar, ya se había formado una capita dura entre la semilla y el punto vegetativo de la planta, como resultado el fertilizante estaba allá abajo pero las raíces no bajaban. Por eso muchas veces las personas dicen que la papa que se sembró antes de la lluvia no dio nada y la que se sembró después de la lluvia, se dio muy bien. Esto sucede justamente por causa de esta capita dura, entonces el cultivo de papa que sentía la falta de nutrientes especialmente de nitrógeno, ya mostraba amarillas sus hojas, así que el hombre hizo una aplicación de fertilizante foliar de algo así como del 3 al 4%, como resultado al día siguiente la papa estaba totalmente muerta, porque en un suelo muy pobre recibió una fertilización muy fuerte de

nitrógeno. Como dijimos anteriormente, es un gran error colocar un solo nutriente, se debe utilizar una solución mezclada o colocarlo solo pero en pequeña cantidad.

Aquí tenemos otro caso, esto es una solución normal, luego otra 2 veces normal y otra 50 veces diluida, si ustedes observan las raíces, estas de acá son más o menos iguales, pero en esta otra, forma una raíz 7 veces más pesada porque encontraba muy pocos nutrientes en su solución 50 veces diluida y por lo tanto, aumentó su sistema radicular para aprovechar mejor estos escasos nutrientes.

Aquí apreciamos una deficiencia de **cobre**, esta es una situación muy importante porque cuando falta el cobre, las plantas forman hojas gigantes, aquí tenemos el tamaño normal y aquí las gigantes que aparecen tanto en *naranja* como en *cacao*, *café*, en todo. Y ahí la gente piensa que bien nutrido está el cultivo, pero no es cierto, falta cobre y esto genera un exceso relativo de nitrógeno, porque la proporción de nitrógeno / cobre es de 1500/1 y si uno coloca 3000 unidades de nitrógeno y una de cobre, va a faltar el cobre y en un análisis foliar no va a aparecer el exceso, pero como falta cobre, el nitrógeno es relativamente mucho mayor y el cultivo no da nada.

Aquí vemos la deficiencia de cobre en *trigo*, en una *fruta silvestre*, en *arroz* que se manifiesta en enfermedad: pircularia. Sobre esto tengo una experiencia: sembré arroz y coloqué 3.5 kilos/ha de sulfato de cobre, que es un mineral natural, diluido en el agua de irrigación, el resultado fue que no tuve pircularia a pesar que el agua venía de un cultivo infestado, inclusive inoculamos la semilla de arroz con pircularia y sembramos en un campo en el que se había presentado mucho esta enfermedad, entonces la posibilidad de infección era enorme, pero no se presentó porque la planta no ofrecía la sustancia que el hongo podía utilizar. Pero aquí viene otro punto, que se origina cuando en el cultivo hay deficiencia de cobre y se presenta la enfermedad, es el siguiente: tenemos aquí cerebros de *ovinos*, estos de aquí tenían una dieta normal y estos una dieta en la que iba disminuyendo cada vez más el cobre, hasta casi nada, estos son los cerebros de crías de las ovejas que se habían alimentado con esta dieta, en estas crías los cerebros iban saliendo cada vez más deformes y como resultado en la madre la lana es cada vez más gruesa y más seca y la cría es parapléjica. Esto ocurre mucho en Nueva Zelanda donde el 20% del ganado orgánico nace así porque creen que orgánico es sin ningún mineral, no colocan el mineral porque así lo hacen los ganaderos convencionales, estoy en contra de esta posición porque la base de la agricultura orgánica es que plantas y animales estén con salud y si no la hay, se debe aplicar lo que la promueve. En Asia y África hay elefantes, en Europa bisontes, en Norteamérica búfalos, en América Latina llamas y tapires, así que cada animal es de un lugar, de manera que el ganado no va a encontrar en la vegetación que aquí tiene, todos los nutrientes que necesita, por eso es importante suministrárselos, así que en América Latina se pueden suministrar sales para el ganado.

Ahora, los norteamericanos han comprobado también que las madres con deficiencia de cobre, relacionada con una alimentación super rica en nitrógeno, tienen hijos parapléjicos.

Aquí apreciamos una deficiencia de **manganeso** en *avena* que provoca un tipo de bacteriosis. Y esta es la deficiencia de manganeso en pollos, aquí vemos los huesos normales y abajo los huesos con deficiencia de manganeso, se ve como los huesos son más delgados, cortos y curvos, así que es un animal deforme. Y también se presenta en perros. Como curiosidad, los perros chinos están criados para tener una alimentación exigente en manganeso, pero en la alimentación común ellos no encuentran lo suficiente y crecen también deformes, algo que simplemente se remedia con sales minerales.

Acá tenemos el asunto del análisis químico del suelo, usted manda hacer un análisis del suelo y recibe una receta que en nuestro caso era para *soya*: “fertilizantes para la soya”, pero trabajamos con 4 variedades de soya y las respuestas fueron variadas: la 1ª variedad reaccionó como esperábamos, la 2ª variedad bajó su crecimiento con cada aplicación de nutrientes, la 3ª bajó solo con NPK pero creció vertiginosamente con los micronutrientes y la 4ª al contrario de la anterior: respondió bien al NPK y mal a los micronutrientes, entonces podemos ver que cada variedad absorbe diferente, así que promover por igual no es correcto, existe un abono determinado para una variedad determinada en un suelo determinado, los vendedores hacen una empirización muy grande porque solo están interesados en vender fertilizantes, no que haya una mayor producción. Esta es una investigación realizada en Brasil, mostrando que solo el 40% de los cultivos reaccionan

positivamente a la aplicación de fertilizantes, pero entonces nadie piensa en el agricultor, solo se preguntan si la industria química vende o no.

Aquí tenemos los problemas de deficiencias minerales las cuales aparecen en las hojas, no necesariamente en todas, puede ser en unas pocas lo que indica que la respectiva deficiencia pasó de latente a activa.

Aquí vemos una deficiencia de **magnesio** que se ve igual en todas las plantas y en todos los cultivos, simplemente que algunas hojas responden poniéndose amarillas y otras púrpuras, la decoloración puede ser diferente pero el patrón de hoja es el mismo, vemos aquí deficiencia de magnesio en pimiento y en tabaco. Hay que tener en cuenta que cada deficiencia mineral empieza en un grupo de hojas diferentes, algunas comienzan en las hojas más viejas y otras en las más nuevas, lo que es N,P,K, manganeso y zinc, comienzan en las hojas más viejas y en cuanto a cobre, magnesio, hierro y calcio comienzan en las hojas más nuevas, así que por la posición de la hoja se pueden descartar ciertas deficiencias, solo el **molibdeno** puede manifestarse en hojas viejas y en hojas nuevas.

Esto es *maní*, el tamaño de las semillas es igual, pero esta de aquí normalmente no nace porque el epitelio germinativo está muerto debido a una deficiencia de **boro**, esto también se presenta en *trigo*, por ejemplo en Matogrosso del Sur tenemos un trigo grande y bonito pero no nace debido a la deficiencia de boro. Aquí vemos otro caso de deficiencia de boro, se ve como la raíz más larga y gruesa recibió boro, entonces el problema de la deficiencia de boro es la imposibilidad de desarrollar la raíz porque la planta no consigue transportar azúcares para ella. En *mango* vemos que el brote que debería ser más fuerte, es más débil, vemos que los otros a su alrededor se desarrollan más.

Este crecimiento en abanico es típico de la deficiencia de boro, en *eucalipto* vemos que el brote creció y murió, en un lado brotó de nuevo y murió, rebrotó y murió y así, esto es típico de boro. Esto es una plantación de eucalipto al sur de Minas Gerais, el agricultor me decía que si cortaba este eucalipto, no volvía a brotar y eran unos árboles que con 5 años de edad, estaban muy delgaditos, me mostró un área donde habían sido talados los árboles y ninguno tenía brotes, inclusive estaban colonizados por termitas, con raíces de apenas 30 cm que se podían arrancar con las manos, hicimos una calicata para ver si había una capa de piedra o de agua impidiendo el crecimiento, pero no había nada, así que por el aspecto de estos árboles concluimos que faltaba boro, colocamos 12 kg/ha de ácido bórico y las raíces pasaron a tener una longitud de 3 ms o más, y los árboles engrosaron el doble en un año y además rebrotaron, así que la falta de boro es una condición muy anormal que puede volverse grave.

Aquí vemos la deficiencia de boro en *maíz*, que se manifiesta de manera diferente: si es maíz híbrido se presenta con carreras de granos diferentes, y si es maíz de variedad, tiene bastantes flores estériles y no presenta estas carreras.

En cuanto a **calcio**, vemos la deficiencia en *maní*: en la parte de arriba vemos el maní en buenas condiciones y abajo se ve como se forma una depresión en la semilla, donde ya hay presencia de daño por hongos, durante mucho tiempo se pensó que el hongo era el causante de la depresión, pero se encontró que la depresión es primaria debido precisamente a la deficiencia de calcio, siendo el hongo un efecto secundario.

En *trigo* vemos que la deficiencia de calcio se manifiesta como un enrollamiento del brote principal y permanece blanco, por lo tanto no se desarrolla.

En el caso de deficiencia de **potasio** en *naranja*, el árbol carga bien pero las naranjas son pequeñas, su coloración es más viva y se caen prematuramente, mientras que en comparación con los árboles suficientemente nutridos, los frutos todavía no están maduros.

Aquí vemos la deficiencia de potasio en *trébol*, esta de aquí es una hoja normal y esta tiene el margen clorótico por causa de la deficiencia que se inicia en el borde, hacia la punta y progresa hacia atrás pero nunca completa el margen total de la hoja, además hay presencia de manchas blancas que parecen hongos, entonces si tenemos una hoja con la totalidad del margen clorótico, se trata generalmente de una intoxicación producida por agrotóxicos o por antibióticos.

Este es el caso de *algodón* con deficiencia de potasio, la fibra es corta y los capullos son pequeños y escasos.

En *caña* la deficiencia de potasio se manifiesta en las hojas viejas, todas mueren pero las nuevas se conservan.

Aquí tenemos *fríjol* con deficiencia de potasio que comienza en la punta de la hoja y avanza por el margen, mientras que si se trata de una deficiencia de **nitrógeno**, igualmente empieza por la punta pero avanza por la nervadura central. Recordemos que cuando la clorosis comienza en las hojas viejas, es manifestación de deficiencia de nitrógeno y en general las hojas de toda la planta disminuyen de tamaño.

Siguiendo con nitrógeno, vemos que su deficiencia en *tabaco* se manifiesta como un amarillamiento general de la planta y como ya decíamos, el amarillamiento se inicia en las hojas viejas porque si comienza en las hojas más nuevas es por falta de **hierro**.

Aquí tenemos una plantación de *pepino* en invernadero, en estas condiciones se debe tener el nivel de nitrógeno más bajo que en el campo, porque sino se genera un exceso y consecuentemente aparecen las enfermedades.

Sobre el **fósforo**, vemos como se localiza en una planta de *maní*, está ubicado en la cáscara de la semilla, en todos los lugares donde esté ubicado el fósforo, ayuda al crecimiento.

En cuanto a la deficiencia de fósforo para el caso de la *naranja*: su cáscara es muy gruesa, muy espesa.

Hay una creencia generalizada en cuanto a que los abonos deben contener mucho de cada elemento, por ejemplo mucho calcio, mucho magnesio, mucho nitrógeno, mucho fósforo y esto no es así. Aquí vemos un *tabaco* que fue abonado con mucho NPK pero no creció bien porque algún elemento estaba deficiente. Este otro tabaco en el campo vecino fue tratado con harina de rocas y creció mucho mejor, como podemos ver, esto es porque la harina de rocas tiene muy poco de cada cosa pero trae sus elementos en equilibrio, se han reportado 85 elementos. Así que el abono no tiene que ser 15 o 20% de nitrógeno o de fósforo, sino más bien un poco de cada elemento, porque es la interacción entre ellos la que cuenta, por eso es posible que con la microbiología del suelo y la materia orgánica funcionando correctamente, se tienen cultivos mucho más productivos que con fertilizante químico. Tenemos un ejemplo con este *melón* que fue sembrado solamente con harina de rocas y no presenta ninguna enfermedad, hay que tener en cuenta que la mitad de los cultivos de melón al noreste de Brasil, son de un patrón especial para exportación que posiblemente es más susceptible a enfermedades, porque este de aquí si tiene.

Equilibrio indispensable en la Naturaleza

Ácido				Base			
Fósforo	Azufre	Cloro	NO ₃	Potasio	Calcio	Magnesio	NH ₄

Equilibrios entre los nutrientes

Nitrógeno / Cobre:	1250 a 1500
Nitrógeno / Potasio:	2
Fósforo / Zinc:	35
Fósforo / Azufre:	1 a 2
Potasio / Boro:	35 a 100
Calcio / Manganeso:	700
Calcio / Potasio:	8 a 10
Hierro / Manganeso:	3 a 2
Hierro / Cobre / Cobalto:	500:10:1

Si falta un mineral o la proporción no se cumple, entonces, el otro mineral no funciona. Aunque la presencia de un mineral sea mínima, es indispensable para que funcione el otro.

Sobre las coberturas en el suelo.

Vemos un agricultor que cultiva naranja con un suelo completamente desnudo, le recomendé que no lo hiciera así, entonces en las calles sembró algodón y caña, dos cultivos muy exigentes, para mostrarme que no servía de nada cubrir el suelo. Así esta cobertura no sea la más favorable, cualquier cobertura del suelo es mejor que dejar el suelo desnudo, si él hubiera sembrado especies más favorables, todavía es mucho mejor.

Aquí tenemos café con sombrío, este cafetal así manejado tiene la particularidad que necesita 5 veces menos cal, 3 veces menos zinc y por lo menos la mitad de los otros micronutrientes, así que pueden crecer con facilidad en suelos pobres y ácidos, puede ser que su cosecha sea menor, pero también su costo es menor y sin embargo, el producto es superior. Ustedes en Colombia tenían el mejor café del mundo y hoy están luchando en el mercado mundial porque su café ha perdido calidad, entonces no es simplemente asunto de mayor productividad, de mayores cosechas, porque después hay que competir en el mercado para colocar estos excesos de cosecha.

Aquí tenemos café brasilero que normalmente se mantenía con el suelo limpio entre los surcos, sin embargo hoy en día esto está cambiando.

Para las coberturas en los Andes el problema es otro, allá no es clima templado ni tropical, es un clima andino particular. Los suelos hasta los 2.800 msnm son semejantes a los nuestros, pero más hacia arriba aumenta la materia orgánica, no en forma de humus sino como turba, por lo tanto tenemos un buen desarrollo radicular pero el problema es el calor, así que en estas altitudes la cobertura del suelo es imposible y además está el problema que las lluvias son escasas, entonces los campesinos han creado una especie de "cultivo de agua", la cual captan e irrigan pero solo alcanza para un 40% del área. Antiguamente cuando las propiedades eran más grandes, el 60% de las tierras eran bosques, hoy en día los campesinos han desmontado todo y hay una lucha muy fuerte entre vecinos por el agua, a lo que se suma el problema del viento que allá arriba es muy seco. A mayor altitud en los Andes, en la Puna, el suelo es bastante negro pero ya no tiene estructura, ya ni siquiera es turba, sino que parece un "puddín" y carece completamente de poros, es impresionante, tal vez crecen solamente hongos, no debe haber bacterias. Sin embargo el principal problema que yo veo en los Andes tiene que ver con el sol que es muy débil y el viento seco. Como ejemplo, tuvimos un caso crítico en que los agricultores decían que no crecía nada si se cubría el suelo, pero el agrónomo lo recomendaba para retener humedad, de hecho no crecía nada porque el sol es muy débil a causa de la altitud, recordemos que por cada 100 ms se pierde 1 grado, así que llegamos a la conclusión que si se cubre el suelo, tiene que ser con un material de color negro o un material claro que se mezcle con el suelo negro para captar el calor, entonces ante el dilema que allí necesitamos una cobertura en el suelo para no perder la humedad pero esta es inconveniente por causa de las bajas temperaturas, hay que buscar maneras que nos garanticen ambas cosas simultáneamente: captar el suficiente calor y no perder humedad. En cierta ocasión visitando una granja de una ONG en el Perú y que está a más de 3.300 msnm, me decían que por esa razón la avena producía menos y en esto, todo el mundo coincidía, sin embargo les solicité que caváramos en el cultivo y encontré la semilla de avena a 16 cm de profundidad, al preguntarles porqué hacían esto me contestaron que no era intencional (¿se les chispotió?), llamaron al tractorista y él explicó que la sembradora se les había dañado, por lo tanto habían sembrado a mano y luego habían pasado el rastrillo, pero como el suelo es bastante arenoso y era un rastrillo bastante pesado, la semilla quedó a esa profundidad. Por lo tanto, la culpa no la tiene la altitud, el asunto es realizar una siembra acertada, así la avena produciría hasta 5 o 6 conos (¿espigas?), porque con cada centímetro de profundidad, se pierde 1 o 2 conos. Tenían una producción de compost que aplicaban a la huerta y a la alfalfa que tenía unas hojas bien grandes, nunca había visto una alfalfa así, les pregunté sobre esto y su respuesta fue inmediata: es el compost y todo el mundo estaba admirado de la belleza de la alfalfa, les dije que no era ninguna belleza, es una típica deficiencia de cobre y esto era general en la huerta, se veía hojas muy grandes pero totalmente llenas de pulgones y de plagas que aparecen por un desequilibrio: exceso de nitrógeno y deficiencia de cobre, entonces había que corregir esto agregando 3 kilos/ha de sulfato de cobre por cada 20 toneladas de compost. En la misma granja tenían un cultivo de maíz, el gerente del proyecto de maíz también consideraba que este no crecía bien debido al frío, sin embargo al caminar dentro del cultivo

terminábamos dentro del barro, al preguntarles que pasaba me contestaron que había un poco de exceso de riego, pues lógicamente el exceso de agua era evidente. Otro aspecto de esta granja que me llamó la atención: tenían un curso especial para combatir el timpanismo, les indagué si era tanto el problema de timpanismo como para que hubiera un curso especial sobre esto, y me contestaron que de cada 10 vacas, 6 o 7 presentaban problemas de timpanismo, les comenté que me parecía imposible, la costumbre es que cuando una vaca se escapa y come mucha alfalfa, le da timpanismo, pero como algo ocasional, entonces les pregunté como manejaban el ganado, a esto me contestaron que en la granja se les da la mejor comida que consiste simplemente en las ramas más finas de la alfalfa, y ¿de pasto, qué les dan?, su respuesta fue que como el pasto era muy pobre, entonces el ganado comía solamente lo mejor, pero ¿cómo van a alimentar el ganado solo con esta leguminosa?, estas tienen demasiada saponina y esto les genera el timpanismo, las leguminosas no deben pasar el 30% de la dieta y nunca pueden ser el 100%, ay! estas son las ONGs que aparecen para entrenar a nuestros campesinos, ¡que tristeza!, así que por favor, cuando ustedes vean estas ONGs extranjeras que llegan, no piensen que ellos son infalibles, ellos desconocen las condiciones que tenemos acá, allá en Europa es posible que puedan alimentar el ganado solo con leguminosas. Entonces no hay que pensar que en los Andes todo es peor, es diferente, en general los suelos son muy ácidos, alguna vez medí allá arriba un pH y estaba en 2.7 que es muy alto, así que considerar hacerle a esto una corrección de pH es una locura. Lo que se necesita es sombreado de los cultivos, se hace una sombra más rala y no pretender hacer corrección de pH, porque si lo hace va a desequilibrarlo todo, porque los otros elementos se van a desequilibrar también, hay que procurar cultivar bajo una sombra no muy densa, si retira todo el sombrío no garantizo que pueda pasar. Y hay otros cálculos que se deben incluir: el transporte del fertilizante a esas alturas, nunca hay que perder de vista que los campesinos tienen costumbres más antiguas, que son mucho mejores, mientras que uno no sepa porque lo hacen, es mejor dejar las cosas así, si descubrimos el porqué y sabemos hacer algo mejor, entonces sí, pero no pensar que el agricultor es bruto. Aquí en los Andes necesitamos un sistema de protección de suelos debido a la altitud, y la mejor protección es la sombra rala, no la cobertura, que permita que el suelo se caliente, y los cereales no son las plantas más indicadas para cultivar en estas alturas. Lo segundo que vi en el Perú, fue el sistema de los Incas para captar toda el agua lluvia que guardaban en cisternas, pero antes de entrar a las cisternas, dinamizaban el agua, esta agua dinamizada les daba mejor resultado que el agua simple, y era un sistema muy simple: el agua entraba en una especie de canal, daba un giro para un lado, después para otro y finalmente entraba a la cisterna, entonces el agua que disponían, tenía más efecto sobre la vegetación.

Sobre la nutrición y la enfermedad en las plantas.

En un diagrama sobre la interrelación suelo-planta: la planta fija luz solar, recibe agua del suelo y gas carbónico que puede ser del suelo y/o del aire, es con estas primeras sustancias que ella comienza la metabolización, luego las sustancias ya formadas las manda a las hojas. En contrapartida, ella suministra al suelo las hojas, las cuales lo protegen, alimentan la vida, permiten la entrada de agua y de aire y la propia raíz alimenta la vida en su rizósfera, esta vida suministra antibióticos y moviliza nutrientes, de modo que hay un intenso intercambio entre la parte aérea y la raíz, pero si el suelo está compactado nada de esto funciona, entonces es esto, todo en la Naturaleza funciona en ciclos y si un único factor del ciclo es roto o no funciona, todo el resto se ve afectado, es la misma cosa que en una rueda de bicicleta, si un radio se rompe, la rueda no funciona más, porque toda está afectada. Entonces si en el suelo hay menos aire, la primera cosa que acontece es una desnitrificación, se está perdiendo violentamente nitrógeno, entonces un suelo compactado siempre tiene menos nitrógeno por causa de esta pérdida y va acumulando gas carbónico que hace aún más anaerobio el suelo, también aparecen deficiencias de potasio y de fósforo, de magnesio y de calcio, exactamente en esta secuencia. Si tenemos 2 o más deficiencias en una planta, debemos pensar que no es deficiencia, o mejor, es una “deficiencia” de aire. En la raíz de la planta hay excreciones y estas excreciones cambian porque ahora la respiración de la planta es

fermentativa y no es aeróbica, produciendo en esta fermentación especialmente etanol que es un alcohol y cuando el etanol aparece en la rizósfera, podemos tener toda la certeza que van a haber animalitos que comen hojas, no gusanos pero sí escarabajos. Entonces la planta absorbe menos agua y lo peor es una planta así tiene menos acceso a los nutrientes, pero no es porque ahora hay menos nutrientes, ella pierde su nitrógeno y en lugar de nitrógeno, aparecen las formas reducidas de los nutrientes, por ejemplo el azufre es un nutriente cuando está en forma oxidada pero en forma reducida es tóxico y así los demás, el hierro es tóxico, el manganeso es tóxico, el dióxido de carbono, CO₂, que debería salir del suelo, no sale y se torna metano que es tóxico, entonces tenemos que antes lo que era nutriente ahora es tóxico y así la planta no puede utilizarlos más, es un problema muy grande, falta energía para la planta ya que el ATP que debería transportar la energía, no funciona más, entonces el crecimiento naturalmente es menor, además que hay plagas y la resistencia de la planta es muy baja. Se modifica todo, cambia todo, no es que solamente el suelo está compactado, no, es una modificación total en todo el ciclo.

Vemos aquí como se crean las plagas y las enfermedades:

1. El monocultivo.
2. Falta de materia orgánica. La materia orgánica no protege porque sea un abono orgánico, es porque es el alimento de la vida. Entonces al faltar la materia orgánica, la vida no es más, está muerta y la poca vida que existe, normalmente después se torna parasitaria y en un suelo compactado, tanto más compactado, tanto menos bien nutrida está la planta.
3. Exceso de abonos nitrogenados, lógicamente esto ocasiona falta de cobre y de ahí que aparezcan muchas enfermedades.
4. Utilización de herbicidas desecantes, como aquellos que especialmente inducen la podredumbre de la raíz, donde por ahí entran los hongos como en el caso del Roundup, perjudica especialmente la raíz, la abre, entonces los hongos que infectan también contribuyen a matar la planta, o sea, que hay un efecto además del Roundup. Los pesticidas agrícolas tienen un efecto cada vez menor, porque cada defensivo es con base en algún mineral, y si por las aplicaciones, este mineral es frecuentemente utilizado, se genera un desbalance, por ejemplo con herbicidas que contienen magnesio, se puede tener un pH de 8.0 y en el suelo puede tener una enorme cantidad de calcio pero en la planta puede darse una deficiencia de calcio, lo que la predispone a otras enfermedades, y también hay problemas para la síntesis de proteínas. Entonces todo este sistema con pesticidas, con fertilizantes nitrogenados y herbicidas desecantes, son la razón de muchas enfermedades que aparecen en las plantas.

Hicimos una vez una experiencia con cítricos en la cual verificamos que si no colocamos más pesticidas, las enfermedades y las plagas disminuyeron de 11 a 2, porque estos problemas son secuela o efectos colaterales de los herbicidas, entonces aquí viene una pregunta sobre la vida del suelo, ¿para qué sirven los microorganismos, incluyendo los hongos?, agregando también los insectos, normalmente nosotros nos fijamos en los hongos o en los insectos cuando son parásitos, pero los hongos y los insectos no fueron creados para ser parásitos, fueron creados justamente para eliminar lo que está muerto, viejo, frágil o enfermo, prácticamente son como la policía sanitaria, ahora si una planta está débil y enferma, ellos la matan. Si hoy en día la gente insiste en comer plantas débiles y enfermas, es otro asunto porque si comemos lo que la Naturaleza no considera que es apto para la vida, estamos afectando nuestra propia salud, porque lo que podemos ver es que los microorganismos, los hongos y los insectos, no atacan una planta fuerte y en pleno vigor, porque ellos están programados con enzimas que actúan solo sobre una determinada estructura química, entonces si por el manejo que hacemos del cultivo, adicionamos menos de lo que esta estructura requiere, su enzima correspondiente ya no funciona más y aparece otra diferente, así que cada insecto, cada microbio está programado para determinadas sustancias y estas sustancias son aquellas que nunca están plenamente elaboradas, más bien son sustancias a medio camino para llegar a ser por ejemplo proteínas, grasas y azúcares de alto peso molecular porque cuando son de bajo peso molecular es cuando son atacadas y este programa es justamente químico, al final todo en el mundo es químico, y en la vida diaria utilizamos mucho procesos con microbios, los usamos para hacer queso, pan vinagre, es que los hongos producen antibióticos y las bacterias producen "jaleas" bacterianas para agregar el suelo, hay rizobios, hay bacterias que transforman los

minerales, están las lactobacterias que en grandes cantidades viven en el suelo agrícola y consiguen absorber silicio, transforman el silicio, además de otras cosas, para que sean absorbidos como nutrientes.

Hay una famosa teoría, la *trofobiosis* que dice que la vida está en función de la alimentación, el alimento hace al hombre y el alimento hace a la planta, entonces las enfermedades vegetales y también las enfermedades humanas justamente aparecen por deficiencias en la alimentación. En las comunidades indígenas encontramos afirmaciones como: “ si usted está enfermo es porque comió alimento enfermo, si el alimento está enfermo es porque la planta está enferma y si la planta está enferma es porque creció en suelo enfermo”, entonces todo empieza por el suelo, en nuestros países escuchamos críticas como que el Gobierno da poca plata para hospitales, para el sector salud, pero nadie le reclama al Gobierno que no le da atención al suelo agrícola que es donde está el origen de todas las enfermedades y este señor francés, Francis Chaboussou que es famoso porque investigó esto, escribió un libro demostrándolo: “*Las Plantas enfermas por los Pesticidas*”. Ahora a base de comprender que el ataque de parásitos es porque no existen factores aislados, tenemos un equilibrio exacto entre ácidos y base, ácidos son fósforo, azufre, cloro, nitrógeno nítrico y las base son potasio, calcio, magnesio y amonio, entonces por ejemplo si aumentamos la cantidad de amonio, automáticamente disminuimos la cantidad de los otros, porque debe haber una proporción entre unos y otros, unas cantidades determinadas, así mismo si aumentamos el nitrógeno nítrico, estamos bajando el fósforo y/o el azufre, entonces podemos inducir deficiencias por aumento de uno u otro, especialmente en el caso del amonio que es usado mucho en las fertilizaciones químicas de NPK, estamos bajando potasio, así que si disminuye el potasio estamos también disminuyendo la resistencia de las plantas porque el potasio es uno de los factores que contribuyen a la resistencia de las plantas, entonces debemos tener equilibrios entre **nitrógeno y cobre, fósforo y zinc, potasio y boro**, macro y micronutrientes, pero también entre macronutrientes hay equilibrios: **fósforo y azufre, nitrógeno y potasio**, y entre micronutrientes: **hierro, cobre y cobalto**. Sobre esto voy a contarles una historia muy interesante de estos micronutrientes: el hierro, el cobre y el cobalto tienen una relación de 500/10/1, sino tenemos este 1 de cobalto, los 500 de hierro no tienen ningún efecto. El asunto es que tenía un vecino con un niño prematuro, el cual creció muy bien hasta los 3 meses, luego no se movió más, no giraba la cabeza, sin embargo siguió creciendo y los pediatras consideraban que era un caso de anemia que se controlaba con hierro, pero el problema era que cada vez que le suministraban hierro, era una catástrofe, ante lo cual le decían al padre que tenía que esperar a que creciera más, pero el bebé ya tenía 8 meses y no se movía, ya ni brazos, ni piernas, ni la cabeza, simplemente permanecía acostado, entonces a mi vecino le pregunté: “¿qué es lo que está esperando?, ¿hasta que el niño sea un retardado mental?, porque si el asunto es de una anemia pues toda la vida su cerebro va a estar mal oxigenado y si esto sucede, el niño será un retardado mental”, pero él no sabía que hacer, los especialistas insistían con hierro, pero el bebé no mejoraba, yo también insistí, le dije: “yo no soy pediatra, no entiendo nada de niños, pero si se tratara de un ternero y de esto entiendo algo, yo le daría cobalto, porque cuando falta este cobalto, el hierro no tiene ningún efecto”, bueno, le suministraron cobalto y el niño empezó a cambiar, termino diciendo que hoy en día, es un estudiante normal de medicina. Lo que le faltaba era justamente cobalto, y era muy poco, pero era esencial porque deben estar en equilibrio, si no hay este equilibrio, no se hace nada.

Aquí vemos una lista de pesticidas que inducen deficiencias, porque son a base de algún mineral y si se presenta un exceso de esta base mineral, induce deficiencias y las deficiencias inducen plagas y enfermedades, es como un efecto avalancha, cada vez producimos más y más enfermedades. Las compañías que producen los agroquímicos están perfectamente informadas sobre esto, así por ejemplo es que recomiendan una fertilización tipo calendario, porque saben cuales son las deficiencias y cuales son las plagas que van a desencadenar ese defensivo, por eso es que una vez que se entra a este sistema, es difícil de salir.

Aquí apreciamos algunos excesos, por lo tanto automáticamente estos entran en deficiencia, porque cada exceso de un elemento produce la deficiencia de otros, por ejemplo si tenemos un exceso de potasio entonces va a faltar boro. Ayer les comentaba el caso de los cítricos atacados por pulgón, este insecto permanecía justamente en cuanto se mantenía el desequilibrio entre potasio y

boro, pero cuando se colocaba boro se restablecía el equilibrio con el potasio y por lo tanto, éste funcionaba. Entonces, si un elemento que está en la hoja no funciona es a causa de otro que está en niveles bajos y las curvas de calibración que hacen de los nutrientes es justamente eso: cuando un nutriente pasa a ser deficiente, por ejemplo si tenemos fósforo, se necesita zinc, si estamos en un cultivo de tomate donde falte zinc, es como si hubiera pasado una plancha, la planta es como amasada, no crece, si la deficiencia es de boro el tallo permanece bajo, el brote que debía crecer más, no lo hace pero las hojas de afuera se levantan. Igual comportamiento se presenta en cultivos como mango y café, y es aún más impresionante cuando la deficiencia es de zinc, normalmente esto se puede contrarrestar con un fertilizante foliar que contenga zinc.

Un esquema de cómo funciona un ataque de una enfermedad o de un parásito, esto es esquemático, son mucho más los procesos químicos que se presentan antes de formar el precursor de proteína pero lo presento así para visualizar. Vemos que hay glucosa, esta glucosa sufre muchos procesos químicos antes de formar por ejemplo proteína, por sí solo ocurre cada proceso químico pero así demanda mucho tiempo para que se complete, entonces para agilizar este proceso necesitamos las enzimas que son nada más que catalizadores, pero las enzimas no funcionan si no son activadas por un mineral y entonces aquí está el problema, porque la mayor parte de los nutrientes, a los que normalmente nos referimos como nutrientes, no lo son, trabajan en la planta como catalizadores, como transportadores, nutrientes verdaderamente son dos: el nitrógeno y el azufre, así tenemos que el potasio no es nutriente, es un catalizador, se necesita un mineral para activar esta enzima y el proceso toma 2 o 3 minutos, no es en 3 horas, pero si se presenta una enzima que no tiene su catalizador, el proceso simplemente no se realiza y además, ninguna de las otras enzimas puede actuar en esta reacción, entonces ¿qué ocurre?, que se forma un tipo de barrera química por la falta de ese activador, de ese mineral y esta sustancia semi-elaborada va a circular por la savia y cada vez en mayor cantidad, así que esta sustancia prácticamente llama al parásito con el olor, es que la plaga no aparece porque hayamos sembrado tomate o arroz, aparece por la química y el olor que exhala esta sustancia semi-fabricada.

Tuve un caso de un agricultor de crisantemos que me decía que no podía controlar el problema de la roya, su problema era grave porque además de la presencia del hongo en las hojas, los botones no abrían y había gastado mucho dinero tratando de controlar este asunto, estudié el caso y llegué a la conclusión que podía ser yodo, bueno yo no llegué a la conclusión, estudié varias publicaciones y encontré que esta enfermedad se puede presentar en flores por deficiencia de yodo. Le dije al floricultor: “usted ya perdió 5 invernaderos de flores, si hace este experimento con yodo, la situación puede cambiar”, entonces el colocó 5 gramos de yodo por cada irrigador teniendo como resultado que en ninguna de las hojas nuevas que se formaron, había presencia de roya, estaban sanas, sus vecinos le preguntaban: “¿es que el yodo mata a la roya?”, no, no se trata de esa idea loca de siempre matar, lo que el yodo hace es de comportarse como activador enzimático para que la enzima a su vez, contribuya a formar sustancias completas hasta las proteínas, aquí está el asunto, el yodo no mata nada, simplemente permite la acción de esta enzima en particular, entonces por favor, esto no se trata siempre de matar, matar es algo que le pertenece más a la agricultura convencional donde se trabaja sobre los síntomas y nosotros lo que hacemos es atacar las causas.

Cuando los insectos invaden los cultivos, *ellos vienen como mensajeros del cielo para avisarnos que nuestro suelo está enfermo*, sobre esto tenemos información de Australia: si les aparece una plaga o una enfermedad lo primero que preguntan no es que agrotóxico van aplicar, lo que preguntan es ¿qué hice mal en el suelo?, entonces lo que sigue es un análisis completo de todas las condiciones del suelo para ver que fue lo que pasó allí para que se presentara un ataque de parásitos, sin embargo también ellos colocan un agrotóxico porque no quieren perder la cosecha, pero en este país no es solamente un asunto de aplicar venenos, por ejemplo con la intensidad que se hace en la floricultura, que cada día es un veneno, no ellos lo hacen cuando pasó algo imprevisto porque intentan hacer una agricultura de tal manera que no se enferme el suelo y la planta esté saludable.

Los parásitos solo atacan plantas enfermas, así que debemos creer que solamente la planta está enferma cuando la ataca un parásito, pero el parásito no es lo que hace enfermar a la planta, él llega

cuando detecta una planta enferma, la enfermedad no es causada por el parásito, éste es apenas una señal secundaria, ayer les mostraba unas semillas de maní con deficiencias de calcio, ahí es cuando entra el hongo y coloniza las semillas, pero la cavidad que está allá dentro donde se desarrolla el hongo, es primaria y no es formada por el hongo. Así que suelo sano, planta sana, hombre sano, y hacia un futuro no muy lejano, el valor biológico de las plantas será determinante.

Vemos acá una lista de parásitos y la razón por la cual aparecen:

- *Abejorro serrador*: es falta de magnesio, por ejemplo en frutales como mango, aparece tanto esta plaga en las regiones frutícolas que la gente no cree que con aplicaciones de magnesio se controle, pero al comprobar la deficiencia y aplicar magnesio a los árboles, se acaba el problema.
- *Antracnosis en fríjol*: es falta de calcio, algo que sencillamente se controla colocando harina de conchas a lo largo del surco, aunque es un calcio menos soluble, la antracnosis no se presenta.
- *La babosa* es muy frecuente en la soya al igual que en cultivos que se trabajan en siembra directa, en esta forma es que se vuelve una plaga fuerte porque su control es difícil en el sistema de siembra directa, y no solamente la babosa, otras plagas se protegen debajo del mulch o del tamo y allá no les llega el agrotóxico, pero volviendo a la babosa lo podemos resolver así: rotar con avena, especialmente con la llamada “avena negra” que tiene unas hojas muy peludas y que la babosa no consigue comer, así se exponen, pero además el cultivo y ya no solamente la avena negra, se fertiliza con una solución de 1.5 a 2.0 % de sulfato de cobre, así se resuelve el problema.
- Hay insectos del suelo que atacan los cultivos cuando en ellos hay deficiencias de cobre o de zinc, por ejemplo en arroz con una aplicación de 2.5 kilos/ha de cobre es suficiente para no tener problemas. En el maíz recién germinado puede haber una mortandad de hasta el 20% de plántulas recién nacidas, pero la plaga se presenta en plántulas que nacieron de semillas deficientes en zinc, ahora como no podemos hacer análisis químico cada vez que sembramos porque el análisis conlleva 3 o 4 semanas, si podemos fertilizar las semillas con una solución de 0.03 % de zinc, o sea, 100 gramos en 3 litros de agua, lo cual es suficiente para que la plantita no sea atacada y que al no tener una buena cantidad de raicillas, no puede conseguir del suelo el zinc indispensable. Esto se puede hacer preventivamente, si tiene zinc en el suelo, pues está bien y si no lo tiene, una solución del 0.03% no es perjudicial.
- La *hormiga cortadera* solo corta hojas donde está el molibdeno o el azufre por la falta del nitrógeno nítrico, porque ella no corta hojas que consiguieron formar proteínas, no olvidemos que de 4 aminoácidos, 3 son con base en nitrógeno y uno con base en azufre, entonces si este aminoácido no funciona por la falta de azufre, pues no se forma la proteína. Tampoco se forma si el molibdeno o el nitrógeno nítrico falta que es lo más común en los suelos anaerobios. Es interesante el comportamiento de las hormigas: primero cortan algunas hojas y la información se la transmite al hormiguero para que las “jardineras” realicen su examen, y es lo que ellas “digan”, si las hojas están buenas, siguen cortando, pero si dicen que no, entonces estas hojas no sirven y van a otra planta, porque ningún hongo ni ningún microorganismo tienen enzimas para descomponer proteínas vegetales, si la planta muere son las propias enzimas dentro de la planta las que hacen la primera descomposición de proteínas porque no hay microorganismo que descomponga, de igual manera estos hongos que las hormigas cultivan, no tienen enzimas para las proteínas, por eso no aceptan hojas que contengan proteínas.
- El *gusano rosado del algodón*, se presenta normalmente por deficiencia de molibdeno y en muchos casos asociado a deficiencia de fósforo.
- El *gusano del maíz* aquél que entra por el capullo de la planta, siempre es por una deficiencia de boro. Por ejemplo en mi finca es suficiente con 3.5 a 5.0 kilos/ha, pero en otros predios se necesitan 8.0 kilos/ha en suelos un poco más arenosos. Todos mis vecinos tienen sus campos llenos con esta plaga, inclusive algunos ya no siembran maíz porque la plaga infestó toda la región, yo no tengo porque simplemente abono con un poco de boro, la planta tiene lo que necesita y el gusano no consigue comer más el maíz.

• Otros ejemplos: *roya del café*, es falta de cobre. *Roya en trigo* es siempre boro y cobre. Aquí hay una lista de enfermedades que se presentan cuando hay exceso de nitrógeno proveniente del fertilizante químico, este trabajo fue realizado por un investigador alemán de apellido Bergman, no voy a enumerarlas porque tenemos poco tiempo pero vemos que son los hongos que atacan los cultivos cuando hay exceso de nitrógeno.

Otro mecanismo de indicación es a través de las “malezas”, podemos saber que está faltando por la presencia de determinadas malezas, porque cada maleza indica alguna cosa en el suelo, les menciono algunos ejemplos:

- La lecherita, *Euphorbia hirta*, nos indica falta de molibdeno, podemos eliminar la lecherita en el cultivo pero la falta de molibdeno continúa.
- Una planta que en Brasil llamamos carrapicho de carneiro, *Acanthospermum hispidum* nos indica que falta calcio, es una planta que aparece principalmente en cultivos de frijol y aunque el análisis no diga que necesito calcio, yo lo coloco porque sé que está faltando, sino fuera así, esta plantita no podría aparecer.
- La amapola, *Papaver rhoeas*, que aquí en Colombia es un asunto complicado, nos indica exceso de calcio, en Brasil es muy común.
- La lengua de vaca, *Rumex crispus*, nos indica exceso de nitrógeno orgánico de origen animal. Esto es impresionante porque nos indica que exactamente es de origen animal, si el exceso de nitrógeno fuera de origen vegetal la planta que nos lo indica es una quenopodiacea la *Quenopodium album* y si la presencia es de ortiga, *Urtica urens*, nos está indicando que el exceso de nitrógeno es de origen químico y entonces aquí ya sabemos perfectamente que es lo que está ocurriendo.
- La escoba, *Sida spp.*, nos indica la presencia de capitas duras a nivel subsuperficial.
- La hierba lanceta, *Solidago sp.*, nos indica un pH de 4.5. En el caso del pasto Sapé el pH que nos está indicando es de 4.0.
- La artemisa, *Artemisia vulgaris*, nos indica un pH de 8.
- El cadillo, *Cenchrus equinatus*, también nos indica un suelo compactado.
- Hay pasturas como *Imperata exaltata*, parecido al guayacana en Colombia, que son un producto típico del fuego y cuanto más se quema el terreno, más aparecen. En estas condiciones de “manejo” lo primero que entra como deficiencia es el fósforo y el calcio, entonces es sencillo, para eliminar este tipo de pasturas que no la come el ganado y que invaden los potreros hay que añadir fósforo y calcio y sobre todo, no quemar más y en un par de años se acaba el problema.

Así podemos saber mucho de nuestro suelo, no traje más diapositivas porque no se los nombres en español y tampoco se lo que existe aquí y lo que no existe, tenemos que empezar a observar y a hacer nuestra propia lista de plantas invasoras que las llamamos malezas, pero que son simplemente invasoras de los cultivos que están registrando algo que sucede en el suelo.

Sobre el valor biológico de los alimentos.

Este tema del valor biológico de los alimentos se ha vuelto un problema porque si el alimento proviene de cultivos en suelos compactados y con deficiencias minerales, el alimento tiene un valor biológico inferior porque no consiguió formar sustancias hasta el fin, simplemente llegó hasta la mitad del camino, si por ejemplo usamos la bromatología para análisis de aminoácidos y liberalmente llamamos a estos aminoácidos como proteínas, es lo mismo que si tenemos ladrillos no podemos decir que tenemos una habitación, entonces es la misma cosa, los aminoácidos no son proteína, son las partes que se juntan para hacer las proteínas, falta un camino adicional para llegar a la proteína. Por ejemplo vemos un azúcar simple, este tipo de azúcar no es un azúcar de un alto peso molecular, muchas veces estas moléculas de azúcar simple ni siquiera consiguen nutrir bien a la raíz, esto es un problema porque podemos pensar que la planta va a producir, porque la

Naturaleza siempre intenta mantener o continuar la vida, pero nos estamos alimentando con alimentos de absolutamente bajo valor biológico.

Si la planta está saludable, el valor biológico es elevado, si es atacada por un parásito el valor biológico no es elevado, esto también depende de la aptitud genética de la planta para formar las sustancias, vamos a ver esto con las fotografías kyrlian y vale la pena mencionar el caso de Kuala Lumpur, la capital de Malasia donde se hace control de los alimentos que entran por medio de la fotografía kyrlian para así determinar su valor biológico, si la fotografía kyrlian no es satisfactoria, informan de esto al agricultor para advertirle que algo no está bien en su suelo, no permiten darle a la población un alimento de bajo valor biológico porque allá hay muy poca tierra y mucha población. Conocí el caso de una familia de 11 hijos que todos fueron criados en 1 hectárea de tierra, pero además allí vivían con los abuelos y otro pariente del papá, en total eran 16 o 17 personas, era impresionante en una sola hectárea, me van a decir que pobreza..., no pues todos los 11 hijos terminaron el colegio, 3 hicieron la universidad: uno se graduó como ingeniero, otro médico y el otro no sé, de estos, 2 hicieron estudios de postgrado, todos eran perfectamente sanos y con toda la fuerza espiritual para estudiar. Según conocí, solamente comían 800 calorías / día, pero si estas calorías son de un alimento integral, es alimento suficiente para mantener la salud de la persona y no solamente la salud sino también su potencial intelectual.

Podemos ver que la alimentación del futuro depende de este tipo de cosas, ¿porqué el norteamericano tiene que comer de 4000 a 6000 cal / día y está mal nutrido?, bien gordo, claro porque está superalimentado, pero la nutrición no es muy buena porque entre otras tiene los nervios atacados, tienen las mil y una enfermedades, no funcionan bien, entonces no es la cantidad y si uno se imagina una persona que necesita solamente 800 cal/día y no de 3000 a 4000 cal/día, esa persona va a necesitar una quinta parte del dinero que gasta hoy en su alimentación, así que la plata no va a faltar. Para el agricultor es más barato producir un alimento sano que un alimento enfermo, porque no gasta en pesticidas. Y para el hombre pobre no va a haber más hambre porque va a consumir un alimento más integral por muy poco dinero, así que nuestro problema aquí es hacer que la tierra produzca para mantener a la humanidad, si necesitamos menos áreas de siembra vamos a reforestar áreas que ahora son agrícolas, si reforestamos tenemos menos viento y así el área es más productiva, en casos extremos hasta 5 veces más, vemos que con esta perspectiva todavía tenemos sitio para mucha gente, sin problemas de sobrepoblación, no tiene que haber hambre o desempleo y podemos tener una vida bastante diferente, pero fijémonos aquí que todo está basado en la salud del suelo.

La nutrición perfecta de la planta también depende de la variedad que corresponda al suelo y al clima, ahí está el gran problema porque es el caso que la mayoría de las semillas para agricultura y floricultura, vienen de Europa, principalmente de Holanda, de Italia o de Norteamérica, por lo tanto no son variedades adaptadas. Por eso buscamos la regionalización de la alimentación, que cada región siembre las variedades más adaptadas a ella y la canasta básica se formaría de estos alimentos, ahora si la persona tiene más dinero puede comprar otras cosas, pero si no lo tiene puede saciar su hambre con plantas de la región. No se como funcione aquí en Colombia, les hablo del caso en el sur del Brasil, se siembra trigo y comen pan blanco, pero antiguamente en Sao Paulo se hacía una polenta de maíz que se comía en lugar de pan, en el nordeste tienen el “chonque” (ñame), que se corta en rodajas y se come en lugar del pan y en el norte también reemplazan el pan con tortillas hechas de harina de yuca, es que se trata de alimentarnos con lo que crece en la región, antiguamente en el Amazonas la nutrición estaba basada además de la yuca, en el azaí que es el fruto de una palmera, rico en vitaminas, minerales y proteínas, pero hoy en día el azaí se exporta para hacer helados hacia Norteamérica, Europa y la población se ha quedado solamente con la harina de yuca que no es suficiente, padeciendo desnutrición. Lo que me parece peor es que en los supermercados en el mundo entero, se venden por lo menos 15 productos básicos pero no se venden los productos de la región, por ejemplo en la Amazonía, en Manaus vamos a un supermercado, no se encuentra yuca sino papa, pero la papa no crece allá, se siembra en el sur y se transporta 3000 kilómetros hasta Manaus, a precios exorbitantes al alcance de poca gente y es que la yuca no crece más porque no se cultiva, y la gente está con hambre y no porque no exista el alimento, sino porque no se cultiva, entonces ¿qué es lo que estamos buscando?, no sé como es aquí

en Colombia pero cada uno, cada región debe decidir que es lo que más fácil crece en su región para constituir la alimentación básica.

Un segundo punto muy importante es sobre la agregación del suelo, si entra aire y agua y además hay suficiente materia orgánica para alimentar la vida del suelo, la producción va a ser buena, así que si tenemos tamo, rastrojo, abonos verdes, compost, pulpa de café, bagazo de caña o de cualquier cultivo como banano, naranja, en fin lo que haya a mano, porque lo básico es la materia orgánica. Si usted es un agricultor convencional y trabaja con fertilizantes químicos, de todas maneras necesita aire y agua en el suelo, en el enfoque orgánico se trabaja precisamente para la animación de la vida y no exclusivamente por los nutrientes que aporta la materia orgánica, esos nutrientes son un regalo adicional, pero no es lo básico. Vemos en esta imagen el desarrollo muy bueno de la raíz, algo que es imprescindible en el trópico, esto se debe tanto a la agregación del suelo como al boro. Es importante recalcar que el desarrollo radicular depende del boro, claro también de la suficiente agua y aire y de los nutrientes en la proporción correcta, esto excluye prácticamente la fertilización química, porque si colocamos un fertilizante químico, la proporción no es la correcta, queda un exceso de NPK y el resto están deficientes, entonces lo que tenemos que hacer es movilizar la vida, las bacterias, los hongos, los insectos, para así movilizar los nutrientes en la proporción correcta que la planta necesita.

En los trópicos debemos proteger los suelos contra el calor y la lluvia, aunque en regiones donde la precipitación está entre 200 y 300 mms probablemente no hace falta protección contra la lluvia. En cuanto el calor, a mayor altitud es menor el calor y la protección debe ser bien calculada porque sino se tiene un suelo muy frío donde no nace ni crece nada. Así que con los Andes peruanos o bolivianos tenemos una diferencia muy grande, allí no se puede ir simplemente con la receta del suelo tropical porque la altitud es determinante, entonces hay que mirar si es posible hacer un mulch, si por ejemplo se dispone de material oscuro, de cualquier manera uno tiene que ensuciarse las manos y tocar el suelo para sentir su temperatura, esto es muy importante, hay que calcular porque de un lado hay que impedir que se pierda el agua sin evitar el calentamiento del suelo.

Aquí necesitamos una vida diversificada que a su vez depende de una vegetación diversificada, por eso no podemos trabajar con monocultivos, por ejemplo en la Amazonía cada especie máximo se repite 3 veces por hectárea, justamente por la diversidad biológica porque cuanto más plantas diversas crezcan en el terreno, tanto mejor es el aprovechamiento del suelo, 3, 4 o 5 plantas de especies diferentes pueden vivir en un mismo lugar, pero si es una sola especie no se tiene esta posibilidad. Así que de repente tenemos 5 veces menos suelo y se puede producir menos y aquí está el gran problema, por eso justamente se está comenzando a mezclar variedades para conseguir un mejor enraizamiento en el suelo.

Un asunto complicado al que nos enfrentamos son los análisis químicos y bromatológicos, porque hasta protamina y asparagina se han considerado proteínas, y no son los aminoácidos más primitivos, hasta el propio hombre es capaz de formarlos, pero están muy lejos de ser cualquier proteína. Retomando el tema que venía hablando sobre desbalances nutricionales, si en la planta hay exceso de nitrógeno y deficiencia de cobre, ocasiona que las mujeres tengan hijos parapléjicos, en el caso que sea un exceso de fósforo y una deficiencia de zinc, el hijo nace mentalmente retrasado, si se trata de un exceso de calcio y una deficiencia de manganeso, el niño nace deforme. Esto ya está comprobado, pero tal vez haya mucho más y lo que nosotros llamamos genético, es simplemente que una persona necesita más o menos de un determinado mineral, les comento el caso de mi hija que tenía el arco mental muy estrecho y todo el mundo decía que eso era genético porque lo mismo se presentaba en otros miembros de la familia, mi concepto es que puede ser genético porque lo genético es un código que determina como se forma una persona, el gen no es una bacteria o alguna cosa por el estilo, el gen es simplemente un código, un tipo de ácido que determina que esta persona va a necesitar más fósforo o más calcio o más cobre para su salud, esto así si puede ser genético porque todas las enfermedades que aparecen por estas deficiencias genéticamente reguladas, son simplemente a consecuencia de lo genético, pero bueno, voy a continuar la historia. Yo pensé, "genético" es que ella necesita más minerales, pero no el arco dental, este se deformó porque había el requerimiento del mineral que no se recibió, entonces a ella se le hizo un tratamiento con un complejo mineral y un año después el arco era completamente

normal, antes solo tenía lugar para 3 incisivos y después tenía una dentición normal con 4 incisivos y aún había más espacio, entonces “genético” es que simplemente uno necesita más, por ejemplo si cambia de carro puede necesitar más o menos aceite para el motor, no todos son iguales. Para el caso de zinc, conocí un experimento impresionante que se hizo en China en una escuela de niños con retraso mental, a los cuales se les empezó a suministrar zinc, como resultado 1500 niños de la escuela se recuperaron y pasaron posteriormente a otras escuelas. En Sao Paulo en una institución de matemáticas, cuando un niño no está dando un buen rendimiento le recomiendan un complejo mineral y se ve el cambio, es que el zinc contribuye a la descarga del gas carbónico que la oligotropina recoge cuando pasa por el cuerpo, pero si no hay suficiente zinc la “basura” que se debe descargar permanece parcialmente retenida y al no salir, pues no puede entrar el oxígeno porque solo hay lugar para uno o para otro, como resultado el cerebro queda mal oxigenado, entonces cuando un niño empieza a trabajar mentalmente, aumenta desproporcionalmente el gas carbónico en el cerebro y en toda la sangre y el niño no puede continuar racionalizando, pero cuando se elimina este obstáculo, el niño de nuevo es normal, así que no es un retraso mental genético sino la necesidad de un mineral, el zinc.

Alguna vez me preguntaron si se podía determinar una relación entre la violencia urbana y la decadencia del suelo, en principio si porque si el suelo y la planta están enfermos, el valor biológico de los alimentos es bajo y entonces así el cuerpo no va a tener una salud óptima, porque solamente en un cuerpo sano reside una alma sana. Tal vez allá en Norteamérica, las almas ya no están sanas, una vez estuve en Estados Unidos un día de las brujas, en este país existe la costumbre de que los niños cogen una varita y golpean a los adultos, les dicen algo y el adulto les da dulces, pero se comenzó a utilizar un bastón en lugar de una varita y golpeaban a la gente y herían a las personas, entonces la respuesta fue que los adultos envenenaban los dulces que les daban a los niños. Sinceramente creo que en América Latina a nadie se le habría ocurrido hacer algo así, tal vez la reacción normal es quedarse en la casa para no ser molestados, pero allá no, salían a la calle expresamente para envenenar a los niños, esto significa que el alma ya no está sana si se hace una cosa de estas, es que los niños, la juventud es el futuro y ellos ya no ven un futuro, no consiguen pensar hasta allá.

A partir de lo enunciado es que llegamos a la conclusión de que es lo que está faltando, lo corregimos preparando una solución nutritiva y se va adicionando u omitiendo, según lo que se quiera, aquí vemos que el hierro es muy bajo y apreciamos que el aura de esta planta de arroz es muy diferente de esta otra donde el hierro está en su cantidad justa y el aura es normal. Pero en este otro caso había demasiado hierro que resultaba tóxico y el aura es completamente diferente, por esto podemos determinar que es lo que está faltando. Desafortunadamente para especies monocotiledóneas como el arroz se utilizó una solución muy buena, preparada en la Universidad de Piracicaba, pero para las especies dicotiledóneas no disponíamos de una solución apropiada. Aquí vemos un maíz convencional manejado con fertilizante químico que presentó problemas de helmintosporiosis y de Spodoptera, fue tratado 4 veces con pesticidas y podemos ver que el aura no tiene ninguna forma, está perdiendo energía a chorros, aquí abajo esto indica una deficiencia de calcio. En este maíz colocamos compost más EM (microorganismos eficientes) y apreciamos un aura normal. En este otro maíz se utilizó solamente compost y el aura no es completamente normal, no está enferma como la primera, pero no está normal, aquí está el asunto, se siembra una variedad que no está adaptada al suelo, muchas veces es un híbrido, entonces no basta la materia orgánica que uno pueda aplicar, así que no podemos pensar que si no se aplica compost la planta no va a estar bien de salud, puede ser como puede no ser, si ella encuentra todo lo que necesita pues no hay problema, pero también ocurre que no es así. Si esta misma planta hubiera sido “criada” para su suelo, para su clima, la materia orgánica sería suficiente, pero si esta planta viene de otras regiones puede ser que produzca bien o que no produzca, pues depende si la materia orgánica es capaz de suministrar todo lo que ella necesita.

Sobre los EM, los microorganismos eficientes.

Los EM son los llamados microorganismos eficientes, es una mezcla de bacterias activadas con melaza, estos se colocan en cantidades muy pequeñas sobre el suelo, sobre el compost o sobre cualquier tipo de materia orgánica o también en aplicación foliar, yo los utilizo sobre las hojas con muy buenos resultados, por ejemplo en fríjol utilizo 200 ml en 1 litro de agua adicionándole molibdeno al 0.004 % y con esto aumento mi cosecha entre un 80 y un 85 %, si coloco solamente EM el aumento es solo del 20% y con solo molibdeno es del 14%, por un lado el molibdeno aumenta la cantidad de vainas y por lo tanto de granos y el EM aumenta la proteína, entonces al combinar los dos factores se multiplica, no se suma, se multiplica y esto explica un aumento tan grande. El EM usted lo compra y después lo va reactivando con melaza.

Es EM que yo utilizo es el 4, lo que sucede es que se hace una mezcla de lactobacter al 80%, 10% de Actinomicetes, 5% de levaduras y el resto son bacterias que viven en el suelo del bosque, por todo pueden haber unas 40 a 50 bacterias diferentes. Ahora lo importante es que las lactobacterias, que no sé si fueron descubiertas en Holanda o en Alemania, son bacterias capaces de absorber silicio y además producir fósforo, entonces ellas no solamente digieren mucha materia orgánica por ser zimogénicas, sino que también realizan la transformación de un elemento a otro, esto lo descubrió un francés hace unos 35 años y poco a poco se ha venido descubriendo las bacterias que son capaces de hacerlo. Como el EM aumenta el metabolismo de la planta y si el suelo está más o menos en buen estado, la planta produce mucho más, pero si el suelo no está en buenas condiciones la cosecha declina, porque en estas condiciones la planta simplemente bombea agua, es como el efecto desecante del 2,4 D que también tiene un mecanismo hormonal de aumento del metabolismo, pero la planta no tiene que bombear, solo bombea agua.

Especialmente el 4...Por mililitro de EM uno debe tener 14 kilos de materia orgánica en el suelo, al igual que con *Cytophagas*, pero si uno tiene eso, ellas se comen todo lo que hay en el suelo, hasta las otras bacterias, entonces el efecto ya es negativo. Yo nunca he aplicado más de 1.2 litros / ha disuelto en 220 litros de agua. Si se tiene menos materia orgánica el suelo comienza a compactarse, no en el primer año que es una belleza, hay agregación, aparecen las lombrices, todo va bien, pero en el segundo año empiezan los problemas, porque estas son bacterias zimógenas, de fermentación violenta, por lo tanto necesitan algo para fermentar. En mi experiencia lo máximo que se puede usar son 10 litros / ha, hay gente que utiliza más pero eso no tiene sentido, son personas que por costumbre le echan algo al suelo cada semana, pero de esto no se trata, lo máximo es 10 litros / ha una vez al año, si lo quiere aplicar 1,2,3, 4 veces, bueno yo nunca uso tanto. Bueno, este producto también hace que broten todas las malezas, pero uno las guadaña y por un tiempo, pues no hay malezas. Yo creo que la mejor aplicación es la foliar, allí se puede combinar con los elementos que se encuentran deficientes, en época de verano, por ejemplo en enero y febrero cuando se siembra el fríjol, lo que más falta es el zinc, en la primavera hace más falta el molibdeno, es simplemente incluir lo que está deficiente, entonces yo hago dos aplicaciones foliares, no se trata de combatir a nadie, el EM impide las deficiencias minerales porque aumenta el metabolismo y por otro lado incrementa la resistencia de las plantas a las enfermedades, de modo que hay infección por ejemplo causada por hongos, pero estos no tienen posibilidad de desarrollarse, no crecen, el que quiera usarlo puede usarlo porque tiene un efecto muy bueno, pero si se usa como si fuera un agroquímico, el efecto es negativo.

En este acetato vemos una experiencia con diversas formas de nitrógeno, aquí se aplicó amonio al maíz y vemos una aura muy confusa, aquí se le aplicó compost pero el aura no está todavía normal, hay como 3 auras en lugar de una, aquí se le colocó bocashi que es un tipo de compost que entre otras contiene cascarilla y que indujo deficiencia de boro, esto nos hemos venido dando cuenta que el bocashi con cascarilla induce la deficiencia de boro. Acá se equilibró el nitrógeno con el cobre y ya tenemos 2 auras, aquí en este colocamos nitrógeno orgánico, cobre y EM y tenemos un aura, entonces podemos ver que uno puede controlar el máximo valor biológico de los alimentos.

En flores tenemos este caso de gladiolo que recibe funguicida diariamente para evitar la roya que acabaría totalmente con el cultivo, pero podemos ver que pierde energía violentamente, son plantas seriamente enfermas, y lo que vemos en el cultivo son plantas limpias, sin roya, no se ven

plantas enfermas, pero al tomar la fotografía kyrlian se ve que la planta está seriamente enferma, aunque no se le vea ningún hongo porque diariamente recibe un funguicida. Aquí vemos las plantas que recibieron materia orgánica y EM y al mirar la foto kyrlian vemos que están saludables, entonces lo que quiero decir es que con ningún agrotóxico ya sea químico u orgánico o inclusive con un enemigo natural, se consigue recuperar la salud, porque la salud de las plantas depende del suelo y de la nutrición.

Aquí vemos el mismo caso pero con fríjol, este cultivo recibió 6 aplicaciones de agrotóxicos y la planta está limpia, pero al ver la fotografía kyrlian es una confusión, es una planta profundamente enferma. Esta de aquí corresponde a un fríjol saludable manejado con abono orgánico, lo cual no es suficiente aunque claro que mejora, porque es mucho mejor que con fertilizante químico. Bueno, generalmente las personas dicen que el producto orgánico es de inferior calidad, conozco hasta profesores universitarios que me decían cuando voy al mercado que compro productos orgánicos porque son más pequeños y más feos, pero si el producto químico es más bonito y más grande, no estamos comprando un producto mejor sino peor. Aquí vemos lechuga, repollo y cebolla orgánica, se dice que la cebolla orgánica no alcanza un buen tamaño, sin embargo ésta de acá tiene un tamaño muy bueno. El problema del producto orgánico cuando sale de mala calidad es tal vez porque no es ecológico, por ejemplo si se entierra la materia orgánica el producto va a ser peor que el convencional, si cultivamos ecológicamente el producto va a ser mejor que el convencional. En el estado de Sao Paulo había un horticultor que agregaba 40 toneladas/ha de compost y tenía unos productos muy miserables: lechugas con hongos, repollos pequeñitos, era horrible y se quejaba: "...la mitad de las plántulas que transplanto, se mueren...", cuando comenzamos a aplicar la materia orgánica sobre la superficie, además adicionando boro, obtuvo productos mejores que los convencionales, así que muchos de sus vecinos, horticultores convencionales cambiaron hacia lo orgánico para tener esos productos tan presentables, es que cuando su producto no es bueno, es algo que está fallando.

Aquí tenemos una plantación de naranja orgánica al cual se le aplica EM, tanto el tamaño como la calidad y la cantidad son completamente satisfactorios.

Este es un horticultor orgánico que se preguntaba porque no crecían sus repollos, las hojas eran muy estrechas, les faltaba molibdeno y además sembraba siempre repollo y el repollo no es un cultivo para repetir en el mismo lote por la gran cantidad de calcio que retira, ahora si aplicamos calcio se puede repetir. Podemos ver las raíces como están todas llenas de hongos, al colocar calcio en su tierra, el repollo se recuperó.

En rábano, esto que vemos es una deformación ("salsiña"), el rábano no obtuvo su forma adecuada por causa de un terrón en el suelo, el horticultor trabajaba con rotovator, cada vez más pesado, pulverizando el suelo a una profundidad de hasta 35 cms y así se iba compactando el suelo cada vez más, obteniendo plantas como las que se ven acá que además como no tenían raíz gruesa, crecían superficialmente y tenía que regarlas día y noche, así que si la planta necesita riego constante, podemos decir que algo está funcionando muy mal.

Vemos aquí un fruto del Brasil que se llama "caqui", no debería tener estas venas oscuras, esto nos está indicando una deficiencia de calcio y un exceso de manganeso, lo cual también puede ser inducido por algún agrotóxico.

Acá vemos una plantación de plátano con unas raíces tan superficiales que tienen que amarrar una planta con otra porque el viento tumba las plantas, descubrimos que esto se presentaba porque esta plantación tenía unas raíces muy cortas y gruesas a causa del uso rutinario de Roundup, que fue lo primero que recomendamos dejar de usar y poder así, introducir un abono verde con especies que podían crecer a la sombra y así comenzar a mejorar el suelo para que el plátano se pudiera mantener en pie.

Vemos una hoja de pepino, apreciamos que todo su borde está necrótico, si fuera una deficiencia de potasio que se reconoce por el borde necrótico, el daño puede ir hasta acá pero la parte de abajo del borde de una hoja, nunca se necrosa cuando el problema es con potasio: todo el borde necrosado es un típico indicador de intoxicación, en este caso la intoxicación se presentó por estiércol de pollo comercial, porque la planta cuando quiere eliminar un tóxico lo manda por el borde de la hoja para

después eliminarla, entonces es deficiencia de potasio cuando solo una parte de la margen de la hoja está necrótica, pero si es todo el margen, se trata de una intoxicación.

Sobre la Siembra Directa.

Aquí tenemos una comparación entre la siembra convencional y la siembra directa. En la siembra convencional las plagas atacan a las hojas, en la siembra directa las plagas atacan las raíces, esto desconcierta a los agricultores y es uno de los grandes problemas de la siembra directa, plagas como grillos, babosas, atacan las raíces. Sin embargo, la siembra directa tiene una serie de ventajas, especialmente conserva los poros de la superficie, pero también protege el suelo del impacto de la lluvia y de las altas temperaturas, por lo tanto de la erosión. Considero que acá en los Andes, por encima de los 2500 metros, ya no es interesante hacer un mulch, más bien sería sembrar plantas pequeñas que no se desarrollen mucho pero que protejan el suelo, por ejemplo especies como trébol, el arachis o un pasto que no crezca mucho pero que forre el suelo y no permita la erosión, especialmente aquí en Colombia donde no hay la tradición de construir terrazas. En Ecuador, Perú o Bolivia, hacen terrazas, que es otra forma de combatir la erosión, pero aquí entonces es a través de las coberturas del suelo, el mulch evita el riego, pero considero que aquí y teniendo en cuenta la baja insolación, no se debe utilizar mucho, más bien debe usarse una cobertura viva que al mantener el suelo húmedo, se puede sembrar en cualquier época, así sea seca, pero exige de todas formas rotación de cultivos. En el Brasil cuando se comenzó con la siembra directa, se hizo con monocultivos, presentándose entonces una sobreproducción de plagas, hasta el punto que la gente consideró acabar con la siembra directa, pero hay que pensar en lo siguiente: la raíz excreta sus sustancias y así genera su microvida y si esto se repite en una y otra rotación, favorece solamente a cierto tipo de animalitos, los otros no tienen comida y mueren, como ya dijimos cada ser vivo tiene solamente unas pocas enzimas y no puede atacar cualquier sustancia, así que algunos se van a multiplicar excesivamente y los otros van a morir de hambre, bueno, cuando en Brasil se empezó a hacer rotación con 5 cultivos, se terminó el problema.

Otro asunto en la siembra directa es cuando se utilizan herbicidas desecantes de acción hormonal, hay que tener mucho cuidado porque entre otras engruesan demasiado las raíces y si se usan año tras año, la absorción es mucho menor. Quiero mostrarles un problema que se presenta cuando se trabaja con estos desecantes, estos productos no actúan sobre la hoja sino sobre la raíz, son productos hormonales que afectan la raíz, esta que vemos es una raíz de maíz en cultivos fumigados con herbicidas año por año durante 7 años, nadie lo creía porque son raíces muy gruesas, tienen pocos pelos y la absorción del agua es deficiente. Cuando se hace siembra directa con una capita muy delgada de tamo, el uso de desecantes es casi permanente y los cultivos así sufren, he visto regiones completas que no producían nada más por culpa de los desecantes, esta raíz de maíz no lo parece pero lo grave es que no penetra en el suelo, es superficial y gruesa, casi no tiene pelos, por eso es que debemos monitorear las raíces de los cultivos, para saber que está sucediendo. Aquí en este caso, el agricultor no sabía porqué cada año su maíz estaba peor y cada vez aplicaba más riego, ni porque cada vez tenía que aumentar la cantidad de fertilizante químico, pero cuando observó las raíces, comprendió, es que cuando uno no sabe, lo primero que se hace es preguntarle a la raíz.

En siembra directa la experiencia ha demostrado que la capita de tamo o de rastrojo, debe ser de unos 5 o 6 centímetros, esto no se consigue con cultivos muy ricos en nitrógeno, debe ser con tamo de gramíneas como avena, maíz, sorgo, etc. En Brasil, al principio en siembra directa se utilizó más fertilizante químico, pero después los requerimientos bajaron año por año, lo importante es esa capita de tamo de 5 o 6 cms que evita el uso de herbicidas, agricultores con buena experiencia en el manejo de estas coberturas, empleaban una persona para limpiar 5 hectáreas en un día.

Hay otras situaciones en la siembra directa que hay que considerar: el intercambio de nutrientes con el subsuelo no se da más, en otras palabras, lo que está lixiviado está lixiviado. Sucede que en un suelo normal, este se calienta, el agua sube y lleva consigo todos los nutrientes que habían sido lixiviados, esto no vuelve a suceder en la siembra directa, pero esto se puede remediar introduciendo de vez en cuando un cultivo de raíz profunda que puede ser un abono verde como

guandul o cualquier planta de estas para recuperar los nutrientes que fueron lixiviados en el subsuelo.

En el sistema de siembra directa aparecen plagas diferentes, esto se puede volver un problema grande, se cambian lepidópteros por dípteros, ahora la misma deficiencia que causó el ataque de lepidópteros está causando el ataque de dípteros, entonces si controlamos la deficiencia se debe resolver el ataque a las raíces.

La compactación del suelo por máquinas es muy grave sino se consigue una capita mayor que amortigüe el peso de la máquina. Aquí en Colombia hay opción a la utilización de máquinas pesadas, pero en la Argentina es muy triste, se utilizan sembradoras con 25 tolvas para la semilla, son máquinas normalmente 5 veces más grandes que las sembradoras comunes y para ello se utilizan tractores con 2 chimeneas, en fin, todo gigantesco, por lo tanto la compactación del suelo es muy intensa, lo que alcancé a notar es que las raíces permanecen entre un suelo muy compactado y la capa de tamo. Sobre esto me decía un agricultor: “tengo una capita de 6 a 7 cms de tamo que constantemente se está descomponiendo y para mí la cosecha es suficiente, así la raíz no penetra en el suelo”, el sembró de esta manera durante 15 años, pero recientemente pasó un arado y sembró un abono verde muy fuerte, entonces de vez en cuando hay que plantar un cultivo con raíz bastante fuerte que rompa estas capas compactadas, pero si el suelo solo llega a tener una capita de tamo de 1 o 1½ cms, se deshace con el riego y se cae en el uso de herbicidas año por año para controlar las invasoras. Ahora, al realizar las rotaciones de los cultivos debemos considerar en las rotaciones las afinidades entre las plantas, la rotación se hace con plantas amigas y no con plantas enemigas, por ejemplo es muy bueno una rotación de soya y tabaco, también caña y tabaco, papa y pasto festuca, papa y amaranto, maíz y guandul, zanahoria con cebolla, pero no funcionan rotaciones como soya y trigo, soya y avena, sarracena y trigo o sarracena y papa. Bueno, sencillamente en todo lo que uno hace hay que prestar atención a lo que se hace. La rotación tiene otro acondicionamiento y es que se debe escoger una planta que tenga valor comercial, a no ser que se trate de un abono verde, de resto, si la planta no tiene un valor comercial, no estamos haciendo nada, por ejemplo en la fruticultura o con café sería muy bueno sembrar higuierilla, *Ricinus communis*, porque si se utiliza como abono verde es muy bueno y si es para cosecharla, ya esto depende de la existencia de los molinos que extraen el aceite y que le dan su valor comercial.

Respecto al trabajo en zonas secas o muy frías, de climas difíciles, es determinante la protección del suelo y su nutrición adecuada. Quiero contarles lo que conocí en Bolivia, allí utilizan el estiércol de alpaca para elaborar compost pero allá arriba no sirve de nada, porque es un material conformado casi totalmente por celulosa, ellos hacen unos círculos de estiércol de más o menos 4 metros y de una altura de 4 o 5 cms que es muy fácil de retirar, pero no tiene ningún valor y este es el problema porque hay que mejorar la nutrición, especialmente en lo que se refiere a micronutrientes que hacen falta, porque una nutrición suficiente no puede ser desbalanceada, la otra opción es utilizar solamente cultivos que estén adaptados al suelo de la región, sobre esto, hay que tener claro que es decisivo que las plantas estén genéticamente adaptadas, antes cuando no había institutos de investigación, cada agricultor seleccionaba sus propias semillas, escogiendo y multiplicando las mejores plantas, ahora muchos agricultores tienen la manía de vender lo mejor y sembrar o criar lo peor, porque con el ganado es lo mismo, esto es muy serio: hay que seleccionar lo mejor para mejorar las variedades y que entre otras, sirvan para resistir la sequía, no es lo mismo si utilizamos una sola variedad para diferentes climas, por el contrario si tenemos 2 o 3 variedades para cada tipo de clima, seguramente tenemos una que resiste mejor la sequía, claro alguno dirá que lo determinante en las sequías es la distribución de la lluvia, pero no es lo único, mucha gente se queja de la distribución de la lluvia y de la falta de la misma, pero repito, no es solamente esto, hay muchas cosas que podemos hacer. Lo segundo es la infiltración del agua, si el agua no infiltra bien hay erosión, un suelo pésimamente manejado puede presentar en solo 2 años, fallas grandes de erosión, si la infiltración del agua es deficiente, seguramente se presentará algún tipo de erosión. Y algo bien importante, el suelo no puede permanecer desprotegido, ni siquiera allá arriba en los Andes porque a veces es caliente, entonces normalmente la protección debe ser hecha con un cultivo intercalado y no con mulch, porque lo peor es el viento que se lleva la humedad y que funciona como una bomba, porque si la humedad de la planta satura el aire, la

planta no puede continuar transpirando, entonces el viento al arrastrar esta humedad, está funcionando como una bomba porque la planta continúa transpirando.

Entonces un paso importante para contrarrestar la sequía es mejorar la superficie del suelo para que el agua no escurra y después el viento, tomar medidas contra el viento.

Aquí está la famosa amapola, apareciendo en un cultivo de trigo, la foto corresponde a una región en Chile cuyos suelos son muy ricos en calcio, allá me decían que los canadienses les habían mandado una semilla de trigo mal seleccionada, llena de semillas de malezas, pero no es así, aquí hay un fenómeno bien interesante: el trigo no es capaz de eliminar todo el calcio que tiene el suelo, aquí es cuando aparece la amapola, sin saberse de donde y lo elimina, porque tenemos plantas que indican deficiencia de calcio y otras que indican el exceso.

Aquí vemos una plantación de mate, cultivo muy común en el sur del continente, pero hay una práctica muy particular, allá no se limpia el suelo del cultivo de mate con herbicidas o pasando alguna máquina, los agricultores sueltan sus ovejas y estos animales se van comiendo las otras yerbas, dejando el mate, esto tiene sus ventajas pero también hay que tener en cuenta la compactación que produce el pisoteo duro de los ovinos.

Bueno, vemos una imagen que es infelizmente la imagen mundial de la agricultura orgánica: un suelo decadente. El repollo que vemos está para cosechar pero no forma cabeza, les pregunté el porqué y me contestaron que con agricultura orgánica es así, no estuve de acuerdo y mucho menos con un suelo en esas condiciones, mi argumento era: lo primero es recuperar el suelo, y así fue, comenzamos el proceso de agricultura orgánica no por las normas o por las prohibiciones sobre la utilización de fertilizantes químicos o de pesticidas, sino mejorando el suelo. Cerca de mi finca hay agricultores que siembran papa y utilizaban excesivamente el NPK y los agrotóxicos, era horrible, uno de ellos alguna vez me preguntó: “¿qué podemos hacer, el precio de la papa es muy bajito y el de los pesticidas es muy alto?”, resolvimos empezar por el mejoramiento del suelo y en 3 años ya no necesitaron más fertilizantes químicos ni agrotóxicos, pero el problema fue que pertenecían a una cooperativa cuyo 60% de los ingresos provenía de la venta de agrotóxicos a sus asociados y la directiva de la cooperativa no admitía que el agricultor no comprara más pesticidas, querían obligarlos a seguir comprando, hasta mandaron a un agrónomo para regañarlos, les propuse que se podía vender productos orgánicos, por ejemplo los bacterianos, harina de rocas, etc., pero la presión fue tanta que tuvieron que salirse de la cooperativa y ahí están, trabajando solos. Entonces el inicio en lo orgánico no es en dejar de un día para otro lo que se está haciendo sino en ir mejorando poco a poco las condiciones.

En esto del cambio, nosotros generalmente solamente recomendamos a los agricultores medidas que aumentan la cosecha en ese mismo año, por ejemplo se les recomienda no quemar más el rastrojo, entonces ellos cosechan un poco más porque el suelo recibe un poco más de materia orgánica, ya no se rompe, ya no tiene más grietas. Después está lo de no continuar con el monocultivo, rotar el cultivo con cualquier cosa que le dé otro ingreso, si por ejemplo tiene un monocultivo de sombra y hace una rotación con maíz, en el 1er. Año ya aumenta la cosecha en un 20% y baja en un 50% el uso de agrotóxicos, esto ya es un ingreso mejor para el agricultor, entonces este es el agricultor que aparece otra vez preguntando si hay otra medida que aplicar y aquí podemos profundizar más porque resulta que tiene una deficiencia muy fuerte de molibdeno, entonces lo aplica mezclado con el abono o en forma foliar, así lo hace y mejora de nuevo, con estos mejoramientos van disminuyendo cada vez más las plagas y las enfermedades y también el uso de agrotóxicos. Ahí es cuando él termina acoplándose a las medidas de la agricultura orgánica, al cabo de 2 a 4 años, cuando ya puede pedir su certificación, ahora es orgánico y no depende de un precio de venta adicional, ya tiene un mejor ingreso.

Así es como trabajamos, no se trata de decirles a los agricultores que dejen todos los fertilizantes químicos y los agrotóxicos, porque yo ahora les voy a ayudar a controlar cualquier problema, les voy a solucionar todo, no, normalmente un agricultor no está dispuesto a esto, tienen una familia que mantener y no van a lanzarse en lo que consideran una aventura, como quien se zambulle de cabeza en una piscina, tampoco hay que llegar allí, porque poco a poco puede ir tornándose orgánico, mejorando sus condiciones y ganando un beneficio común. Ahora, si busca un precio adicional, pues muy bien, pero si no, no hay problema porque está ganando más que antes, con esto

él ya está contribuyendo a la sostenibilidad de la agricultura, es que la manera rotunda de introducir la agricultura orgánica no es sostenible.

En algunos países de Europa como en Suiza existe una cuota de basura orgánica por familia: cada familia puede producir un máximo de 3 kilos por semana de basura orgánica, so pena de ser multado, si por ejemplo una persona está limpiando su huerta o su jardín y se pasó de la cuota que está establecida, lleva la basura directamente al basurero. En países de Europa, de Asia y en Australia existen fábricas que se dedican exclusivamente a fabricar compost de la basura orgánica de las ciudades para luego ser vendido a los agricultores. Esto es bueno porque disminuye la cantidad de basura pero hay que aclarar que no es completamente orgánico porque llega a contener venenos que nunca disminuyen dado que mucha de esta basura proviene de establecimientos comerciales.

Bueno aquí tenemos un ejemplo sobre el diseño que cada uno hace de agricultura orgánica: este señor tiene un gallinero móvil, lo que hace es cercarles como en una rotación, pedazos de terreno por donde las gallinas pasan comiéndose las malezas, semillas, parásitos y al mismo tiempo abonando el suelo, luego en estos sectores prepara la tierra para sembrar y va moviéndose cada 3 hectáreas, así recuperó su terreno y además tiene una venta de huevos.

Esta foto es de algo que me sucedió con un cultivo de maíz, que lo ideal es sembrarlo asociado, aquí lo sembramos en asocio con frijol mucuna, *Stizolobium deeringianum*, pero como fue un año muy lluvioso y nublado, la mucuna subió, es que todas las plantas procuran la luz. Entonces para la cosecha teníamos el dilema de cómo íbamos a hacer, lo que hicimos fue acostar las plantas de maíz pasando un palo amarrado detrás del tractor y después se cosechó la mazorca del suelo, lo cual nos resultó mucho más fácil.

Este es otro asocio con fines de abono verde, esto es en el Perú. Allí sembraron amaranto, maíz, sorgo, crotalaria y otras cosas más y produjeron una cosecha bastante mejor. Después picaron y pasaron un rastrillo para pisar. En el estado de Sao Paulo se hace un sistema de abono verde con cultivos lo más variado posible, están sembrando unas 5 o 6 especies diferentes para maximizar la biodiversidad, luego hacen un monocultivo por 2 o 3 años y así mantienen una cierta productividad en el suelo.

Aquí apreciamos una pendiente de las que todo el mundo diría que tiene que haber erosión, pero no la hay y esta pendiente no es nueva, hay bastante vegetación, lo que sucede es que allá arriba, donde hay pasto, el agua no escurre sino que penetra y en estas condiciones no hay erosión, la erosión no es causada por el declive sino por la impermeabilidad del suelo, esto tiene que quedar bien claro. En esta imagen siguiente es todo lo contrario: lo que vemos no es una quebrada, es agua de erosión, agua que escurre después de la lluvia, entonces si toda esta agua es la escurre es porque el terreno no la recibió. Allí se empezó un trabajo de siembra directa, aplicaron el desecante y luego sembraron soya, al principio todavía había sitios con alguna erosión, pero para el 2º año ya no aparecieron más. En este otro caso se sembró soya con nabo forrajero, la tierra no es removida pero vemos que la protección del suelo es muy poca, la agricultura orgánica no funciona sin la cobertura del suelo que se debe colocar. Este otro son cultivos orgánicos con sistema de riego por goteo, pero todo es muy artificial, el suelo está cubierto con lonas y la tierra está en terrones, si el suelo tuviera riego permanente y sin cobertura, no produciría nada, este agricultor en lugar de mejorar su suelo, lo cubre con lonas.

Sobre el manejo de la fruticultura en Brasil y Argentina, países planos, no se acostumbra a mantener el suelo descubierto, limpio, todo el mundo se favorece de la vegetación nativa, si se dispone de dinero, entonces se siembra un abono verde, de lo contrario se deja a la hierba crecer y luego le pasan una guadaña, todo esto después se lo arrojan sobre el surco a los naranjos de manera que lo que hacen es un mulch, bueno, hay algunos pastos que son más perjudiciales que otros, la *Brachiaria decumbens* no es muy buena, pero es mejor que nada. En Paraguay conocí el caso de 2 agricultores que sembraban mate, uno tenía 600 hectáreas y el otro 5 hectáreas, el hacendado hacía todo lo que demanda la tecnología moderna: fertilizaba, utilizaba agrotóxicos, mantenía el suelo limpio con herbicidas, era una belleza, pero el agricultor pequeño que no tenía medios para hacer todo eso, sembraba su sustento: maíz, yuca, frijol y Ahuyama, dentro de los surcos de mate. En una visita que hicimos con la Facultad de Ecología de Asunción, cuando

tratamos de abrir el suelo de la hacienda, no se pudo hacer ni con pica de lo duro que estaba, estábamos en época seca y como este hombre no tenía pozo, tenía que traer el agua desde lejos, tanto para su casa como para sus animales; de otro lado, el pequeño agricultor no podía comprar ni fertilizantes ni nada, lo único que él hacía era sacar las hierbas cercanas a los árboles, cuando nosotros fuimos y tanteamos su suelo, era tan suave, tan bueno que lo pudimos abrir con la mano y más aún, este agricultor por unidad de área producía exactamente el doble de mate que el hacendado, uno trabajaba con agricultura orgánica, no por convicción, sino por necesidad y el otro aplicando toda la tecnología moderna le iba mucho peor, era tal la situación que uno de los profesores que iba con nosotros, se sintió muy mal, decía que justamente lo que ellos enseñaban, era lo peor que se podía hacer.

Aquí vemos un huerto de naranja que está muy enmalezado, los de la agricultura convencional se aterran de ver un pomar como este, pero no se asustan más porque la producción de estas naranjas es idéntica a la otra, la convencional.

Aquí tenemos la formación de desiertos, esto es en el sur del Brasil, son suelos arenosos que nunca debieron ser sembrados, con esa locura por sembrar soya por toda parte, esta tierra se labró, fue arada y sembrada con soya, solamente se cosechó por 1 año, ya después no se pudo volver a hacer, en esta tierra no crece nada, hoy en día se está tratando de establecer barreras rompevientos y trayendo compost de otras partes para la siembra de los árboles, pero el desierto sigue creciendo.

Bueno, este es un suelo muy decadente que fue sembrado con maíz, aquí vemos plantas invasoras sin maíz, aquí no crecía nada y vemos un maíz muy raquíto, entonces se hizo un mejoramiento con mucuna, *Stizolobium deeringianum*, y para que esta mucuna produjera más, se sembró con maíz, porque resulta que cuando esta leguminosa logra crecer por encima de otra planta, ella produce más, vemos como sube apoyándose en el maíz que no interesaba su producción de mazorca sino su ayuda como soporte para aumentar el área fotosintética de la mucuna. Hay un hecho con esta leguminosa: si se siembra este año, tenemos la certeza que el suelo no va a sufrir de sequía, no sé por qué, debe tener alguna sustancia, algún tipo de bacterias que cría, pero el hecho es que en sequía todos los campos alrededor se marchitan, pero no donde hay mucuna, el campo queda como si hubiera sido irrigado. El otro aspecto interesante es que dejamos crecer las malezas cuando el maíz pasó de 80 centímetros, porque a partir de esta altura ya no lo afecta, es que en el trópico se pierde mucha más agua por insolación directa que por transpiración de la planta, en el cultivo observamos que donde había cobertura viva el maíz sufría menos por falta de agua, pero hay una salvedad: si el suelo tiene menos del 12% de arcilla, esto no funciona porque ya es muy arenoso.

Bueno este es un campo que una vez que se cosechó el cultivo, se le dejó todo el tamo, muchos se preguntan como se hace para sembrar sino se incorpora el tamo a unos 25, 30 cms de profundidad, sino que se hace a solo unos 8 o máximo 10 cms, se puede sembrar el mismo día de esta práctica sin ningún problema, pero si se incorpora el tamo a 25 cms o más, hay que esperar por lo menos 3 meses. En el Instituto Agronómico de Campinas se han hecho una serie de experimentos sobre este asunto de dejar el tamo sobre la superficie y han encontrado que no hay ningún efecto perjudicial para los cultivos, por el contrario, mejoran. Ahora, si al tamo se le agrega un poco de fosfato de calcio a razón de 200 o 250 kilos, se presenta una fijación de nitrógeno bastante considerable, aprovechándose de esto el propio cultivo. Lo mismo sucede con los abonos verdes, sino se incorporan a profundidad, se puede sembrar en el mismo día porque cuando se deja superficialmente, el calor de su descomposición es liberado hacia el aire, pero cuando se entierra hay que esperar 3 meses, al cabo de los cuales el propio efecto del abono verde se ha perdido, así que prácticamente es mejor no hacer nada.

Aquí podemos ver que el suelo está muy compactado y en este caso, el maíz se entorcha y no forma espiga ni nada. Al fondo hay un maíz que fue sembrado el mismo día y ya está floreciendo, entonces vemos que la compactación del suelo tiene un gran efecto sobre el rendimiento. En este otro campo con un suelo en buen estado se utilizó una variedad de maíz no nativa que recibió la última lluvia antes de la siembra y nunca más volvió a recibir agua, el cultivo se desarrolló y no sufrió por la falta de agua, cada mata tiene 2 mazorcas grandes y bien formadas. En este otro campo las malezas no fueron eliminadas, están protegiendo el suelo, en los climas templados las

eliminan porque son la única fuente de pérdida de agua en el suelo, pero en el trópico por causa de las malezas se pierde mucha menos agua que por el calentamiento del suelo descubierto.

Vemos un cultivo de soya que fue fertilizado con NPK y a este otro se le aplicó harina de rocas, esta harina solamente tenía un máximo de 0.8% de potasio y el resto de minerales estaba en cantidades muy pequeñas, pero esto no importó, las raíces se desarrollaron muy bien y las plantas fueron mejores que las que recibieron el fertilizante químico, es que en la harina de rocas hay unos 85 minerales diferentes y no sabemos, pero cada uno tiene un efecto particular sobre el desarrollo y alguna relación con otro elemento, de manera que es un entramado de la Naturaleza que artificialmente no podemos imitar, por eso la harina de rocas da un resultado mejor que el del NPK.

Este algodón tiene una historia bastante interesante: primero se le sembró barreras rompevientos, luego recibió un abono verde con mucuna, sin embargo fue una siembra convencional utilizando NPK, se estimaba cosechar 250 arrobos por alquer (1 alquer son 2.4 hectáreas), pero en lugar de cosechar esto, se obtuvo 750 arrobos por alquer, fueron 3 veces más de lo que estaba previsto, entonces ¿de dónde sacó la planta estos nutrientes si el fertilizante químico estaba calculado para menos?, es el efecto combinado de las barreras rompevientos y del abono verde, a partir de esto el dueño de este algodón dice que está trabajando para producir 1000 arrobos por alquer.

Bueno aquí tenemos algo sobre bacterias para las personas que no conocen. Esta es *Azotobacter* que se consideraba que no hacía más que fijar nitrógeno, pero realmente no es así, es una bacteria que parecen 2 pero lo que sucede es que cada una tiene una gotícula de aceite y por eso en la fotografía aparece como si fueran 2. Es una especie interesante entre otras cosas porque todo el mundo pregunta si conviene inocular el suelo con bacterias, pero no es necesario, se ha demostrado en campos inoculados con *Azotobacter* y abonados con diferentes fuentes fosfatadas, que la diferencia en cuanto al desarrollo de *Azotobacter* lo decidió el tipo de fosfato utilizado o presente en el suelo, tiene que ser el adecuado para la bacteria, entonces el desarrollo bacteriano está íntimamente ligado a la cantidad y a la forma de los nutrientes que están presentes en el suelo. Si tomamos un suelo que está medio muerto y lo inocula, no se va a obtener ningún efecto porque no va a tener las condiciones que el inóculo necesita. Estas son bacterias que descomponen celulosa, son como unos bastoncillos, aquí vemos lo interesante, hay una parte de celulosa y las bacterias que están cerca están más activas y las que están más lejos, están en un estado de reposo, no se interesan por trabajar porque no pueden correr, son bacterias proteolíticas que descomponen cadenas de aminoácidos. Dentro de las poblaciones bacterianas se presenta competencia, estas son atacadas por otras bacterias cuyo nombre desconozco y que ya están descomponiéndolas, vemos que esta otra bacteria a pesar que está muy cerca de la otra, no es atacada porque todavía está en pleno vigor, la otra sí porque ya no trabaja más, la que está activa no debe tener miedo a ser atacada, la que está inactiva si es atacada. El otro asunto es el de cómo nacen las colonias de bacterias: aquí tenemos un medio de cultivo, en el cual nace y hay de todo, lo viejo, lo débil, etc., lo que la Naturaleza excluiría, nace allí, no se alcanza a contar el número de colonias y si miramos su actividad, es prácticamente cero, estos que aquí señalo no producen nada, estas tampoco, solamente aquí produjeron alguna cosa; entonces el problema no es el número sino la actividad, por eso ya no trabajamos contando colonias sino más bien analizando la cantidad de enzimas que producen y así determinamos el poder enzimático del suelo, esto está íntimamente ligado a su productividad, no así el número de colonias que nacen. Aquí vemos como un hongo migra con sus hifas, migra de un agregado a otro. Este de aquí es *Penicillium urticarium* que es el que inicia la descomposición del tamo cuando el suelo no está muy bueno, la primera sustancia que produce es un germostato que impide la germinación de las semillas. Si el suelo no tiene olor y está medio muerto, no se puede utilizar el terreno para sembrar antes de una buena lluvia; si pasa una buena lluvia y lava las sustancias de descomposición de este hongo, ya se puede sembrar. Si el suelo está en buenas condiciones, el *Penicillium urticarium* no es el que inicia la descomposición, es hecha por algunos pequeños insectos del suelo, aquí no hay ninguna restricción para no sembrar inmediatamente y la semilla va a germinar muy bien.

Vemos un colémbolo que por su coloración y pelaje se puede ver que anda en la superficie, está protegido contra el sol y las inclemencias del tiempo, con esta especie de “tenedor” es que salta.

Este es otro colémbolo blanco, es el animalito más antiguo del Universo, es el primero en entrar en un suelo en recuperación y el último en salir de un suelo en decadencia. Alguna vez en el sur del Brasil le dije a un agricultor que tenía un suelo en mal estado, que sembrara vicia, es una leguminosa, así lo hizo pero después me dijo que nunca más lo iba a volver a hacer porque el suelo se le había llenado de pulgas, pero no eran pulgas, eran estos colémbolos que estaban comenzando el proceso de mejoramiento del suelo. Los rusos determinan la productividad del suelo dividiendo el número de colémbolos sobre el número de ácaros, cuanto más ácaros, mayor es la productividad del suelo, cuanto menos ácaros y más colémbolos, es menor la productividad. Aquí vemos ácaros, es interesante que de 100 especies de ácaros, una puede ser parásita, los demás si siquiera están en condiciones de serlo, de manera que por lo general se habla de una variedad de ácaros parásitos. Pero hay que aclarar que estrictamente la mayoría de ácaros no son parásitos, son carnívoros pues comen las larvas y huevos de otros animales y controlan rigurosamente la vida y las plagas del suelo.

Aquí tenemos un trabajo con *lombrices* y se puede ver que la tierra pasa por el intestino de la lombriz y sale agregada y lo más importante: la lombriz tiene unas glándulas que producen calcio, no sé de qué manera, pero en todo caso los agregados que han pasado por el intestino de la lombriz son más ricos en calcio y fósforo. De manera que el suelo gana mucho con las lombrices, aunque esto también tiene un límite: si se coloca demasiada gallinaza, las lombrices aumentan mucho. A propósito de esto, en 2 ocasiones agricultores me han preguntado como matar las lombrices, había tantas que el suelo se había convertido en una especie de colador, vino el agua y se fue el suelo, se filtró, no se retuvo, estaban desesperados, al parecer las mataron utilizando cal de construcción.

Aquí vemos que una cepa de *Aspergillus niger* fue sembrada en un medio de cultivo con 3 tratamientos: en el primero se le agregó poco hierro, en el segundo 2 microgramos de hierro y aquí 5 microgramos, se obtuvo que en el primero no nació absolutamente nada, en el segundo muy poco y en el tercero, suficiente. Esto simplemente nos está indicando que las bacterias y los hongos no nacen en cualquier suelo, ellos nacen cuando las condiciones son favorables y también aparecen cuando las condiciones son favorables, sin inoculación, porque cuando las condiciones no son favorables la inoculación no sirve para nada. En cierta ocasión sembramos soya e inoculamos 5 cepas de *Rhizobium*, poco antes de la floración -porque cuando se inicia la floración el *Rhizobium* muere- hicimos un control de los rhizobios que se formaron en las raíces y de las 5 cepas que inoculamos, ninguna de ellas estaba allí presente, todas eran cepas nativas del suelo. Podemos ver entonces que si no hay las condiciones adecuadas para el crecimiento de una bacteria, no sirve la inoculación. De otro lado es importante saber que *Azotobacter* es muy perseguido por la agricultura convencional, porque mata las semillas débiles, si la semilla está fuerte y bien nutrida, *Azotobacter* la ayuda a nacer más rápido, entonces vemos que igual es un archienemigo de la semilla débil y es un gran amigo de la semilla fuerte. Porque en la Naturaleza no existe ese humanismo de la compasión por el débil, es que se trata de garantizar la vida, así que es parte del programa de la vida no dejar crecer semillas débiles. Podemos anotar que de lo que se trata con todos estos métodos de protección de las semillas en la agricultura convencional, es criar semillas que fueron condenadas a no nacer.

Aquí vemos una nodulación de la raíz de soya, tenemos diferentes tipos de nódulos, ahora para chequear si hay fijación de nitrógeno por parte del nódulo, con la uña cortamos el nódulo por la mitad: debe tener un color carne, rosado, pero si es blanco o verde significa que no está fijando y se torna parásita porque la nodulación exige de la planta el 40% de sus carbohidratos, la planta entonces se debilita por estos nódulos, estos son los llamados rhizobios deletéreos y en muchas regiones impiden seguir sembrando soya.

En la descomposición del tamo o de una hoja aparecen amebas, hongos, bacterias, pequeños animalitos que van iniciando la descomposición, los hongos aplican un tipo de enzimas por encima de la hoja que acelera la descomposición y viene también del aire los *Azotobacter* que se asientan y fijan nitrógeno, es lo que vemos aquí precedido por otros microorganismos que hay allí y al final lo que sale es humus y ácido húmico.