

Cartilla del suelo: Cómo reconocer y sanar sus problemas

Ana Primavesi

Expediente

La *Cartilla del Suelo: Cómo reconocer y sanar sus problemas*, editado en septiembre de 2009, fue cedido gentilmente por Ana Primavesi al Movimiento de los Trabajadores Rurales Sin Tierra – MST, Brasil y a las Organizaciones Sociales del Campo articuladas en la Vía Campesina Brasil.

La edición venezolana fue construida por una Brigada Internacionalista de Traductores compuesta por educadores y educandos de las Organizaciones Sociales de la Vía Campesina o vinculados a ellas y articulados al Instituto Universitario Latinoamericano de Agroecología Paulo Freire – IALA Paulo Freire.

Está prohibida la venta de este material.

Dirección de IALA Paulo Freire

Instituto Universitario Latinoamericano de Agroecología Paulo Freire – Carretera Vieja, Troncal 5, Sector La Marquesaña, Parroquia Rodríguez Domínguez, Municipio Alberto Arvelo Torrealba, Estado Barinas – Código Postal: 5224. Teléfono: (0058) 0273-3112323.
Email: ialapaulofreire.ven@gmail.com

**Brigada Internacionalista de Traducción de la Cartilla - IALA
(2009-2010)**

Adriano Muñoz Perez – OCN – Paraguay (Educando)
Ândrea Francine Batista – MST – Brasil (Educadora)
Claudio José de Souza – MPA – Brasil (Educando)
Claudinei Aparecido Araújo Silva – MST – Brasil (Educando)
Cristina Alexandra Salas Ulcuguango – FENOCIN – Ecuador (Educanda)
Jocinei Gonçalves de Lima – MST – Brasil (Educando)
Nilde Nascimento e Silva – MAB – Brasil (Educanda)
Rocio Ávila Lozano – MST – Brasil (Educadora)
Rafael Alexander Muñoz Muñoz – ANUC-UR – Colombia (Educando)
Robson João da Silva – MST – Brasil (Educando)

Colaboración especial

Revisión:

Felipe Solano – Colombia
Ceres Luisa Antunes Hadich – MST – Brasil

Sumário

Prefacio.....	5
Parte I – Cómo conocer el suelo y su salud.....	8
Introducción.....	8
1. Los secretos del suelo tropical.....	13
2. Agroecología y agricultura natural.....	14
3. Los conceptos básicos de la agroecología tropical.....	17
4. Ejemplos de ciclos.....	20
5. Cómo es un suelo saludable.....	22
6. Cómo examinar el suelo.....	22
7. La textura del suelo.....	25
8. El test de ruptura.....	30
9. El olor del suelo.....	31
10. El color del suelo	32
11. La superficie del suelo.....	38
12. Cómo se reconoce el pie de arado.....	38
13. Suelos compactados o densos	40
14. Por qué el suelo tropical tiene la tendencia de ser pobre.....	43
15. Residuos de materiales orgánicos.....	45
16. Colocación de materia orgánica.....	46
17 Compost.....	47
18. ¿Para qué sirve la materia orgánica?.....	48
19. La preparación del suelo.....	49

20. La actividad de las lombrices.....	51
21 Nutrición vegetal.....	54
22. El exámen de las raíces.....	55
23. Lo que las raíces comunican.....	57
Parte II – Cuando las plagas atacan sus campos.....	61
24. Lo que indican las plagas y enfermedades.....	61
25. Cómo surgen las plagas.....	63
26. El equilibrio entre los nutrientes (Trofobiosis).....	66
27. El uso de los caldos.....	67
28. Las plantas indicadoras.....	68
29. Reconocimiento de los pastos.....	69
30. La siembra directa.....	70
31. Los cultivos alelopáticos.....	75
32. La salinización de los suelos de invernaderos y campos.....	75
33. La sequía y lo que agrava.....	76
34. La agricultura de la no violencia.....	77
Referencias Bibliográficas.....	79

Prefacio

La explosión demográfica actual, sumada a patrones capitalistas de desarrollo está exigiendo, a cada día, mayores cantidades de alimentos para solventar los problemas de hambre que están en progresivo aumento ocasionados por la estructura económica y social hegemónica desarrollada por dicho sistema.

Sumado a esto los recursos naturales cada vez más pierden la capacidad productiva generada por la expansión de la revolución verde que, de forma gradual va desertificando los suelos productivos del planeta. Algunos estudiosos sostienen que desde el 2000 se van desertificando 10 mil hectáreas por año, lo que significa que el suelo además de disminuir su productividad, en muchos espacios ya ha perdido toda su fertilidad.

Unos de los recursos más indispensables para alimentar la humanidad es el suelo, de él depende toda la biodiversidad y la salud física y mental del ser humano. Un suelo pobre y enfermo solo va producir plantas enfermas con poca vitalidad y este a su vez solo producirá personas enfermas.

En este sentido el lanzamiento de esta cartilla nos permite comprender la importancia de la materia orgánica en el suelo tropical, Ana Primavesi con su particularidad en abordar los temas nos explica de forma brillante y pedagógica las características del suelo tropical, sus fortalezas y debilidades y al mismo tiempo presenta ilustraciones que nos permitirán comprender mejor el tema. Revela que *ningún factor existe aislado. Cada modificación de un único factor del ecosistema trae consigo también la modificación de todos los otros factores. En la naturaleza todo está conectado.* También nos explica que no es el suelo rico que mejor produce sino un suelo activo, y que las plagas y enfermedades que atacan a los cultivos son solo efectos de la mala utilización del suelo.

Dentro de la agricultura industrial o de la revolución verde, el suelo es considerado apenas un sustrato en donde se depositan las semillas y éstas crecen a través de la fertilización química que se les hace, por tanto no reconocen que el suelo es un ser vivo que exige protección y cuidado para mantener su equilibrio y fertilidad. Sin embargo dentro de la concepción agroecológica el suelo es considerado como un organismo que necesariamente se tiene que alimentar con materia orgánica, especialmente el suelo tropical. La materia orgánica en el suelo es el alimento indispensable que permitirá el desarrollo de la vida de los microorganismos, estos al descomponer esa materia mineralizan los nutrientes volviéndolos disponibles para las

plantas, además son ellos los responsables por mantener una buena estructura en el suelo facilitando la infiltración de agua y la aireación.

El Instituto Universitario Latinoamericano de Agroecología Paulo Freire (IALA), con sede en Barinas – Venezuela, en sus cuatro años de existencia ha venido formando en el campo de la agroecología a militantes de organizaciones campesinas, indígenas y afro descendientes nucleados dentro de la Vía Campesina Internacional, rescatando los conocimientos populares y científicos, desarrollando trabajos comunitarios y productivos dentro de las comunidades para ir rompiendo el modelo de agricultura convencional dependiente, destructivo y deshumanizante y al mismo tiempo ir impulsando un modelo productivo basado fundamentalmente en el respeto a la diversidad biológica y cultural.

La agroecología constituye una herramienta indispensable para establecer una forma de vida con conciencia ecológica en donde el ser humano sea considerado como parte y no dueño del ecosistema. Es la única forma de salvar a nuestros suelos de los maleficios de los agrotóxicos y de la tecnología impuesta por el Norte. Además constituye una forma de liberar no solo al campesinado sino también a nuestros ecosistemas de la dependencia, del maltrato y de la depredación antropofágica.

**Brigada Internacionalista de Traducción de la Cartilla
IALA (2009-2010)**

Cartilla del suelo: Cómo reconocer y sanar sus problemas

Ana Primavesi

Cómo conocer su suelo y su salud

El hombre solamente tendrá salud si los alimentos poseen energía vital. Los alimentos solamente poseen energía vital si las plantas fueron saludables. Las plantas solamente serán saludables si el suelo es saludable.

Suelo sano—planta sana—hombre sano

Parte I

Cómo conocer el suelo y su salud

Introducción

Recibí un e-mail de una universidad de India en que un profesor me preguntaba: “¿Usted cree que la violencia urbana tiene sus orígenes en la decadencia del suelo?, por favor, respóndame. Que pregunta tan extraña, pensé, Estos indianos meditan demasiado y llegan después a conclusiones medio extrañas. Pero después comencé también a pensar: el suelo decadente es enfermo, y el suelo enfermo solamente puede generar plantas deficientes, es decir, enfermas. Y las plantas enfermas producen productos de un valor biológico muy bajo, por esto son atacados por plagas y enfermedades, de manera que necesitan muchos defensivos. En los cultivos de uvas a lo largo del río San Francisco es normal 120 pulverizaciones con defensivos e incluso hay haciendas donde aplican hasta 140 pulverizaciones; diariamente una y algunas veces dos. Y las plantas enfermas solamente abastecen alimentos incompletos y los hombres que los consumen también son enfermos, especialmente por ataque a los nervios. Y estas personas caen en la depresión, como hace la mayoría, o en el otro extremo, que es la violencia. Respondí con un “Sí”.

Toda la vida en nuestro globo depende del suelo: las plantas son nuestro alimento, el oxígeno producido por las plantas y el plancton del mar, que a su vez vive de la materia orgánica que viene de los continentes. Los peces que viven del plancton y toda la cadena alimenticia que va hasta los camarones y langostas, pingüinos y osos polares y las aves marinas. El agua en los acuíferos, en los niveles freáticos, pozos y ríos dependen de la infiltración de la lluvia en los suelos. Permeabilizados por la vida de los microorganismos, que agregan el suelo durante la descomposición de la materia orgánica vegetal. Pero también descomponen todos los animales y seres humanos muertos, para que nuestro planeta esté siempre listo a recibir nueva vida y no viaje por el espacio solamente con una enorme carga de cadáveres. Igualmente, descomponen todo lo que es deficiente, enfermo, frágil y viejo. La vida no puede degenerarse, ella tiene que permanecer fuerte y vigorosa para continuar a través de los milenios. El suelo es el alfa y el omega, el inicio y el fin de todo.

Asimismo, hasta el 98% de la población vive en ciudades, como en los EE.UU., mientras el alimento, el agua y el oxígeno viene del suelo y de las plantas que él cría.

Hace casi 4.000 años que la filosofía veda dice: “Si las plagas atacan sus cultivos (parcelas), ellas vienen como mensajeros del cielo para avisarle que su suelo está enfermo”. Por eso

cuando los australianos verifican una plaga en su campo, lo primero que se preguntan es: “¿Qué hice de malo con mi suelo?”, e intentan descubrir su error. Solamente después aplican un defensivo, que siempre es una excepción y no una rutina. Eliminan la plaga en su momento, pero después recuperan su suelo para que esto no se vuelva a repetir. ¿Por qué?

Suelo enfermo—planta enferma—hombre enfermo

Cada año se necesitan más hospitales, más camas hospitalarias, más puestos de salud y más medicamentos. Y el 20% de los niños que nacen son parapléjicos, tienen problemas de deformaciones, son débiles mentales y sufren de otras anomalías. Siempre dicen que es genético... Pero poco a poco se descubre el porqué en los EE.UU., en China y en Australia.



Foto 1. Suelo recuperado, granulado, con buena permeabilidad

Y el viejo *memento mori* que reza: acuérdate que eres polvo y al polvo retornarás. Esto se tomó como un infantilismo religioso, que imaginaba que Dios era el primer alfarero cuando hizo a Adán. Pero, en verdad, es una creencia muy antigua que el cuerpo viene de la tierra y retorna a ser tierra. El cuerpo humano, como todo lo que es vivo en la Tierra, está constituido de carbono-agua-oxígeno ($C_6 H_{12} O_6$) y minerales. Forma los huesos y la sangre, músculos, nervios, hormonas, proteínas, etc. Se convierte en agua, oxígeno, carbono y minerales, después de morir. **Lo que es material en el hombre, es decir, su cuerpo, es hecho de minerales que vienen de la tierra y vuelven a ser tierra.**

Hoy en día todo lo que no se sabe explicar bien es genético y se encuentran las irregularidades genéticas en el código genético. Pero los genes no son partículas y no poseen forma visible en el microscopio electrónico como los átomos. Ellos son códigos escritos en fórmulas químicas, es decir, de ácidos. Pero los códigos son como proyectos de una máquina o de una casa, hechos en computador, y los proyectos necesitan ser ejecutados para tornarse en realidad. Y

para esta ejecución se necesita de material que viene de la Tierra: los minerales. Es genético que una persona necesite más de un mineral que otra persona. Si no lo recibe, surge la enfermedad genética. Así, por ejemplo, una madre que recibe poco cobre en su alimentación, pero que genéticamente necesita más, va a tener un hijo cuyo centro motor (el cerebro) no se va a desarrollar adecuadamente, el bebé nacerá parapléjico. Si un niño recibe menos yodo, nacerá estúpido, y si sufre deficiencia de manganeso, probablemente tendrá malformaciones, como también sucede en los animales. Y si en su dieta diaria recibe menos cinc de lo que genéticamente está programado, la persona será mentalmente atrasada y muy pasiva, o débil mentalmente. El cinc es el basurero de la sangre¹ y debe descargar el gas carbónico de los hematocitos para que ella pueda cargar nuevamente oxígeno y así oxigenar el cerebro. Pero si la persona débil mentalmente recibe adicionalmente cinc en su dieta, se recuperará totalmente en pocos meses e incluso hasta puede llegar a ser muy inteligente. Si un atleta recibe cinc, no se cansará tan rápido. Todo esto es genético, porque la cantidad de minerales que la persona necesita es codificada y normalmente común a la familia.

Por lo tanto, el hombre es lo que es la tierra o el suelo hace de él, es decir, lo que él recibe a través de su alimentación. De manera que el suelo tiene que ser sano, o sea, con equilibrio entre todos sus factores, bien agregado para que el aire y el agua puedan penetrar, estar limpio, esto es, sin sustancias tóxicas. Y como el suelo es el bien máspreciado de nuestro planeta, debería recibir toda la atención, todo el cuidado y todo el amor. Sin embargo, actualmente solo se intenta explotarlo con el fin de ganar dinero rápidamente para después ser abandonado. Los colonos europeos no sabían cuidar del suelo tropical.

La lluvia que golpea ahora el suelo (desnudo y limpio por los herbicidas), causa costras superficiales. El agua ya no filtra en el suelo y se escurre, lo cual causa erosión e inundaciones en lugar de reponer el nivel de los acuíferos y los niveles freáticos, o sea, el agua residente y donde antiguamente dominaba una completa calma, el famoso *doldrum*; hoy el paisaje es barrido por el viento, que se lleva consigo buena parte de la humedad y causa la desertificación de los suelos decaídos. Si faltara agua en una propiedad donde antiguamente brotaban fuentes y tenía pozos, es porque el suelo está impermeable².

Y los suelos son decadentes debido al uso de una tecnología inadecuada, impuesta por los colonos europeos, quienes revuelven el suelo profundamente creyendo que eso lo afloja, cuando en verdad provoca su compactación. El suelo se hace duro, y en lugar de protegerlo contra el sol y el impacto de la lluvia, lo mantienen limpio, bien deforestado, exento de cualquier planta nativa que podría protegerlo. Secan las fuentes y secan los ríos, de manera que la vegetación antes exuberante ahora pierde toda su fuerza vital.

El suelo tropical y la agricultura orgánica

El suelo tropical es un ecosistema, como lo es el clima templado. Sistema quiere decir que es compuesto de muchos factores interligados que lo hacen funcionar. “Eco” viene de la palabra griega “*oikos*”, que significa ‘lugar’. Así, cada lugar posee su sistema particular. Por lo tanto la transferencia de tecnología de un ecosistema (el templado) para el otro (el tropical) no funciona. Y como lo muestra la Tabla 1, absolutamente todos los factores de los dos ecosistemas son diferentes. No se puede admitir que el tropical sea completamente equivocado y el bueno sea solamente el templado, al contrario, en estado nativo el tropical produce 5,5 veces más biomasa que el templado y es muchísimo más productivo mientras puede trabajar dentro de sus

1 Lukashi, H – 1999- Micronutrientes, Agric. Res. ARS/USDA Vol. 7:22

2 Klinkenborg, V. -1993- Fertilizantes químicos afectan negativamente la estructura de los suelos. Nacional Geographic, Vol.12

condiciones. Pero cuando es obligado a funcionar dentro de las condiciones del clima templado, responde muy precariamente.

La agricultura orgánica debería producir alimentos de valor biológico elevado, pero esto solamente ocurre en suelos saludables y con plantas saludables. Una planta saludable nunca es atacada por plagas y enfermedades. Si estas aparecen, es porque la planta ya está enferma por no poder formar todas las sustancias que genéticamente es capaz. Así que aun si gracias a los defensivos que, conforme al desequilibrio nutricional de la planta, se usan hasta dos veces al día consigue producir, su producto es de valor biológico inferior.

La *figura 1* muestra la diferencia entre un suelo nativo, protegido, con buena agregación y enraizamiento profundo y un suelo cultivado expuesto al sol y lluvia con *hard-pan* ('capa densa de suelo') y desarrollo radicular superficial interrumpido por las lajas. Muchos creen que compactaciones y lajas se pueden eliminar por el arado o el subsolador. Pero si bien mecánicamente se pueden romper capas duras, nunca es posible agregarlas nuevamente en tanto la agregación es un proceso químico-biológico.

En general, la agricultura orgánica no se libró del enfoque factorial, temático, que ve y analiza solamente factores aislados, sobre los cuales los chinos dicen: "Si miraras una montaña a través de un microscopio, solamente puedes ver un grano de arena". No se observan los bosques y peñascos, las nacientes, los campos floridos y los animales. Observando la naturaleza factor por factor, nunca se comprenderán sus interrelaciones, engranajes, relatividades y funcionamiento. Por eso la agricultura ecológica solamente puede usar el **enfoque holístico**, general.

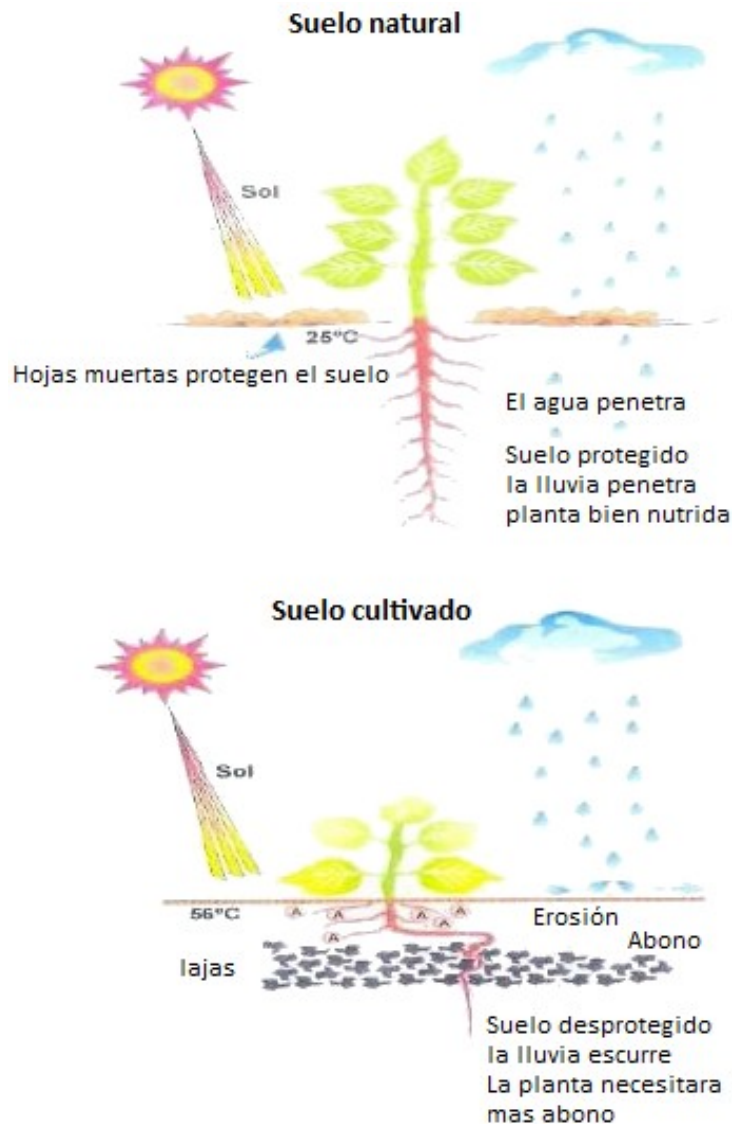


Figura 1. Diferencia entre suelo nativo y suelo cultivado

Y como en la agricultura convencional todo se maneja con recetas, los agricultores esperan también trabajar con recetas, pero no comprenden que solamente se puede funcionar por conceptos, simplemente porque cada lugar tiene su *eco-sistema* particular.

El mayor error ocurre con el compost. Primero, casi todos creen que usar compost es agricultura orgánica, cuando en realidad es solamente una de las posibilidades orgánicas. Consideran el compost como “NPK en forma orgánica” y hasta dicen: “No se consigue un producto de padrón mejor porque con 40 t/ha de compost se añaden solamente mitad de NPK que los convencionales usan”.

El peor error de la agricultura orgánica es que usa defensivos regularmente. Es igual que si se tratara de caldos, enemigos naturales o feromonas. Sea consciente: si el suelo no está con salud y es decadente, la planta también carecerá de salud y estará enferma, por eso está siendo atacada. Y aun defendida, va a dar un producto de valor biológico muy bajo, aunque con tóxicos menos agresivos. Recuerde: si plagas y enfermedades atacan, el suelo tiene que ser

recuperado y sanado. **El uso de todos los defensivos** (inclusive feromonas y coccinélidos) **debe ser ocasional y nunca rutinario. Lo rutinario tiene que ser la mejora del suelo.**

1. Los secretos del suelo tropical

1. *El rápido reciclaje de la materia orgánica* y su interrelación con la enorme cantidad de microvida (20 millones de hongos y bacterias por 1 cm³ de suelo), así como la actividad de las raíces.

Este sistema permitió el desarrollo de la foresta más frondosa del mundo, la amazónica, en suelos extremadamente pobres.

2. *La enorme biodiversidad en los ecosistemas naturales.*

En la Amazonia raramente existen más que tres árboles de la misma especie por hectárea de tierra. Plantas diferentes pueden explorar el mismo espacio de suelo. Con eso aumentan las excreciones radiculares, el número y especies de microbios, la movilización de nutrientes y consecuentemente el crecimiento vegetal.

3. *El intenso o profundo enraizamiento del suelo*, que no solamente permite la explotación de un volumen muy grande de suelo, sino que también proporciona siempre agua fresca (abajo de 50 cm el suelo raramente pasa de 25 °C y difícilmente seca).

Existen varios sistemas que trabajan en este sentido.

Ejemplos:

- a) El sistema de Malasia en el que se sumerge el arroz recién germinado y enseguida se deja secar el agua. Las raíces de las plántulas siguen el agua, de manera que alcanzan profundidades de entre 1,5 y 2,0 m. Cuando las plántulas de arroz marchitan, se suelta el agua nuevamente. Mediante este sistema los malasios cosechan de 11 a 12 t/ha.
- b) El SRI (Système du Riz Intensive) en Madagascar³. En este sistema se siembra el arroz con una distancia de 40x40 cm, además se irriga y seca el campo durante tres meses, manteniendo el suelo siempre aireado y abierto. Solamente cuando el arroz suelta las espigas se deja el agua en el campo. Mediante este sistema se cosechan de 16 a 18 t/ha.
- c) El sistema Maranhense (Sta. Inés)⁴, mediante el cual se siembra arroz en las riberas de los pozos de agua que permanecen después de las inundaciones. Se siembra cada 1,0-1,5 m de tierra sin agua estancada. Así se cosecha el primer arroz cuando recién se ha sembrado el último, de tal forma que se fuerza a las raíces a seguir el agua que desaparece en el suelo. Con raíces de entre 2,5 y 3,0 m de profundidad, se cosechan de 18 a 20 t/ha.
- d) En China se siembra en líneas alternadas dos variedades de arroz, de modo que una variedad podrá enraizar también el suelo explorado por la otra, lo cual permite doblar el espacio radicular y cosechar 80% de más⁵.

3 Rabenandrasana, J. – 1999- Revolution in rice intensification in Madagascar, LEISA 15/3-4, Leusden.

4 Kovarick, M. – 1998- comunicación personal.

Actualmente

En enormes áreas deforestadas se plantan monocultivos, sin uso de materia orgánica, con tres abonos químicamente refinados (NPK) después de la corrección del pH del suelo para neutro a través del encalamiento, usando herbicidas y defensivos químicos (agrotóxicos). Con ese sistema muere la mayor parte de la microvida, de tal forma que permanecen solamente alguna pocas especies que pueden utilizar las excreciones radiculares y la paja de este monocultivo.

Se desequilibran los nutrientes. La planta necesita 45 nutrientes y recibe solamente tres. Cuanto más desequilibrados sean los nutrientes, más plagas y enfermedades atacan las plantas (con un aumento continuo anual).

Alimentos de bajos valores biológicos y contaminados por los agrotóxicos aumentan las enfermedades en los seres humanos.

Desagregación del suelo debido al elevado encalamiento, lo cual hace que se compacte (ejemplo, Sto. Ângelo/RS)⁵.

Suelo limpio. Expuesto al impacto de las lluvias, el suelo se compacta y por la insolación directa se calienta hasta 74°C.

- El agua de la lluvia escurre de la superficie compactada: erosión-inundaciones-sequía.
- Ríos, pozos y presas sin agua. La población vive flagelada alternadamente por las inundaciones y las sequías.

Falta agua dulce en el planeta Tierra.

El viento entra libremente en las áreas deforestadas llevando hasta 750 mm/año de humedad.

Ríos, lagos y mares contaminados o en “eutrofización”.

Desertificación de los suelos en uso agrícola y de pastoreo (anualmente alrededor de 10 millones de hectáreas) debido a la compactación de la superficie de los suelos (el agua de escorrentía) y el viento.

Mientras aumenta la producción de granos y el confinamiento del ganado para carne, crece avasallantemente la pobreza humana, la desigualdad social y el hambre.

Brasil: en 1950 no tenía ninguna persona hambrienta, en 2000 había 53 millones de hambrientos (con alimentación por debajo de 1.800 calorías por día).

Mundo: en 1950 tenía 25 millones de personas hambrientas, en 2000 había 820 millones, es decir, de siete personas una es hambrienta.

2. Agroecología y agricultura natural

Solamente intercambiando los factores químicos por orgánicos, se es orgánico, pero todavía no es agroecológico.

- Se intercambia NPK por compostaje creyendo que son minerales orgánicos de rápida disponibilidad. Pero la planta no absorbe el compostaje.
- En el trópico, con su rápida descomposición, el uso de los restos de cosecha tiene el mismo resultado y hasta llega a ser mejor.

5 EMBRAPA. Passo Fundo, 2000. Comunicación personal.

- No se le presta atención a dónde la naturaleza coloca su materia orgánica, que siempre es en la superficie del suelo.
- Se continúa combatiendo síntomas como:
 - Plagas y enfermedades aunque con venenos menos tóxicos (Piretroides y Rotenona), que si bien son orgánicos, están prohibidos. Así mismo con enemigos naturales o feromonas, pero las plantas siguen enfermas. Lo realmente ecológico es prevenir los parásitos.
 - Se usan métodos de combate para contrarrestar la erosión en lugar de permeabilizar el suelo.
- Se continúa trabajando con un suelo tremendamente decaído en lugar de recuperarlo.
- Se continúa con el enfoque factorial en vez de usar el sistema holístico.
- Se producen alimentos con un valor biológico muy bajo, con muchas sustancias medio formadas —como por ejemplo los aminoácidos, cuando deberían tener proteínas—, en lugar de producir alimentos de alto valor biológico.
- No se consigue mantener la salud vegetal ni la salud humana aunque los alimentos posean residuos menos tóxicos.

En la **agricultura natural, ecológica**, si es correctamente hecha, **los productos son superiores a los de la agricultura convencional**, tanto en tamaño como en sabor y color; además son de mejor conservación.

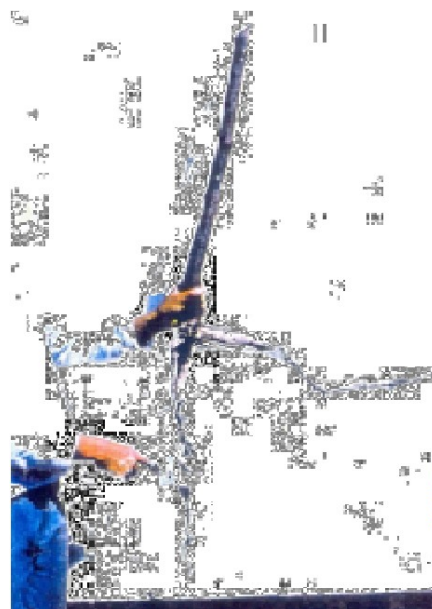
**Tabla 1. Tecnología Agrícola Tropicalizada Agroecológica
Diferencia del Suelo de Clima Templado y Tropical**

Templado (Recetas)	Clima	Tropical (Conceptos)
Esmectita – mucho sílice	Arcilla	Caolinita – mucho aluminio
Raso	Suelo	Profundo
500 a 2.200 mmol/dm ³	Complejo de Intercambio Catiónico (CIC)	10 a 70 mmol/dm ³
Elevada	Riqueza mineral	Baja
Por calcio (Ca ⁺⁺)	Agregación	Por aluminio (Al ⁺⁺⁺) y hierro (Fe ⁺⁺⁺) oxidados
Corrección de suelo pH de 6,8 a 7,0 Saturación CIC hasta 8%	Calcio	Nutriente pH 5,6 a 5,8. Saturación CIC de 25 a 40%
2 millones/g	Microorganismos	15 a 20 millones/g activos hasta 15 cm. Reciclaje de M.O
3,5 a 5,0% descomposición lenta, ácido húmico y húmina.	Humus	0,8 a 1,2% descomposición rápida, ácido fulvico (lixivia)
12 °C	Temperatura optima	25 °C
Débil	Insolación	Fuerte
Solamente por la vegetación	Evaporación del agua	Especialmente por el calentamiento directo del suelo
Poco intensas, parte en nieve	Lluvias	Especialmente intensas, compactan el suelo
Limpio para captar el calor	Condición del suelo	Protegido contra el calor y el impacto de la lluvia
Profundo para animar la vida y calentarlo	Remoción del suelo	Mínimo para o animar la vida
De masa de nutrientes	Tecnología agrícola	De acceso a los nutrientes



**Foto 2: Raíz de soya bien desarrollada.
Fuente: MIBASA, Arapiraca, (1995)**

Foto 3: Raíz de Guandú (*Cajanus cajan*) con el primer año creció paralela a las lajas y en el segundo año la quebró.



3. Los conceptos básicos de la agroecología tropical

Es lógico que la agricultura no pueda conservar los ecosistemas naturales, pero puede intentar instalar ecosistemas simplificados propios a los trópicos. Se puede usar métodos que mínimamente puedan mantener el máximo de la diversidad de vida y la salud del suelo. La planta extrae su vida del suelo y da vida al suelo. Por esto E. Götsch (2000)⁶ dice: No es la calidad (química) del suelo la que decide la producción, pero sí la densidad y diversidad de los individuos de la comunidad forestal o frutícola cuando se planta con “el flujo de la sucesión”, es decir, cuando los árboles de una sucesión más adelantada “empujan” a los de la sucesión más atrasada.

La agrosilvicultura, en la cual se alternan campos con bosques, y el sistema de siembra en la sombra de árboles tal vez llegan lo más cercano a lo natural. Si se asumen los seis conceptos básicos de la agricultura tropical, se garantizan cosechas sanas y abundantes.

La fruticultura, “la foresta enriquecida” implementando frutíferas en el monte devastado, es otro sistema promisorio.

Los seis puntos básicos de la agricultura orgánica natural en los trópicos son:

- a. Agregación del Suelo.** Para esto se necesita la suficiente materia orgánica, siendo especialmente activos todos los tipos de paja y restos de cosecha, raíces de pastos y también los abonos verdes, especialmente cuando por algún tiempo, en forma de roza, cubre el suelo como una cama protectora de compostaje. La agregación exige la

6 E-mail de Marsha Hanzi, set.2000.

aplicación superficial de la materia orgánica, donde las bacterias son activas que producen jaleas coloidales.

b. Proteger el suelo. Esta protección contra el calentamiento, secamiento y contra el impacto de las lluvias es básico en los trópicos para que el suelo no forme una costra superficial ni una capa compactada (*hard-pan*) en una corta profundidad que limita el espacio de las raíces. Esta protección puede ser hecha por un *mulch* ('cubierta protectora del suelo') como en la siembra directa. El *mulch* mantiene la temperatura del suelo más baja y se consigue aun cosechar razonablemente cuando el suelo está seco y con falta de lluvia. Otro método es la siembra más densa, la cual se usa en el café (superdenso), las hortalizas, el algodón, el maíz y otros cultivos. Solamente en el arroz y en la soya este método no puede ser usado. También es posible hacer la siembra consorciada —como era antiguamente—, con cubiertas, como se usa en las fresas, o con la arborización.

c. Aumento de la biodiversidad. Esto incluye espacialmente la rotación de los cultivos y los abonos verdes diversificados; sin embargo, este sistema es muy importante en el que no se usan cultivos alelopáticos, es decir, hostiles. Al final del texto se encuentra una lista de cultivos que son hostiles, como el frijol y todas las leguminosas, con la cebolla y el ajo o la papa y el girasol, las cuales se arrasan mutuamente.

Antiguamente todos los agricultores sembraban maíz-frijol-yuca-ahuyama juntos con buenas cosechas y sin enfermedades.

Las mejores rotaciones incluyen entre cuatro y cinco cultivos, pero ya dos son mejor que un monocultivo, como por ejemplo la soya. Para exponer un caso, dicen que el cultivo de maíz da menos lucro que el de la soya, pero los beneficios de la rotación, especialmente en gran cantidad de materia orgánica, aumentan el rendimiento de la soya y no solo devuelven el lucro perdido, sino que traen un lucro adicional.

La arborización, especialmente en pastos, trae muchas ventajas porque el confort del ganado es recompensado por una producción mayor.

Otro tipo de biodiversidad es sembrar en líneas alternadas de dos variedades del mismo cultivo. Como cada variedad posee un sistema de absorción diferente y segrega sustancias diferentes, valen como dos especies distintas. Los "monocultivos" de uno u otro cereal en estado natural se basan en este principio. Debido a la selección natural no existe aquí una única variedad, pero en realidad las variedades diferentes son las que garantizan prácticamente la "biodiversidad" y por ende la estabilidad por decenas y centenas de años, son monocultivos de una especie con 5 a 8 "variedades".

d. Aumentar el sistema radicular.

- Evitando las lajas y compactaciones.
- Fortaleciendo las raíces mediante la aplicación de boro (entre 8 hasta 30 kg/ha de bórax, conforme al suelo y el cultivo). De este modo los sembradores de citrus controlan su amarillamiento (*Shigiella*), como también los sembradores de guayaba la mayor parte de las enfermedades de esta. No porque el boro esté faltando en estas plantas enfermas, sino porque el boro hace que las raíces aumenten mucho, de manera que las plantas encuentran lo que les hace falta y suplen sus deficiencias.
- Plantando variedades diferentes, lo cual provoca un aumento horizontal de las raíces.
- Dejando las raíces seguir el agua retenida en el suelo, de tal forma que se aumente la longitud radicular.
- Sembrando cultivos consorciados.

e. Mantener la salud vegetal a través de la alimentación equilibrada (trofobiosis).

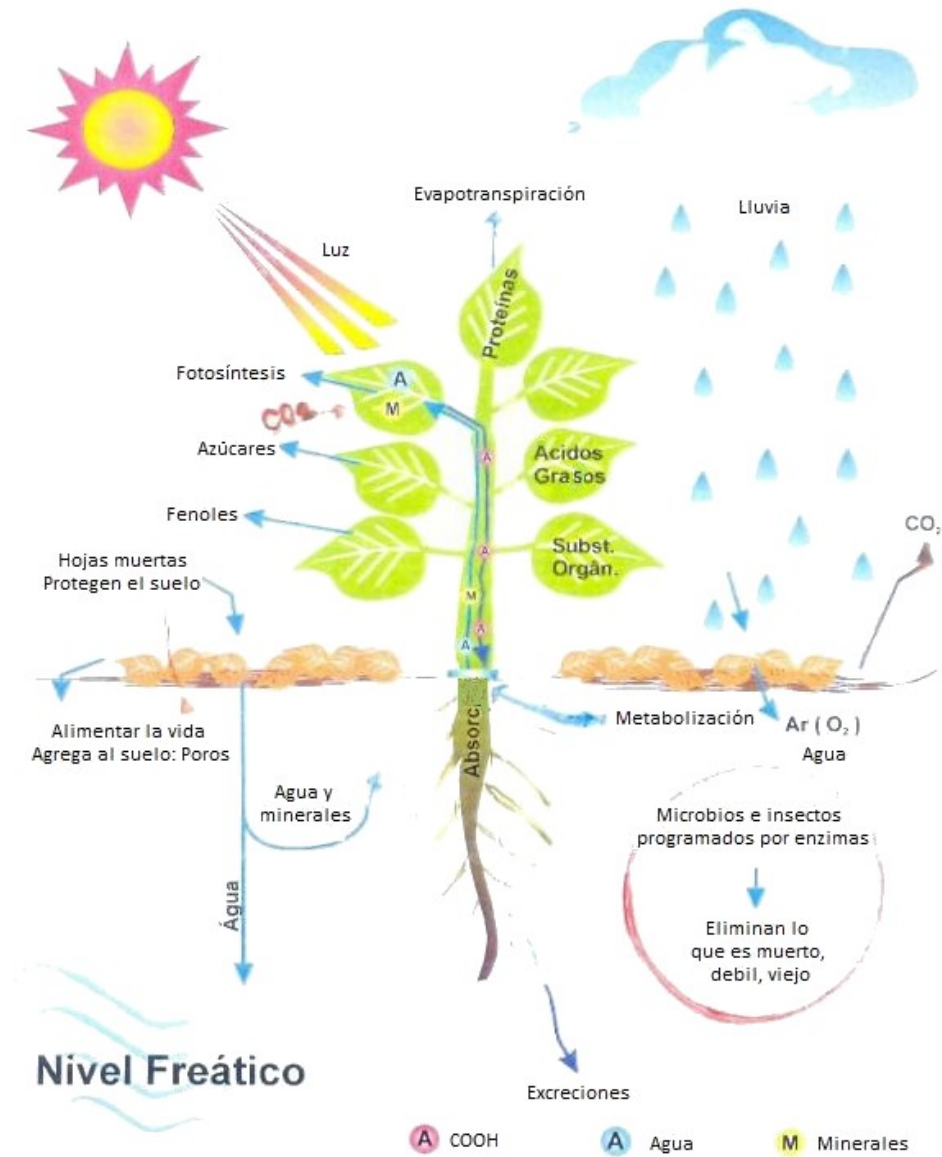
f. Proteger los cultivos y pastos contra el viento. La protección contra el viento aumenta la humedad en el paisaje. Estos “rompe vientos” pueden ser hechos con plantas anuales, como el maíz o el sorgo, con plantas arbustivas, como el guandúl (*Cajanus cajan*), las musáceas o árboles como la leucaena (*Leucaena leucocephala*), grevillea, eritrina (*Erythrina corallodendron*), entre otras.

Tabla 2. Diferencia entre la agricultura ecológica y la agricultura convencional

Agroecologica	Agricultura Convencional	Combate de síntomas
Arado mínimo y siembra directa	Trabajo profundo con arado o rotativa	Costras, lajas, compactación o erosión
Suelo protegido	Suelo limpio	Calentamiento y compactación
Siembra densa, mulch, consorcio	Suelo expuesto al sol y a la lluvia	Calentamiento y compactación, uso de irrigación
Biodiversidad: rotación, abonos verdes	Monocultivos	Plagas y enfermedades
Retorno de la materia orgánica	Quema de la materia orgánica	Destrucción de los agregados y poros, menos vida del suelo debil
Compostaje de la materia orgánica (macro y micronutrientes)	NPK y encalamiento	Plantas mal nutridas, deficientes y enfermas
Reforestación y rompe vientos	Desmalezamiento, vientos y desertificación	Suelos secos, irrigación
Uso racional de las máquinas	Uso indiscriminado de maquinaria pesada	Compactación, erosión y abandono de los suelos

4. Ejemplos de ciclos

Los dos ciclos más conocidos son el ciclo de la vida y el ciclo del agua.



**Figura 2. Ciclo de la vida
Planta-suelo-microorganismos
Agua-aire-minerales**

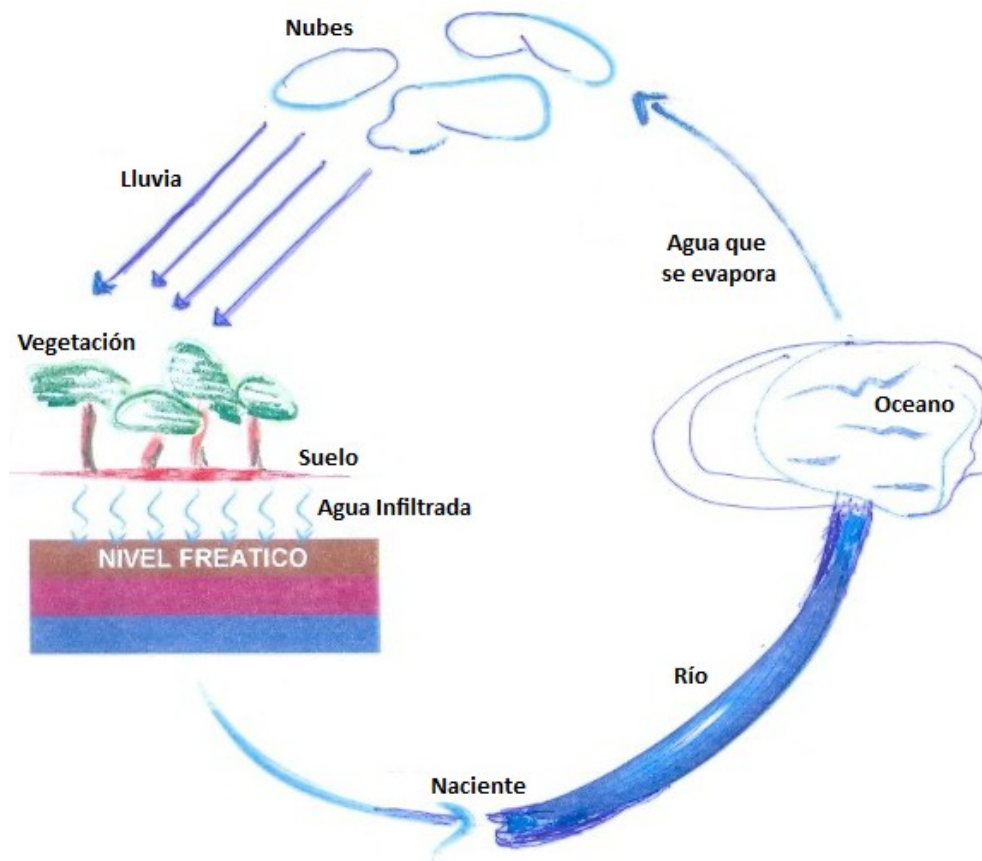


Figura 3. El ciclo del agua

Erosión eólica
(No es causada por el viento)



Foto 4



Foto 5

5. *Cómo es un suelo saludable*

Un suelo saludable es agregado, granuloso, con un sistema poroso donde entra el agua y puede penetrar las raíces.

No tiene *hard-pans* o lajas que impidan el desarrollo radicular y que estanque el agua infiltrada. No posee costra superficial, ni compactaciones ni existe erosión.

Él es puro, esto quiere decir que no contiene residuos tóxicos o metales pesados y está con sus nutrientes en equilibrio, de modo que las plantas que crecen en él son saludables, sin plagas, sin enfermedades y de un elevado valor biológico.

6. *Cómo examinar el suelo*

a. La superficie del suelo

No puede presentar costras o arena lavada en las depresiones del campo, ni puede estar agrietada. No puede tener terrones volteados por el arado ni hoyos subterráneos generados por la erosión (foto 6, 7, 8). Las cubiertas y la irrigación por goteo no pueden ser usadas para encubrir el mal estado (la decadencia) del suelo (foto 7).



Foto 6. Soya con “curvas de nivel”, sin embargo con curvas entrecortadas y erosión.



Foto 7. Curvas de nivel llenas de agua que escurrió, pero que no se infiltró.



Foto 8. Terreno nivelado, el agua no se infiltró ni se escurrió y se empozó.

b. La humedad del suelo

El grado de humedad del suelo es importante para cualquier trabajo mecánico, como el desmalezamiento, arado, rastreado, el trabajo del arado rotativo, aplicación de compostaje, etc. Se puede determinar el grado de humedad del suelo por el *moisture teller*, el cual es un aparato simple que se introduce en el suelo y que indica el porcentaje de humedad. El óptimo de humedad para cereales es de 60% y para todos los otros cultivos es de 80%. Ningún cultivo fuera del arroz tolera una humedad del suelo de 100% o mayor de su capacidad de campo. Suelos superirrigados o mal drenados son desfavorables para la producción agrícola, así que siempre bajan el rendimiento.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria) investigó que la brisa constante puede arrastrar hasta un equivalente de 750 mm de lluvia por año, esto significa que en una región con 1.300 mm/año de lluvias permanecen solamente 550 mm/año, o sea, el 42%. Esto quiere decir que el terreno se torna semiárido a pesar de la cantidad de precipitaciones. En regiones sin vegetación, como las estepas, la brisa puede llevarse hasta el 73% de humedad.

En la irrigación por aspersión (inclusive el de pivó central) se evaporan durante la noche 40% del agua asperjada y en días de calor hasta el 60%.

Tabla 3
Efecto del viento (brisa de 3,5 m/s) sobre la humedad del suelo y el crecimiento de
***Robinia pseudoacacia* (Satoo, 1948)**

	Viento			Viento		
	Sin	Con	Índice	Sin	Con	Índice
Humedad del suelo	80	80	100	40	40	50
Peso de la parte aérea (gr)	688	368	53	358	118	33
Peso de las raíces (gr)	111	69	62	67	23	34
Altura (mm)	258	144	56	156	43	27
Número de hojas	15,4	13,8	89	13	10	77
Distancias entre nudos (mm)	20	12,5	62	14,3	5,1	36

Precipitaciones de 75mm (o agua de irrigación) penetra en el suelo:

- Arenoso: hasta 120 cm.
- Areno-barroso: hasta 75 cm.
- Arcilloso: hasta 60 cm.
- Arcilla pesada: hasta 30 cm.

Fuente: Donahue R,L, Soils, - 1971 – ed. Prentice Hall, N. Jersey

Tabla 4. Humedad del Suelo

	Se necesita mucha fuerza para romper los terrones. La mecanización requerirá en este tipo de suelo de mucha energía e irá producir terrones.
	Los terrones se desacen con una presión leve. Este es ideal para labrar. El suelo cae en grumos. Hay que tener cuidado para no compactar el suelo por el uso de la maquinaria. Es necesario recordar: pasar lo mínimo posible la maquinaria en el campo
	La tierra es maleable y barrienta. Existe exceso de humedad. El suelo soporta mal el peso de las máquinas y se compacta en la superficie. La humedad es el principal factor de compactación

El viento

El agua transpirada por las plantas satura poco a poco el aire alrededor. Si el aire está saturado (95 a 99% de humedad), la planta no puede transpirar más y no pierde más el agua.

Si el viento arrastra constantemente la humedad transpirada por la planta, es evaporada por el suelo para el aire, él actúa al igual que una bomba: remueve la humedad y provoca la pérdida de más agua de la planta y del suelo. En Brasil, el viento puede llevar cada año hasta el equivalente de 750 mm de lluvia (y en las estepas rusas hasta un equivalente de 820 mm).

7. La textura del suelo

Normalmente se prefieren suelos arcillosos porque son más fértiles, pero los suelos de la Amazonia —los cuales dieron origen a la selva más frondosa del mundo— crecen en arenas extremadamente pobres. En los trópicos la intensidad de la vida del suelo radica en el reciclaje rápido de la materia orgánica y es mucho más importante que la cantidad de minerales disponibles por unidad (dm^3).

Quien tiene alguna práctica determina la textura del suelo friccionándolo entre los dedos para determinar la cantidad de arena. Sin embargo, la manera clásica es determinar la capacidad de ser moldeable.



Actividad	Amasar entre los dedos	Moldear	Hacer el rollo		Tipo de Textura		% de Arcilla
Apreciación	Arenoso, no se adhiere a los dedos	Apenas se puede moldear	El diametro del rollo mayor que 7 mm.	Suelo liviano	A	Arenosa	0 - 5
					Fa	Franco Arenoso	5 - 10
					Fa	Franco Arenoso	10 - 15
	De arenoso a harinoso, poco pegajoso	Regularmente modelable	El rollo es de 2 a 7 mm.	Suelo medianos	F	Franco	15 - 20
					FI	Franco Limoso	20 - 30
					L	Limoso	10 - 30
					Far	Franco Arcilloso	30 - 40
	Pegajoso	Modelable	El rollo es menor que 2 mm.	Suelos pesados	Fa rl	Franco Arcillo-limoso	40 - 50
					Arl	Arcillo-limoso	> 50
					Ar	Arcilla	30 - 50

Tabla 5. Fuente G. Hasinger, FIBL, 1993.

Fórmulas estructurales

En este caso no se trata de la estructura edafológica encontrada en el perfil del suelo, pero sí de la estructura de la capa arable, superficial, o sea de la “capa cultural”. En los trópicos los agregados primarios se forman por atracciones químicas entre las arcillas y los cationes trivalentes, esto es, el aluminio (Al) y el hierro (Fe) en estado oxidado (solamente en estado reducido son tóxicos). En el clima templado los agregados primarios se forman gracias a la acción del calcio (Ca), que es solamente bivalente y por tanto mucho más débil. Pero esos agregados “químicos” son muy pequeños. Por acción biológica se forman agregados mayores. Sea consciente: las compactaciones y adensamientos se pueden romper mecánicamente y hasta pulverizarlas, pero nunca pueden agregarlas. La agregación es un proceso biológico, dependiendo de la materia orgánica y de bacterias, especialmente *Cytophagas*.

Para determinar las “estructuras agrícolas” de un suelo se debe agarrar un terrón, si por una leve presión este se deshace en grumos, el suelo es óptimo. La característica de grumos en suelos más o menos arenosos (latosois rojo-amarillo y podsolicos) es que siempre son redondeados y jamás poseen ángulos agudos y caras rectas. En suelos arcillosos se presentan en forma de poliedros, con caras arredondeadas o rectas y con ángulos.

Si esos terrones fueran partidos y destrozados mecánicamente, se obtendría un campo bien preparado, pero con la primera lluvia se crea erosión y se forma una costra superficial de entre 3 y 5 cm de espesor, lo cual incluso puede impedir que germinen las semillas.

En caso de extremos adensamientos, el suelo parece “estratificado, eso es, se parte en capas horizontales”. Ese suelo tiene que ser recuperado urgentemente.

Formas estructurales

La estructura es la manera como los elementos constituyentes del suelo tienden a unirse entre sí. Se distinguen cuatro tipos de estructura¹.

Generalmente los agregados del suelo se encuentran sueltos y separados entre sí, pero se encuentran en estructuras que pueden ser puras o mixtas.

Estructura pura

Se halla en suelos nativos. En suelos arenosos y levemente arcillosos se encuentra la estructura granular, mientras que en suelos pesados (arcillosos) se encuentra en poliedros.

Estructura mixta

En la labranza y el cultivo, aun teniendo todo el cuidado con el suelo, siempre llevan las formas mixtas, es decir, una mezcla entre grumos y pequeños terrones oriundos de placas de rocas que se forman por la migración de **silte** o arcilla hacia dentro del suelo mientras estaba desprotegido o fragmentado. Cuando el suelo este pobre en materia orgánica, se degrada más después de pasar la rastra por la animación excesiva de microvida.

Estructura especial

Ocurre por la aglomeración de partículas minerales (arena o arcilla) en suelos arenosos o **siltosos** pobres en materia orgánica o por partículas orgánicas en suelos **turfosos**. Ocurren especialmente después de pasar la rastra en suelos muy secos o muy húmedos.



Foto 13. (grumos) Fuente: G. Hasinger. FIBL, 1993

Grumos: Al presionar un terrón se desmorona en grumos, los cuales tienen una forma redondeada y un diámetro de 05 a 04 mm.



Foto 14. Lados de ruptura irregular. Cuanto mas irregular, tanto mejor está el suelo.

Pequeños terrones: De forma redondeada y un diámetro de 0,5 a 0,6 cm.

Al romperlos sus lados son irregulares.



Foto 15

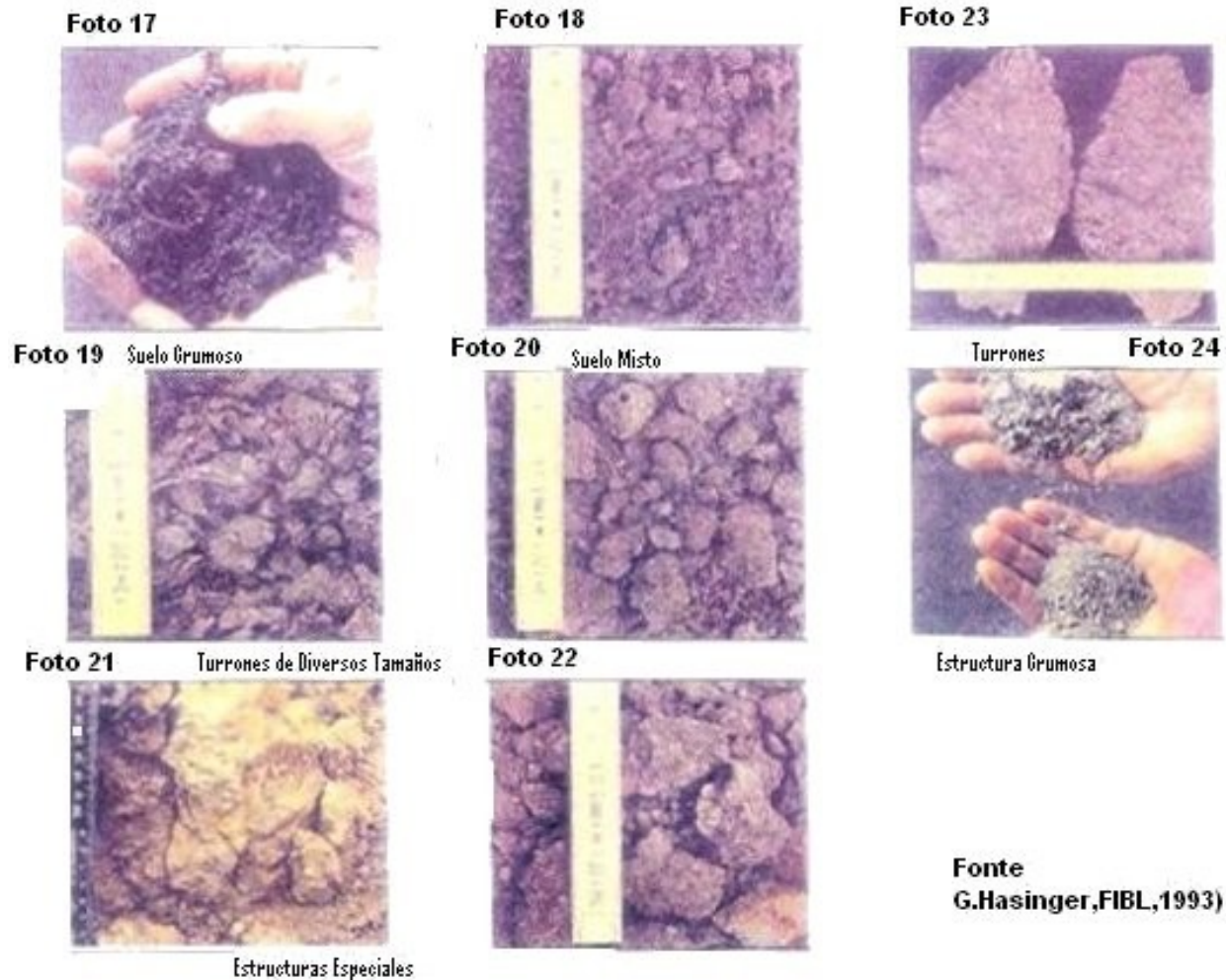
Poliedros pequeños: De forma angular. Son grumos en suelos arcillosos y es señal de buena estructura. Su diámetro varía de algunos milímetros a 2,0 cm.



Foto 16. Suelo en terrones, con lados de ruptura rectas. Suelo muy decaído.

Terrones: Con tamaño de algunos centímetros hasta algunos decímetros.

Sus lados de ruptura son rectos (lisas). Ellos indican una estructura decaída.



Compactaciones y adensamientos (placas rocosas)

Ya al penetrar la pala se pueden detectar compactaciones, que son reconocidas por ser placas rocosas sin fisuras ni poros, que solamente se deshacen al usar fuerza. En ellas se encuentran escasas raíces y nódulos por la falta de aire.

Las compactaciones también son identificadas cuando a partir de un terrón se producen pequeños terrones con ángulos agudos y bordes rectos y los lados de rupturas son lisos.

El suelo es óptimo si el terrón se parte con lados irregulares, es decir, el suelo aún es cultivable, pero ya necesita de una aplicación de materia orgánica (fotos 26 y 27).



El suelo esta óptimo

8. El test de ruptura

Cuando se hace el test de ruptura se tiene que saber cómo se forman los agregados.

Se trata de un proceso químico-biológico. La arcilla, con su carga negativa atrae cationes, como calcio, hierro, magnesio, aluminio, potasio, etc. La carga positiva de estas atrae a su vez partículas de arcilla formando agregados primarios muy pequeños. Estos agregados son colocados por “coloides” o jaleas bacterianas que se unen para agregados mayores de 0,5 a 1 mm o hasta 2 mm.

Ahora aparecen hongos que enlazan los agregados con sus líquenes para succionar las jaleas bacterianas. En esta fase los grumos están resistentes a las acciones de las lluvias. Cuando acaban con las jaleas, los hongos dejan los líquenes morir y de ahí en adelante los hongos son destruidos por el impacto de la lluvia.

Pero debajo de una capa protectora se mantienen aún por meses.

- a) Si el terrón se deshace en grumos, el suelo es óptimo.
- b) Si el terrón se parte con lados irregulares, el suelo aún es cultivable, pero ya necesita la aplicación de materia orgánica.
- c) Si el terrón se parte con lados rectos, el suelo no produce más cosechas compensatorias y no actúa de manera positiva a una aplicación de abono químico. El cultivo necesita muchas aplicaciones de defensivos, sean orgánicos o químicos, y normalmente también necesita riego. En este suelo una recuperación es indispensable, como la aplicación de pajas (residuos de la cosecha anterior), compost, abonos verdes de cinco a siete especies

diferentes que hacen mucha biomasa y, antes de todo, plantas que rompan la capa compactada, como la crotalaria (*Crata ariajuncea*) y guandul (*Cajanus cajan* y *C. Indicus*) y también mucuna negra (*Stylobiun aterrimun*).

d. El suelo se rompe en capas horizontales, lo cual indica una compactación externa.

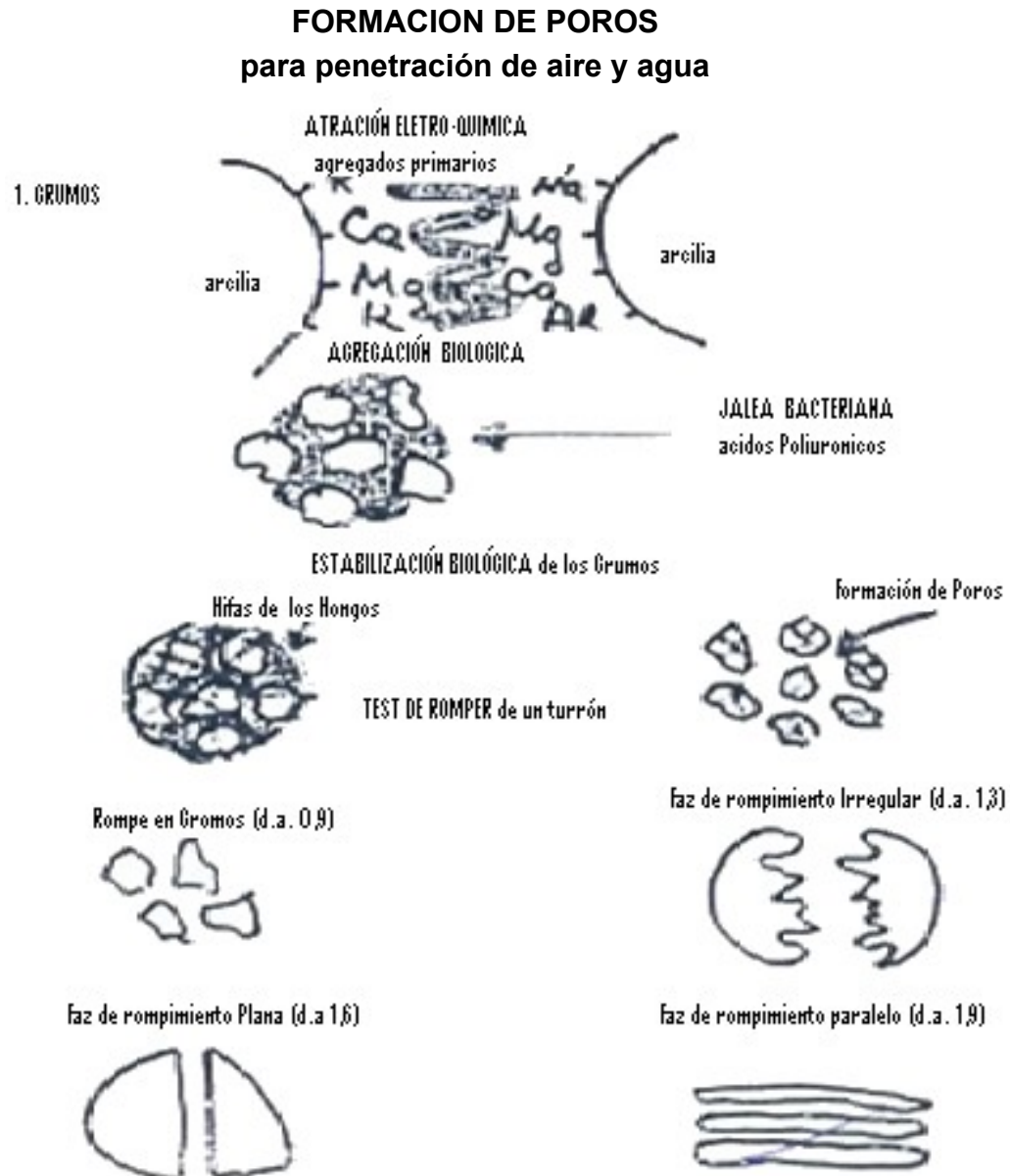


Figura 6

9. El olor del suelo

Por el olor se pueden clasificar los suelos:

a) El olor fresco y agradable: microvida saludable, suelos en buenas condiciones.

- b) Olor moho: especialmente de *penicillium*, el suelo tiene poca vida aerobia. Puede haber problema con la aplicación de paja en la superficie: una vez que la descomposición es iniciada por hongos, no por insectos, y estos tienen efecto “germostático”, quiere decir, impiden que las semillas sembradas germinen. Después de la incorporación superficial de la paja por la rastra se tiene que esperar una buena lluvia para “lavar” la paja y remover el efecto germostático. Si la descomposición de la paja es iniciada por insectos, se puede sembrar en el mismo día de su aplicación **superficial** al suelo. Pero si la paja es incorporada por la rastra de 25 a 35 cm de profundidad, se tiene que esperar con el cultivo tres meses o más, tanto por cuestión de la fijación de nitrógeno, como por la descomposición anaerobia y la producción de gases tóxicos.
- c) Sin olor: el suelo está muerto y probablemente duro.
- d) Olor de **pantano**: ocurre por cuestión de la producción de gas sulfhídrico de metano, lo cual indica materia orgánica (o compost) enterrada siendo descompuesta por condiciones anaerobias. Vale recordar que **compost no es NPK en forma orgánica**, pero sí materia orgánica semidigerida y que tiene que ser completamente descompuesta para poder liberar los nutrientes. La materia orgánica, en primer lugar, es alimento para la vida aerobia del suelo que produce los agregados.
- e) Olor podrido: indica materia orgánica en estado de putrefacción. Eso ocurre especialmente con material rico en nitrógeno en ambiente aerobio y con exceso de humedad.

10. El color del suelo

Normalmente se atribuye a suelos fértiles un color oscuro por cuestión de la alta cantidad de humus. Eso solamente es verdad en climas templados. En clima tropical solamente en pastos y bosques se forma humus. El color oscuro raramente surge en suelo agrícola y no siempre indica suelo húmico y fértil.

Color oscuro del suelo en estado húmedo y seco: suelo húmico

El nivel óptimo de materia orgánica es de 3 a 5%. Por encima de esto no indica fertilidad, más bien da cuenta de procesos de enturfamento y problemas de descomposición por cuestión del exceso de humedad en suelos pantanosos con pH elevado o por cuestión de altitud elevada, como en Campos de Jordão (Brasil) o en los Andes con pH de bajo a muy bajo (hasta pH 2,7).

Los suelos pantanosos no pueden ser simplemente drenados por poseer sus iones nutritivos en forma “reducida”, o sea, cambia el oxígeno por hidrógeno (SO_3 para SH_2). Un drenaje equivale a una ventilación y provoca la oxidación de esos iones, causando una acidez muy pronunciada. Un encalado de estos suelos para corregir el pH hace descomponer rápidamente la turfa. Por ejemplo, en las Everglades en Florida, después del drenaje y encalado los terrenos bajaron dos metros, razón por la cual resolvieron inundarlos nuevamente y dejar que el suelo permaneciera en su estado natural.

Existe la posibilidad de bajar el nivel del agua, pero solamente 20 ó 25 cm máximo, sembrar en canteros elevados y trabajar con drenajes abiertos.

Color oscuro a negro en estado húmedo y gris a blanco en estado seco es suelo sin materia orgánica y muy rico en **magnesio**.

El análisis de la materia orgánica en el suelo no es siempre confiable, pues con el método húmedo (bicromato de potasio) se determinan las sustancias oxidables. Pero en suelos anaerobios no solamente el carbono sino también todos los minerales son oxidables, como el azufre, hierro, magnesio, etc., de manera que se podría suponer un alto nivel de carbono donde no hay ninguno.

Con el método seco, quemando la materia orgánica en la mufla, no solamente el carbono de la materia orgánica se pierde, sino también todos los carbonatos, como el calcio, magnesio, sodio, etc.

La manera más segura de determinar si el suelo recibe lo suficiente en materia orgánica es el examen de la agregación del suelo que se hace por tamizado húmedo.

Si el suelo es bien agregado y los agregados están estables, el agua o programa de abastecimiento de materia orgánica es suficiente para mantener el suelo productivo. Si la agregación es poca y los agregados son inestables al agua, se necesita urgentemente más materia orgánica en el suelo.

Color manchado, esto es, en diversos matices de rojo y a veces azul-gris (en caso de saturación prolongada). La razón de este fenómeno siempre es agua estancada, que puede ocurrir debido a:

- a. Una capa impermeable (en 20, 40, 80 o hasta 100 cm de profundidad) que estanca el agua, de manera que evita que se infiltre en el suelo y por ende alcanza su nivel freático.
- b. Inundaciones en determinadas épocas del año.
- c. Superriego debido a algunos cultivos que poseen raíces muy pequeñas.
- d. Un tubo conductor de agua dañado.
- e. Suelo de arroz irrigado con deficiente drenado entre cosechas.

Análisis de la pala

Fig.7 Manera de realizar el análisis de la pala.

Si no tiene una pala recta a disposición, puede hacer una con un azadón, con mínimo 20 cm de largo. En caso de que no haya “unión”, se debe mezclar suavemente la porción de tierra, también es posible hacerlo con las manos mezclando cuidadosamente la porción para que se rompa en los lugares donde cambia la estructura y donde **hubiese el pie de arado** de trabajo.

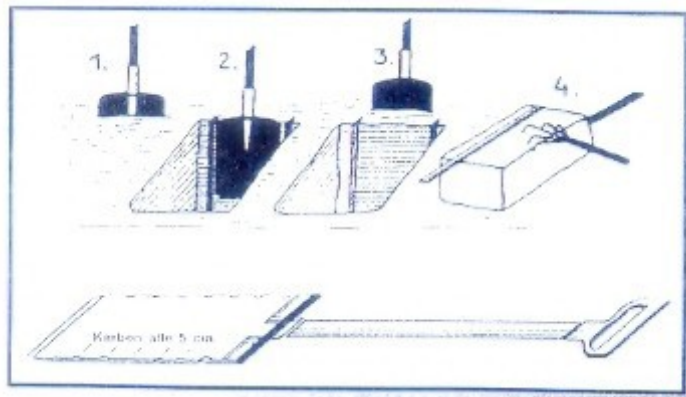


Figura 7 – Fuente:J Gorging.1944

Foto 26. Pala con tierra **rota** donde cambia la estructura (por ejemplo donde se inserte un **hard pan**)



Foto 26. La porción de tierra buena con rupturas donde cambia la estructura. El pie de arado se encuentra en la última ruptura, donde también se halla la materia orgánica.

Foto 27 Horizonte del trabajo.

No todas las rupturas en el pedazo de tierra son provocadas por el trabajo. Se reconoce el pie de arado por la materia orgánica (ceniza si el campo fue quemado) revuelta. Eso ocurre cuando el campo fue trabajado con arado o rastra. Cuando el trabajo fue hecho con la rotativa aparece el horizonte y la materia orgánica es mezclada con toda la capa trabajada... el efecto sobre los agregados es destructivo cuando se utiliza la rotativa. El efecto del arado o el pase de rastra más profundo que de 15 a 18 cm siempre destruye la estructura granular del suelo. Vale la regla: jamás trabaje el suelo más profundo que 2 cm abajo de la capa bien agregada y enraizada.



Foto 27. El mismo suelo de la fig. 26. Se verifica abajo de la capa superficial unos terrones que se deshacen aún con lados irregulares. Abajo el suelo está nuevamente grumoso.

Foto 28. Raíz de nabo forrajero que no logró romper una laja dura. Solamente una raíz entró en una grieta entre terrones, las demás siguieron paralelas arriba de la laja y dos crecieron hacia arriba en búsqueda de aire. Esta óptima.



Foto 29. Un bloque de tierra compactada que no muestra ningún cambio de estructura. Un suelo como este cae en terrones grandes cuando el arado es muy seco pues poca agua logra penetrar.



Foto 30. Un suelo compactado, anaerobio, labrado, cae en terrones que pueden ser mecánicamente desterronados pero nunca agregados.



Foto 31. Un campo preparado mecánicamente y plantado con soya.

Tres semanas más tarde de tomada la foto anterior, parte de la soya no había nacido debido a una costra de 5 cm de espesura que se formó en la superficie del suelo después de la lluvia. Se generó una fuerte erosión. La arena fue lavada hacia los surcos mientras la arcilla permanece en los canchales. La poca agua que se infiltra en este suelo no consigue disolver el abono químico, que permanece casi intacto.

Con el riego es posible producir una cosecha mediana, pero la soya es atacada por muchos parásitos y necesita recibir un gran número de aplicaciones de defensivos.



Foto 32. Un suelo muy compactado, mecánicamente bien preparado. En el momento en que se seca, se agrieta porque no posee agregados ni poros, solamente polvo y pequeños terrones, que a veces erróneamente son designados como grumos. Pero los grumos no poseen lados rectos ni ángulos agudos. En ellos todo es redondeado. Un suelo reseca siempre es suelo sin estructura porosa.



Figura 33. Cantero de repollo en una propiedad de “Bio-Grow”, o sea, orgánica. Pero el suelo se encuentra en condiciones pésimas, compactado y lleno de terrones. El repollo que está siendo cosechado es pequeño y raquítico... el compost enterrado no podía salvarlo. Lo orgánico no es solo enterrar compost, sino también es recuperar el suelo para que sea grumoso, poroso y productivo.

11. La superficie del suelo

En la superficie del suelo se pueden observar:

- a. La cobertura, que puede ser arbórea, plantas espontáneas, un cultivo más o menos espacioso, rastros (foto 37), *mulch* (cobertura muerta de paja, bagazo, polvo de sierra, etc.), como en el plantío directo.
- b. Terrones, (fotos 30 y 33), costras, fisuras y rajaduras (foto 32), arena lavada para los surcos y arcilla en los canteros (foto 33).
- c. La erosión hídrica (fotos 31a y 31b) y eólica (por el viento, pero especialmente por el calentamiento del aire).
- d. Rastros de maquinaria.
- e. Deposición de lombrices (foto 35, 36 y 38).
- f. El estado de la superficie del suelo indica el grado de estabilidad de la estructura y conservación del suelo.
- g. En la superficie los agregados tienen que aguantar el impacto de las lluvias, calentamiento por el sol y la presión de las máquinas.

Si la estructura es recién formada (por la materia orgánica), soporta la lluvia, pero también es prensada por las máquinas. Si la estructura es frágil; se deshace en costras y arcilla, que es llevada dentro del suelo, de manera que tapa los poros y forma una roca.

12. Cómo se reconoce el pie de arado

Una ruptura en el pedazo de tierra extraído del suelo solo indica el cambio de estructura.

Normalmente el suelo se parte a 8 ó 12 cm de profundidad, esto es, donde termina la parte superficial bien agregada y enraizada. Sigue una capa densa, dura, una laja o *hard-pan* causada por la “migración” de arcilla de la parte superficial, que puede ir desde 18 cm hasta 25 cm de profundidad. Si el suelo es muy arenoso, esta laja puede formarse a partir de 30 cm de profundidad e ir creciendo hacia arriba.

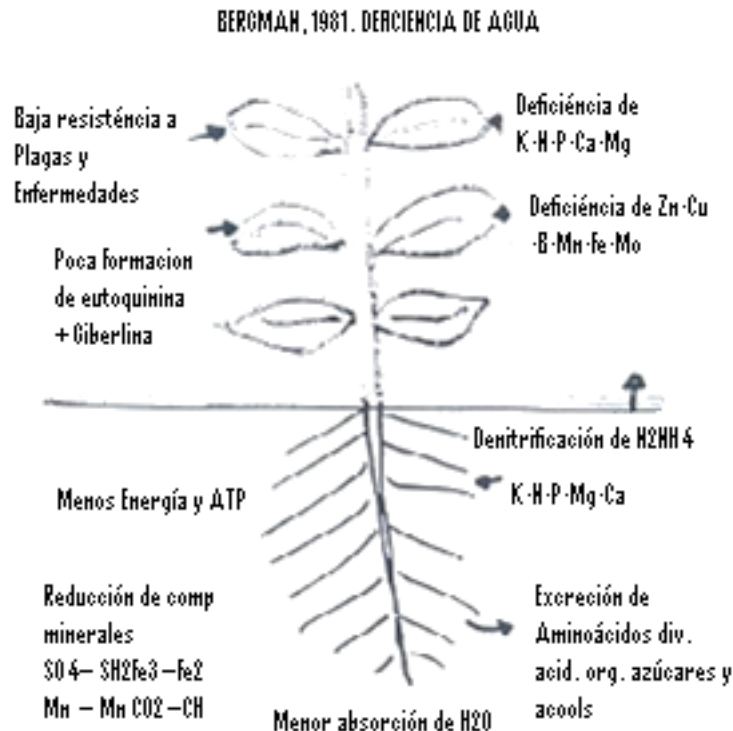
Abajo, el suelo es generalmente más suelto, incluso agregado, pero no es estable al agua. Cuando se revuelve la superficie, esta tierra se deshace inmediatamente, hasta por el rocío. El suelo se agrieta arriba y abajo de la laja. El pie de arado se puede encontrar arriba, dentro o abajo de la laja. Si el suelo es trabajado con arado o rastra, existe materia orgánica o ceniza (si fue quemada) arriba del pie de arado. Eso también ocurre si fue pasada una rastra niveladora para destruir el monte, en este caso la materia orgánica se encuentra de 6 a 8 cm de profundidad.

Si fue trabajado con rotativa, liviana o pesada, el pie de arado de trabajo es más denso, los agregados del suelo están muy destruidos y quebrados, pero la materia orgánica está distribuida por toda la parte trabajada y no se encuentra arriba del pie de arado.

También se pueden encontrar abonos químicos, especialmente cuando se utilizan formas granuladas enterrados abajo de las semillas. En la soya se encuentran los que se ponen a 15 cm de profundidad, puede ser dentro de la roca inaccesible para la raíz del cultivo o en la capa superficial si hubiese sido utilizada urea en cobertura.

Se constata que la remoción del suelo lo deja suelto durante 2 ó 3 semanas, pero se destruye a mediano plazo.

Falta de oxígeno en el suelo



Nitrógeno: en suelos anaerobios el nitrógeno nítrico (NO_3) se transforma en amonio (NH_4) o nitrógeno elemental (N_2) y se pierde en el aire.

Los *macronutrientes* K-P-Mg-Ca empiezan a faltar en la secuencia arriba mencionada. La respiración de la planta, antes aerobia, ahora se torna fermentativa, de manera que libera solamente 21 calorías por cada mol de glucosa, cuando antes liberaba hasta 720 calorías. Esto significa que la planta posee mucho menos combustible para sus procesos químicos, que ahora se tornan más lentos. En consecuencia se producen menos hormonas de crecimiento, como la giberelina o citoquinina. La planta crece menos, está muy desnutrida, es frágil y por tanto atacada por plagas y enfermedades que intentan eliminarla. ¿Y todo por qué? Porque el suelo fue arado profundamente y desprotegido contra el impacto de la lluvia, de tal forma que quedó denso y se tornó anaerobio. Existen varias formas de verificar el anaerobismo del suelo:

- 1 Si rompe un terrón y este queda con lados rectos.
- 2 A través de las hierbas invasoras, especialmente la escoba (*Sida rhombifolia*), que intentan romper las rocas duras.
- 3 Por insectos que se comen las hojas, como vaquitas (*Diabrotica speciosa* y *Epicauta atomaria*) o diversos tipos de chinches que buscan sustancias derivadas de la “respiración fermentativa”, como el alcohol etílico, también excretadas por las raíces.

Tenga en cuenta: ningún factor existe aislado. Cada modificación de un único factor del ecosistema trae consigo el cambio de otros factores. En la naturaleza todo es conectado.

13. Suelos compactados o densos

En suelos con una mala estructura no solo las raíces tienen dificultad para penetrar, sino también existen condiciones más o menos anaerobias.

La **fotografía 34**, al lado izquierdo, muestra un suelo compactado y en el medio un suelo bien estructurado y agregado.

Adensado quiere decir sin poros. En este caso los poros fueron llenados con arcilla lavada de la capa superficial, tapándolos: eso significa que el aire y el agua entran muy poco, o casi nada. El suelo es anaerobio. El aire no hace falta solamente para el metabolismo vegetal sino también para los nutrientes que sufren de “reducción”. Un mineral “reducido” cambia su oxígeno por hidrógeno, por ejemplo:



Foto 34

Azufre: en la forma de SO_3 que existe normalmente en el suelo, es indispensable para la nutrición de la planta por formar parte activa de las proteínas. En suelos anaerobios cambia su oxígeno por hidrógeno y se torna SH_2 , o sea, se transforma en gas sulfhídrico. Éste es muy tóxico para las raíces y hojas, e incluso puede causar lesiones, por las cuales entran hongos que pueden matar la planta.

Gas carbónico (CO_2): se forma durante la descomposición de la materia orgánica. Este gas sale de la tierra y es captado por las hojas como parte esencial en la fotosíntesis, esto es, la formación de los primeros productos vegetales. En suelos anaerobios es liberado en la descomposición de materia orgánica, pero en forma de gas metano, que da al suelo el olor típico de pantano.

Hierro (Fe^{+2}): un nutriente indispensable en forma de Fe^{+3} que da al suelo su color rojo. Se torna tóxico para las plantas en forma reducida, o sea de Fe^{+2} , y aparece en el suelo anaerobio de color azulado.

Manganeso (Mn^{+3}): un nutriente muy necesario para las plantas se vuelve tóxico cuando es reducido a Mn^{+2} . Sin embargo, se descubrió que el Mn^{+2} tóxico no se “corrige” por encalado, sino mediante la adición al suelo de materia orgánica, de forma que permite su aireación.

El adensamiento del suelo ocurre:

- a Cuando fue aplicado un encalado “correctivo” pesado, que desactivó el poder agregador del aluminio y “quemó” la materia orgánica.
- b Por el tránsito de maquinaria pesada sobre los suelos con alta humedad.
- c Por la aplicación de abonos pesados NPK anterior al cultivo orgánico⁷.
- d Por la falta de materia orgánica. Ejemplo, plántulas replantadas que siguen en el sustrato de las bolsas o bandejas.
- e Cuando el sustrato es rico y el suelo es muy pobre, especialmente en boro (ocurre frecuentemente con café, hortalizas y flores). En este caso abonar el suelo con boro ayuda a la raíz a salir del sustrato hacia el suelo.

El suelo tropical necesita:

- a. Lo máximo de materia orgánica (reciclaje rápido). Ya sea en forma de compost, paja, abonos verdes u otros.
- b. Ser siempre protegido contra la radiación solar directa y el impacto de la lluvia. Esta protección puede ser hecha:
 - Por una capa de paja (*mulch*), incluso la siembra directa.
 - Por una siembra más densa (como en el café, maíz, hortalizas, etc.).
 - Por un cultivo de cobertura (como maní - *Arachis pinto*)
 - Por cultivos asociados, como maíz con frijol de cochino o canavalia (o soya); algodón y trébol; arroz y centrozema, etc. Simplemente por hierbas invasoras no perjudiciales, como amaranto (*Amaranthus*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), amor seco, romerillo, chipaca (*Bidens pilosa*), guasca (*Galinsoga parviflora*), etc.
 - Por un plástico, como en las fresas.
 - El plástico tiene que ser negro. El plástico incoloro contribuye al sobrecalentamiento del suelo, esterilizándolo (solarización).
 - De cualquier manera el **suelo** tiene que estar **protegido** contra el **calentamiento excesivo** y el **impacto de la lluvia**.
La temperatura ideal del suelo tropical es de 25°C. Las plantas absorben agua solamente hasta los 32°C. En los trópicos en suelos no protegidos la temperatura alcanza fácilmente 59°C y puede llegar hasta 74°C, y en África hasta 84°C.
- c. Mantener una concentración baja de nutrientes en la solución del suelo, compensando la “pobreza” del suelo con el mejor desarrollo de las raíces. Con pocos iones por dm^3 del suelo, pero con las raíces profundas y profusas la producción es tres a cinco veces mayor que en suelos “ricos” con CTC y saturación de bases elevadas.

7 Klinkenborg, V – 1993 – Fertilizantes químicos afectan negativamente a estructura de los suelos. National Geographic, vol 12

- d. Garantizar raíces fuertes y bien desarrolladas solamente en suelos bien agregados sin rocas duras.

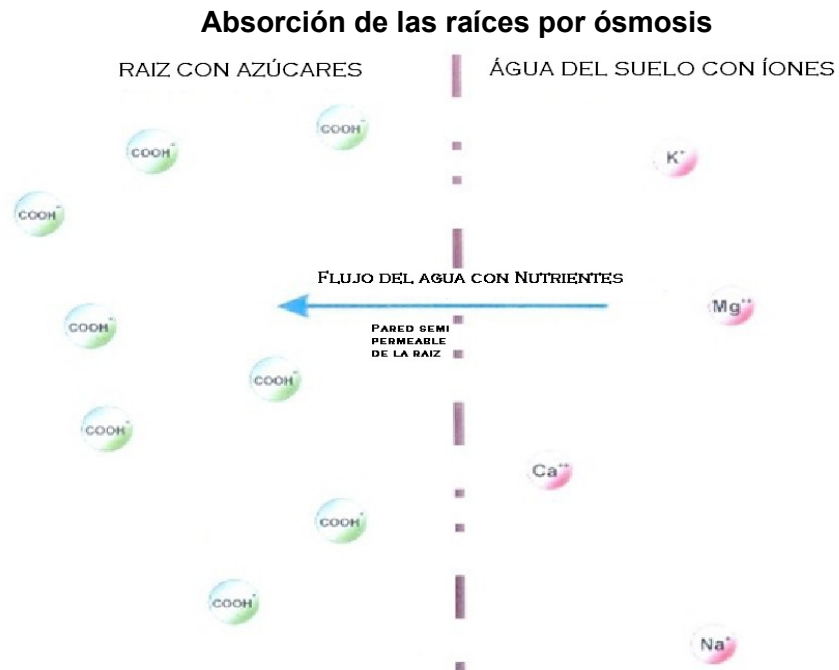


Figura 9. Absorción de agua y nutrientes del suelo a través de las raíces.

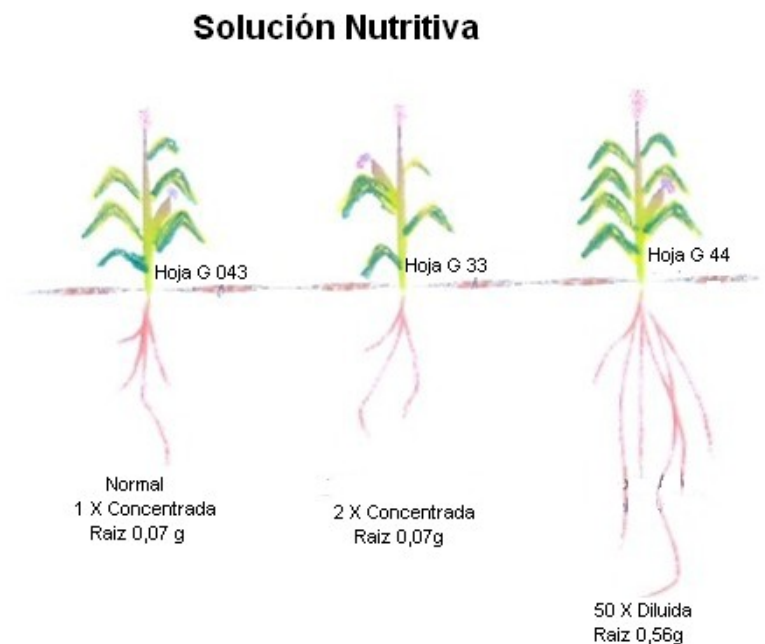


Figura 10. Influencia de la concentración de nutrientes en solución nutritiva sobre el desarrollo de las raíces.

Fig. 10

En un ensayo con maíz en solución nutritiva, se constató que en soluciones normales las plantas con ocho días tenían 430 mg de hojas y 70 mg de raíces (deshidratadas a 65°C). Con la solución nutritiva con el doble de concentración, las raíces permanecieron iguales pero las hojas produjeron 100 mg menos.

Pero cuando la solución nutritiva fue diluida 50 veces, la producción de hojas permaneció prácticamente igual (10mg más), pero más tarde las raíces aumentaron ocho veces, de modo que pasaron a pesar 560 mg en lugar de 70 mg.

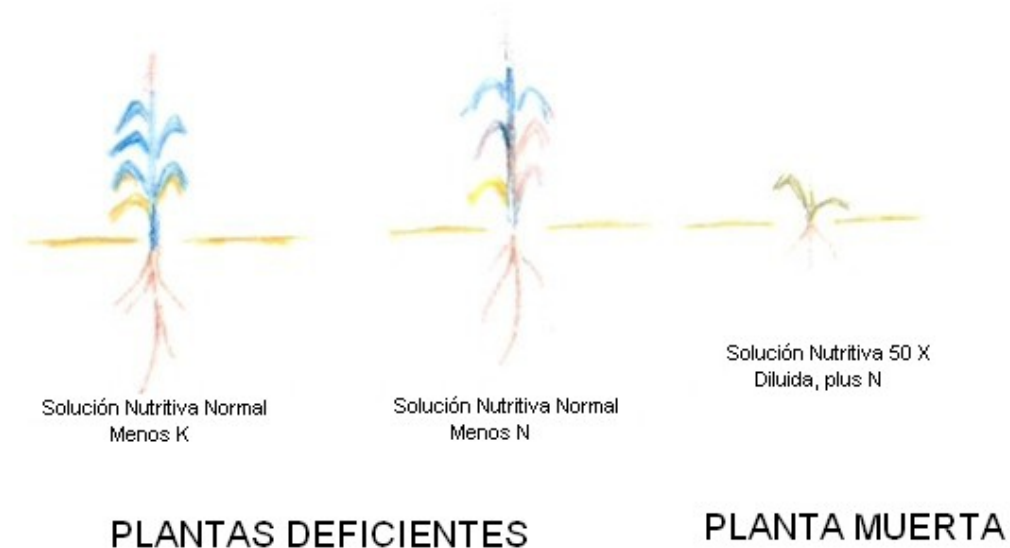


Figura 11

Fig. 11

En otro ensayo se utilizó una solución nutritiva, omitiendo en la primera el potasio y en la segunda el nitrógeno. Las plantas crecían, pero con todos los signos de deficiencia. Pero cuando la solución fue diluida 50 veces y se añadió la cantidad de nitrógeno utilizado en la solución normal, las plantas morían. El nitrógeno actuó en este caso como “solución monosalina”, caso en el cual es tóxica para las plantas.

14. Por qué el suelo tropical tiene la tendencia de ser pobre

Al comparar los suelos templados con los tropicales, se constata que en los primeros todo funciona para enriquecerlos más en nutrientes. Por el contrario, en los suelos tropicales todo

funciona para empobrecerlos cada vez más en nutrientes aunque se aumenta y diversifica su vida.

¿Por qué el suelo tropical tiene que ser pobre?

Porque durante las horas calientes del día las plantas cierran sus estomas casi totalmente para no perder mucha agua con el aire. Con eso también entra menos gas carbónico y la fotosíntesis baja. Las hojas mandan menos grupos carboxílicos (COOH^-) a la raíz, que ahora posee una concentración mucho menor en su savia.

Como la absorción de agua funciona según las leyes de la ósmosis —*el flujo de agua va desde la concentración menor hacia la mayor*—, con una concentración baja de sustancias en la raíz, durante las horas de calor esta perdería agua en el suelo si este fuera rico en nutrientes disponibles.

Solamente cuando la concentración de agua del suelo es más baja que la de la savia, la raíz continua absorbiendo.

Por eso el suelo tropical tiene que ser pobre en nutrientes disponibles, pero posee una vida muy intensa para movilizar los nutrientes cuando las plantas lo necesitan.

La base de la productividad del suelo tropical es:

- a. Reciclaje rápida de materia orgánica, que equivale a una microvida muy intensa. Se liberan los nutrientes que contiene la materia orgánica, en parte los microorganismos fijan nitrógeno del aire, como *Azotobacter chroococcum* “*Beijerinckia* o *Spirillum*”. Pero existen igualmente bacterias, como *Pseudomonas tabaci*, que en condiciones favorables fijan nitrógeno en la rizosfera, por ejemplo del tabaco. Pero si este tiene deficiencia en potasio, tales bacterias atacan sus hojas y le causan la “quema bacteriana” (Scharrer y Linser, 1966)⁸. El hongo *Aspergillus niger* puede fijar nitrógeno (Schober, 1930)⁹ y descomponer celulosa. Hace germinar más rápido las semillas duras, pero puede podrir las blandas. En los suelos compactados hay una multiplicación desenfrenada, por lo cual se torna patógeno en plantas débiles (Primavesi, 1964)¹⁰.

Por lo tanto la solarización del suelo para esterilizarlo solamente elimina síntomas, por ejemplo bacterias o hongos patógenos, pero no ataca los motivos por los cuales estos microorganismos se tornan patógenos.

- b. La intensa interrelación planta, excreciones radiculares, microorganismos, suelo y nutrientes.

No es el suelo rico el que produce, sino el suelo activo.

No vale la “tecnología de masa” de nutrientes, sino la “tecnología de movilización y acceso”¹² de los nutrientes por una vida intensa y un sistema radicular extenso.

Tecnología requerida:

- a. Retorno periódico de materia orgánica a la superficie del suelo para agregarlo.
- b. Mantener la capa agregada en la superficie (no trabajar profundo, siembra directa).
- c. Proteger la superficie del suelo contra la radiación directa, el calentamiento e impacto de la lluvia.

8 Scharrer, K. e H. Unser, 1966, Manual de Nutrición Vegetal., Vo1.2/1 Suelo y Fertilizantes, Springer, Wien.

9 Schober, R.-1930- Assimilação de nitrogênio atmosférico e formação de ácidos pelo *Aspergillus niger*. Jahrb. Wiss. Botanik, 72: 1-105.

10 Primavesi, A e A.M Primavesi, 1964. A Biocenose do solo, Paloui. Sta. Maria/ RS.

- d. Diversificar la vegetación para diversificar la vida del suelo.
- e. Adaptaciones de las variedades al suelo y clima o utilizar los micronutrientes deficientes.
- f. Protección contra el viento.
- g. Utilización racional de la maquinaria.

15. Residuos de materiales orgánicos

Descomposición de paja o compost depositado en la superficie

La descomposición del material orgánico es garantizada, pero no ocurre necesariamente después de la roza de un pasto; especialmente cuando es pasto alto, como el elefante (*Pennisetum purpureum*) o su híbrido Guinea (*Panicum maximum*), puede permanecer una capa gruesa de paja que no quiere descomponerse. Asimismo, en campos agrícolas donde se utilizan muchos herbicidas la descomposición de la paja de maíz puede llevar años.

Esto sucede normalmente a causa de la compactación del suelo y la pérdida casi total de nitrógeno. En este caso, se puede provocar el apareamiento de bacterias celulolíticas como *Cytophagas* aplicando 250 kg/ha de un cálcico, que puede ser fosfato natural, termofosfato, hiperfosfato o semejantes sobre la paja.

La descomposición ocurre rápidamente con el nitrógeno necesario producido por *azotobacter* y sus semejantes (en eso consiste el famoso “método Dhar”).

A veces la descomposición se puede retrasar por la falta de humedad, pero como debajo de la capa de paja el suelo se conserva húmedo, aun en periodos de sequía, la descomposición es rápida.

Cuanto menor es la proporción C/N, más rápida es la descomposición. La paja de soya se descompone rápidamente y en siembra directa nunca se consigue una capa gruesa de paja en la superficie del suelo. Para formar esa capa se necesitan pajas con relación C/N mayor, como la del maíz, sorgo, mijo, boroña (milo) y semejantes. Lo realmente importante para el éxito de la siembra directa es especialmente el grosor de la capa de paja. También la aplicación del compost superficial es una ventaja. Si las raíces permanecen en la capa del compost sin penetrar en el suelo, buscan boro. Una aplicación de ácido bórico (de 5 a 15 kg/ha) o de bórax o levianita corrige eso.

Paja o compost mezclado superficialmente con el suelo

En este caso ocurre una descomposición aeróbica y semiaeróbica de la paja, lo cual contribuye eficientemente en la formación de agregados y en el sistema poroso del suelo. Extrayendo una porción de suelo se puede verificar a qué profundidad fueron aplicados tanto la materia orgánica, como el abono químico.

La paja en la capa superficial, aerobia, no impide la siembra inmediata, si el suelo fuera activo, porque capta nitrógeno del aire necesario para su descomposición y no produce gases tóxicos durante este proceso. Ella contribuye a la nutrición de la vida del suelo y con eso a la formación de agregados y poros.

La materia orgánica siempre debe ser colocada en la superficie o en la capa superficial del suelo.

Paja o compost incorporado profundamente en el suelo

Esta incorporación se hace con el arado, en el surco de un surcador como para la siembra de café o también manualmente en los huecos de fructíferas o viñedos.

A veces, la porción de tierra que se saca con la pala no es suficiente para encontrar la materia orgánica enterrada (en algunos casos hasta 40 cm de profundidad). Esta incorporación profunda tiene dos razones:

- a. Los agricultores creen que especialmente el compost, pero también los abonos verdes y rastrojos son preferencialmente NPK en forma orgánica. Para que la raíz encuentre nutrientes cuando se profundice en el suelo, ellos ponen la materia orgánica a 30-40 cm de profundidad.

El efecto es una descomposición anaeróbica que expelle gases tóxicos (metano y gas sulfhídrico), los cuales causan perjuicios en las raíces al impedir que estas bajen en el suelo. Las raíces permanecen superficiales y las plantas se marchitan con una o dos horas de sol. Normalmente, el resultado es que el agricultor irriga directo, día y noche, encharcando el suelo, lo que impide de por sí que las raíces bajen, pues ellas buscan aire.

Si falta humedad, la materia orgánica profundamente enterrada se conserva de cinco a siete años o más. Generalmente la producción es precaria, lo cual se atribuye a la "agricultura orgánica", que en estas circunstancias es absolutamente antiecológica y por eso no se consigue producir adecuadamente.

- b. Los agricultores creen que colocando materia orgánica en la superficie del suelo se pierde el nitrógeno. Sin embargo, se sabe que el nitrógeno adicionado en el compost o cualquier materia orgánica tiene poca influencia en la cantidad de nitrógeno en el suelo. Esto depende de la vida del suelo y de su fijación. Y se ha dicho que muchas bacterias fijan nitrógeno, no solamente los rizobios noduladores de leguminosas.

16. Colocación de materia orgánica

En la naturaleza, la materia orgánica siempre está en la superficie del suelo:

- a. Para protegerlo.
- b. Para nutrir la microvida aerobia que forma los agregados (y poros).

Si las raíces permanecen en la capa de materia orgánica y no penetran el suelo es porque buscan boro en la materia orgánica. En este caso se debe abonar con 8 a 12 kg/ha (en suelos muy arcillosos hasta 15 kg/ha) de bórax o ácido bórico.

Dicen que el nitrógeno es perdido cuando la materia orgánica permanece en la superficie, pero esta pérdida es más que compensada por la fijación de nitrógeno por bacterias de vida libre que se encuentran también en el aire (*Azotobacter*) y que se aprovechan de los azúcares y ácidos (poliurónicos) que las bacterias celulolíticas producen. Materia orgánica y orgánico es:

- a. Alimento para la vida aerobia del suelo.
- b. Condicionante de la estructura del suelo (agregados).

- c. Aporte de nutrientes (reciclaje). Este punto es menos importante porque si el suelo es bien agregado, la raíz encuentra nutrientes y los microorganismos los movilizan.

17 Compost

Como toda la materia orgánica es alimento de la microvida, en consecuencia es también un condicionante del suelo, o sea, lo agrega.

En tanto es materia orgánica semidescompuesta, sufre aún una futura descomposición hasta transformarse en calor, agua, gas carbónico y minerales. Por tanto, en los trópicos no puede ser enterrada hasta 30 ó 40 cm de profundidad, sino que debe permanecer en la superficie del suelo o en la capa superficial. La rotativa pesada no sirve para incorporar compost.

- Cuando es preparado con basura orgánica urbana, cama de pollo de granjas convencionales más bagazo de cultivos convencionales (caña de azúcar, naranjas, uvas) no aporta minerales, se trata de un material orgánico repleto de agrotóxicos que **no sirve para la agricultura orgánica**. Es orgánico, pero “impuro”, y los cultivos con él abonados son más ricos en agrotóxicos que los que reciben los agrotóxicos pulverizados vía foliar¹¹.
- El compost producido con material de la propia finca no necesariamente mantiene la salud de los cultivos. Él la mantiene si las variedades son adaptadas al suelo y el clima de la propiedad. Pero no necesariamente la mantiene si se trata de híbridos o variedades de otras regiones, países o continentes, como la mayoría de las hortalizas.

Se utilizan variedades vegetales de otras regiones, países y continentes y se espera que el compost utilizado sea lo suficiente para nutrirlas bien. Sin embargo, normalmente no es lo suficiente porque el compost solamente puede ser hecho de lo que sus suelos o los de sus vecinos consiguen producir, sea de materia vegetal o estiércoles animales. Él no puede aportar lo que estas variedades extrañas al suelo y al clima necesitan o están adaptadas y acostumbradas a recibir. Por lo tanto su compost puede, pero no necesariamente es lo suficiente para mantener estas variedades con salud.

Se cree también que el compost es la única fuente de nitrógeno, fuera de los rizóbios de las leguminosas. Eso no es correcto y generalmente existe poca interrelación entre el nitrógeno aportado por el compost y el nitrógeno que se encuentra en el suelo.

Cualquier material orgánico, incluso la paja, aplicado superficialmente consigue fijar nitrógeno del aire durante su descomposición. Así, lo que importa no es tanto el material con el que se hace el compost, sino que su descomposición final en el suelo sea aerobia.

En cuanto al compost se cree que su nitrógeno nunca causará desequilibrio nutricional, por el exceso de nitrógeno y deficiencia de cobre (N/Cu). Sin embargo, cualquier nitrógeno, sea químico u orgánico, puede producir desequilibrio.

Este hecho se verifica por la aparición de hojas extremadamente grandes que muchos creen que es una alimentación excelente, pero en verdad esto indica la deficiencia de cobre “inducida” por el exceso de nitrógeno. Por lo tanto, a veces es necesario agregar al compost sulfato de cobre (CuSO₄) en la proporción de 2,5 a 3,0 kg/ha.

O sea, se colocan en 30 t/ha de compost estos 3 kg de CuSO₄, mezclándolos bien.

11 ABREU, Jr. de, H, 2000, Comunicação Pessoal.

Registro de las características observadas en el suelo

Todas las características que se pueden observar en un determinado perfil pueden ser apuntadas en un formulario (imagen 24). Esta forma de registro es útil para hacer posteriormente una evaluación general del suelo y poder tomar las medidas adecuadas para la conservación o recuperación de la fertilidad. Después de varios años, los apuntes en los formularios indicarán si las medidas tomadas tuvieron algún efecto positivo.

Formulario de registro								
Finca _____ Lote _____ Fecha _____ Vegetación _____								
Profundidad (cm)	Estructura			Raíces			Humedad	Residuos orgánicos
	Agregados (en cm)	Compactación	Horizonte	Enraizamiento n/m/r/b/mb	Radículas	Nódulos	s/-wui+uisa	
5								
10								
15								
20								
25								
30								

18. ¿Para qué sirve la materia orgánica?

La materia orgánica vegetal no es abono, es alimento para la vida aerobia del suelo, que lo agrega, de manera que crea un sistema poroso donde entra aire y agua indispensables para la producción vegetal.

Por la motivación de la vida del suelo se movilizan nutrientes y se fija nitrógeno.

Ahrens (1961)¹² prueba en su ensayo “centeno permanente” que el estiércol animal adiciona nitrógeno al suelo, pero baja el número de fijadores libres de nitrógeno como el *Azotobacter*, mientras que la paja u hojas muertas incentivan la fijación de nitrógeno, de modo que al final, se equilibra la ganancia con la aplicación de estiércoles y la pérdida de fijación.

No importa la cantidad de nitrógeno adicionado al suelo por la materia orgánica, pero sí su capacidad de fijar nitrógeno. Dhar 1972¹³ demuestra que esta capacidad de la materia orgánica seca aumenta por la adición de un fosfato cálcico como “escoria de Thomas”¹⁴, termofosfato, hiperfosfato y otros.

El incentivo a la descomposición de materia orgánica por el arado se evita ya que en los trópicos el “reciclaje” de ella es muy rápido. Aumenta la descomposición de la materia orgánica:

- Por el arado, el rastreado o la remoción por la rotativa; (oxigenación del suelo), que se llama generalmente de “movilización del suelo” por movilizar su vida explosivamente.
- Por el encalado correctivo, inadecuado en los trópicos se “quema” la materia orgánica.

12 Ahrens E.-1961- A influencia de fertilizantes orgânicos e químicos sobre o comportamento de azotobacter e a possibilidade de sua determinação quantitativa. Dissert. Univ. Giessen.

13 Dhar,NR.-1972- Worldfood crisis and fertility in improvement,Univ. Calcutta, India.

14 Fertilizante fosfatado.

- c. Por el abono con nitratos y fosfatos, que animan la microvida.

Esto significa que todo lo que anima la microvida también aumenta la descomposición y la pérdida de materia orgánica. Pero es importante que no se pierda el nitrógeno y que este sea aprovechado por las plantas que lo absorben como nitrato. Kresge (1957)¹⁵ constató que la nitrificación siempre es mayor en las capas superficiales del suelo (las capas mejor oxigenadas son exactamente el doble en suelos ácidos que en alcalinos y 40 a 60% mayor en clima caliente —25 a 30°C— que en clima mas frío —5 a 15° C— (Fisher, 1958))¹⁶. Como los nitratos pueden ser lixiviados por el agua, es importante que no se movilicen más de lo que las plantas pueden absorber y utilizar.

En condiciones anaeróbicas, cuando la materia orgánica enterrada en el suelo es descompuesta por *bacterias butílicas*, o sea, de putrefacción, los nitratos se transforman en nitrógeno elemental (N₂), que se pierde en el aire, y los fosfatos son reducidos a PH₃, que se pierde por fijación química (Tsubota, 1950)¹⁷. Las actividades de microorganismos y plantas protegen los fosfatos y nitratos de pérdida. Cuanto más activo sea el suelo, las plantas estarán mejor nutridas.

Según Sperber (1957)¹⁸, especialmente las lactobacterias tienen un papel importante en la movilización de fósforo e incluso de silicatos.

También aparece potasio de fuentes desconocidas. Así, en un ensayo; la remolacha azucarera retira anualmente 800 kg/ha de potasio sin reponerlo. Después de 25 años, el grado de K en el suelo, conforme el análisis, había bajado a la mitad, pero a pesar de esto las cosechas de remolacha continuaban aumentando año tras año. (Schprere Linser, 1966).

Por tanto, no es importante buscar cómo poner nutrientes en el suelo (desde NPK, estiércoles, compost, etc.), sino cómo animar la vida del suelo que moviliza los nutrientes.

La *materia orgánica* sirve especialmente para *vivificar el suelo* y no para enriquecerlo.

El hecho de que la materia orgánica libera los nutrientes contenidos en ella después de su completa descomposición es un regalo de la naturaleza. Pero se constata que el desarrollo de los cultivos no depende de la riqueza mineral de la materia orgánica adicionada, sino de su efecto en la vida del suelo.

19. La preparación del suelo

Si la preparación fue hecha con arado o rastra, existe un pie de arado donde toda la materia orgánica de la superficie o las cenizas, si fue quemada, están depositadas.

Si la preparación fue hecha con rotativa, no se puede distinguir si se trabajó hasta 8 ó 35 cm de profundidad, pues la materia orgánica o ceniza están mezcladas con todo el suelo revuelto. La rotativa es más desfavorable porque destruye los agregados y contribuye a la formación de costras y lajas. El suelo nunca debe ser revuelto a más de 15 a 18 cm, y si hay una laja,

15 Kresge, C.B. e F.G. Merk1e - 1957- A study pf the validity of labor.techn' jics in appraising the available nitrogene produccing capacity of 50 il. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.21: 516-21.

16 Fisher, W. B. e L.Parks- 1958- Influence of soil temperature on urea hydrolysis and subsequent mtrification. (SOIISci.Soc.Amer.Proc. 22: 247-48.

17 Tsubota, S. - 1959 – Phosphate reduction in the paddy field, Soil And Plant food, 51: 10-15

18 Sperber,J.J.-1957- Solutionof mineral phosphorous by soil bacterias, Nature, 180: 994-95.

solamente hasta 2 cm superficiales de ella y nunca la laja toda. Cuanto menos se revuelva el suelo mejor porque la remoción y el aireamiento equivalen a una quema de materia orgánica. Además de eso, el suelo siempre debe estar cubierto, de manera que sea expuesto al sol y la lluvia por el menor tiempo posible. Cuanto menor sea el tiempo que la lluvia esté golpeando la superficie del suelo, menor será la posibilidad de formación de lajas o “*hard-pan*”.

Figura 06 – La remoción profunda del suelo con lajas subsuperficiales no recupera el suelo, sino que lo daña. Mecánicamente se puede romper capas muy densas, pero nunca agregar el suelo.

Considere siempre: rompiendo mecánicamente lajas y capas densas, por ejemplo con subsolador, solamente se puede tener ventajas si ocurre después de una época de sequía. Pero mecánicamente solo se rompe o pulveriza el suelo, nunca se agrega.

La **imagen 12** muestra que un arado profundo con remoción del suelo —moviendo la parte de arriba para abajo y la de abajo para arriba— lo torna enterronado e inestable a la acción de las lluvias en la superficie, que luego se encostra. El “estándar” del cultivo se vuelve irregular, conforme a donde se asientan las plantas. Si fuera en la tierra agregada de la superficie o en la tierra enterronada de la capa subsuperficial, los agregados enterrados mueren y los terrones de la laja se diluyen con la lluvia. El suelo empeora considerablemente. El trabajo mecánico nunca debe ser más profundo de 2 cm debajo de la capa agregada y bien enraizada para no destruir la capa agregada y mejorar el suelo. Mecánicamente se pueden romper capas duras, pero nunca agregarlas. La agregación es específicamente un proceso biológico.

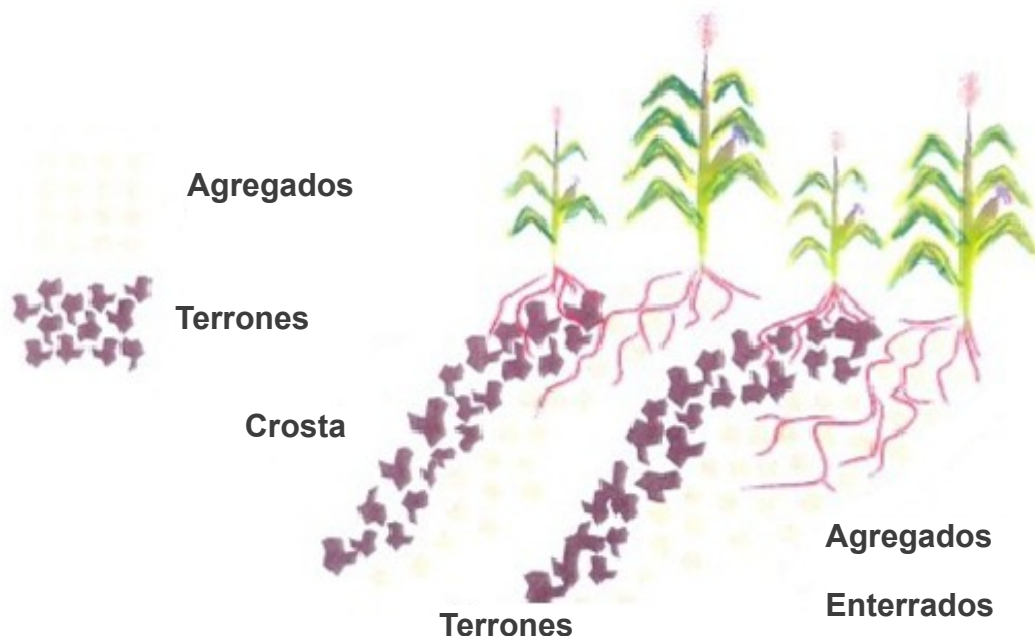


Figura 12. Remoción profunda del suelo por el arado

20. La actividad de las lombrices

Para que haya lombrices en un suelo, este tiene que contener una superficie de materia orgánica y ser protegido contra el ressecamiento. Así, los primeros agricultores con Siembra Directa crearon el “club de las lombrices” porque evaluaron el éxito de la SD por la cantidad de lombrices que aparecieron.

Las lombrices producen agregados hasta 4 mm de diámetro muy estables al agua. Especialmente por la aplicación frecuente de estiércol de gallina aparecen muchas lombrices que pueden tornar el suelo tan permeable que ya no consigue retener la humedad.

Las lombrices enriquecen el suelo con calcio y aumentan el nivel de otros nutrientes, agregando (foto 35 y 38) y ayudando a su permeabilidad con túneles de hasta 1 metro de profundidad, los cuales contribuyen para un mejor enraizamiento en el suelo (foto 36).

Si falta materia orgánica y los suelos se tornan densos, las lombrices hacen un nudo en su cuerpo y se enrollan en bolitas pequeñas para no perder la humedad y necesitar poco oxígeno para sobrevivir. Sin embargo si la situación permanece, ellas mueren.

En los suelos de los trópicos húmedos con lluvias diarias las lombrices son parte también de los suelos agrícolas. En la Amazonia, en pastos bien manejados, donde el suelo recibe suficiente materia orgánica y el mismo pasto nunca es más bajo que 60 cm, el suelo siempre permanece húmedo y la cantidad de lombrices es sorprendente. El suelo tiene que ser bueno para abrigar lombrices, pero las lombrices lo mejoran aumentando su productividad.

Las lombrices californianas son muy eficientes en la descomposición de estiércoles, produciendo compost de buena calidad, sin embargo no sirven para vivir en el suelo y excavar. Pero se dice que las lombrices africanas (*Eisenia spp*) son más eficientes en el compostaje, mientras las nativas son más eficientes para excavar el suelo. En un suelo adecuado, en cuatro años toda la tierra ha pasado por el tracto intestinal de las lombrices.

La actividad de las lombrices puede ser observada a través de las deposiciones que se encuentran directamente en la superficie.

Las deposiciones en forma de agregados hasta con 4 mm de diámetro poseen gran estabilidad y contribuyen para que el suelo sea permeable y no encostre fácilmente (foto 35).

Los canales verticales que las lombrices producen sirven para la infiltración del agua pluvial, aireación y la penetración de las raíces hasta mayores profundidades (foto 36).

La contribución de las lombrices para la descomposición de la materia orgánica y la formación de grumos es significativa. Por otro lado, se debe adicionar permanentemente materia orgánica al suelo no solamente para que las lombrices se nutran, sino también para proteger el suelo contra la insolación directa, el calentamiento y su ressecamiento. Sin humedad las lombrices no sobreviven (foto 36).



Foto 35. Deposición superficial de lombrices



Foto 36

La actividad de las lombrices puede ser apreciada al observar las numerosas galerías en el suelo o en la capa inferior de un miniperfil. Fonte G.Hasinger,FIBL,1993¹⁹

19 G.Hasinger, 1993 - Bodenbeurteilung im Feld (Diagnóstico do solo), FIBL Obserwil, Suiza.



Foto 37. Suelo cubierto con paja de la cosecha para que se quede húmedo y recupere su vida. También las lombrices se asientan.



Foto 38. Suelo agregado por lombrices. En el paso por el intestino de las lombrices el suelo se enriquece en calcio, fósforo y nitrógeno.

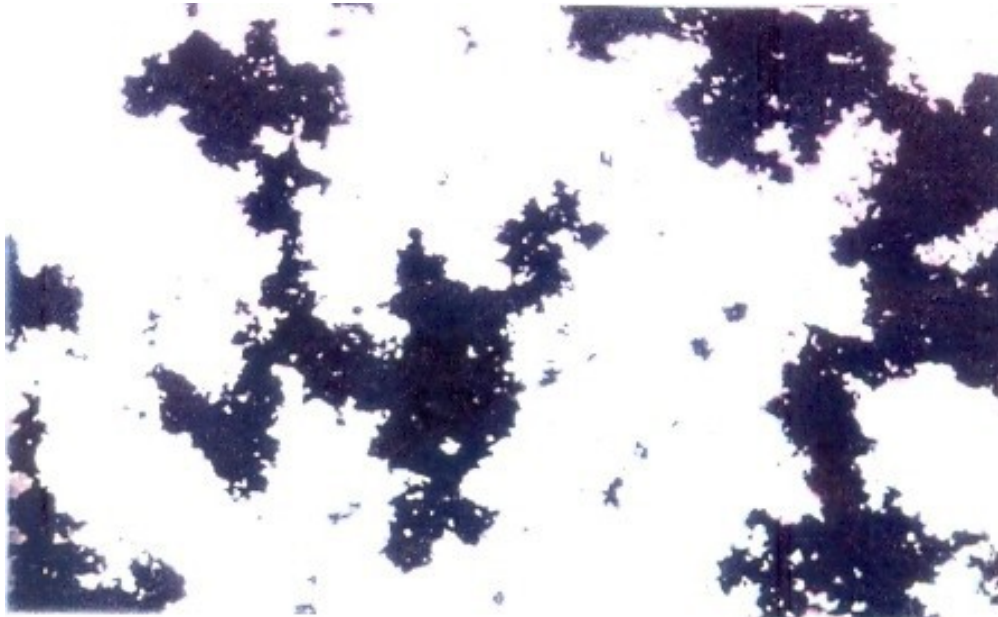


Foto 39. Fotografía microscópica de grumos del suelo. Entre los grumos se forman poros por donde entra el aire y el agua y avanzan las raíces.

21 Nutrición vegetal

La planta necesita:

1. Nutrientes en el suelo, que se obtienen por la:
 - Descomposición de las rocas.
 - Reciclaje de materia orgánica.
 - Movilización de la vida en el suelo.
 - Aumento de espacio enraizado (mayor volumen de suelo a ser explorado por las raíces).
 - Aireamiento del suelo a través de su buena agregación (iones “reducidos” no nutren la planta).
2. Absorción de los nutrientes: para eso se necesita de agua, aire y una temperatura en el suelo alrededor de 25°C (entre 28° a 32°C). Arriba de 32°C la planta no absorbe más agua.

Un potencial radicular elevado, o sea, una concentración alta de grupos carboxílicos (COOH-) en la savia de la raíz, siempre tiene que ser mayor que la concentración de iones en el suelo. La planta depende de la fotosíntesis activa y del transporte para la raíz, que a su vez depende de la presencia de suficiente boro, el cual “invierte” la glucosa fotosintetizada en sacarosa, que es móvil dentro de las plantas²⁰.

20 Müller, L. - 1971 - Curso em Fisiologia vegetal, na Pós-Graduação em Agronomia, Univer. Fed. Sta Maria

3. Metabolización rápida del ATP para el transporte de energía (el ATP depende de la presencia de suficiente fósforo) de enzimas catalizadoras. Las enzimas aceleran las reacciones químicas en la planta, no obstante ellas tienen que ser “activadas” y los activadores son nutrientes, especialmente potasio, magnesio y micronutrientes. La metabolización rápida del ATP depende de la energía disponible en la planta, que es mayor con una “respiración aerobia” (por cada mol de glucosa se liberan 720 calorías) y mucho menor con respiración fermentativa, anaerobia (liberando por cada mol de glucosa solamente 20 calorías)²¹.

El esquema de la imagen 8 demuestra que la falta de un activador interrumpe la cadena de las reacciones y la planta ya no consigue formar sustancias, que permanecen “a medio camino”, inacabadas, acumulándose en la savia. Y este es el punto en el que las plagas y enfermedades atacan. De manera que no existe un nutriente más importante o menos importante, todos lo son, solo que un ion de potasio (K+) consigue catalizar solamente una única reacción química mientras un ion de cobre sirve hasta para 10.000 reacciones. Por eso él no es más importante, pero es mucho más eficiente.

La imagen 10 muestra que el desarrollo de las plantas no depende de la concentración de nutrientes. En una concentración diluida 50 veces la planta aumenta mucho su sistema radicular y produce lo mismo que una concentración normal. Por otro lado, cuando se omite un macronutriente como el potasio o el fósforo, la planta consigue sustituirlo parcialmente por otros nutrientes como potasio por litio, sodio, rubidio y el fósforo, que tiene una interacción muy activa por silicio y flúor (Schreiber, 1962)²² especialmente en presencia de materia orgánica y una microvida activa. Pero cuando se aumenta una dosis normal de nitrógeno a una solución nutritiva muy diluida (50 veces), la planta muere intoxicada porque cada solución monosalina es tóxica. En este caso, nitrógeno prácticamente solo. Por eso una fertilización foliar con nitrógeno puede matar un cultivo cuando la raíz no tiene acceso a los nutrientes (como en suelos muy densos o con lajas que limitan el crecimiento radicular) (ver imágenes 10 y 11).

22. El examen de las raíces

Extraer una raíz:

- a. Si la raíz es abundante y llega hasta 40 ó 50 cm de profundidad o más, el suelo esta óptimo;
- b. Si la raíz se dobla arriba de una laja dura, pero aún alcanza 15 cm de profundidad, todavía consigue proporcionar una cosecha razonable aplicando compost, Bokashi (EM-4) o simplemente materia orgánica;
- c. Si la raíz tiene de 4 a 5 cm de profundidad y ya no se consigue una cosecha razonable, es necesario verificar por qué la raíz es tan reducida o de poca profundidad:
 - Puede ser porque el suelo está muy compactado (test para romper los terrones).
 - Cuando las raíces pivotantes como de nabos se presentan horquilladas o “galladas”, pueden avanzar solamente en las grietas entre los terrones.

21 Mengel K e E.A. Kirkby, 1978 - Principles of plant nutrition, Potash Inst. Berne.

22 Schreiber, R. 1962 - Fósforo, uma questão vital para animais e homens. Phosphorsäure, 22:61-72

- Puede ser por causa de exceso de irrigación y el suelo se quedó saturado. En este caso, la raíz esta huyendo del ambiente anaerobio (la humedad debe estar entre 60 y 80% de la capacidad del campo).
 - Por causa de un tubo conductor de agua dañado y el suelo se queda saturado (en este caso, el suelo está moteado como un gley).
 - Por causa de la materia orgánica enterrada a 35 ó 40 cm de profundidad y que ahora sufre descomposición anaerobia produciendo gases tóxicos, como metano y gas sulfhídrico (solo huele a pantano).
 - Por causa de bandejas de plántulas colocadas en el piso en vez de ponerlas suspendidas en un armazón, las raíces pasan los huecos y doblan hacia arriba del suelo (siempre entre 4 y 5 cm de profundidad). En este caso no existe laja o capa muy densa en el suelo en esta profundidad que lo justifique.
 - Puede ser por deficiencia aguda de boro que impide a la raíz crecer normalmente. La deficiencia de boro se constata por el desarrollo de rosetas en una u otra raíz alrededor de una punta muerta. Las plantas muestran siempre el brote más bajo que las ramas u hojas alrededor. Muchas veces el brote ya murió.
 - Si las raíces son gruesas y superficiales, como ocurre fácilmente en *Brassicaceae*s como brócoli, coliflor, repollo, etc., pero también en la caraota (frijol), existe una deficiencia aguda de calcio que permite la entrada de hongos.
 - Las raíces también se quedan gruesas si en este terreno fueron usados herbicidas sistémicos como Roundup 2,45 D durante cinco a siete años. Esto se debe a que estos productos no matan las invasoras directamente, sino que debilitan sus raíces, permitiendo la entrada de hongos que las matan.
- d. Si las raíces de las plántulas, como de verduras y flores, no salen del sustrato de la bandeja o bolsita, indica que el suelo en que fueron sembradas es muy pobre, especialmente en boro.

Las raíces que se pueden utilizar para romper lajas subsuperficiales son:

En el sur: chocho, lupino (*Lupinus spp*), especialmente el azul, que posee las raíces más fuertes, pero también en habas (*Vicia spp*) con sistema radicular extremadamente abundante. No remueve lajas rompiéndolas con raíces pivotantes, pero posee gran cantidad de radículas.

En el centro sur: para remover lajas superficiales: crotalaria (*Crotalaria juncea*), tefrósia (*Tephrosia spp*), mucuna negra (*Stizolobium aterrimum*), frijol de cochino (*Canavalia ensiformis*). Para quebrar lajas más profundas guandul (*Cajanus cajan* y *Cajan Indicus*). El guandul rompe lajas hasta 100 cm de profundidad, pero no en el primer año, lo hace a partir del segundo año.

En el nordeste: especialmente guandul y frijolón o frijol bravo de Ceará (*Canavalia sp*).

Los suelos muy densos y lajas superficiales no se remueven tanto por la fuerza de las raíces, sino especialmente por el “*mulch*” que se forma después, cortando la masa verde y dejándola en la superficie durante tres a cuatro semanas.

23. Lo que las raíces comunican

(Que se extraen junto con la porción de tierra)

La raíz es la indicadora más confiable acerca de las condiciones del suelo. Ella indica las compactaciones y capas muy densas, la colocación correcta o equivocada de la materia orgánica, el exceso o la falta de agua y también las deficiencias nutricionales. Sabiendo interpretar el “lenguaje” de la raíz se puede tener toda la información que se necesite. No es el especialista quien puede dar información acerca del suelo, sino la raíz, porque es ella la que informa si el suelo es adecuado para un cultivo y una variedad. Cada variedad tiene sus propias exigencias, un potencial radicular y una manera de conseguir agua y nutrientes del suelo. Así, la información más acertada siempre viene de la propia planta, o sea de su raíz. Raíces abundantes y bien desarrolladas (foto 02) siempre indican una nutrición y una buena agregación. Raíces pivotantes, como de nabos, pero que parezcan arrugadas (foto 10) indican un suelo extremadamente compactado en el que solamente con mucha dificultad consiguen penetrar superficialmente.

Fitopatologistas famosos intentaron descubrir la razón de que los tomates sembrados en invernaderos siempre mueren cuando la primera penca de frutos empieza a aparecer. El caso fue cada vez más enigmático porque no se identificaban patógenos.

Cuando fue arrancada una planta y después otras más apareció algo curioso: las raíces estaban amarradas. ¿Por qué? En un alambre estirado en el suelo (6 cm de profundidad) tenían amarradas cuerdas para enrollar en ellas los tomates.

Inicialmente las cuerdas eran flojas. Sembraron los tomates exactamente arriba del lugar donde tenían amarradas las cuerdas para que estos quedaran bien en el centro y se enrollaran más fácilmente. Pero ocurrió que las raíces empujaban la cuerda, aún floja, para abajo, formando un semicírculo alrededor de ellas. Y como no consiguieron librarse de este semicírculo, las plantas morían cada vez que se agotaba el suelo dentro del semicírculo. Cuando sembraron los tomates 5 cm al lado del punto de amarre de la cuerda, no se murieron más plantas de tomate y la cosecha fue abundante. Era solamente la raíz que podría dar la información necesaria.

Otro caso semejante ocurrió en una cooperativa de agricultura orgánica. El último tercio de invernaderos siempre tenía plantas pequeñas y desnutridas que nunca crecieron. Primeramente se buscó enfermedades, pero no encontraron ninguna; después pensaban que faltaba nitrógeno y aumentaron cada vez más los abonos nitrogenados, pero ninguna especie de planta crecía, ni con sobredosis de urea. Los vecinos convencionales declararon que se trataba de una maldición de la agricultura orgánica y la situación se puso cada vez más crítica. Cuando finalmente arrancaron algunas raíces, todas eran muy superficiales y goteaba agua salina. El problema no era de nutrición ni de maldición, sino la falta de drenaje. Con canteros levantados y canales de drenaje se resolvió lo que antes parecía tan misterioso.

En casos en los que se exige una irrigación permanente, incluso siendo el suelo saturado, es bien probable que las raíces sean muy superficiales. Las plantas que se marchitan con una o dos horas de sol tienen un problema en estos casos porque en suelos agregados ellas consiguen mantenerse bien durante una semana sin irrigación, especialmente cuando el suelo es protegido contra la insolación directa. De manera que, en caso de superirrigación, es necesario descubrir por qué las raíces son pequeñas y superficiales. Estas razones pueden ser:

- La deficiencia de calcio, especialmente en cultivos repetidos de repollo, coliflor y brócoli, en los que las raíces se quedan muy gruesas por causa del ataque de los hongos.
- Falta de boro.

- Gases emitidos por la materia orgánica enterrada a 30 cm de profundidad.
- Exceso de abonos químicos (como en el cultivo de la papa).

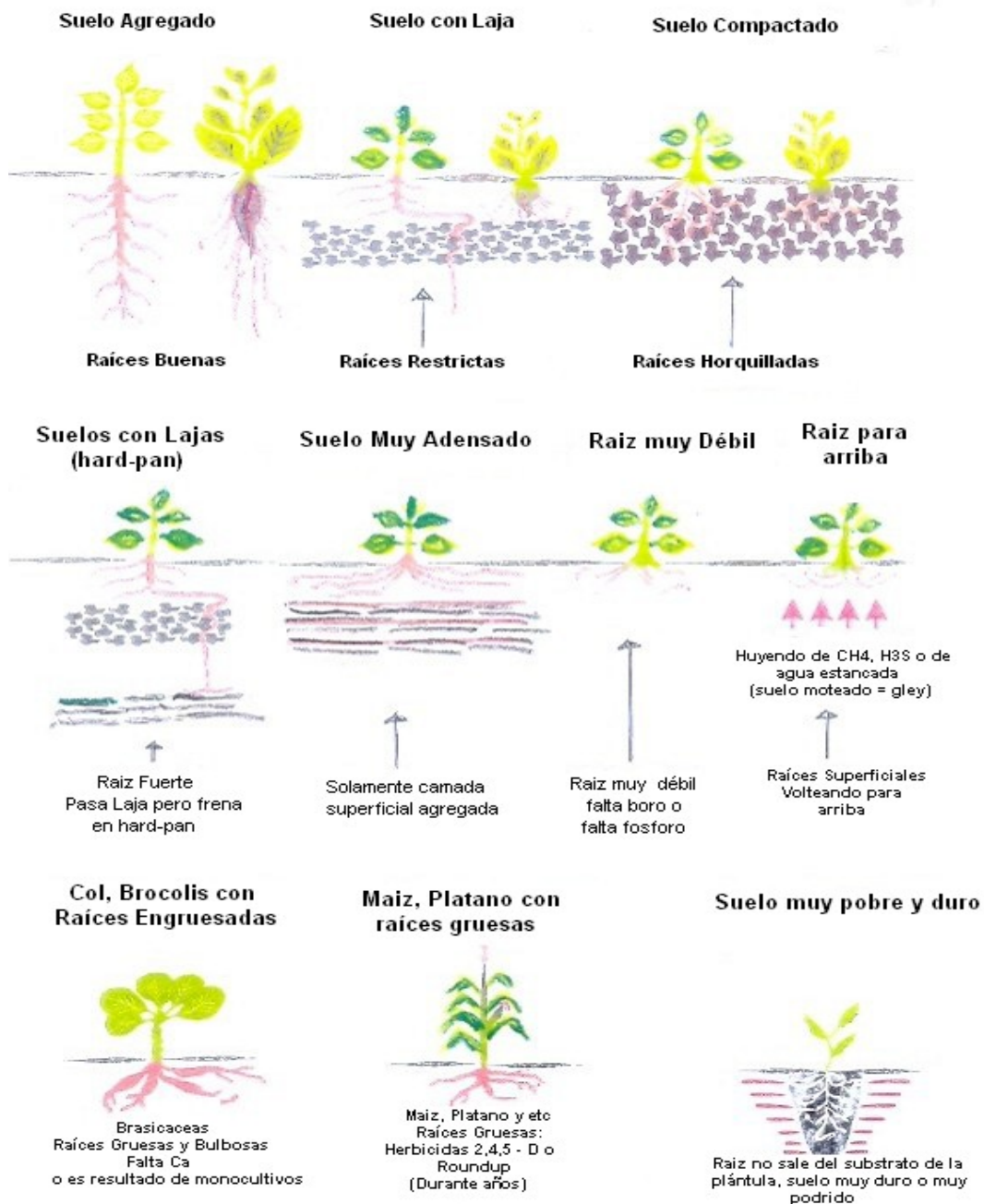


Figura 3

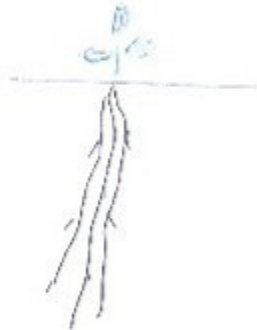
DEFICIENCIAS MINERALES



Rosetas en las raíces
puntas continúan creciendo
falta zinc



Rosetas en las raíces
punta de la raíz muerta
falta boro



Raíces Largas, pocas radículas
color oscura
falta enxofre



Raíces partidas
exsudaciones
oscuras
falta Cu

O con manchas
blancas, podridas



Remolachas huecas o con heridas oscuras
falta Boro



NOTA: En la izquierda: raíz de un nabo "gallado" que no se puede formar por causa de la compactación del suelo.
En la derecha: raíz de una leguminosa que en 6 cm de profundidad se horquilla por asentar en un terrón. Ella avanza solamente sobre las grietas entre los terrones.



En la izquierda: raíz de leguminosa que se desvía a los 10 cm. El espacio radicular es restricto. Al lado: raíz de malva taporita (*Sida spp*) rompe la compactación que era obstáculo para la leguminosa.

Foto 42. Raíz de tártago o higuera (*Rizinus spp*) que pasó primero paralelo a la laja, pero después de una lluvia la perforó.



Figura. 2-25. La raíz de un campo de maíces tratados con herbicidas sistémicos. La raíz aparece hinchada y casi sin aires absortivos. La planta necesita muchos más fertilizantes y agua de riego.

Parte II

Cuando las plagas atacan sus campos

“Ellas vienen como mensajeros del cielo para avisar que el suelo está enfermo”
(Sabiduría de la filosofía védica, 1600 a. C.)

24. Lo que indican las plagas y enfermedades

Por tanto, el control, o sea el combate de plagas y enfermedades, elimina los síntomas, pero no controla sus causas, pues estas no se combaten, se previenen. Es absolutamente contraproducente trabajar con un suelo y plantas enfermos y después intentar evitar que las plagas y enfermedades las ataquen.

Una planta está enferma antes de ser atacada y continúa enferma a pesar de que el parásito esté muerto, haya sido eliminado por un agrotóxico, un “caldo orgánico” o un “enemigo natural”. Todos controlan solamente el parásito, pero no curan la planta.

La foto de la izquierda muestra una hoja de frijol limpia por pesticidas. Aunque está sin parásitos, todavía es una hoja seriamente enferma. Su campo magnético es completamente confuso. En el medio aparece una hoja normal, saludable, que muestra exactamente su forma y sus venas. En la derecha, donde se usó solamente materia orgánica, la hoja no está tan enferma como la primera, pero como la variedad no es la indicada para el suelo y el clima, todavía posee un campo magnético encogido y anormal. Ese hecho evidencia que la salud de la planta no se consigue por el combate de las enfermedades o las plagas ni por el uso exclusivo de compost o materia orgánica. En muchos casos es necesario un abono foliar con los micronutrientes deficientes en la planta o con un caldo bacteriano (en este caso EM-4) que aumenta el metabolismo y la absorción de la planta.

Foto 44



Fiel beans
Convencional + agrotóxico

Fiel beans
Orgánico + EM

Fiel beans
Orgánico

Las plantas solamente son saludables cuando consiguen formar todas las sustancias para las que están capacitadas genéticamente. De darse este caso, el producto vegetal es de gran valor biológico, por ser integral. Por el contrario, el producto de una planta deficiente es enfermizo, es decir, de poco valor. El ser humano que se nutre con estos alimentos tampoco es saludable, mantiene enfermizo de cuerpo y espíritu. Por eso existen tantas enfermedades, físicas y mentales, especialmente depresivas.

La trofobiosis (Chaboussou, 1981)²³ muestra “la vida en función del alimento”.

Ante todo muestra que ningún nutriente existe de forma aislada, mas todos se encuentran en proporciones exactas con los otros, como lo muestra la tabla 1. Eso significa que si se aumenta un nutriente, otro estará en menos porcentaje, lo cual impediría en la planta la formación de una sustancia que dependa de la presencia suficiente de este nutriente. Un producto semiacabado circula en la savia, ofreciéndose al microorganismo o insecto con una enzima que pueda usar esta sustancia.



Este esquema de la formación de una sustancia muestra cómo cada reacción química en la planta necesita de una enzima catalizadora para apresar esta reacción. A su vez, esta enzima

23 Chaboussou, F. 1981 – *Les plants malades de pesticides*. Debard, París.

necesita de un mineral activador. Si dicho mineral está en la enzima, no consigue apresar la reacción y la sustancia circula en la savia, “ofreciéndose” a un hongo, bacteria, virus o insecto. De esta forma la planta es atacada por un “parásito”, que de hecho solamente estará agradecido con la naturaleza por eliminar lo que no necesita más para su vida saludable. La planta está enferma antes de que el parásito ataque.

El trato convencional del suelo con cal y con NPK desequilibra todos los otros nutrientes. Así, Bergmann (1983)²⁴ muestra que está comprobado que nueve de las enfermedades de cultivos agrícolas son provocadas por el exceso de nitrógeno.

Enfermedades causadas por el exceso de nitrógeno

Cultivo	Enfermedad
Tabaco	<i>Pseudomonas</i>
Tomate, tabaco	<i>Alternaria</i>
Tomate, algodón	<i>Verticillium</i>
Papa	<i>Erwinia</i>
Lechuga, nabo	<i>Pernospora</i>
Viñedo, fresas	<i>Botrytis</i>
Cereales, frutales	<i>Erysiphe</i>
Trigo	<i>Septoria</i>
Cereales, frijol	<i>Puccinia y Uromyces</i>

25. Cómo surgen las plagas

Existe la idea de que las plagas son siempre parásitas. Pero si es así, cómo se explica que hace 20 años atrás existían en Brasil 193 plagas (Paschoal, 1979) y hoy actualmente pasen de 627. ¿De dónde vinieron? Existen cerca de 900.000 especies de insectos. Si solamente el 10% se tornaran parásitas, sería suficiente para acabar con nuestra base alimentaria y con ello la raza humana.

A veces escuchamos decir: “Dios es perverso por querer infernalizar la vida humana a través de los insectos”. Sin embargo, se sabe que en el ciclo de la vida el insecto microbianamente es la policía sanitaria de nuestro planeta, pues son programados a través de enzimas a sustancias inacabadas que circulan en la savia sin uso y destino. La naturaleza considera una planta de estas como enfermas, y todo lo que es enfermo tiende a ser exterminado. Es cierto que es más “humano” cuidar con todo amor a los enfermos y débiles. Pero si estos individuos hubieran tenido la posibilidad de multiplicarse, la vida se hubiera degenerado hace muchos milenios y por ese camino se habría acabado. Los parásitos, que son como soldados, también tienen una vida civil. Ellos solamente atacan una planta cuando esta constituye un peligro para la continuación de la vida. Lo que sucede es que los hombres no se interesan por los insectos y microbios cuando sus cultivos están en estado normal, solamente comienzan a interesarse cuando atacan un cultivo.

24 Bergmann, W. 1976 – *Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse*, VEB Fischer, Jena

Un ejemplo clásico es la bacteria *Escherichia coli*, que vive normalmente en el intestino humano ayudando en la digestión. Pero también pueden tornarse patógenos causando serias enfermedades, de manera que su número en el agua se considera el factor limitante para que esta sea potable. El *Chlostridium butumun* vive en el suelo como fijador anaerobio de botúlinéim nitrógeno, pero también puede ser causante del botulismo en el ganado y causarle la muerte.

Las *Pseudomonas* viven en la rizósfera del tabaco, donde fijan nitrógeno, pero cuando el tabaco es deficiente en potasio, lo ataca como “quemadura bacteriana”, a tal punto que puede llegar a acabar con él.

Ahora bien, no hace mucho tiempo que los virus en la agricultura eran una rareza, pero actualmente son cada vez más frecuentes. ¿De dónde vinieron?

Por otro lado, se sabe que hongos, bacterias, virus e insectos están ligados a deficiencias minerales. Por ejemplo:

Parásito en el cultivo	Deficiencia de
Roya negra (<i>Puccinia graminis tritici</i>) en trigo	Boro y cobre
Barrenador (<i>Elasmopalpus lignosellus</i>) en maíz y frijol	Cinc (en la semilla)
Cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>) en el maíz	Boro
Serrucheros, cortapalos (<i>Oncideres impluviata</i>) en árboles	Magnesio
Sarna (<i>Streptomyces scabis</i>) en las papas	Boro
Cochinillas en viñedos y frutales	Calcio
Mildiu (<i>Botrytis spp</i>) en ahuyama, viñedo y girasol	Boro y cobre
Quemazón (<i>Piricularia oryzae</i>) en el arroz	Cobre
Gusanos (<i>Ascia monuste orseis</i>) en col, repollo, coliflor, brócoli, etc.	Molibdeno
Mariquita (<i>Epicauta exacata</i>) en frijol, verduras, etc.	Suelo muy denso y duro (respiración fermentativa)
Hormiga negra o podadora (<i>Atta sexdens</i>)	Molibdeno
Bacteriosis en avena blanca	Manganeso
Pulgón en col (<i>Brevicoryna brassicae</i>)	Potasio
Pulgón (<i>Anuraphis spp</i>) en plantas de durazno	Calcio y potasio
Pulgón en los brotes nuevos, múltiples <i>decitrus</i> (<i>Pericerya p.</i>)	Cobre

Las plagas se desarrollan

a. Siempre en suelos decaídos

- Por arado profundo.
- Por falta de materia orgánica.
- Cuando está con la superficie limpia y desprotegida contra la insolación y el impacto de la lluvia.
- Por el uso de cal correctiva que degrada el suelo tropical, dejándolo que se vuelva denso.

- Por la incidencia constante del viento. Las plantas son cada vez más débiles y cada vez crean menos resistencia (por la falta de producción de sustancias como fenoles y fitolexinas, con las que las plantas se protegen cuando están bien nutridas).
- b. *Por los monocultivos* (una sola variedad). En cultivos con una especie —por ejemplo: maíz, trigo, arroz, frijol, etc. —, pero en los que existen variedades diferentes, formadas por la diversidad genética donde cada planta se adapta a otras condiciones, el problema que se presenta en el monocultivo es mucho menor o inexistente.
- Antiguamente se usaban cultivos asociados como maíz–frijol–yuca–ahuyama, los cuales garantizan la protección del suelo y la diversidad de la materia orgánica.
- c. *Con híbridos* no adaptados al suelo y al clima.
- d. *Por la fertilización química* en la que se aplican solamente tres elementos (NPK), cuando la planta necesita por lo menos 45, de manera que se desequilibran los otros nutrientes.
- e. *Por el uso rutinario de defensivos que:*
- Crean el exceso de un mineral, desequilibrando los otros.
 - Generan la adaptación de los parásitos a los defensivos.
 - Matan todos los enemigos naturales.

En rocas nuevas, o sea, en terrenos recién explorados, si no se ha hecho un arado profundo, los cultivos siempre serán saludables y habrá cosechas elevadas. Con la degradación del suelo las cosechas bajan y las plagas y enfermedades se instalan.

Suelo enfermo–plantas enfermas. De los suelos decaídos no se pueden esperar cultivos saludables. Además, los **cultivos enfermos** son atacadas por parásitos y siempre tendrán **poco valor biológico**.



**Gladiolo convencional +
Agrotóxicos**



Orgánico + agrotóxico + EM

Hojas de palma de Santa Rita (*Gladiolus*) que diariamente es pulverizada con fungicida contra roya negra y que ya recibió 60 aplicaciones de agrotóxicos (a la izquierda). La hoja está limpia de roya negra, por ende el campo magnético de la planta muestra una pérdida violenta de

energía, lo cual significa que la planta está gravemente enferma y sin ataque del parásito, que está siendo “controlado”. El control de parásitos no cura la planta, solamente la mantiene limpia.

26. El equilibrio entre los nutrientes (Trofobiosis)

Ácidos (Aniones)		Bases (Cationes)
P-S-C1-NO3	:	K-Ca-Mg-Na-NH4
100		100

Cuando se aumenta uno de los nutrientes, por ejemplo K, los otros se vuelven deficientes, por ejemplo Ca + Mg.

Equilibrio

Entre Micronutrientes

Fe/Mn = 3 12
(hasta 3000/2000)
Fe/Cu/Co = 500/10/1
Fe/Cu/Co = 500/10/2

Entre Macronutrientes

N/K = 2
Ca/K = 8
Ca/Mg = 3 (a 6)
P/S = 1 (ó 0,7)

Macro y Micronutrientes

N/Cu = 1250
K/B = 100 (A 150)
P/Zn = 35
Ca/Mn = 530

Exeso

Deficiencias inducidas

	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Mo
NH ₄	-	-	-	+	+	+	-	-	++	+	+	Tox	-
NO ₃	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+
P	-	-	-	+	+	-	+	+	+	++	+	+	+
K	+	-	-	-	+	+	+	++	+	+	+	+	+
Ca	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	++	+	+
Mg	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
S	-	+	++	-	+	-	-	-	+	+	+	Tox	+
B	-	-	+	++	+	+	-	-	-	-	-	+	+
Cu	++	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
Zn	-	-	++	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
Mn	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	++	+
Fe	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	++	-	+
Mo	-	++	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-
Cl	Tox	Tox	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	Tox	-	+

Como cada exceso induce una deficiencia y cada deficiencia “llama” a un parásito, la aplicación rutinaria de algún defensivo con base mineral, sea químico o los llamados orgánicos —como el caldo Bordelés—, siempre acarrea el exceso de un mineral y la deficiencia de otros. Eso hace que infaliblemente provoque el ataque de algún otro parásito. Por lo tanto, esa es la razón de

los “calendarios de fumigación”, pues por experiencia se sabe cuáles plagas van a aparecer como secuela del defensivo aplicado. Así, en el viñedo, Maneb contra botritis provoca antracnosis, fosforados en exceso la controlan, pero provocan la broca del tallo y así sucesivamente.

Metal básico	Producto	Deficiencia inducida
Ce	Caldo Bordelés, Nortox, Cupravit	Fe, Mn, Mo, Zn
Fe	Fermate, Ferban	Mg, Mn, Mo, Zn
Mn	Maneb, Manzate, Trimangol	Ca, Fe, Mo, Zn
NH ₄	Captane, Glyodin, Brasicol	Cu, B, Ca, K, Mg, P
Na	Naban	NH ₄ , K, Mo
P	Malathion, Parathion, Fosalone, Supracid	Zn, S, Mn, Fe, B
S	Caldo Sulfocálcico, Thiovit, Arasan, Cosan	Ca, Cu, P

Por eso Chaboussou (1981) escribió el libro *Las plantas enfermas por el uso de agrotóxicos*. Ejemplo:

Análisis foliar de cítricos con y sin defensivos

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Na
	Gramos / kilogramo						Miligramos/ kilogramos					
Con	25	1,8	14	49,5	2,7	3,4	200	105	25	168	152	50
Sin	25	1,4	13	35,9	3,1	2,2	162	100	10	125	69	40

Defensivos utilizados: Folicur, Vertimec, Torque, Savey, Benlate, Dithane, Cobre Recop, Sportak, Supracid, Kilval, Neoron, Thiovit y caldo sulfocálcico.

Si las raíces son profundas y la época tiene suficiente lluvia, la aplicación de EM-4 aumenta la cosecha y la salud de los árboles considerablemente.

27. El uso de los caldos

Caldo sulfocálcico: debe tener su grado Baumé calibrado para la región (entre 28° a 31°). Si es usado regularmente contra los ácaros, causa el exceso de azufre que provoca la aparición de cochinillas. Es mejor si se pinta en el tronco solamente cada tres meses.

Caldo Bordelés: cuando es usado regularmente sobre las hojas causa el exceso de cobre, que provoca enfermedades bacterianas y virales.

Caldo Viçosa: debe ser pulverizado solamente en el tronco (hasta 1 metro de altura).

Caldo Bocashi: cuando es usado semanalmente puede inducir deficiencia de boro, que permite la aparición de gusanos.

La utilización de Súper Magro es mejor cuando está más completo. Para foliar debe ser usado al 0,5% solamente dos a tres veces y nunca regularmente. Es más seguro cuando es usado en

el suelo. Cuando sufre de fermentación semiaeróbica y presenta mal olor significa que está dañado y no debe ser usado. Su fermentación debe ser anaeróbica (mejor), lo cual produce un olor de ácido láctico, o aerobio, moviéndolo de 3 a 4 veces al día, aunque es muy trabajoso. En Colombia utilizan oxígeno líquido para garantizar su fermentación aerobia. Además se debe tener en cuenta que todos los caldos tienen un plazo estricto para su uso y no pueden ser guardados por más tiempo.

Merece la pena seguir la regla: es mejor prevenir que combatir. En suelos saludables las plantas son sanas y no es necesaria la utilización de los caldos. Podemos estar seguros de que cuanto más caldo se necesita peor es el suelo.

28. Las plantas indicadoras

- Hierba lechera(*Euphorbia heterophylla*) = deficiencia de Molibdeno.
- Quinoa (*Chenopodium album*) = exceso de nitrógeno y falta de cobre.
- Artemisia (*Artemisia verlotorum*) = pH 7,5 a 8,2.
- Rabo de buey (*Vernonia ferruginea*) = solamente 3 a 4 cm del suelo son agregados, abajo es muy duro, pastoreo permanente pero con poco ganado.
- Acederilla (*Oxalis spp*) = deficiencia de calcio.
- Tres barbas (*Aristida pallens*) = pasto anualmente quemado (deficiencia de P y K).
- *Brachiaria humidicola* = en suelos deficientes de Ca⁺⁺ (ganado “cara hinchada”).
- Carex, juncia (*Carex spp*) pasto frecuentemente quemado (3 a 4 veces/año).
- Panicillo, pasto dentado (*Echinochloa crusgalli*) = una capa de “reducción” en poca profundidad. *Echinochloa*.
- Gramalocha, malojilla (*Eichornia polystachia* e *E. pyramidalis*) = suelo fértil, pero temporalmente inundado.
- Cerrillo (*Andropogon incanis*) = pasto temporalmente encharcado, deficiente en P.
- Cadillo, mozote (*Cenchrus echinatus*) = suelo muy compactado.
- Starburrs (*Acanthospermum hispidus*) = deficiencia de calcio.
- Bledo (*Amaranthus*), chipaca (*Bidens pilosa*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) = suelo razonablemente bueno.
- Garrachelo, pata de gallina (*Digitaria sanguinalis*) = deficiencia de K⁺.
- Hierba de la lana (*Rhynchelytrum roseum*) = suelo muy seco, compacto y pedregoso.
- Capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*) = solamente en campos labrados, deficiencia de Zn.
- Cerrillos (*Andropogon. spp*) = capa impermeable en 80 a 100 cm de profundidad que estanca agua.

- Bermuda Gigante, gramilla (*Cynodon dactylon*) = suelo muy pisado (por el hombre, ganado o máquinas).
- Jalapa, tumbavaquero, cazahuate (*Ipomea aristolochiaefolia*) = falta de K y B.
- Clavo bravo. Flor de difunto (*Tagetes minuta*) = campo infestado por nematodos.
- Diente de León (*Taraxacum officinale*) = suelo con suficiente boro.
- Arnica silvestre (*Solidago microglossa*) = pH 4,5.
- Pasto Bahia, hierba fina (*Paspalum notatum*) = rico en cobalto; cuando está peludo indica un suelo muy compactado y seco.
- Alfombra (*Axonopus compressus*) = suelo ácido, pH 3,4 a 4,2.
- Malva Taporía, (*Sida rhombifolia*) = laja dura en la capa superficial del suelo.
- Lengua de vaca (*Rumex spp*) = mucho nitrógeno orgánico y poco cobre.
- Yerba de la primavera (*Senecio brasiliensis*) = el suelo estanca el agua en la primavera (laja en los 40 cm). El pueblo dice que si se tiene mucha Yerba de la primavera, tendrá buena cosecha de trigo.
- Mío-mío, romerillo (*Baccharis coridifolia*) = suelo poco profundo (rocha perto), deficiencia de Molibdeno.
- Nabo, rábano (*Raphanus raphanistrum*) = deficiencia de boro y manganeso.
- Amapola (*Papava somnifera*) = suelo muy rico (exceso) en calcio.
- Guascas (*Galinsoga parviflora*) = suelo razonable, mucho nitrógeno, poco cobre.
- Piñón de temprate, jatropa (*Jatropha curcas*) = suelo muy compacto y seco, raíces solamente hasta 3 ó 4 cm.
- Sape (*Imperata exaltata*) = muy rico en aluminio, pH 4,0.
- Chipe, helecho hembra (*Pteridium aquilinum*) = mucho aluminio, deficiente en calcio.
- Yerba luisa (*Sporobulum poretii*) = falta Molibdeno.
- Tacuara (*Bambusa trunii*) = anualmente quemado, suelo muy ácido y rico en aluminio, pero bien agregado.
- Curuba, tumbo (*Piptocarpha axilaria*) = campo agrícola abandonado, suelo decaído.

29. Reconocimiento de los pastos

En el sur: potreros solamente con pastos cespitosos (en montones pequeños) indican que el potrero no fue pastado durante el último año (tal vez recolectado para heno).

Si predominan gramas estoloníferas, el potrero es pastado con frecuencia.

Sudeste: forrajeras “compactas” significa que es pastado, mientras que forrajeras altas y largas evidencian que el pasto no es pastado. El pasto “decumbente” (como Pangola, *Brachiaria decumbens*, Estrella) no forma estolones indica deficiencia aguda de P:

Si la raíz es profunda: abonar.

Si la raíz es superficial: reposo del pasto (no pastar por cuatro meses).

Si el ganado come:

- Plantas tóxicas = falta de sal mineral completa.
- Sombreros, camisas, papel, plástico, etc. = deficiente en P.
- Ladrillos y bloques = deficiente en K.
- Lame el revoque de las paredes = falta de N. Si come tierra donde orinó = falta de cloro.
- Becerros que maman, con “churro blanco” (diarrea): la madre recibió poco almidón en los últimos meses de preñez. Dándole a la vaca dos meses antes de parir “rollo de maíz” evita el churro blanco de los becerros.
- Becerros y novillas tristes, con pelo erizado y pierden pelos del rabo = deficiencia de cobalto.
- Vacas con mastitis = falta de P en el pasto (aminoácidos).
- Novillas muy nerviosas = deficiencia de magnesio en el pasto.
- Botulismo (*Clostridium botulinum*), el ganado come huesos = falta de P en el comedero.
- Bovinos y equinos con la “cara hinchada” = deficiencia de calcio en los potreros o pasto muy rico en ácido oxálico (*Humidícola*).
- Poliartritis en potros = deficiencia de Ca en el pasto de las yeguas (por exceso de Al en el pasto, por ejemplo el sapé).
- Tendinitis en potros = deficiencia de Mn en el pasto (depende del pasto, por ejemplo estrella, y del suelo).
- Come la cáscara de los árboles = deficiencia de Ca (falta de brillo, tristeza, pelo erizado).
- Diarrea negra = exceso de Mo.
- Diarrea en los becerros recién nacidos = al inicio de las lluvias (pasto nuevo) = falta de Co en las vacas (ácido oxálico).
- Los potros y becerros nacen grandes, pero se mueren en uno y dos días = iodo en la madre.

30. La siembra directa

Actualmente la siembra directa es practicada en Brasil en más de 16 millones de hectáreas. Su base es una capa gruesa (5 a 7 cm) de paja en la superficie. En monocultivos de soya no se consigue esta capa porque la paja de la soya es poca y de rápida descomposición, de modo que la presión de las máquinas muy grandes y muy pesadas compacta el suelo en poco tiempo y en la mayor parte de los cultivos con siembra directa las raíces crecen por encima del suelo muy compactado, abajo de la capa de paja. La compactación del suelo es mucho más rápida en suelos arenosos y mucho más lenta en tierra Roja Legítima.

Sus ventajas son

- Protege el suelo contra el impacto de las lluvias y el calor elevado.
- Conserva los poros en la superficie del suelo y con eso garantiza la infiltración del agua.
- **Evita la erosión e inundaciones.**
- El suelo protegido por la paja permanece más fresco y más húmedo hasta tres meses, de tal forma que puede ser plantado también durante épocas secas.
- Propicia la producción de materia orgánica para la vida del suelo (en parte nativa porque no revuelve el suelo).
- Disminuye los efectos de la sequía.
- Después de cuatro años con una capa de 6 cm de paja se impide la aparición de invasoras.
- La microvida es más intensa y permite **aumentar los nutrientes del suelo**, como fósforo, potasio, entre otros.
- Aparecen **lombrices** que agregan y mejoran el suelo substancialmente.

La siembra directa no solo tiene ventajas, también acarrea una serie de problemas que en buena parte se deben a que la capa de paja tiene poco espesor.

Sus problemas son:

- Exige la rotación de mínimo cuatro o cinco cultivos para evitar el aumento explosivo de plagas y enfermedades.
- Exige herbicidas desecantes (como 2,45 D y glifosato, ambos sistémicos) cuando la capa de paja todavía es menor de 5 cm.
- **Las plagas cambian** de *Lepidópteros*, cuyas larvas atacan las hojas, a *Dípteros*, cuyas larvas atacan las raíces o la punta de la raíz y son de difícil control.
- Aparecen **plagas antes desconocidas**, como babosas, grillos, etc.
- Después de muchos años de permanecer el monocultivo aparecen ***rizobacterias deletéreas***, inclusive rizobios que atacan los cultivos y los eliminan.
- En los monocultivos se instalan invasoras muy persistentes, parcialmente antes desconocidas, como la Escoba (*Sida spp.*) hierba lechera (*Euphorbia heterophylla*), lengua de vaca (*Rumex spp.*) y otras.
- Los nutrientes lixiviados ya no vuelven en la época seca, pero tienen que ser recambiados por plantas (abonos verdes) con raíces profundas.
- Hay compactación por la maquinaria pesada.
- Se necesita irrigación cuando el espesor de la capa de paja no pasa de 1 o 1,5 cm.

**Siembra directa:
Pasto desecado con soya implantada**



Nabo forrajero con soya implantada



Observaciones:

Una capa espesa de paja no se consigue con una paja rica en nitrógeno, como esta de soya, solamente se consigue con una paja que tenga una relación C/N bastante alta, rica en celulosa y lignina, como el maíz, arroz, trigo, sorgo, etc.

Los herbicidas desecantes no matan las plantas invasoras, pero sí atacan sus raíces, lo cual las debilita para que sean atacadas por los hongos del suelo. Los hongos matan estas plantas

invasoras, pero después de algunos años de su uso en la misma área también debilitan las raíces de los cultivos, a tal punto que permiten la entrada de hongos, se tornan gruesas y pierden parcialmente su potencial de absorción.

Una capa de paja de 1,5 cm de espesor es suficiente para hacer infiltrar el agua de lluvia, pero no es suficiente para “tapar” la presión de las máquinas.

Dicen que después de 15 años de monocultivo ocurre un equilibrio y las variedades adaptadas a los suelos y el clima local también se adaptan a los hongos. Eso no ocurre cuando se trabaja con híbridos. La mezcla de diversas variedades aumenta la producción y disminuyen el ataque de parásitos.

Pomares y cafetales

En pomares y cafetales es importante mantener el suelo siempre cubierto de vegetación en las entrelíneas. Si fuera pasto, este debe ser cortado antes de formar las inflorescencias y nunca se debe dejar que suelte sus semillas. La *Brachiaria decumbens* perjudica a los cítricos, pero es mejor que nada, en tanto que la *Brachiaria ruziziensis* no lo hace. Es mejor utilizar plantas de hojas largas.

Si no se tiene la posibilidad de hacer compost, es factible usar solamente abonos verdes, que se siembran en las entrelíneas y se tiran en las líneas de los árboles.

Aporte de nitrógeno: de las leguminosas, por paja aportada por la vegetación de las entrelíneas del pomar, en el cual se esparció un fosfato cálcico o un Bocashi.

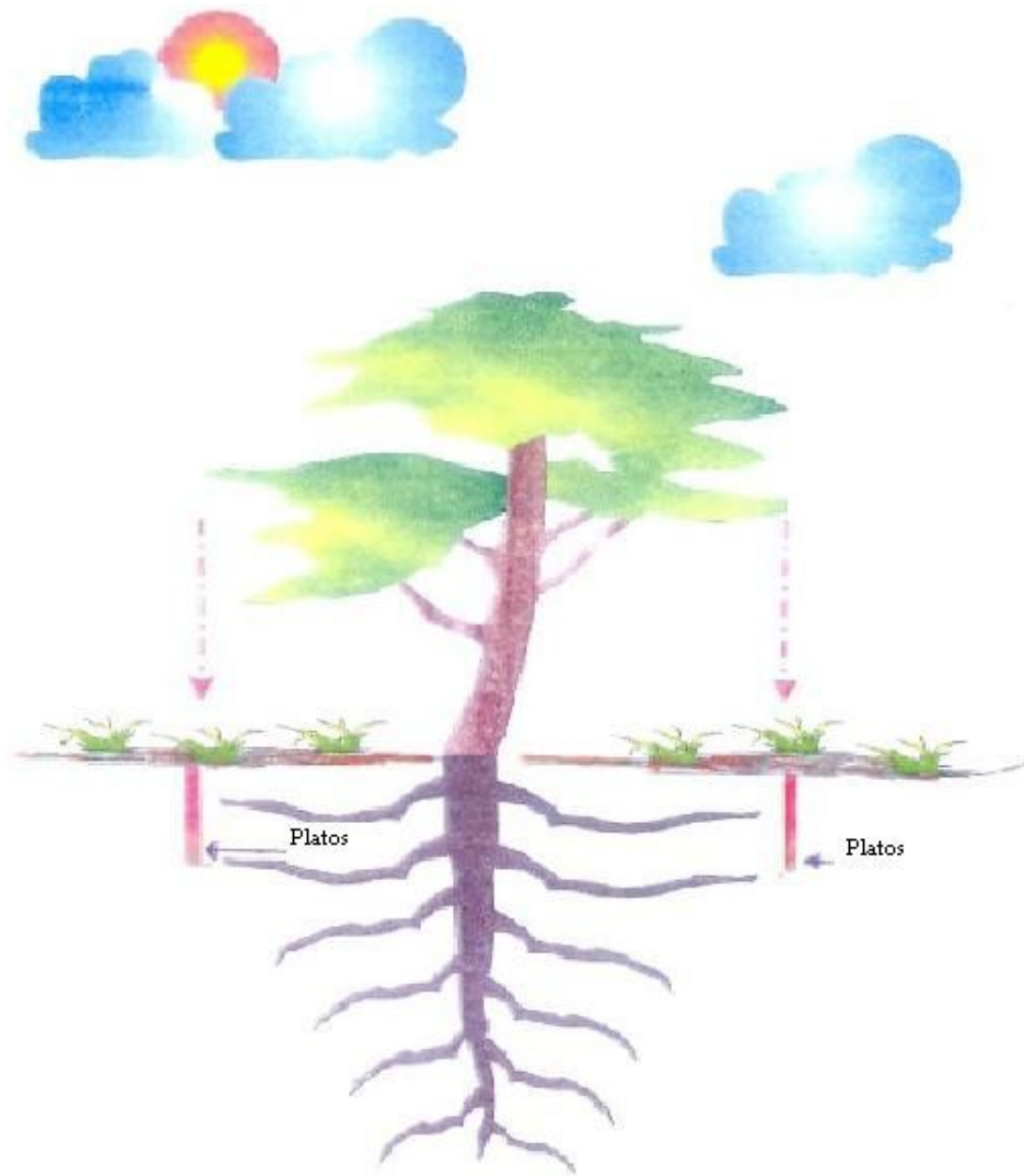
Aporte de potasio: del pasto Guinea o India (cortado y tirado en el pomar), por Tártago o mijo perla (*Pennisetum glaucum*), sembrado en el pomar y cortado antes de que forme semillas.

En los pomares es importante aumentar al máximo posible el sistema radicular. Para eso se abona con **boro** poniéndolo en dos huecos (uno a cada lado del árbol) en la proyección de la copa. Puede ser de 18 a 30 kg/ha.

Figura 15. Abono en “platos” de nutrientes donde no se sabe la medida exacta. Aunque se sobrepase la cantidad, no es perjudicial para los árboles.

Es bueno aplicar en la línea, la cantidad tiene que ser muy exacta, según el análisis del suelo y la cantidad de potasio disponible.

ABONO EN "PLATOS"



31. Los cultivos alelopáticos

(Son perjudicados por:)

Trigo x trigo morisco	Mostaza x nabo forrajero, alfalfa
Trigo x sorgo	Colza, canola, todos los pastos
Sorgo x sorgo	Pastos x avena negra, centeno
Ajonjolí x sorgo	Papa x ahuyama
Papa, tomate x girasol	Trébol dulce (melilotus) x cereales (germistato)
Cebolla, ajo, tomates x leguminosas	Repollo x repollo (autointolerante)
Todas las hortalizas x funcho (hinojo)	Arroz x gladiólos (sobredosis de NPK)
Tomates x repollo, brócoli, coliflor	Cebada x amapola
Mostaza x canola	Maíz, remolacha x avena blanca
Arvejas x nabo, rabanito (pero el nabo es beneficiado por la arveja)	Girasol x ahuyama
Menta x manzanilla (regula el nivel de menta) (pero la menta beneficia la manzanilla)	

Cultivos sinérgicos (amigables)

Tomate, ortiga, flor de muerto	Girasol = pepino
Vicia (habas) todos los cereales	Trigo, linho = maíz, leguminosas
Papa, <i>Amaranthus</i> gigante	Repollo = remolacha, cebolla
Zanahoria – cebolla, maíz, soya, lechuga	Maíz = ahuyama, frijol, yuca
Chocho, Videra	Nabo forrajero, avena negra = frijol
Frijol, fresitas, espinaca	Ajo = rosas
Leguminosas = todos los cereales como arroz, trigo, maíz, avena. Y también ñame, tártago, yuca, batatas, girasol, pepino, repollo	

32. La salinización de los suelos de invernaderos y campos

Si tiene una sal blanca o brillante en la superficie y el pH está por encima de 7, el suelo está salinizado.

Cómo reconocer la salinización:

- Si el pH está entre 7 y 9, indica salinización.
- La sal puede ser de calcio (magnesio y potasio) o de sodio. Se pueden diferenciar las dos lavándose las manos con bastante jabón. Si no se produce espuma es calcio, si se hace bastante espuma es sodio. Si fuera calcio, habría crestas de carbonato de calcio en el recipiente de metal.

- En el caso del sodio el suelo es completamente desagregado, duro y rayado. Existen también plantas indicadoras. Si aparece *Arthemisa* (tipos de ajeno, altamisa nativa), hay salinidad por sodio.

Causa:

En el invernadero: demasiada fertilización química.

- Falta de suficiente ventilación. En invernaderos bien ventilados es más difícil que el suelo se salinice.
- Falta de abonos verdes.
- Uso de rotativa.

En el campo: especialmente en campo irrigado con superficie irregular.

- Irrigación frecuente con poca agua; debería usarse irrigación más espaciada con un mínimo de 25 a 30 mm/vez.
- Falta de drenaje – puede ser en canales abiertos.
- Falta de materia orgánica:
 - para transformar el sodio en carbonatos (paja).
 - para agregar el suelo.

Falta de rotación de cultivos que incluyan plantas desalinizantes como el algodón o el trigo morisco y falta de plantas drenantes como el girasol y el sorgo. Falta de cultivo de limpieza como el arroz irrigado por inundación.

Mantener el nivel freático abajo de 1 m (surcos de drenaje, girasol o sorgo).

33. La sequía y lo que agrava

La sequía siempre es la falta de lluvia, o sea, la mala distribución de las lluvias. A pesar de que caigan 2.400 mm de lluvia en dos meses y medio, la región puede ser desértica, como en Kalahari, África del Sur. Pero la sequía puede ser disminuida o aumentada por el manejo de los suelos, plantas y animales.

La sequía se agrava:

- Cuando *el suelo tiene la superficie compactada* – el agua no se infiltra y escurre. Esto causa erosión e inundaciones y provoca sequía en seguida.
- Por la *exposición del suelo agrícola al sol*, que permite su calentamiento causando una evaporación violenta del agua del suelo (falta de protección del suelo).

- Por la deforestación y el viento, que entra barriendo el paisaje y llevándose la humedad evaporada del suelo y transpirada por las plantas. Si son protegidas del viento, las plantas pueden producir de dos a cinco veces más.
- Por *el uso del fuego* (quemadas), que hace subir la humedad del subsuelo, que quema la materia orgánica que debería formar agregados en el suelo (el suelo se torna compactado) y que disminuye la cobertura vegetal pues mata las plantas estoloníferas, raleando la vegetación. Las áreas siempre quemadas solo producen el 20% de lo que producen las áreas no quemadas.
- Por el pastoreo de cabras que impiden el desarrollo de una vegetación mayor (árboles que deberían disminuir el viento) y que desnudan el suelo (cortando las plantas a raíz del suelo).
- *Por la mala nutrición de las plantas.* Las plantas “hambrientas” poseen un plasma celular aguado. Las plantas se marchitan fácilmente por el calor. Plantas mal nutridas gastan hasta cuatro veces más de agua que las plantas bien nutridas, especialmente el potasio y los micronutrientes tornan el plasma celular más viscoso. En suelos compactados y anaerobios las plantas casi siempre están mal nutridas.
- *Por la irrigación con poca agua* que solamente moja la capa superficial del suelo (4 a 5cm), lo cual provoca un desarrollo muy superficial de las raíces que dejan las plantas marchitar con pocas horas de sol.
- Por *la salinización* de los suelos irrigados.
- Por el uso de plantas no adaptadas a los suelos y el clima.

Por lo tanto disminuye el efecto de la sequía:

Por la adición de *suficiente materia orgánica* al suelo para crear un sistema poroso adecuado y la *protección de su superficie* contra el calentamiento (*mulch*; si se usara una capa de 4 cm de ramas más hojas picadas, no solamente se protege sino que también mantiene la humedad por mucho más tiempo), la protección contra el viento con la *reforestación y barreras rompe vientos*, el aporte de nutrientes, también micronutrientes a las plantas (compost y materia orgánica a mediano plazo, adicionan nutrientes y no aumentan la salinidad de los suelos, por el contrario la disminuyen), por una *irrigación por goteo* o con *vasos conductores* que mojan el suelo a mayores profundidades (25 a 30 cm) y donde no se pierde el agua por el viento en el eje central, y *la selección de especies y variedades adaptadas* a las condiciones del suelo y el clima.

En regiones desérticas se suele enterrar una capa de paxe o una lona de entre 30 y 35 cm de profundidad para impedir la pérdida de agua para el subsuelo y evitar la ascensión de agua del subsuelo.

34. La agricultura de la no violencia

La agricultura en sí ya es una violación de la naturaleza. La actual ya modificó radicalmente los ecosistemas, implantando sistemas mecanicistas, artificiales a favor de lucros momentáneos que destruyen el suelo, las corrientes de agua, el clima y el futuro de la humanidad.

Pero existe otro tipo de agricultura que trabaja con los ecosistemas de forma más simplificada, respetando la naturaleza, conservando los suelos, las corrientes de agua, el paisaje (protegiéndolo del libre paso de los vientos) y el clima, a partir de lo cual consigue una producción biológica y económicamente mejor.

La base de toda la vida y de toda la producción vegetal en nuestro globo es el suelo. Un suelo sano mantiene las plantas sanas y plantas sanas aportan una alimentación sana, que a su vez mantienen los hombres física y mentalmente sanos. Y personas sanas con un espíritu sano no destruyen su base vital ni el medio ambiente en el que viven, por el contrario lo conservan. No solamente cuidan sus suelos y su medio ambiente, sino que también cuidan a sus semejantes creando bienestar y paz.

Mokiti Okada predice que este milenio será de paz, salud y bienestar. Y todo comienza con un suelo puro (sin venenos), sano y productivo para hacer posibles hombres con un espíritu sano. No son obras faraónicas que nos garantizan un futuro radiante, que solamente intentan encubrir todos los absurdos, errores y destrucciones que tornan las previsiones siniestras, sino el respeto al tío suelo, a la tía naturaleza, tío ambiente del prójimo, en fin, la obra de Dios.

“El destino del individuo y del país siempre está relacionado con el grado de armonía con las fuerzas de la naturaleza, las leyes de la vida y del universo”.

(Zaratustra)

Referencias Bibliográficas

- ABREU, Jr. de, H-2000. Campinas, comunicação pessoal.
- AHRENS, E.-196. A influência de fertilizantes orgânicos e químicos sobre o comportamento de *Azotobacter* e a possibilidade de sua determinação quantitativa. Dissert. Univ. Giessen.
- BERGMANN,W.-1976. Plant diagnosis and Plant analysis, VEB. Fischer, Jena.
- BUNSCH, R.-1999- comunicação pessoal, Guatemala.
- CHABOUSSOU, F. -1981. Les plants malades des pesticides. Debard, París.
- OLHAR,N.R.-1972. World food crisis and fertility improvement. Univ. Calcutta, India.
- EMBRAPA, 2000. Passo Fundo, comunicação pessoal.
- FISHER,W.B.- e W.L. Parks,-1958. Influence of soil temperature on urea hydrolysis and subsequent nitrification. Soil ScLSoc.Amer. Proc. 22:247-48.
- GORGING,J.- 1944. Fundamentos da "Tilth" na agricultura prática. Landbuch Verlg. Wien
- HASINGER G. 1993. Avaliação do solo no campo. (Diagnostico do solo) FIBL, Oberwil,Suiza.
- HANZI,M.-2000. E-mail, setembro, 2000.
- KLINKENBORG, V. -1993-. Fertilizantes químicos afetam negativamente a estrutura dos solos. Nat. Geographic, Vol 12.
- KOVARICK,M. -1998. Sta.Inês, MA . Comunicação pessoal
- KRESGE,C,B, e F.G.Merkle -1957- A study of the validity of labor technics in appraising the available nitrogene producing capacity of soil. Soil.ScLSoc.Amer.Proc.21: 516-21.
- LUKASHI, H.-1999. Micronutrientes, Agric.Res.ARS/USDA, vol.7: 22
- MACH,-2000. Evaluatión practica de la fertilidad dei suelo ed. AGRECOL-Andes, Cochabamba.
- MENGEL,K e E.A Kirkby-1978. Principies of Plant nutrition, Potash Inst. Bem.
- MÜLLER, L -1971. Curso em fisiologia vegetal, na pós-Graduação em Agronomia, UFSM /RS.
- RABENANDRASANA, J.-1999. Revolution in ricesintensification in Madagascar, LEISA,15/3-4, Leusden.
- SCHARRER, K e H. Linser -1966. Manual de nutrição vegetal, Vo1. 2/1, solo e fertilizantes, Springer, Wien.
- SCHOBER-1930. Assimilação de nitrogênio atmosférico e formação de ácidos pelo *Aspergillus niger*. Jahb.wiss.Botanik, 72: 1-105.
- SPERBER ,J.J. -1957. Solution of mineral phosphorous by soil bacterias, Nature, 180: 994-995
- SCHEIBER, R.-1962. Fósoro, uma questão vital para animais e homens. Phosphors. 22:61-72.
- TSUBOTA, S.-1959. Phosphate reduction in the paddy field. Soi and Plant food, 51:10-15.
- YOON,C.K.-2000. Reportagem no Estado de São Paulo, copiado da N. York Times, 02/10/2000.