

ANALISIS Y COMENTARIOS

AGROECOLOGIA DEL SISTEMA DE ABONERAS
EN EL LITORAL ATLANTICO DE HONDURAS ¹*Bernard Triomphe* ²

RESUMEN

Agroecología del sistema de aboneras en el litoral atlántico de Honduras. El presente estudio constituye un esfuerzo inicial para proveer información básica sobre el funcionamiento del sistema de aboneras. Se discuten en este trabajo algunos de los mecanismos biológicos que forman la base del sistema de aboneras, especialmente los relacionados con la dinámica de nutrientes. También están analizadas algunas tendencias a largo plazo de la fertilidad química y física de los suelos. La metodología empleada está basada sobre el uso de cronosecuencias que aprovechan la variabilidad de fechas de adopción de la rotación para detectar cambios a largo plazo en el sistema de aboneras. También contempla trabajar a nivel de pendientes uniformes, escogidas en las parcelas de los agricultores y que son sujetas a un monitoreo dinámico a lo largo del ciclo del maíz. Después de describir brevemente el sistema de aboneras, se analizan las varias fracciones ("pools") que participan en la dinámica de nutrientes a lo largo del año, la acumulación y mineralización de la biomasa de mucuna, así como la dinámica del N-mineral en el perfil del suelo. Esto permite entender mejor la respuesta del maíz a aplicaciones limitadas de nitrógeno. El sistema de aboneras es demasiado específico como para extrapolarlo a otras regiones de Centro América. Las propiedades químicas y físicas de los suelos se han mejorado, debido probablemente a la acción multiforme del "mulch" de mucuna mantenido sobre el suelo por 12 años.

ABSTRACT

Agroecology of the cropping system in the Honduran Atlantic Coast. The present study constitutes an initial effort to provide baseline information about the internal workings of the mucuna system. It includes a discussion of biological mechanisms which shape this system, especially with regard to nutrient cycling. Long-term trends in soil chemical and physical fertility are also analyzed. Chronosequences (also known as space-for-time substitution schemes) form the backbone of this long-term analysis: they were constructed by taking advantage of the diversity of adoption dates of the mucuna system among farmers. All field measurements were made at the level of small observation plots selected on uniform backslopes within farmers' fields and subjected to a periodic agronomic monitoring throughout the maize growing season. After describing general characteristics of the mucuna system, an analysis of the various pools participating in nutrient cycling is conducted. Mucuna biomass accumulation and decomposition are then discussed, as well as the dynamics of mineral nitrogen in the soil profile, an analysis which in turn helps understand maize response to limited applications of nitrogen fertilizer. Although it appears that the mucuna system is too specific to the conditions prevailing in the North coast of Honduras to be extrapolated directly. After 12 years or more of continuous use of the mucuna rotation, a result which can undoubtedly be attributed to the high yearly organic additions and efficient nutrient cycling in this system.

INTRODUCCION

En Centro América, hay mucha experiencia práctica por parte de los agricultores y de varias ONGs sobre el uso de rotaciones de cultivos, incluyendo cultivos de cobertura (Bunch, 1993; Thurston et al., 1994). Estas rotaciones parecen conllevar numerosos beneficios, tanto desde

el punto de vista del agricultor (baja inversión inicial, ganancias a corto plazo, ayuda en el control de malezas, etc.) como desde el punto de vista técnico (control de la erosión, buena productividad, etc.). Sin embargo, la caracterización sistemática y cuantitativa de estos factores es insuficiente todavía, impidiendo conceptualizar claramente el potencial y las limitaciones de dichos

¹ Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en Honduras, América Central. 26 de marzo - 1 de abril, 1995.

² SCAS, Cornell University, Ithaca, NY 14850.

sistemas fuera de las zonas donde han sido desarrollados y adoptado espontáneamente por los mismos agricultores.

Dentro de este contexto, el objetivo de esta ponencia es presentar algunas evidencias iniciales sobre el funcionamiento biológico del agroecosistema maíz de postrera/*Mucuna* spp. tal como se practica en la costa norte de Honduras. En particular, se analiza la dinámica de nutrimentos (especialmente la del nitrógeno) tanto en sus aspectos a corto plazo (ciclo anual) como en los de largo plazo (10 a 15 años). Finalmente, se discuten algunas implicaciones de nuestras observaciones sobre el diseño de sistemas de producción sostenibles.

MATERIALES Y METODOS

Los objetivos de este trabajo fueron: 1. caracterizar la rotación maíz/*mucuna* en sus aspectos agronómicos; 2. determinar los efectos a largo plazo de dicha rotación sobre la fertilidad del suelo y 3. explorar la dinámica del nitrógeno a lo largo del ciclo del maíz.

El enfoque de esta investigación fue la fertilidad química y física del suelo en parcelas de agricultores sometidas a la rotación maíz/*mucuna*.

Escala de la investigación: A nivel espacial, el estudio abarcó cuatro niveles distintos: la región (el litoral atlántico de Honduras); la comunidad (San Francisco de Saco, Las Mangas, El Recreo y Piedras Amarillas), la parcela y la falda uniforme (una posición topográfica particular seleccionada dentro de cada parcela). A nivel temporal, el estudio abarcó dos escalas: el corto plazo (la temporada agrícola) y el largo plazo (10 a 15 años de uso continuo, de la rotación maíz/*mucuna*).

Todo el estudio se realizó bajo el esquema de "investigación en campos de agricultores". Los principales métodos de trabajo incluyeron: 1. un monitoreo de puntos de observación durante el ciclo de cultivo, que consistió en varias visitas en épocas claves de la rotación maíz/*mucuna*, durante las cuales se miden y observan los principales factores y condiciones determinantes de los rendimientos de maíz (Byerlee, Triomphe y Sebillote, 1991); 2. una serie de ensayos de respuesta a N y P acoplado con un seguimiento de la dinámica del N mineral en el perfil de suelo, y 3. la constitución de "cronosecuencias", o sea conjuntos de parcelas de distintas edades (desde 0 hasta 15 años de uso continuo de *mucuna*) que permitan "representar" la evolución de la

rotación maíz/*mucuna* en el tiempo. El propósito de usar una cronosecuencia es poder entender las tendencias a largo plazo ahorrando el tiempo que llevaría necesariamente un experimento a largo plazo, por esta razón algunos autores hablan de substitución espacio-tiempo (Pickett, 1988).

Las mediciones y observaciones: Una combinación de entrevistas individuales y colectivas, observaciones cualitativas y mediciones cuantitativas fue usada para recolectar información. Los principales rubros de la recolección incluyeron las prácticas de los agricultores y su racionalidad, mediciones de biomasa de la *mucuna*, así como su contenido de nutrimentos, su C:N, y su riqueza en C13, estimaciones de los rendimientos de maíz y sus componentes, así como mediciones de su crecimiento y su estado nutricional. La fertilidad de los suelos se caracterizó a nivel químico por la determinación de las cantidades de N mineral (7 a 10 épocas de muestro/ciclo), del pH, del C orgánico, N total, C/N, C13, bases intercambiables, Al, P disponible, micronutrimentos. En cuanto a física de los suelos, se determinaron las tasas de infiltración, la densidad aparente, la macroporosidad, el contenido de agua y la temperatura a varias profundidades.

La mayoría de esas mediciones se repitieron durante dos ciclos de cultivo. La intensidad de recolección varió de una comunidad a otra: los estudios más detallados se hicieron en San Francisco de Saco mientras que en El Recreo y en Piedras Amarillas, el estudio fue mucho menos extenso.

EL SISTEMA DE ABONERAS: GENERALIDADES

El contexto socio-económico y agroecológico en las laderas del litoral atlántico

a) contexto socio-económico

La Costa Norte tiene una historia de inmigración desde regiones más pobres de Honduras; todavía es zona de frontera agrícola y a la vez está sujeta a una marcada expansión ganadera, abarcando cada vez más tierras con pendientes moderadas. En promedio, los niveles de educación y capacitación son relativamente bajos, con limitada acción oficial de apoyo al medio rural (infraestructura, crédito, extensión, investigación). A pesar de estas condiciones, la producción agrícola está fuertemente orientada hacia la comercialización, incluyendo el caso de los granos básicos.

b) contexto agroecológico

La mayoría de las tierras “agrícolas” presentan pendientes fuertes (de 25-30 a 100 %). Sin embargo, los suelos son relativamente profundos y fértiles, clasificados en su mayoría como Alfisoles, Inceptisoles o Entisoles. Los suelos ácidos (Ultisoles) son más escasos. Las lluvias son copiosas (2500 a 3500 mm/año), permitiendo dos ciclos agrícolas al año. Hay una temporada “seca” que se extiende de febrero a mayo (50 a 150 mm/mes) y una larga estación lluviosa, en la cual la precipitación mensual rebasa los 400-500 mm, especialmente, entre septiembre y diciembre. Este clima tropical húmedo ofrece condiciones favorables para producir una gran diversidad de cultivos, tanto anuales como perennes.

c) consecuencias agronómicas

A raíz de las condiciones anteriores, la agricultura de ladera en la Costa Norte está caracterizada por: 1. una gran sensibilidad a la erosión de las tierras cultivadas y 2. un esquema productivo, en el cual la deforestación y la agricultura migratoria siguen siendo dominantes, a la vez que la gran mayoría de los agricultores sólo se dedican a la producción tradicional de granos básicos.

En este contexto, el desarrollo y la subsecuente adopción de un sistema de producción novedoso, como lo es el sistema de aboneras, representa un avance indiscutible, que requiere de atención especial, toda vez que entender bien estos sistemas permitiría su posible extrapolación fuera de la Costa Norte.

Calendario y prácticas típicas

El sistema de aboneras es una rotación (o quizás mejor dicho, una asociación) entre un cultivo de mucuna durante la principal estación lluviosa (primavera) y uno de maíz de temporada seca (postrera) (Flores, 1987). Una vez establecida la rotación en una parcela, las principales etapas son las siguientes:

- a) el fin del ciclo de la mucuna está determinado por su madurez fisiológica “natural” entre mediados de noviembre y mediados de diciembre (i.e. cuando empieza a secarse, después de haber producido semilla), momento después del cual los agricultores chapian la mucuna con todo y vainas, sin quemar este material.
- b) inmediatamente después de la chapia, siembran el maíz con espeque entre diciembre y enero a través del grueso colchón de mucuna seca.
- c) siguen generalmente uno a dos controles de malezas (generalmente manual, pero a veces con Paraquat), para beneficio del maíz y también de la mucuna, que se re-establece naturalmente en las

parcelas a partir de febrero (germinación espontánea de las semillas producidas en noviembre/diciembre y que acabaron de madurar en la cobertura de mucuna). Muy pocos agricultores resiembran la mucuna año tras año. Una minoría aplica un poco de urea, a los 40-50 días después de la siembra del maíz.

- d) en este momento y sin contar la poda que se le da a la mucuna (si se desarrolla mucho), es solo cuestión de esperar la cosecha a partir de finales de abril. Al finalizar la tapizca, la parcela vuelve a estar dominada por la mucuna, que crece vigorosamente y sofoca gradualmente todas las malezas que habían prosperado después de la última limpia, a la vez que bota todas las cañas de maíz al treparla. No hay ninguna intervención más en la parcela hasta que regrese el tiempo de la chapia.

Cabe enfatizar el hecho que el sistema de aboneras es un sistema de cero labranza, sin quema y con muy pocos insumos externos (un poco de herbicida y fertilizante, si es que se usan del todo).

Ventajas y desventajas

Las principales ventajas de este sistema son las siguientes:

- a) requiere poca mano de obra tanto para el establecimiento del sistema como para su mantenimiento
- b) permite aprovechar el mejor ciclo para el maíz (periodo seco y precio de venta)
- c) no se quema la parcela; el suelo queda cubierto todo el año (lo que evita la erosión y conserva agua en el perfil de suelo)
- d) provee cantidades apreciables de nitrógeno y otros nutrimentos al descomponerse el mulch de mucuna.
- e) la cobertura de mucuna ayuda en el control de malezas
- f) los rendimientos de maíz son buenos (2,5 a 3,5 t/ha en promedio, o sea 100% más comparado con parcelas sin mucuna) y empiezan a subir desde el primer año de establecida la rotación; posiblemente, sean más estables de un año para otro.

En cuanto a desventajas tales como las señalan los agricultores (Buckles *et al.*, 1992), cabe destacar:

- 1) Quizas la limitación más clara consiste en la pérdida de un ciclo agrícola al año, en el sentido que la mucuna (que hasta la fecha no ha recibido ningún otro uso que el de servir como mulch) ocupa la parcela por ocho meses, un tiempo durante el cual se podría teóricamente producir otro cultivo.

Existen algunas experiencias con dos ciclos de maíz al año en rotación con mucuna, pero no queda muy claro todavía como acortar el ciclo de esta última sin afectar marcadamente la producción de biomasa o de semilla.

- 2) Varios agricultores mencionan los derrumbes durante los periodos de lluvias intensas (más de 200-300 mm en uno o dos días) en las partes con pendientes muy fuertes (> 60-70%), debido supuestamente al ablandamiento del suelo propiciado por la mucuna. Pero estos mismos derrumbes se observan en parcelas sin mucuna y hasta en los bosques vírgenes. Las laderas de la Costa Norte no son muy estables y cultivarlas año tras año seguramente acentúa los riesgos.
- 3) Otra queja común es la proliferación de ratones: pero esta situación parece ser cíclica y afecta también las partes sin aboneras.

En la práctica, las ventajas superan ampliamente las desventajas y hacen de este sistema una alternativa muy deseable (véase criterios descritos en Bunch, 1993), explicando la popularidad excepcional de este sistema entre los agricultores del litoral atlántico: la tasa promedio de adopción casi alcanza 70% (Buckles *et al.*, 1992).

Al mismo tiempo que se reconocen los logros y cualidades indiscutibles del sistema de aboneras, surgen numerosas preguntas y dudas sobre las posibilidades de mejorarlo y adaptarlo (o cuando menos sus principios) a otras condiciones agroecológicas en o fuera de Centro América (Thurston *et al.*, 1994). Sin embargo, no es fácil querer adoptar o mejorar las prácticas de los agricultores de la Costa Norte, sin entender primero los mecanismos biológicos que constituyen la base del funcionamiento interno del sistema de aboneras y que condicionan las mismas prácticas.

DINAMICA DE NUTRIMENTOS A CORTO PLAZO

El sistema de abonera es muy complejo: para simplificar la discusión, sólo se hará hincapie en algunos aspectos relacionados con la dinámica de nutrientes a corto plazo, con base en las tendencias promedio observadas en San Francisco de Saco. Ya que este tipo de análisis depende de cómo están definidas las fronteras del sistema, vamos a considerar, para la discusión subsecuente, un sistema abierto conformado por el perfil de suelo (0 a 100 cm), con una capa de mulch (i.e. material muerto) encima. Todos los demás componentes, como por ejemplo la mucuna en crecimiento o el N lixiviado,

son por definición considerados externos al sistema y como tal, representan entradas o salidas.

“pools” de nutrientes y mecanismos de transformación

Con base en la definición anterior, se vuelve más fácil identificar los varios compartimientos (“pools” en inglés) tanto internos como externos que participan en el ciclo de los nutrientes, ya sea como fuentes o como pozos (i.e. sitios donde se acumulan los nutrientes). Puesto que esta situación es dinámica (i.e. cambia con el tiempo), es necesario diferenciar cuáles son los compartimientos activos durante distintos periodos del año. Para simplificar la presentación, nos limitaremos a indicar los principales puntos a considerar sobre el ciclo de nutrientes (Cuadro 1).

Al analizar el Cuadro 1, uno puede darse cuenta:

1. de la importancia capital del mulch, en todas las etapas del ciclo, ya sea como fuente o como drenaje de nutrientes, lo que lo califica como regulador principal del ciclo de los nutrientes en el sistema de aboneras. Su contribución está estrechamente relacionada con la intensidad de la mineralización y el aporte periódico de material orgánico fresco. También participa activamente en las redistribuciones internas que toman lugar permanentemente entre el mulch, la materia orgánica del suelo, la biomasa microbiana y la solución del suelo.
2. del papel de las malezas, que inmovilizan nutrientes al absorberlos durante su crecimiento y los restituyen al ser nuevamente incorporadas al mulch durante las deshierbas
3. del papel de las prácticas agrícolas en la alimentación del mulch y la exportación de nutrientes.

La fase de acumulación durante la estación lluviosa

Quizá la forma más sencilla de analizar el papel desempeñado por el ciclo de la mucuna, es considerando este último como una fase de acumulación y reciclaje de nutrientes (N claramente, pero también P, K, Ca y micronutrientes).

Una de las preguntas-clave es, que tan rápido toma lugar esa acumulación durante el ciclo de la mucuna. No podemos cuantificar el ritmo detallado durante todas las etapas de desarrollo de la mucuna, ya que sólo medimos biomasa entre floración (octubre) y chapia (diciembre) durante un sólo año. Resulta que la mucuna parece acumular activamente biomasa (materia seca) en este

Cuadro 1. Principales fuentes y drenos de nutrimentos en el sistema de aboneras, Litoral Atlántico de Honduras.^{1/}

Periodo	Entradas en el sistema			Salidas del sistema		
	Fuente	Pozo	mecanismo	Fuente	Pozo	mecanismo
dic. a febrero	mucuna	mulch	chapia	mulch	malezas	min/abs
				M.O. suelo	medio ambiente	min/lix+vol+esc
febrero a abril	malezas (urea)	mulch (sol. suelo)	limpia (fert.)	mulch	malezas	min/abs.
				M.O. suelo	maíz, (mucuna) medio ambiente	min/abs min/lix+vol+esc
mayo a junio	malezas cañas de maíz (atmosfera)	mulch mulch (mucuna)	limpia min (fij)	mulch	(maíz)	(cosecha)
				M.O. suelo	mucuna medio ambiente	min/abs min/lix+vol+esc
julio agosto	(atmosfera)	(mucuna)	(fij)	mulch M.O. suelo	mucuna medio ambiente	min/abs min/lix+vol+esc
sept. a nov.	hojas mucuna	mulch	caida espont.	M.O. suelo	mucuna medio ambiente	min/abs min/lix+vol+esc

^{1/} * min = mineralización; abs = absorción; lix = lixiviación; vol = volatilización; esc = escorrentia; fert = fertilización; fij = fijación simbiótica. El uso de parentesis denota entradas o salidas importantes que no se observan sistemáticamente, o que toman lugar en las fronteras del sistema.

periodo, con un aumento promedio aparente de 40% en menos de tres meses: de 10 t/ha a 14,2 t/ha. En términos de nitrógeno, el aumento es menor: solo 26% en promedio, pasando de 243 a 305 kg/ha, reflejando probablemente la mineralización activa que toma lugar aún durante el ciclo de la mucuna y también la importancia de la redistribución interna del N, acumulado hasta octubre. Una conclusión importante es que sería algo arriesgado, querer acortar el ciclo de la mucuna (considerando que ocho meses es un lujo) ya que se perderían cantidades considerables de biomasa y de nutrimentos, lo que posiblemente afectaría el potencial de rendimiento del maíz.

La fase de redistribución durante la temporada seca

Al chapiar la mucuna, el agricultor propicia su descomposición bajo la acción conjunta de la flora y mesofauna (hongos, bacterias, etc.) presentes en o cerca de la superficie del suelo. Al descomponerse, el mulch de mucuna libera los nutrimentos, que esta última había acumulado durante su ciclo. Al volverse disponibles nuevamente en solución, estos nutrimentos son absorbidos total o parcialmente por una serie de organismos (animales o vegetales) que los necesitan para su crecimiento y desarrollo: entre ellos, el maíz pero tam-

bién las malezas, o los propios microorganismos del suelo. Los nutrimentos no asimilados pueden perderse por volatilización, lixiviación, o también ser incorporados en la materia orgánica estable (el "humus") después de transformaciones sucesivas.

Cabe recordar que el proceso de descomposición es gradual y sujeto a la influencia de las condiciones climáticas: en particular, las condiciones muy secas, frenan la descomposición, hecho importante que considerar debido a que el mulch queda totalmente expuesto a la desecación por estar ubicado a la superficie del suelo.

Al igual que en el caso de la acumulación de nutrimentos, una pregunta crítica es saber cual es la tasa de descomposición del mulch. Mediciones realizadas entre diciembre 93 y mayo 94 (un año excepcionalmente seco) permiten estimar indirectamente tasas de descomposición (con base a materia seca) del 33% en los 80 primeros días después de la chapia y 17% adicionales entre los 80 y 160 días (cuando la sequía fue casi total). En terminos de nitrógeno, las tasas son del 40% y del 18% respectivamente para los mismos períodos, correspondiendo a una liberación promedio de 103 y 28 kg de N por hectarea, probablemente inferior a la que se da durante una postrera mas húmeda.

Dinámica del N mineral

Debido a la importancia capital de la mineralización para el ciclo del N en el sistema de aboneras, vale la pena conocer la intensidad y dinámica de este proceso, especialmente durante la fase de redistribución del N, ya que interesa el N disponible para el cultivo de maíz. Una primera aproximación consiste en seguir el contenido de N mineral de la solución del suelo durante el ciclo del maíz. Sin entrar en detalle, la Figura 1 sintetiza los datos obtenidos durante dos años consecutivos (postreras 92/93 y 93/94) en parcelas con varios años en la rotación maíz/mucuna. El N mineral (expresado en kg de N por hectárea) representa la suma del NO₃ y del NH₄ encontrados en cada fecha en muestras de suelo colectadas entre 0 y 60 cm de profundidad. Cabe señalar que esta evaluación no toma en cuenta el N directamente absorbido por las raíces (de maíz, de malezas) presentes en el mulch y también el N orgánico presente en la solución del suelo, cuya contribución parece ser del mismo orden de magnitud que la del N mineral.

Con base en la Figura 1, cabe destacar lo siguiente:

- a) a pesar de la cierta variabilidad entre parcelas en cuanto a niveles de N, puede considerarse que todas las parcelas muestreadas presentaron un comportamiento bastante uniforme.
- b) poco después de la chapia de la mucuna y por unas tres a cuatro semanas, hay un marcado incremento en la disponibilidad de N mineral en el perfil de suelo, con niveles máximos, alrededor de 100 kg/ha.
- c) hay una buena sincronización entre la demanda de N por parte del maíz en crecimiento y la liberación de N, que se origina de la mineralización del mulch y de la materia orgánica del suelo. La disminución del N disponible en el perfil, se debe seguramente en gran parte a la absorción activa de N por el maíz o las malezas durante este periodo.
- d) hay bastante N disponible en el suelo durante todo el año, aún cuando no hay demanda por parte del maíz: este N es probablemente reciclado parcial o totalmente por la propia mucuna, lo que invita a interrogarse sobre la importancia real de la fijación simbiótica en el sistema de aboneras.
- e) la mayoría del N disponible se encuentra en los primeros 10 a 15 cm del perfil, a la vez que la cantidad de N en los horizontes más profundos es relativamente baja, dando a pensar que las pérdidas por lixiviación deben de ser modestas.
- f) finalmente, hay una tendencia a encontrar menos N mineral en el perfil en 93/94 comparado con 92/93 para periodos similares del ciclo de maíz (por

ej. alrededor de 45 kg/ha a los 45 dds vs. 65 kg/ha resp.).

Respuesta del maíz a aplicaciones de nitrógeno externo

Desde el punto de vista del cultivo de maíz, no importa mucho de donde viene el nitrógeno, con tal de que haya suficiente en la solución del suelo, durante los períodos en que la planta lo requiere para su crecimiento. Una forma relativamente sencilla de determinar si hay suficiente N, es agregándolo al suelo y ver si la planta responde a esta adición: si no y asumiendo que no interactuaron otros factores con la respuesta al N, uno puede concluir que el suministro "natural" de N cubre las necesidades del cultivo. Si la respuesta es significativa, esto indica que el suministro de N durante el ciclo del maíz no fue adecuada sea en términos de cantidades o de disponibilidad instantánea.

Aunque la respuesta a N fue muy variable de una parcela para otra, la respuesta promedio fue más fuerte en 93/94, comparado con el año anterior, lo que está en acuerdo con las tendencias detectadas en cuanto a disponibilidad de N mineral en el perfil (véase 4.4). Ya que el N total acumulado por la mucuna al momento de la chapia fue similar entre los dos años, una interpretación razonable permite relacionar la amplitud de la respuesta con la precipitación recibida durante la postrera. Durante una postrera relativamente húmeda como la del 92/93, hubo una mineralización activa del mulch proporcionando cantidades de nitrógeno suficientes para el maíz, mientras que durante una postrera muy seca como la del 93/94, la mineralización fue menor por falta de agua, conduciendo a cierta deficiencia en N, que pudo ser compensado por un aporte externo de urea. Cabe recordar que en la Costa Norte, la probabilidad de tener una postrera muy seca, es relativamente baja, indicando que en promedio, habría poca necesidad de aplicar urea en parcelas con producción abundante de biomasa de mucuna, cuando menos bajo el manejo seguido por la mayoría de los agricultores en la actualidad.

EVOLUCION DEL PERFIL DE SUELO A LARGO PLAZO

Los efectos a largo plazo son una consecuencia de la repetición año tras año de los mecanismos parcialmente analizados en el párrafo anterior. Representan el balance neto dejado por los dos mecanismos opuestos de acumulación de materia orgánica y nutrimentos por un lado y de descomposición de esta materia orgánica y salidas definitivas de nutrimentos del sistema del otro

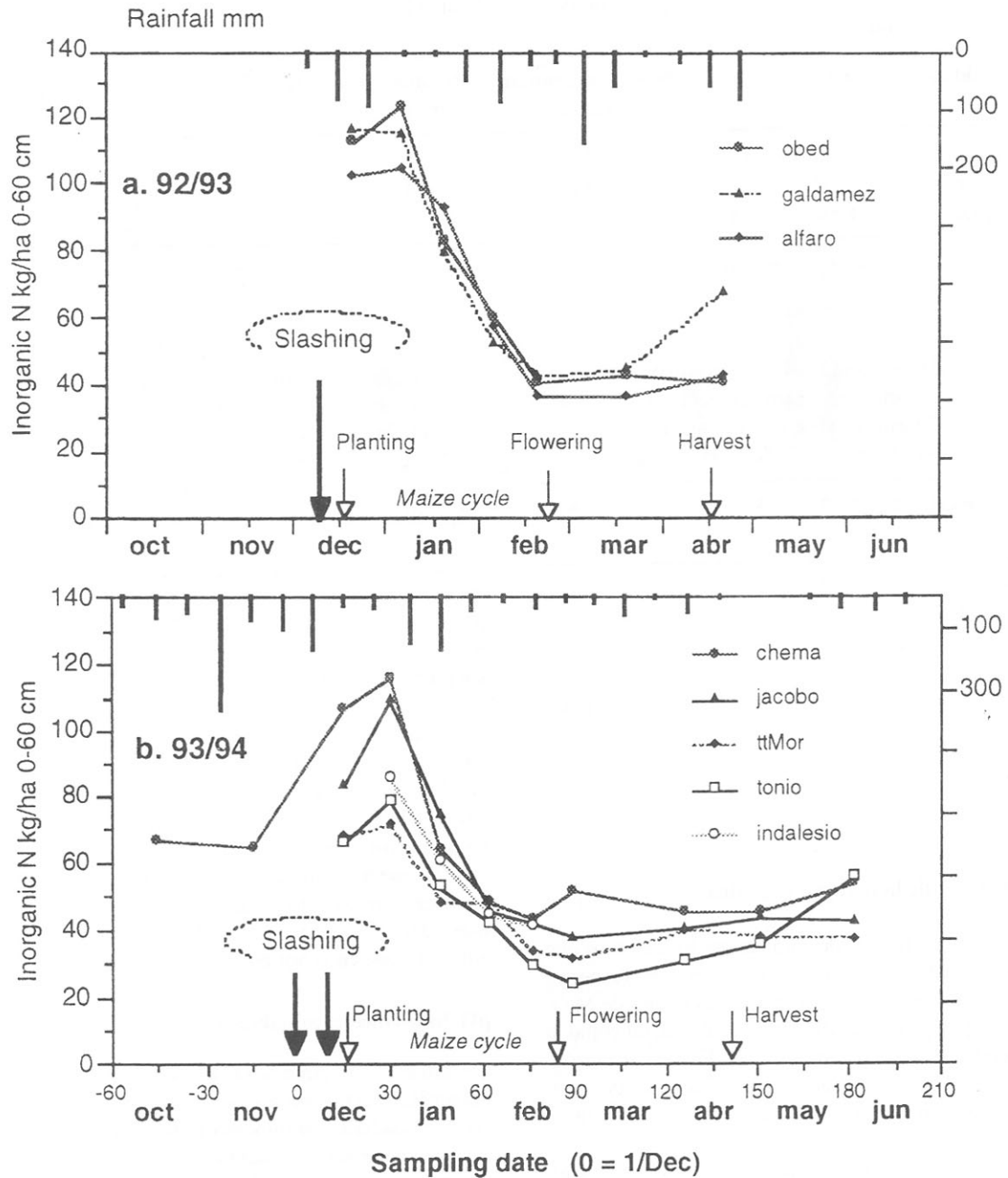


Fig. 1. Dinámica del nitrógeno mineral en el perfil del suelo (0-60 cm) en parcelas bajo el sistema de aboneras, Ciclo 92/93 y 93/94. San Francisco de Saco, Honduras

lado. Debido a la metodología empleada para caracterizar estos efectos (el uso de un esquema de cronosecuencias), no podemos hacer más que deducir de manera indirecta las tendencias aparentes de la evolución de algunas de las características del suelo de parcelas sometidas al sistema de aboneras. Finalmente cabe destacar que en

una perspectiva de sostenibilidad y específicamente de conservación del medio ambiente, lo que importa es predecir cambios negativos eventuales, indicativos de una degradación del recurso suelo. Por el contrario, características estables o mejoradas indican que el sistema es sostenible en su forma presente.

Cuadro 2. Respuesta del maíz a una aplicación de 50 kg N-urea/ha en el sistema de aboneras, Litoral Atlántico, Honduras

Localidad	año	(n) ^{1/}	N total al chapiar (kg/ha)	Rendimientos sin (N t/ha)	efecto+ 50N	sitios c/ respuesta signif. al N
San Francisco	1993	(3)	247	3,5	+0,1	0/3
San Francisco	1994	(7)	254	4,0	+0,6	3/7
Las Mangas	1994	(3)	220	3,2	+0,5	1/3

^{1/} n= número de parcelas de ensayo

Cuadro 3. Distribución del carbono orgánico (%) en los primeros 15 cm del suelo en parcelas con 0 hasta 15 años en el sistema de aboneras, San Francisco de Saco, Honduras

clase edad	edad	1*/	2	3	4	5	6
testigos	0	3,01	2,14	1,77	1,48	1,33	1,12
1-3 años	1,9	3,36	2,51	2,06	1,72	1,44	1,27
4-6 años	4,8	4,20	2,76	1,98	1,50	1,20	1,01
7-9 años	8,0	4,55	2,90	2,04	1,63	1,37	1,18
>10 años	12,7	4,30	2,71	1,98	1,63	1,36	1,18

*/ 1 = hor. 0-2,5 cm; 2 = hor. 2,5-5 cm; 6 = hor. 12,5-15 cm

La dinámica de la materia orgánica

Hay varias formas de caracterizar los cambios que afectan la materia orgánica en el sistema de aboneras: una forma es analizando las cantidades totales de M.O. presentes y la otra es analizando su calidad, tal como la refleja por ejemplo su composición. En esta discusión, vamos a usar datos colectados en San Francisco de Saco, por ser más completos, que los de cualquier otro sitio.

Estos datos son típicos de los cambios que afectan un perfil en un sistema de cero-labranza. El aporte de materia orgánica se hace por encima del perfil, sin ninguna incorporación, los primeros 5 cm del perfil son donde se nota claramente la acumulación de M.O., mientras que a profundidades mayores de 10 cm, casi no pueden detectarse diferencias.

Usando una muestra más completa de parcelas, se observaron los cambios siguientes en el horizonte 0-10 cm: el C orgánico aumenta de 2,13%, en parcelas sin mucuna, a 2,39% en parcelas de 4-6 años con mucuna y

2,76% en parcelas con más de 12 años. Acompañando los cambios en C orgánico, hubo cambios simultáneos en las cantidades de N total presentes en el perfil (0,21%, 0,24% y 0,29% respectivamente), reflejándose en la estabilidad relativa de la relación C:N: 10, 10,1 y 9,4 respectivamente para los mismos grupos de parcelas.

A medida que fueron aumentado los niveles totales de N, su disponibilidad (para mineralización y reciclaje) parece ir aumentando, tal como lo indican los datos de potencial de mineralización: 31 ppm de N para parcelas sin mucuna vs. 41 ppm para aboneras viejas.

También es interesante evaluar las tasas netas anuales de almacenamiento de C y N en los diez primeros cm del perfil. Para carbono, se trata de un promedio de 0,05% anuales (min: 0,016 y max: 0,106), representando un almacenamiento promedio de más de 1/2 t.ha⁻¹ de C en este horizonte cada año. Para N, la tasa anual de almacenamiento neto alcanzó 0,006% (min: 0,0022 y max: 0,0105%), o sea alrededor de 70 kg de N.ha⁻¹ almacenados, en el horizonte 0-10 cm cada año.

pH, bases intercambiables y fósforo

No hubo ninguna tendencia hacia la acidificación del perfil con el tiempo, al contrario, como lo comprueban la estabilidad o ligero aumento de pH, el incremento en la cantidad de bases intercambiables y los niveles insignificantes de Aluminio (Figura 2). Esta acidificación podría haberse manifestado debido a las grandes cantidades de N liberadas por la mucuna y potencialmente disponibles para ser lixiviadas. El hecho de que no se detectó acidificación alguna parece confirmar las observaciones hechas en 4,4 y resalta la probable importancia del reciclaje de N en el sistema de aboneras.

En cuanto a la tendencia a tener más fósforo disponible con el tiempo, una interpretación posible involucraría el proceso de solubilización del P del suelo, propiciado por la mucuna y su subsecuente retención y

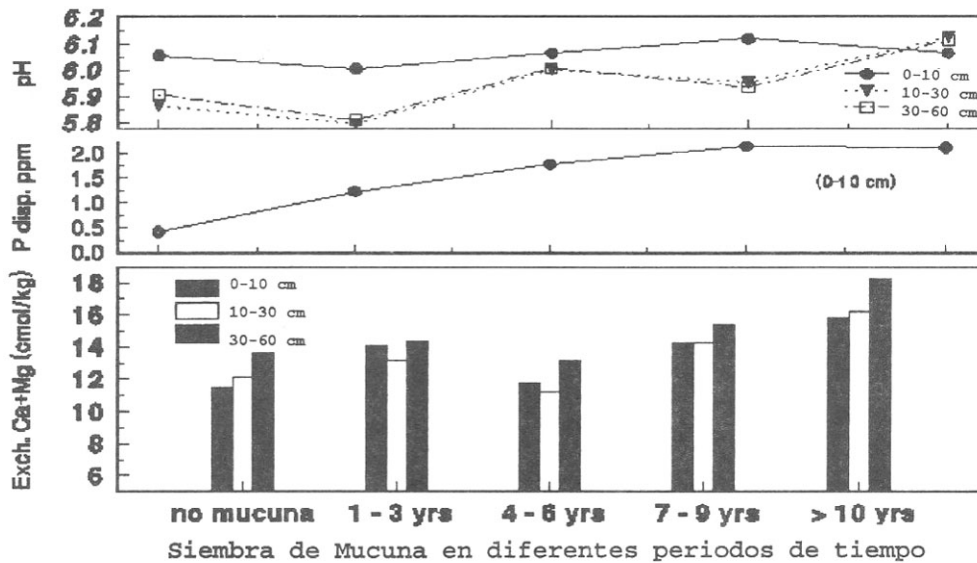


Fig. 2. Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el tiempo en el sistema de aboneras, San Francisco de Saco, Honduras.

reciclaje en el mulch y en los primeros cm del suelo (Schlather y Duxbury, 1994).

Cambios en las propiedades físicas

La evaluación llevada a cabo en este estudio fue menos sistemática que en el caso de las propiedades químicas, e incluyó menos parcelas, por razones logísticas obvias. También cabe destacar la fuerte variabilidad intra-parcela de las propiedades físicas, un hecho ampliamente documentado en la literatura.

Es todavía posible detectar algunas tendencias indicativas de la dinámica que afecta las propiedades físicas del perfil de suelo. Por ejemplo, las tasas de infiltración aumentan en parcelas con muchos años en el sistema de aboneras, pasando de 46 mm/hora en promedio para parcelas sin mucuna o con menos de dos años en el sistema, a unos 67 mm/hora, para parcelas entre 5-7 años y 81 mm/hora para parcelas con más de diez años. Simultáneamente, las tasas de escurrentía respectivas (obtenidas después de haber aplicado lluvias artificiales con una intensidad alrededor de 100 mm/hora, un nivel fuerte aún en el litoral atlántico) alcanzaron 49%, 32% y 24% para las mismas parcelas (Van Es, Triomphey y Schindelbeck, 1994).

La porosidad total del horizonte 0-10 cm (el opuesto de la densidad aparente) parece aumentar

ligeramente con el tiempo transcurrido en el sistema de aboneras, pasando de menos de 52% a 55% y a 57% siempre para los mismos tres grupos de parcelas. Este incremento no parece traducirse en una macroporosidad significativamente más importante en los primeros 10 cm del perfil. Estos datos confirman la percepción de los agricultores, quienes hablan de “ablandamiento” del suelo bajo la rotación maíz/mucuna, cuyo origen no queda muy claro (acción de las raíces de la mucuna vs. actividad de las lombrices y otros miembros de la mesofauna del suelo, por ejemplo).

Finalmente y aún que no podamos presentar datos cuantitativos al respecto, cabe destacar el hecho de que no parece haber erosión alguna en el sistema de aboneras, si uno acepta los derrumbes locales y otros signos de degradación, como fenómenos irremediables que afectan periódicamente algunas parcelas (con o sin mucuna) cuando las lluvias rebasan los 200 a 300 mm en unos pocos días.

IMPLICACIONES PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE CULTIVOS SOSTENIBLES Y PRODUCTIVOS

Al cabo de esta presentación, en la cual se discutieron algunos de los mecanismos y efectos observados

en el sistema de aboneras, vale la pena reflexionar sobre las lecciones que nos enseñan tanto el funcionamiento de este sistema como la historia de su adopción (Buckles, 1993) en cuanto a la concepción de sistemas de cultivos sostenibles.

Características sobresalientes de la rotación maíz/mucuna

Cabe enfatizar una vez más, algunas de las ventajas indiscutibles del sistema de aboneras. Requiere poca mano de obra y pocos insumos externos. Ofrece al agricultor una buena productividad física en su forma presente (rendimientos promedios de 2,5 a 3,5 t/ha) y a la vez un alto potencial productivo a futuro (los mejores rendimientos observados superan los 6 t/ha). Estas ganancias en productividad comparado con el sistema tradicional se logran sin ninguna degradación aparente del recurso suelo. Finalmente, es una innovación fácil de adoptar aún sin ayuda de parte de un sistema oficial de extensión, lo que obviamente constituye una de sus características más deseables, esto en un contexto de disminución de las capacidades públicas de intervención en la agricultura campesina.

Factores y condiciones específicos a la Costa Norte de Honduras

Mucha gente sueña con duplicar los resultados obtenidos en la Costa Norte en otras regiones de Centro América y tienen tendencia a considerar la mucuna como una receta universal. Sin embargo, tal actitud es peligrosa ya que el sistema de aboneras constituye una adaptación única a un conjunto de factores y condiciones relativamente específicos de la Costa Norte de Honduras. Pocas regiones con lluvias abundantes y bien distribuidas, con suelos fértiles y condiciones de mercado tan ventajosas. Además con presión demográfica moderada que le han permitido dedicar sin mayor problema parcelas enteras a lo que se puede considerar como un ciclo de “barbecho mejorado” de ocho meses de duración. Lo que probablemente puede extrapolarse, son los principios que forman la base del sistema de aboneras, quedando como trabajo diseñar sistemas específicos que permitan hacer uso de ellos.

El mulch, ¿un principio con validez general?

Claramente, la clave del sistema de aboneras está constituida por la creación y el mantenimiento de un mulch casi perenne que cumple múltiples funciones cruciales: dispositivo anti-erosivo eficiente y barato, ayuda en la conservación de agua y nutrimentos y ayuda en el control de malezas. Contrariamente a muchas

propuestas concebidas por agrónomos que pretenden aumentar la productividad agrícola, con base a la adopción de todo un paquete tecnológico complejo, la integración de tan sólo una innovación (el mulch), permite transformar positivamente en un sólo golpe casi todos los aspectos del sistema de producción. Ahora bien, hay que reconocer que producir y mantener un mulch suficiente, representa un gran reto para los que trabajan en regiones con un potencial limitado para la acumulación anual de biomasa vegetal y en donde la competencia para acceso a la tierra es fuerte (por el ganado o los propios agricultores) (Buckles y Barreto, 1995).

El papel del científico en la concepción y el mejoramiento de los sistemas de cultivos

Esperando que este estudio haya servido para presentar una vez más los grandes beneficios que pueden derivarse al aceptar partir de la experiencia y la realidad de los agricultores, para concebir y mejorar los sistemas de cultivos presentes con su participación activa. En mi opinión, es menester y justificado muy a menudo salir del esquema tradicional del tipo ‘transferencia de tecnología’, especialmente cuando el cliente principal de este proceso vive al margen de la sociedad industrial-comercial de donde salió el modelo de transferencia, por razones geográficas o socioeconómicas.

Otra lección importante consiste en reconocer la necesidad de trabajar con un enfoque de “sistemas”, para maximizar la probabilidad de identificar los problemas y las oportunidades más relevantes para desarrollar alternativas atractivas para los agricultores. Desafortunadamente, hay un énfasis exagerado en los círculos académicos y profesionales, hacia estudios y acciones muy disciplinarias, sin considerar de cerca las interacciones con otros componentes y factores. Hay que seguir luchando por crear condiciones adecuadas para que los agrónomos estudien y adopten un enfoque de sistema, no por ser una moda intelectual, sino por ser una necesidad metodológica de rutina.

Al mismo tiempo, es muy necesario dedicar esfuerzos especiales para analizar adecuadamente los mecanismos biológicos que forman la base de los efectos o resultados encontrados en los estudios agronómicos llevados a cabo en parcelas de agricultores o en las mismas estaciones experimentales. Sin este entendimiento, los agrónomos están condenados a repetir trabajos cuya única originalidad consiste en el sitio o el año en que se desarrolla, sin ofrecer posibilidades claras de extrapolar resultados a otros sitios o años. Claramente,

queda mucho por hacer en este sentido y se requiere de inversiones significativas a varios niveles para lograr mejorar esta situación.

Finalmente, considerando las fuertes limitaciones prácticas que afectan a las instituciones de muchos países tropicales, parece aconsejable reconsiderar la forma en que los recursos están distribuidos dentro de aquellas instituciones encargadas de la investigación agronómica. En mi opinión, sería probablemente más eficiente en el largo plazo trabajar relativamente a fondo en pocos sitios y sobre pocos temas, con métodos y herramientas de bajo costo (pero bien adaptados a los objetivos), que seguir esparciendo recursos minúsculos entre innumerables temas o sitios, alcanzando en el proceso más frustraciones que verdaderos logros.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer la contribución esencial que tuvieron a lo largo de este estudio los agricultores de San Francisco de Saco (Atlántida) y especialmente a Don Jose María Ayala Enríquez, no sólo por haber compartido pacientemente sus experiencias y parcelas conmigo, sino también por estar dentro de los principales creadores del sistema de aboneras. La investigación ha sido financiada conjuntamente por el CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Francia) y el CIIFAD (Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, Estados Unidos) y constituye una parte de mi tesis de doctorado con la Universidad de Cornell, bajo la asesoría del Dr. Mt. Pleasant. Además agradecer especialmente a Marco-Antonio Ponce, Luis Brizuela, Secarlos Padilla, estudiantes del Departamento de Suelos del CURLA/UNAH (Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras), a los Ing. Manuel López y Oscar Espinal, profesores del mismo Departamento, al Ing. Orly García y a la Ing. Angela Munguia, de la Secretaria de Recursos Naturales, así como a Pedro Baca, Guillermo Rosales y María Grisel Navarro y Christian Alix, técnicos y asesor respectivamente del PDBL (Proyecto de Desarrollo del Bosque Latifoliado).

LITERATURA CITADA

- BUCKLES, D.; PONCE, SAIN, G. I.; MEDINA, G. 1992. Tierra cobarde se vuelve valiente. Uso y difusión del frijol de abono (*Mucuna deeringianum*) en las laderas del litoral atlántico de Honduras. CIMMYT, El Batán, México
- BUCKLES, D. 1993. La mucuna, una planta "nueva" con historia. CIMMYT, El Batán, Mexico
- BUCKLES, D.; BARRETO, H. 1995. Intensificación de sistemas de agricultura tropical mediante leguminosas de cobertura: Un marco conceptual. Ponencia presentada al XLI PCCMCA, Tegucigalpa, 27 al 31 de marzo 1995
- BUNCH, R. 1993. El uso de abonos verdes por los campesinos: lo que hemos aprendido hasta la fecha. CIDICCO, Tegucigalpa, Honduras., 2da. edicion.
- BYERLEE, D.; TRIOMPHE, B.; SEBILLOTTE, M. 1991. Integrating agronomic and economic perspectives into the diagnostic stage of on-farm research. Exp. Agric. 27:95-114
- FLORES, M. 1987. El uso del frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) por agricultores de la costa norte de Honduras para la producción de maíz. CIDICCO, Tegucigalpa, Honduras.
- PICKETT, S.T.A. 1988. Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. In: Long-term studies in ecology (G.E.Likens, ed.). Springer-Verlag, New York, NY.
- SCHLATHER, K.; DUXBURY, J. 1994. Phosphorus dynamics in Slash/Mulch bean production in Costa Rica. In: Agronomy Abstracts, p. 70, ASA, Madison, WI
- THURSTON, H.D.; SMITH, M.; ABAWI, G.; KEARL, S. 1994. Tapado. Sistemas de siembra con Cobertura. CATIE y CIIFAD, Cornell University, Ithaca, NY
- TRIOMPHE, B.; MT. PLEASANT, J. 1994: Long-term trends in soil fertility under a mucuna-Corn Rotation in the Hillsides of Northern Honduras. In: Agronomy Abstracts, p. 357, ASA, Madison, WI
- TRIOMPHE, B. 1995. Tesis de Ph.D, Cornell University (forthcoming)
- VAN ES, H.; TRIOMPHE, B.; SCHINDELBECK, R. 1994. Infiltración and run-off under velvetbean-maize on steep hillsides in Honduras. In: Agronomy Abstracts, p. 357, ASA, Madison, WI.