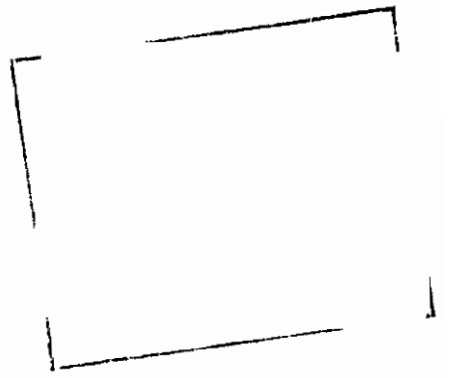




CIAT
64837
COLECCION HISTORICA

ALTERNATIVAS AL SISTEMA DE AGRICULTURA
MIGRATORIA EN AMERICA LATINA*

Pedro A. Sánchez**

CIAT
BIBLIOTECA

La agricultura migratoria es un sistema de uso de la tierra que se practica en un área inmensa del trópico americano: aproximadamente 720 millones de hectáreas o sea el 49% del área total del hemisferio comprendido entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (Figura 1). Este sistema predomina en las zonas menos pobladas, tales como los bosques húmedos tropicales y en terrenos empinados o marginales cerca de zonas más pobladas. Aunque conocida por varios nombres en América Latina (milpa, conuco, roza, chacra, monte, etc.), la agricultura migratoria es sinónimo del campesinado pobre y de baja productividad por hectarea.

Existen alternativas para mejorar o eliminar este sistema? Hasta hace poco el consenso era de que no existían alternativas realistas, económicas y ecológicamente factibles (Miller 1967, Watters 1971, Tosi 1974, Goodland e Irwin 1975). Una serie de proyectos experimentales y comerciales recientes, sin embargo, demuestran que existen no una sino varias alternativas prometedoras de explotación agropecuaria continua en los trópicos húmedos americanos en donde actualmente predomina la agricultura migratoria.

* Trabajo presentado ante la Reunión sobre Manejo, Conservación de Suelos y Agricultura Migratoria en América Latina, patrocinada por FAO/SIDA, Lima, Perú, Octubre 5, 1977.

** Especialista en Suelos y Coordinador del Programa Ganado de Carne, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia y Profesor Asociado de Ciencias de Suelo, Universidad Estatal de Carolina del Norte, U.S.A.

Antes de discutir alternativas, hay que conocer bien el sistema que se desea cambiar, tanto sus ventajas como sus desventajas. El propósito de este trabajo es resumir a grandes rasgos el estado actual de la agricultura migratoria en este hemisferio y describir algunos de los nuevos sistemas de uso continuo de la tierra recientemente desarrollados.

AGRICULTURA MIGRATORIA TRADICIONAL

La agricultura migratoria es considerada por muchos como el sistema más primitivo de agricultura y como un fenómeno netamente tropical. Aunque existe variación considerable, las características principales del sistema son muy similares, así como las condiciones bajo las cuales se practica actualmente en el trópico y se practicaba en las regiones templadas.

La agricultura migratoria ha sido definida por Watters (1971) como un sistema de uso de la tierra caracterizado por la rotación de campos en vez de cultivos, por el desmonte manual y quema, seguido de cultivos por 1 a 3 años y por períodos de descanso, en donde la mano de obra es la principal fuente de energía y donde el arado y los fertilizantes raramente se usan.

El caso típico consiste en el desmonte de 1 a 3 hectáreas de bosque virgen o secundario con hacha y machete, durante las épocas de menos lluvias y pocas horas de que comience el invierno. Sin más preparación de terreno, los agricultores siembran cultivos como maíz, arroz, yuca y otros, abriendo huecos en el suelo con palos conocidos como "espeques" o "tacarpos". Normalmente se siembran a la vez dos o más cultivos en forma intercalada. El único abono que reciben proviene del contenido mineral de las cenizas. Se

practica un control de malezas manual o a veces químico durante los primeros meses. Después de uno o dos años de cultivos, el terreno es abandonado, el bosque rebrota y crece por un período de 4 a 20 años antes de reanudarse el ciclo (Sánchez, 1973). Cada año el agricultor repite esta práctica en un terreno diferente, utilizando un total de 5 a 10 hectareas de bosque en varios estados de recuperación por cada hectarea bajo cultivo.

Otras descripciones de este sistema en América Latina han sido publicadas por Popenoe (1960), Cowgill (1962), Conklin (1963), Haney (1968), Snedaker y Gamble (1969), Watters (1971), Harris (1971), Sánchez y Nureña (1972), Scott (1975) y Kirby (1976). Estos estudios indican que la agricultura migratoria se practica en todo tipo de suelos, de ácidos a calcáreos y bajo regímenes de lluvia de 750 a 7500 mm anuales.

Por medio de encuestas se ha demostrado que el agricultor abandona su chacra cuando la experiencia le indica que la próxima cosecha rendirá menos de la mitad que la anterior (Cowgill 1962, Watters 1971). La Figura 2 indica que esto puede suceder en uno o varios años. Generalmente, el descenso de rendimiento es más lento en suelos de más alta saturación de bases, lo cual puede verse en dicha figura al comparar los suelos de orden Mollisol, Alfisol y Ultisol. Algunos cultivos son más tolerantes que otros en la reducción de rendimiento. Esto puede apreciarse al comparar arroz de secano, yuca, pasto guinea y una rotación de arroz-maíz-soya en el suelo Ultisol de pH 4 en la Figura 2.

Las causas principales de la reducción de rendimiento son la pérdida

de fertilidad natural del suelo después del desmonte y quema, y la invasión de malezas. En general, la pérdida de fertilidad es el factor principal en suelos ácidos y la invasión de malezas, en suelos más fértiles (Sánchez 1976). En donde se practica la agricultura migratoria en forma tradicional, otros factores tales como la deterioración de las propiedades físicas del suelo, ataques de enfermedades o plagas y erosión no se consideran importantes (Popenoe 1960, Watters 1971, Sánchez 1973, 1976).

Es importante recalcar que el descenso de productividad en suelos sin abonar y mal desyerbados no es un problema solamente del trópico húmedo. Con la excepción de unos pocos suelos de muy alta fertilidad, esta situación ocurre también en la zona templada. En Estados Unidos y Europa la agricultura migratoria también era el sistema predominante hasta cuando se pudo mejorar la fertilidad de los suelos mediante aplicaciones de abonos orgánicos o químicos (Greenland 1974).

El sistema de agricultura migratoria tradicional tampoco es tan primitivo como aparenta a primera vista. Los estudios detallados de Watters (1971) en América Latina y de Nye y Greenland (1960) en África demuestran que el agricultor utiliza conceptos bastante avanzados en manejo de suelos, en combinaciones de cultivos y en su recurso más limitante: la mano de obra de su familia. Un análisis reciente efectuado por Greenland y Herrera (1977) indica que el agricultor migratorio tradicional produce 16 calorías de alimento por cada caloría de mano de obra, mientras que el agricultor altamente técnico de los Estados Unidos produce sólo 3 calorías de alimento por cada caloría de petróleo que utiliza en maquinaria y abonos. Un análisis realizado con

agricultores migratorios de varios países del mundo, incluyendo Venezuela, indica que estos sistemas son económicamente rentables (Debasi-Schweng, 1974).

La agricultura migratoria tradicional, por lo tanto, es un sistema eficiente en términos del uso de recursos escasos (mano de obra y no tierra), permite el abastecimiento nutritivo de la familia al nivel de subsistencia o poca comercialización en forma estable y mantiene el equilibrio ecológico del bosque sin causar erosión u otro daño al medio ambiente. La gran desventaja es que no permite elevar el nivel de vida en forma considerable, ni permite un aumento fuerte en la producción por hectárea. En el Perú, por ejemplo, el agricultor de la selva necesita alrededor de 60 hectáreas, incluyendo aquellas en rebrote de bosque, para producir la misma cantidad de arroz al año (6 toneladas) que el arrocero costero altamente tecnificado produce en una hectárea.

AGRICULTURA MIGRATORIA EN DESEQUILIBRIO

La agricultura migratoria tradicional está desapareciendo rápidamente en muchas regiones de América Tropical debido a las intensas presiones demográficas en las zonas andinas, el nordeste brasileño y los grandes centros urbanos que causan la migración de colonos a la selva y regiones afines. Tardíamente o temprano estos colonos, que desconocen el medio, se ven forzados a practicar agricultura migratoria al no poder controlar la pérdida de fertilidad y el vigoroso rebrote del bosque, ya sea en pequeñas extensiones o en grandes áreas desmontadas por minería. Sin embargo, cuando la presión demográfica

mayoría tienen un pH bajo, alta saturación de aluminio, baja saturación de bases y baja capacidad de intercambio catiónico. Poco después del desmonte y quema, presentan deficiencias de la mayoría de los elementos nutritivos, especialmente de fósforo. La capacidad de fijación de este elemento es alta cuando la capa superficial es arcillosa. Los Ultisoles con capa superficial arenosa son susceptibles a la compactación y erosión.

Aproximadamente el 6% del área es ocupada por suelos aluviales mal drenados (Gleysoles o Aquepts) a lo largo de los grandes ríos. Estos suelos llamados "várzeas" en Brasil son generalmente de alta fertilidad pero susceptibles a inundaciones. También se incluyen en este grupo los suelos pantanosos o "aguajales" del Perú con baja fertilidad natural y zonas similares en la Amazonía venezolana.

Lo más interesante de este cuadro es la extensión de 16 millones de hectáreas de Alfisoles, la cual incluye 9 millones de hectáreas de suelos clasificados como Nitosoles Eútricos, llamados Terra Roxa Estruturada en Brasil. Estos suelos aunque ocupan solamente el 2.3% del área, son de gran importancia debido a su alta fertilidad natural. El descubrimiento de manchas de Terra Roxa en la carretera Transamazónica y en el Territorio de Rondônia en Brasil ha provocado un fuerte desarrollo agrícola a base de cultivos de cacao (Falesi 1972, Alvyn 1976). Estos suelos también se encuentran en extensiones considerables en el Oriente Ecuatoriano, la Selva Alta del Perú y en Guayana. La Figura 3 ilustra las diferencias de fertilidad natural entre estos Alfisoles y los Ultisoles y Oxisoles más comunes.

Otros suelos con buen potencial agrícola incluyen 6 millones de hectareas de suelos aluviales bien drenados (Fluvisoles), la gran mayoría de los cuales están ya en producción; pequeñas extensiones de Andosoles en Ecuador y Colombia y de Vertisoles en Perú y Brasil. El área total de suelos bien drenados de alta o moderada fertilidad natural en bosques húmedos tropicales de Sur América suma 24 millones de hectareas, o sea, un 3.4% del total.

El Cuadro 1 también indica una extensión considerable de suelos pésimos: 17 millones de hectareas de Litosoles (suelos poco profundos) principalmente en zonas onduladas y 6 millones de hectareas de suelos sumamente arenosos, los cuales incluyen los llamados Podzoles gigantes del trópico. Ambos tipos de suelos deben permanecer en su estado natural.

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA CONTINUA EN ULTISOLES: YURIMAGUAS

En 1972 se inició un proyecto de manejo de suelos tropicales en Yurimaguas, Perú, conducido por el Ministerio de Alimentación del Perú y la Universidad Estatal de Carolina del Norte. El objetivo es desarrollar alternativas para la agricultura migratoria en Ultisoles bien drenados, bajo una precipitación anual de 2000 mm, sin estación seca marcada y en un área donde la presión demográfica ha comenzado a desequilibrar el sistema tradicional de agricultura migratoria. Los resultados (North Carolina State University 1973, 1974, 1975, 1976; Sánchez y otros 1974) indican que los componentes principales de un sistema de producción agrícola continuo son: (1) método de manejo de desmonte del bosque, (2) corrección de la pérdida de la fertilidad

aumenta a más de 25 habitantes/km², el sistema de agricultura migratoria pierde su equilibrio y se destruye (Hauck 1974).

Esto está ocurriendo actualmente a lo largo de las nuevas carreteras en la Amazonía, sus ciudades y pueblos, y en zonas de explotación petrolera o minera. En estos casos la relación de años cultivos a años descanso se estrecha, no dando tiempo a que el bosque se restablezca bien; entonces los rendimientos bajan y la erosión tiene lugar a veces en proporciones alarmantes (Watters 1971, Tosi 1974).

Sin embargo, los países tropicales necesitan aumentar drásticamente su área cultivada, para abastecer de alimentos a su población en los años futuros. La presión para hacer esto en áreas que están actualmente bajo agricultura migratoria es tremenda. McKenzie (1974) ha calculado que el 86% de los aumentos de área cultivada o en pastos, programados para el período 1962-1985 en Brasil, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, provendrán de la Selva Amazónica, con un total de 35 millones de hectareas.

Es en estas condiciones en donde se necesitan alternativas. Recientemente, algunos investigadores de la América-Latina han demostrado que hay varias alternativas productivas y ecológicamente beneficiosas. A continuación se presentan los resultados más salientes de estos nuevos sistemas basados en proyectos experimentales y comerciales que se están llevando a cabo en la Amazonía. Existen también otros proyectos interesantes en marcha, pero los resultados no están disponibles al momento.

CARACTERIZACION DE LOS SUELOS

Alvim (1976) señaló que los dos factores limitantes más importantes para una agricultura continua en los trópicos húmedos de América Latina son la baja fertilidad nativa del suelo y la alta precipitación pluvial. Afortunadamente, ha habido un incremento muy considerable de estudios de reconocimiento y clasificación de suelos amazónicos en los últimos años.* Además, el mapa mundial de suelos (FAO-UNESCO 1971) ha puesto la información disponible hasta esa fecha en una nomenclatura común, permitiendo una comparación más fácil entre países. Suplementando los trabajos de caracterización y de reconocimiento, se están efectuando interpretaciones de imágenes de satélite Landsat y de radar (Proyecto RADAM) en gran parte de la Amazonía sudamericana (Hammond 1977). Toda esta actividad permite una estimación cuantitativa de la extensión geográfica de los suelos principales, sus propiedades físicas y químicas, y su aptitud para diferentes tipos de uso. Es posible, entonces, indicar qué suelos son aptos para la agricultura intensiva, el pastoreo, cultivos permanentes, forestales y aquellos que mejor deben permanecer en su estado actual.

Tradicionalmente se ha considerado que los suelos del trópico húmedo después de ser desmontados se convierten en piedras de laterita inservible (Gourú 1961, McNeill 1964, Goodland e Irwin 1975). Este punto merece descartarse rápidamente ya que ha sido ampliamente exagerado en la literatura científica (Sánchez y Buol 1975). El mapa mundial

* Por ejemplo, en Brasil: Sombroek 1966, IPEAN 1972, Falesi 1972, EMBRAPA 1975; Comarço y Falesi 1975. En Colombia: Benavides 1973, Cuernero 1975. En Perú: Zamora 1972, 1975; Sánchez y Buol 1974, Tyler 1975. En Bolivia: Cochmane 1973.

de suelos de Suramérica (FAO-UNESCO 1971) señala la presencia de suelos con plintita (Acrisoles Plínticos) en sólo 38.5 millones de hectareas en las zonas boscosas tropicales húmedas del continente. Esta cifra representa el 5% del área total que se encuentra predominantemente bajo agricultura migratoria. La plintita es un material que al endurecerse se convierte en laterita, pero antes de que esto suceda tiene que estar expuesto al medio ambiente. En los Acrisoles Plínticos, este material existe en el subsuelo y no se endurece a menos que la capa arable sea removida por erosión. Debido a que estos suelos ocupan topografías planas y mal drenadas en su mayoría, las probabilidades de erosión son escasas. Es una pena que no hubiera más laterita en la Amazonía; tal como existen en las sabanas suramericanas, debido a que éste es un material de construcción muy bueno para carreteras de bajo costo.

El Cuadro 1 provee un estimativo de la distribución de suelos bajo bosques húmedos tropicales en América del Sur, incluyendo la Amazonía y otras zonas. Debido a que el mapa para Centro América, México y el Caribe (FAO-UNESCO 1975) no indica la vegetación de las unidades de mapeo, no ha sido posible incluir esta región. Este cuadro indica que el 87% de los suelos pertenecen a los órdenes Oxisol y Ultisol. Estos son suelos bien drenados, de excelentes propiedades físicas pero de muy baja fertilidad natural. Información más reciente sugiere que los Oxisoles predominan en áreas afectadas por los escudos de Guayana y de Brasil, mientras que los Ultisoles son los suelos principales en la cuenca geológica del Amazonas. Ambos son los suelos rojos o amarillentos típicos de las zonas bien drenadas o tierra firme. En su gran

del suelo después del desmonte, (3) mantenimiento de las propiedades físicas del suelo, y (4) determinación de las mejores rotaciones en monocultivos o sistemas de cultivos múltiples.

Métodos de Dèsmonte.

El éxito o fracaso de cultivos continuos en estas regiones depende en gran parte de la primera operación: el desmonte de la selva. En Yurimaguas, se compararon dos métodos, el desmonte tradicional que consiste en las operaciones de rozo, tumba, picacheo y quema, con el desmonte mecanizado usando, en este caso, un bulldozer Caterpillar D6 equipado con una cuchilla normal; ambos en un bosque secundario de 17 años de edad en suelo cuyas propiedades se describen en el Cuadro 2. Ambos terrenos fueron sembrados con varios cultivos durante dos años después de desmontados.

Los resultados tomados de Seubert, Sánchez y Valverde (1977) aparecen en el Cuadro 3, en el cual se presenta el promedio de 8 cosechas de cultivos anuales y 6 cortes de forraje a tres niveles de fertilización. Cuando no se aplicó ningún abono, las parcelas desmontadas por bulldozer rindieron alrededor de 1/3 de las desmontadas por rozo, tumba y quema. Cuando se aplicó nitrógeno, fósforo y potasio, el desmonte con bulldozer produjo la mitad del rendimiento producido con rozo, tumba y quema. Cuando ambos terrenos recibieron suficiente cal para neutralizar el aluminio intercambiable más nitrógeno, fósforo y potasio, la producción después del desmonte con bulldozer fue de aproximadamente 80% de la obtenida después del rozo, tumba y quema. Por lo tanto, el desmonte con bulldozer bajó la producción considerablemente pero las diferencias entre ambos sistemas disminuyeron a medida que se

intensificó la fertilización.

El Cuadro 3 también indica que se obtuvieron muy buenos rendimientos de arroz seco, maíz, soya, yuca y forraje con fertilización adecuada. El efecto negativo del desmonte mecanizado fue más fuerte en arroz, maíz y soya que en yuca y Panicum maximum. Un análisis económico completo de los costos y beneficios de los primeros 17 meses después de desmontar, durante los cuales se produjeron tres cosechas de arroz seco, mostró una ganancia promedio de US\$648/ha con el sistema de rozo, tumba y quema, y una pérdida promedio de US\$66/ha cuando se desmontó mecánicamente (Seubert y otros 1977).

Estas diferencias se debieron a tres factores: 1) El valor de la ceniza como abono; 2) una compactación fuerte del terreno causada por el bulldozer, y 3) una más rápida baja de la fertilidad del suelo cuando se desmonta por bulldozer. El Cuadro 4 muestra un análisis de la ceniza y material chamuscado después de la quema, el cual añadió al suelo aproximadamente 67 kg N/ha, 14 kg P_2O_5 /ha, 47 kg K_2O /ha, el equivalente a 240 kg/ha de cal dolomítica y cantidades considerables de micronutrientes. Esto resultó en una mayor disponibilidad de nutrientes y mayor rendimiento a los tres niveles de fertilización en las parcelas quemadas.

Esta cantidad de nutrientes es menor que la aportada cuando se queman bosques húmedos tropicales en zonas donde hay una estación seca fuerte, o cuando el suelo es de alta fertilidad natural. Por ejemplo, Brinkmann y Nascimento (1973) obtuvieron valores algo más altos en Oxisoles y Ultisoles

de Manaus, Brasil donde hay una estación seca bien pronunciada. En Alfisoles de Nigeria con pH arriba de 6, las cenizas llegan a contribuir con una cantidad excesiva de cal que eleva el pH de la superficie a 8 y causa problemas de micronutrientes (Lal y otros 1975).

Volviendo al caso de Yurimaguas, el desmonte mecanizado causó una severa compactación del suelo. La Figura 4 indica que las tasas de infiltración del suelo bajaron a 1/20 en relación al desmonte manual. Esta diferencia también fue evidente a los 11 meses después del desmonte. Este Ultisol arenoso es muy susceptible a la compactación por maquinaria pesada. Además el bulldozer removió parte de la capa superficial del suelo de las partes más altas a las más bajas al arrastrar árboles. Van der Weert (1974) en Surinam y Lal (1974) en Nigeria también obtuvieron datos similares.

Control de la Fertilidad del Suelo.

Los cambios químicos del suelo después del desmonte están afectados profundamente por el sistema de desmonte. La Figura 5 muestra estos cambios durante los 10 primeros meses después del desmonte en Yurimaguas. La quema aumentó fuertemente la cantidad de calcio, magnesio y potasio intercambiables y de fósforo disponible; disminuyó la saturación de aluminio a niveles no tóxicos y retardó la tasa de descomposición de materia orgánica. Cuando se desmontó el mismo suelo con bulldozer sin quemar, no hubo aumento de bases intercambiables ni cambios en saturación de aluminio, mientras que el fósforo y potasio disponibles se mantuvieron por debajo de los niveles críticos. Estas diferencias se deben directamente al contenido de calcio,

magnesio, potasio y fósforo de la ceniza. El atraso en la descomposición de materia orgánica, observado en el sistema de tumba y quema, probablemente se debe al mantenimiento de una capa protectora de material vegetal parcialmente quemado y ramas pequeñas, el cual mantuvo la temperatura del suelo más baja. Además, se registró un aumento enorme en la cantidad de nitrógeno inorgánico, el cual llegó al nivel de 84 kg N/ha en los primeros 50 cm después del desmonte, pero bajó rápidamente a los niveles originales durante los primeros 10 meses (Seubert y otros 1977).

Todos estos cambios proporcionaron un ambiente excelente para la primera siembra después de la quema. En la Figura 1 se nota que se produjo 2.9 ton/ha de arroz seco y 18.6 ton/ha de yuca sin abonamiento alguno. Entre uno y dos años después del desmonte, los tenores de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio bajaron a los niveles medidos antes del desmonte; así mismo, los tenores de aluminio intercambiable aumentaron también a los niveles originales (North Carolina State University 1975). Aunque los mecanismos responsables de estos cambios no han sido identificados, se supone que la intensa lixiviación es la causa principal de la pérdida de nutrientes y que la descomposición rápida de materia orgánica haya producido suficientes compuestos ácidos que disuelven el aluminio de las arcillas.

Sin fertilización los rendimientos bajaron fuertemente con el tiempo. Cuando se sembraron dos cultivos de arroz seco al año, la segunda cosecha rindió el 53% de la primera, la cuarta sólo el 33% y la sexta, cero. La segunda cosecha de yuca, sembrada dos años después de desmontar, rindió la mitad de la primera. La producción total de granos en una rotación anual de arroz,

maíz y soya produjo en el tercer año solamente el 13% de lo que produjo en el primer año. Estos datos justifican la práctica tradicional de abandonar estos suelos al rebrote del bosque después de una cosecha de arroz y otra de yuca.

Las investigaciones en Yurimaguas entonces se enfocaron hacia cómo contrarrestar este efecto. Los análisis de suelos iniciales sugirieron añadir una aplicación basal de 3.5 ton/ha de cal para neutralizar el aluminio intercambiable, 100 kg P/ha como superfosfato simple para suministrar un efecto residual fuerte de fósforo y añadir azufre, 0.5 kg/ha de B y Mo para eliminar deficiencias de estos micronutrientes. Esto fue suplementado por una aplicación de 80-60-95 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O a cada siembra. El comportamiento de la rotación anual de arroz-maíz-soya durante los tres primeros años se ilustra en la Figura 6.

Esta gráfica demuestra la esperada ausencia de respuesta a fertilización en la primera siembra después del desmonte, seguida por una fuerte respuesta. Después de la cuarta cosecha los rendimientos empezaron a bajar pese a la fertilización fuerte. Se encontró que esto fue consecuencia de un efecto residual demasiado corto de la cal usada, aumento en aluminio intercambiable, deficiencias evidentes de nitrógeno, fósforo y potasio y compactación del suelo (North Carolina State University 1973, 1976).

En experimentos satélites se determinaron las nuevas dosis necesarias (Cuadro 5). Esta nueva estrategia, combinada con coberturas (mulches) para controlar la compactación del suelo, resolvió el problema aumentando los rendimientos drásticamente como lo indican las dos últimas cosechas de la

Figura 6. El análisis económico de esta rotación anual aparece en el Cuadro 5. Las nuevas dosis de fertilización, aunque altas, son muy rentables produciendo 9.8 ton/ha de granos al año y una ganancia neta de US\$1539/ha, con un retorno de 2.6 soles por cada sol invertido en fertilización.

Estos resultados indican que el cultivo continuo e intensivo no solamente es factible sino altamente rentable en Ultisoles de la Selva Amazónica cuando la pérdida de fertilidad se corrige. Es también una buena lección observar el corto tiempo de validez de las recomendaciones iniciales de abonamiento. Esto hace hincapié en la necesidad de investigaciones a largo plazo cuando se trata de un sistema tan dinámico como éste.

Control de las Propiedades Físicas del Suelo.

Después de un año del desmonte, todas las tierras cultivadas en forma continua en Yurimaguas comenzaron a dar muestras de compactación del suelo. El impacto de lluvias intensas y las prácticas culturales fueron los factores responsables. En algunos casos se observó erosión laminar pese a que el terreno es plano. Los penetrómetros indicaron que la resistencia de los 3 cm superiores del suelo aumentó de 0.3 kg/cm^2 después de arar, a más de 3.0 kg/cm^2 a los 44 días después de sembrar soya (North Carolina State University 1975). La solución para este problema consiste en mantener la superficie del suelo protegida, ya sea por coberturas (mulches) o por cultivos intercalados.

El Cuadro 6 muestra el efecto dramático de la aplicación de coberturas y su interacción con niveles de fertilización en un suelo que fue desmontado y quemado 9 meses antes y sembrado cinco veces consecutivas. Se muestran

los rendimientos obtenidos sin fertilización, en relación con los obtenidos bajo fertilización intensa (120 kg N/ha, 73 kg K₂O/ha por cosecha, 4 ton/ha de cal y 50 kg P₂O₅/ha por año) pero sin coberturas. Este cuadro demuestra que usando coberturas de kudzu (Pueraria phaseoloides) sin fertilización se produjo un promedio del 80% del rendimiento máximo. Las coberturas de kudzu resultaron en un mejoramiento marcado de las propiedades físicas del suelo: la densidad aparente disminuyó de 1.29 a 1.15 g/cc, la resistencia al penetrómetro de 2.4 a 1.1 kg/cm², la temperatura del suelo disminuyó en 2°C en los 10 cm superiores durante días calientes, la pérdida de agua durante períodos secos también disminuyó y, además, hubo menos problemas de malezas (North Carolina State University 1975).

Estas sencillas prácticas aseguran que se mantenga el suelo en buenas condiciones físicas y así se evita la compactación y la erosión.

Secuencias de Cultivos.

Una vez que se tumba un bosque, la tierra debe mantenerse en continua producción para justificar la inversión en fertilizantes y otros insumos, así como para impedir la erosión. Los estudios en Yurimaguas han proporcionado datos valiosos sobre cuáles son los cultivos más aptos y su manejo a diferentes niveles de inversión, ya sea en monocultivos o en sistemas intercalados. Esta información será presentada por el Dr. Bandy en esta reunión.

SISTEMAS DE PRODUCCION PECUARIA: PUCALLPA

El ganado de carne probablemente es el producto más importante de la selva. Esto es lógico al considerar que los insumos para su producción son

bajos (pastos mejorados, sales mineralizadas, cercos, etc.) en relación al alto valor del producto por unidad de peso (carne) y al hecho de que el ganado se autoalimenta, autoreproduce y se autotransporta si es necesario. Debido a la ausencia de tripanosomiasis en América Latina, existe la gran ventaja de poder tener ganadería en las zonas boscosas actualmente dedicadas a la agricultura migratoria, una alternativa que no poseen los trópicos húmedos de África. Debido a esto, la ganadería de carne se está desarrollando rápidamente en la Selva Amazónica. Durante los últimos 10 años más de 2 millones de hectáreas de praderas mejoradas se han establecido en la Amazonía de Brasil, Perú, Ecuador y Colombia, de acuerdo con informes de Serrão y Neto (1975), Santhirasegaram (1975) y Kirby (1976). La gran mayoría de estas praderas pierden su productividad rápidamente, especialmente cuando se desmontan grandes áreas con bulldozers y también por la falta de leguminosas persistentes, así como de prácticas de fertilización de praderas y manejo animal adecuados.

Pese a estos factores limitantes, existen praderas de Panicum maximum establecidas después de la tumba y quema, que han mantenido una capacidad de carga de un animal por hectárea por más de 20 años sin fertilización (Sánchez 1973, Serrão y Neto 1975, Kirby 1976). Las que este autor ha visto en Yurimaguas presentan una buena población de leguminosas nativas y reciben un control de rebrote de bosque periódico así como un buen manejo en general.

Bajo condiciones de manejo bastante extensivo los Oxisoles y Ultisoles pueden producir alrededor de 100 kg/ha de aumento de peso vivo anual, o

sea 5 veces más que las sabanas nativas como los Llanos o el Cerrado, las cuales producen un promedio de 20 kg/ha al año. Esto se debe a la ausencia de una estación seca bien marcada en los trópicos húmedos.

Partiendo de esta base, el potencial ganadero de la Selva es enorme, sobre todo si se pueden desarrollar mezclas de gramíneas y leguminosas persistentes, ya que los problemas de salud animal son de importancia secundaria siempre que se use ganado de raza Cebú. El trabajo más completo de este tipo lo está realizando el Instituto Veterinario de Investigación del Trópico y Altura en Pucallpa, Perú, en Ultisoles cuyas propiedades se ilustran en el Cuadro 1 y bajo una precipitación anual de 1500 mm. Los resultados han sido resumidos por Santhirasegaram (1975 a,b, 1976) e IVITA (1976).

El Cuadro 7 resume los resultados más sobresalientes. Cuando se estableció una pradera de pasto yaragua (Hyparrhenia rufa) sin fertilización, se obtuvo un aumento de peso vivo anual de 79 kg/ha. Cuando esta gramínea fue asociada con una leguminosa, kudzu (Pueraria phaseoloides), pero sin recibir fertilizantes, los aumentos de peso vivo se incrementaron pero la tasa de reproducción de las novillas fue muy baja. Cuando la mezcla de gramíneas y leguminosas recibió 44 kg P_2O_5 /ha en forma de superfosfato una vez al año, la producción de carne subió a 159 kg/ha pero la tasa de reproducción se mantuvo baja. Cuando los animales recibieron suplementación mineral directamente además del pastoreo en potrero de gramínea/leguminosa fertilizado, la producción de carne subió a 350 kg/ha con una tasa de reproducción del 86%. Un análisis más reciente de Santhirasegaram (1976) indica que las praderas de gramíneas y leguminosas debidamente abonadas y con suplementación

mineral al animal, son capaces de mantener una capacidad de carga de 2.4 unidades animales por hectárea, lo que produce un 18% de ganancias por la inversión. Si se usan solamente gramíneas, la capacidad de carga baja a la mitad y la tasa de ganancia se reduce al 0.9%.

El problema sigue siendo la persistencia de estas praderas. Un informe subsiguiente (IVITA 1976) indica que las mezclas de gramíneas y leguminosas bajan de productividad con el tiempo debido a compactación de los suelos Ultisoles por las pezuñas del ganado, la presencia de enfermedades en las leguminosas y probablemente deficiencias de nutrientes no proporcionados por el superfosfato simple. Una alternativa propuesta es arar estas praderas sembrar cultivos y abonarlos fuertemente por uno o dos años y repetir el ciclo otra vez (IVITA, 1976).

El potrero en cierto grado puede sustituir al bosque como barbecho para "descansar" el suelo entre cultivos, con la gran diferencia de que al mismo tiempo se está produciendo un producto alimenticio de alto valor. En las selvas húmedas del trópico Australiano se sabe que las praderas de gramíneas y leguminosas cuando son bien manejadas, mantienen las condiciones químicas de los Ultisoles al igual que el bosque (Bruce 1965); existen también algunos indicios de que lo mismo ocurre en nuestra Amazonía (Alvim 1976). Esto presupone siempre un buen manejo de los animales, ya que el sobrepastoreo puede resultar en lo opuesto, con fuertes pérdidas por erosión.

SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS PERENNES

Y FORESTALES: BRASIL

Los árboles de interés económico tienen la ventaja de poder simular mejor el bosque húmedo tropical y al estar éste bien establecido poseer su propio reciclaje de nutrientes. El uso de plantaciones de especies puras ya ha llegado al nivel comercial, con resultados impresionantes en la Amazonía brasileña (Cuadro 8). El cacao, aunque bien adaptado a la selva, requiere altas dosis de fertilización para producir buenos rendimientos en Oxisoles y Ultisoles. Sin embargo, en Alfisoles encontrados en partes de la carretera Transamazónica y en Rondônia, se llega a producir de 1.5 a 2.0 ton/ha anualmente de frutos. La palma aceitera tiene requerimientos nutricionales más bajos y en una plantación de 1500 hectareas cerca de Belém, se produjo un promedio de 20 ton/ha de frutos o 4 ton/ha de aceite, en suelos Oxisoles. Alvim (1976) también informa que durante los ocho años pasados se han sembrado 55,000 hectareas de Gmelina arborea y 25,000 hectáreas de Pinus caribaea en Oxisoles de Jarilandia, Amapá, sin fertilización. Estas especies forestales están produciendo cantidades de madera comercial por año que son un record mundial (27 a 38 m³/ha). Tal como en el caso de los cultivos y pastos, los resultados iniciales son muy halagadores, pero hay que esperar más tiempo para ver si estos rendimientos son estables o no. De todas maneras los resultados son impresionantes y sugieren otro tipo de alternativa a la agricultura migratoria ya sea en pequeña o grande escala.

Alvim también resalta un punto muy importante y es la extracción selectiva de especies forestales comerciales dentro de la Selva, la cual es una

alternativa atractiva para algunos ecólogos porque no destruye el bosque natural. Esto se practica por todas las zonas pobladas de la Amazonía, pero lamentablemente tiene la misma limitación que la agricultura migratoria: permite la subsistencia, pero nada más.

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA INTENSIVA EN SUELOS ALUVIALES

En suelos de mediana o alta fertilidad natural en donde no haya peligro de inundaciones, la transición de la agricultura migratoria a la continua depende principalmente de la capacidad de controlar malezas. La producción puede llegar a niveles muy altos. En Alfisoles de Yurimaguas, Perú, se pueden producir tres cosechas de arroz seco al año sin fertilización con un total de 10 ton/ha/año (Sánchez y Nureña, 1972). Al otro extremo de la Amazonía, en Amapá, la compañía Jarí Agroforestal Inc., ha desarrollado "polders" para controlar inundación en suelos de "várzeas", los cuales producen de 10 a 12 ton/ha de arroz inundado con dos cosechas al año (Alvim, 1977).

EL PROBLEMA EN LAS ZONAS DE AGRICULTURA MIGRATORIA EN ZONAS DENSAMENTE POBLADAS

Mi discusión hasta ahora ha sido enfocada a las zonas de selva y otras similares del trópico húmedo bajo. Debido a la falta de experiencia directa con los problemas de la agricultura migratoria en las laderas andinas, no me he sentido a comentar sobre ellas en profundidad. Tengo entendido que otros expositores en esta reunión tratarán acerca de los problemas de erosión en

estas zonas.

Viajando en estas zonas de Colombia uno observa un hecho muy interesante: en donde hay fuertes alicientes económicos, como es el caso de las zonas cafeteras, la agricultura migratoria se convierte rapidamente en una agricultura permanente altamente tecnificada pero aún a base de fincas muy pequeñas. La productividad es altísima, la fertilización y manejo sumamente intensos y la erosión nula. Aunque tal vez esto sea una simplificación, es obvio que una buena oportunidad de comercialización de los productos puede mejorar mucho la situación.

CONCLUSION

Existen pues varias alternativas muy prometedoras para la agricultura migratoria en América Latina. Basándose en una selección juiciosa de los tipos de suelo y del sistema de desmonte no dañino, del uso de cultivos adaptados a las zonas y de fertilización y manejo adecuados, muchas zonas pueden pasar de marginales a grandes productoras de cultivos, carne, frutas y maderas. Conociendo bien el medio ambiente y cómo manejar el suelo, esto se puede hacer sin causar daño al medio ambiente. Es conveniente recordar que una hectárea de buenos cultivos o praderas produce tanto oxígeno de fotosíntesis como una hectárea de bosque tropical. Hay espacio de sobra para la producción agrícola intensiva, aún en los suelos Oxisoles y Ultisoles de baja fertilidad natural, para la producción pecuaria, la de cultivos perennes y la forestal, dejando la gran mayoría de la Selva en su estado natural, especialmente las zonas de pendiente fuerte, de suelos poco profundos, muy arenosos o de pantanos.

Este análisis también recalca la ausencia de una investigación completamente integral, que combine la caracterización y dinámica de suelos, con sistemas de producción de cultivos anuales, pastos y ganadería, con cultivos permanentes y forestales. Aunque varios proyectos de investigación han hecho aportes valiosos a nuestros conocimientos actuales, es necesaria la integración de todas las alternativas para estas inmensas zonas de este hemisferio. Un ejemplo sería estudiar la sucesión de cultivos anuales, seguidos o intercalados con pastos, y los pastos con cultivos perennes o especies forestales.

RESUMEN

La agricultura migratoria predomina en el 49% del área total del trópico americano. El sistema de agricultura migratoria tradicional es un sistema eficiente en uso de mano de obra, permite la subsistencia o un poco más, es estable y no hace daño al medio ambiente. Cuando la presión demográfica aumenta, el sistema se destruye causando pérdidas serias de productividad y fuertes daños al medio ambiente. Los avances en la caracterización del suelo en el trópico húmedo americano permiten ahora la cuantificación de los tipos de suelos predominantes y la determinación de su mejor uso. El 87% de los bosques húmedos tropicales de Sur América posee suelos de baja fertilidad natural (Oxisoles y Ultisoles); el 6% son suelos mal drenados, sujetos a la inundación; el 3% son suelos bien drenados de alta a mediana fertilidad natural (Alfisol) y el resto son poco profundos o excesivamente arenosos, los cuales deben permanecer en su estado natural.

El punto claro de partida para la introducción de agricultura continua, es el sistema de desmonte. El desmonte tradicional de rozo, tumba y quema resultó muy superior al desmonte con bulldozer en Ultisoles debido al valor fertilizante de la ceniza y a la compactación y arrastre de tierra que causa el desmonte mecanizado. La producción intensiva de tres cosechas de granos al año en suelos Ultisoles es factible y económica cuando estos suelos se abonan debidamente y se mantienen sus propiedades físicas en buen estado. La producción de ganado de carne en estos suelos, basada en praderas de gramíneas y leguminosas forrajeras debidamente abonadas y con buen manejo animal, es otra alternativa atractiva. La producción de cultivos permanentes como cacao y palma aceitera, así como de especies forestales de crecimiento sumamente rápido como Gmelina arborea y Pinus caribaea ha producido resultados espectaculares en la Amazonía brasileña. Lo que falta es integrar todos estos diferentes sistemas de producción para estudiar mejor sus interacciones al nivel experimental y luego comercial.

BIBLIOGRAFIA

- Alvim, P.T. 1973. Los trópicos bajos de América Latina: recursos y ambiente para el desarrollo agrícola. pp. 43-62. En: CIAT: Simposio sobre el Potencial del Trópico Bajo, Cali, Colombia.
- Alvim, P.T. 1976. El equilibrio entre la conservación y la utilización de los trópicos húmedos con especial referencia a la Amazonía brasileira. *Desarrollo Rural Américas* 8:187-194.
- Benavides, S.T. 1973. Mineralogical and chemical characteristics of some soils of the Amazonia of Colombia. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, Raleigh. 216 pp.
- Brinkmann, W.L.F. and J.C. de Nascimento. 1973. The effects of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary region of Central Amazonia. *Turrialba* 23:284-290.
- Bruce, R.C. 1965. Effect of *Centrosema pubescens* on soil fertility in the humid tropics. *Queensl. J. Agr. Anim. Sci.* 22:221-226.
- Camargo, M.N. e I. Falesi. 1975. Suelos del Planalto Central y la Carretera Transamazônica del Brasil. pp. 25-44. En: E. Bornemisza y A. Alvarado (eds.). *Manejo de Suelos en la América Tropical*. North Carolina State University, Raleigh.
- Cochrane, T.T. 1973. El potencial agrícola de las tierras de Bolivia: un mapa de sistemas de tierra. Min. de Agricultura, La Paz. 826 pp.
- Conklin, H.C. 1963. The study of shifting cultivation. Pan American Union, Studies and Monographs 6, Washington. 165 pp.
- Cowgill, U.M. 1962. An agricultural study of the Southern Maya lowlands. *Amer. Anthropologist* 64:273-283.
- Debasi-Schweng, L. 1974. Economic aspects of shifting cultivation. *FAO Soils Bulletin* 24:78-98.
- EMBRAPA. 1975. Mapa esquemática dos solos das regiões norte, meio-norte e centro-oeste do Brasil. Texto explicativo. Divisão de Pesquisa Pedológica. Bol. Tec. 17, Rio de Janeiro. 553 pp.
- Falesi, I.C. 1972. Solos da rodovia Transamazônica. Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte. Bol. Tec. 55, Belém.

- FAO-UNESCO. 1971, 1975. Soil map of the world. Vol. IV-South America. Vol. III - Central America, Mexico and the Caribbean. UNESCO, Paris.
- Greenland, D.J. 1974. Evolution and development of different types of shifting cultivation. *FAO Soils Bulletin* 24:5-13.
- Greenland, D.J. 1975. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. *Science* 190:841-844.
- Greenland, D.J. and R. Herrera. 1977. Shifting cultivation and other agricultural practices. In: *Patterns of Use of Tropical Forest Ecosystems*. Chapter 4. UNESCO, Paris (in press).
- Goodland, R.J.A. and H.S. Irwin. 1975. *Amazon Jungle: Green Hell to Red Desert?* Elsevier, Amsterdam. 155 p.
- Gourú, P. 1961. *The Tropical World, its Social and Economic Conditions and Future Status*. Third edition. Trans. by E.D. Laborde. Longmans, London.
- Guerrero, R. 1975. Suelos del oriente de Colombia. pp. 61-92. En: E. Bornemisza y A. Alvarado (eds): *Manejo de Suelos en la América Tropical*. North Carolina State University, Raleigh.
- Hammond, A.L. 1977. Remote sensing. 1. Landsat takes hold in South America. 2. Brazil explores its Amazon wilderness. *Science* 196: 511-515.
- Haney, E.B. 1968. The nature of shifting cultivation in Latin America. Land Tenure Center, Univ. of Wisconsin. LTC 45:29.
- Harris, D.R. 1971. The ecology of swidden cultivation in the upper Orinoco rainforest, Venezuela. *Geogr. Review* 61:475-496.
- Hauck, F.W. 1974. Introduction. Shifting cultivation and soil conservation in Africa. *FAO Soils Bulletin*. 24:1-4.
- IPEAN. 1972. Zonamento agrícola da Amazônia. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte. Bol. Tec. 54, Belém.
- IVITA. 1976. Instituto Veterinario de Investigación del Trópico y Altura. Presentación al Sr. Ministro de Alimentación. Univ. Nac. Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 81 p.
- Kirby, J. 1976. Agricultural land use and settlement of Amazonia. *Pacific Viewpoint* 15:105-132.

- Lal, R. 1974. Soil erosion and shifting agriculture. *FAO Soils Bulletin* 24: 48-71.
- Lal, R., B.T. Kang, F.R. Moorman, A.S.R. Juo y J.C. Moomaw. 1975. Problemas de manejo de suelos y posibles soluciones en Nigeria Occidental. pp. 380-417. En: E. Bornemisza y A. Alvarado (eds): *Manejo de Suelos en América Tropical*. North Carolina State Univ., Raleigh.
- McKenzie, T.A. 1974. Sistemas de producción agrícola en la Amazonia. pp. II-J-1 a II-J-29. En IICA: *Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano*. Informes, Conferencias, Cursos y Reuniones No. 41. IICA Zona Andina, Lima.
- McNeil, M. 1964. Lateritic soils. *Sci. Amer.* 211 (5):96-102.
- Miller, E.V. 1967. The need for fertilizer. pp. 218-223. In K.L. Turk and L.V. Crowder (eds): *Rural Development in Tropical Latin America*. Cornell Univ. Ithaca, N.Y.
- North Carolina State University. 1973, 1974, 1975, 1976. Agronomic-economic research on tropical soils. Annual reports. Soil Science Department, North Carolina State Univ., Raleigh.
- Nye, P.H. and D.J. Greenland. 1960. *The Soil under Shifting Cultivation*. Comm. Bur. Soils Tech. Commun. 51, Harpenden, U.K.
- Popenoe, H.L. 1960. Effects of shifting cultivation on natural soil constituents in Central America. Ph.D. Thesis, Univ. of Florida, Gainesville, 156 pp.
- Sánchez, P.A. 1973. Manejo de suelos bajo sistemas de roza. En: *Un Resumen de las Investigaciones Edafológicas en la América Latina Tropical*. N.C. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 219: 51-74.
- Sánchez, P.A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. Wiley, New York. 618 p.
- Sánchez, P.A. and S.W. Buol. 1974. Properties of some soils of the Amazon Basin of Peru. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38:117-121.
- Sánchez, P.A. and S.W. Buol. 1975. Soils of the tropics and the world food crisis. *Science* 188:598-603.
- Sánchez, P.A. and M.A. Naranjo. 1972. Land and rice improvement under shifting cultivation systems in the Amazon of Peru. N.C. Agriculture. Exp. Sta. Tech. Bull. 210.

- Sánchez, P.A., C.E. Seubert, E.J. Tyler, C. Valverde, C.E. López, M.A. Nureña y M.K. Wade. 1974. Investigaciones sobre el manejo de suelos tropicales en Yurimaguas, Selva Baja del Perú. pp. II-B-1-II-B-37. En: IICA: Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. Informes Conferencias, Cursos y Reuniones No. 41. IICA, Zona Andina, Lima.
- Santhirasegaram, K. 1975a. Praderas mejoradas a base de leguminosas forrajeras. pp. 45-58. En: CIAT: El Potencial para la Producción de Ganado de Carne en América Tropical, Cali, Colombia.
- Santhirasegaram, K. 1975b. Manejo de praderas de leguminosas y gramíneas en un ecosistema de la selva lluviosa tropical del Perú. pp. 445-466. En: E. Bornemisza y A. Alvarado (eds): Manejo de Suelos en América Tropical. North Carolina State Univ., Raleigh.
- Santhirasegaram, K. 1976. Adelantos recientes del desarrollo prático en los trópicos peruanos. Rev. Mundial de Zootécnia. 17:34-39.
- Scott, G.A.J. 1975. Soil profile changes resulting from the conversion of forest to grassland in the Montaña of Peru. Great Plains-Rocky Mountain Geogr. J. 4:124-130.
- Serrão, E.A.S. and M. Simão Neto. 1975. The adaptation of tropical forages in the Amazon region. p. 31-52. In: E.C. Doll and G.O. Mott (eds): Tropical Forages in Livestock Production Systems. Amer. Soc. Agron. Spec. Public. 25.
- Seubert, C.E., P.A. Sánchez and C. Valverde. 1977. Effects of land clearing methods of soil properties and crop performance in an Ultisol of the Amazon Jungle of Peru. Trop. Agric. (Trin.) 54 (in press).
- Sombroek, W.G. 1966. Amazon Soils. Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, Netherlands. 292 p.
- Tosi, J. 1974. Desarrollo forestal del trópico americano frente a otras actividades económicas. pp. II-F-1-II-F-13. En: IICA. Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. Informe sobre Cursos, Conferencias y Reuniones No. 41, IICA. Zona Andina, Lima.
- Tyler, E. J. 1975. Genesis of soils within a detailed soil survey area in the Upper Amazon Basin, Yurimaguas, Peru. Ph.D. Thesis, North Carolina State Univ., Raleigh.

Watters, R.F. 1971. Shifting cultivation in Latin America. FAO Forestry Dev. Paper No. 17. 305 pp.

Weert, R. van der. 1974. Influence of mechanical forest clearing on soil conditions and the resulting effects on root growth. Trop. Agric. (Trinidad) 51:325-331.

Zamora, C. 1972. Regiones edáficas del Perú. ONERN, Lima.

Zamora, C. 1975. Los suelos de las tierras bajas del Perú pp. 45-60.

En: E. Bornemisza y A. Alvarado (eds): Manejo de Suelos en América Tropical. North Carolina State Univ., Raleigh.

Cuadro 1. Distribución de los suelos bajo bosques húmedos tropicales (siempre-verdes y estacionales) en América del Sur, compilado de datos en FAO-UNESCO 1971.

Sistema FAO	Equivalente Taxonomía de Suelos	Millones de hectáreas	% del área
Ferralsoles ^{1/}	Oxisoles	480	68.6
Acrisoles ^{2/}	Ultisoles	131	18.7
Gleysoles	Aquepts	42	6.0
Litosoles	(Poco profundos)	17	2.4
Luvisoles ^{3/}	Alfisoles	16	0.9
Arenosoles	Psamments	6	0.8
Fluvisoles	Fluvents	6	0.8
Andosoles	Andepts	1	0.2
Vertisoles	Vertisoles	1	0.1
Total		700	100.0

Notas: ^{1/} Información más reciente indica que muchos suelos mapeados como Ferralsoles en la Amazonía Occidental no son Oxisoles sino Ultisoles.

^{2/} Incluye 7 millones ha. de Nitosoles Dístricos.

^{3/} Incluye 9 millones ha. de Nitosoles Eútricos.

Cuadro 2. Características de los suelos Ultisoles de Yurimaguas y Pucallpa,
Selva Amazónica del Perú.

Horizonte (cm)	Arcilla %	Arena %	pH (1:1H ₂ O)	C.Org. %	Cationes intercambiables (meq/100 g)					Sat. de A %
					Al	Ca	Mg	K	CEC	
Ultisol, Yurimaguas, Perú. Paleudult Típico, franco fino, silíceo, isohipertérmico. Perfil YU-13, Estación Experimental de Yurimaguas (Tyler 1975).										
0-5	6	80	3.8	1.3	2.0	.84	.37	.20	3.4	50
5-13	10	70	3.7	0.8	2.6	.05	.03	.04	2.7	96
13-43	15	61	3.9	0.4	3.1	.05	.03	.03	3.2	96
43-77	17	57	4.0	0.3	3.1	.03	.02	.02	3.2	97
77-140	25	51	4.1	0.2	4.5	.03	.01	.03	4.6	98
140-200	24	54	4.4	0.2	3.8	.06	.03	-	3.9	96
Ultisol, Pucallpa, Perú. Paleudult Aquicos, arcilloso, mixto, isohipertérmico. Perfil Pu-2. Instituto Veterinario de Investigaciones del Trópico y Altura (North Carolina State University 1973).										
0-3	27	35	5.2	6.3	0.2	4.2	2.1	.52	7.1	3
3-21	45	17	4.3	1.9	4.0	2.2	1.2	.40	7.9	51
21-62	59	15	4.2	1.0	8.7	0.8	0.9	.32	10.8	81
62 +	59	21	4.1	0.5	11.6	0.4	0.7	.24	13.1	89

Cuadro 3. Efecto de dos métodos de desmonte en la producción de cultivos en Yurimaguas. (Los rendimientos son el promedio del número de cosechas indicadas en paréntesis).

Cultivos	Nivel de Fertilidad*	Rozo, tumba y quema	Bulldozer	Bulldozer Quema
			- ton/ha** -	%
Arroz seco (3)	O	1.3	0.7	53
	NPK	3.0	1.5	49
	NPKL	2.9	2.3	80
Maíz (1)	O	0.1	0.0	0
	NPK	0.4	0.04	10
	NPKL	3.1	2.4	76
Soya (2)	O	0.7	0.2	24
	NPK	1.0	0.3	34
	NPKL	2.7	1.8	67
Yuca (2)	O	15.4	6.4	42
	NPK	18.9	14.9	78
	NPKL	25.6	24.9	97
<u>Panicum maximum</u> (6)	O	12.3	8.3	68
	NPK	25.2	17.2	68
	NPKL	32.2	24.2	75
Rendimientos relativos promedios	O			37
	NPK			47
	NPKL			48

* 50 kg N/ha, 172 kg P/ha, 40 kg K/ha, 4 ton/ha de cal.

** Granos de arroz, maíz, soya; raíces frescas de yuca, materia seca anual de Panicum maximum.

Fuente: North Carolina State University (1974).

Cuadro 4. Contribución de nutrientes en la ceniza y material parcialmente quemado en un Ultisol de Yurimaguas, Peru , después de quemar una purma de 17 años.

Elemento	Composición	Adiciones totales
		Kg/ha
N	1.72 %	67
P	0.14 %	6
K	0.97 %	38
Ca	1.92 %	75
Mg	0.41 %	16
Fe	0.19 %	7.6
Mn	0.19 %	7.3
Zn	137 ppm	0.3
Cu	79 ppm	0.3

Fuente: Seubert et al., 1977.

Cuadro 5. Análisis económicos de las estrategias de fertilización en la rotación arroz-maíz-soya en Yurimaguas. (Costos en soles de 1976 convertidos a razón de S/. 45 por dólar).

	Sin fertilizar	Estrategia 1974	Estrategia 1976
Fertilización (kg/ha/año):			
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Nada	240-180-288	350-480-400
Mg-Cu-B-Zn-Mo	Nada	Nada	135-3-3-3-0.3
Cal adicional (ton/ha):	Nada	1	1
Rendimientos (ton/ha):			
Arroz	0.5	1.5	3.6
Maíz	0.3	1.2	3.6
Soya	0.4	1.6	2.6
Valor de las Cosechas (US\$/ha/año):			
Arroz	128	383	920
• Maíz	61	245	736
Soya	157	629	1023
Ingresos totales	346	1257	2679
Gastos (US\$/ha/año):			
Abonos de N, P, K	0	225	371
Mg + micronutrientes	0	0	96
Cal	0	111	111
Fertilización total	0	336	578
Prácticas culturales	170	170	170
Cosecha, trilla	34	120	274
Transporte de cosechas al mercado	14	52	118
Costo total	218	678	1140
Ganancia (US\$/ha/año)	128	579	1539
\$Ganancia/\$ invertido en fertilizantes y cal	-	1.72	2.66

Fuente: North Carolina State University (1976).

Cuadro 6. Efecto de las coberturas (mulches) en tratamientos sin fertilización con relación a los rendimientos obtenidos en tratamientos fuertemente abonados pero sin coberturas. (Los números en paréntesis son los rendimientos actuales en ton/ha equivalentes a 100). Yurimaguas, Perú, 1974-1975.

Tratamientos sin fertilizante	1a. siembra Soya (1.10)	2a. siembra Caupí (0.74)	3a. siembra Maíz (4.17)	4a. siembra Maní (2.88)	5a. siembra Arroz (2.74)	Efecto global
Suelo raso	9	59	33	55	64	44
<u>Panicum maximum</u>	14	103	57	52	94	64
<u>Pueraria phaseoloides</u>	-	97	72	63	90	80

Fuente: North Carolina State University (1975).

Cuadro 7. Efectos de los diferentes métodos de establecimiento de praderas en Ultisoles de Pucallpa, Perú en los aumentos de peso vivo inicial de novillas Nellore pastoreando a razón de 2 animales/ha.

Tratamiento	Aumento de peso vivo anual	Novillas preñadas
	kg/ha	%
Yaragua solo	79	-
Yaragua + Kudzu	120	25
Yaragua + Kudzu + 44 kg P_2O_5 /ha/año	159	38
Yaragua + Kudzu + 44 kg P_2O_5 /ha/año + suplemento mineral	352	88

Fuente: Adaptado de Santhirasegaram (1975 b).

Cuadro 8. Producción de cultivos perennes y especies forestales en algunas localidades de la Amazonía brasileña.

Especie	Lugar	Suelo	Producción anual	
			ton/ha	m ³ /ha
Cacao	Transamazónica	Alfisoles	1.5-2.0	
Palma aceitera	Belém	Oxisoles	20	
<u>Gmelina arborea</u>	Amapá	Oxisoles	28	38
<u>Pinus caribaea</u>	Amapá	Oxisoles	20	27

Fuente: Alvim (1976).

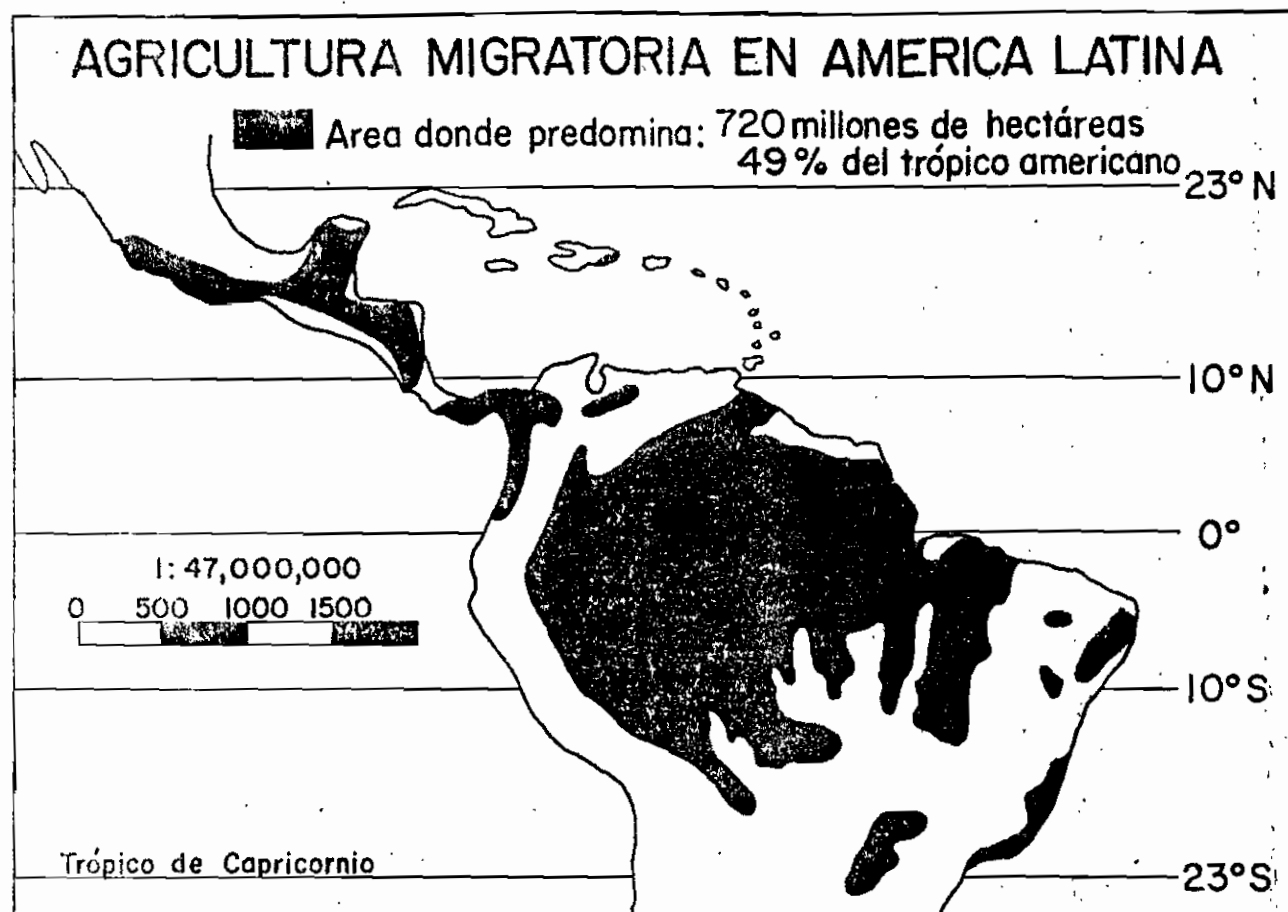


Figura 1. Extensión geográfica donde predomina el sistema de agricultura migratoria en América tropical. Adaptado de mapa de Sánchez (1976).

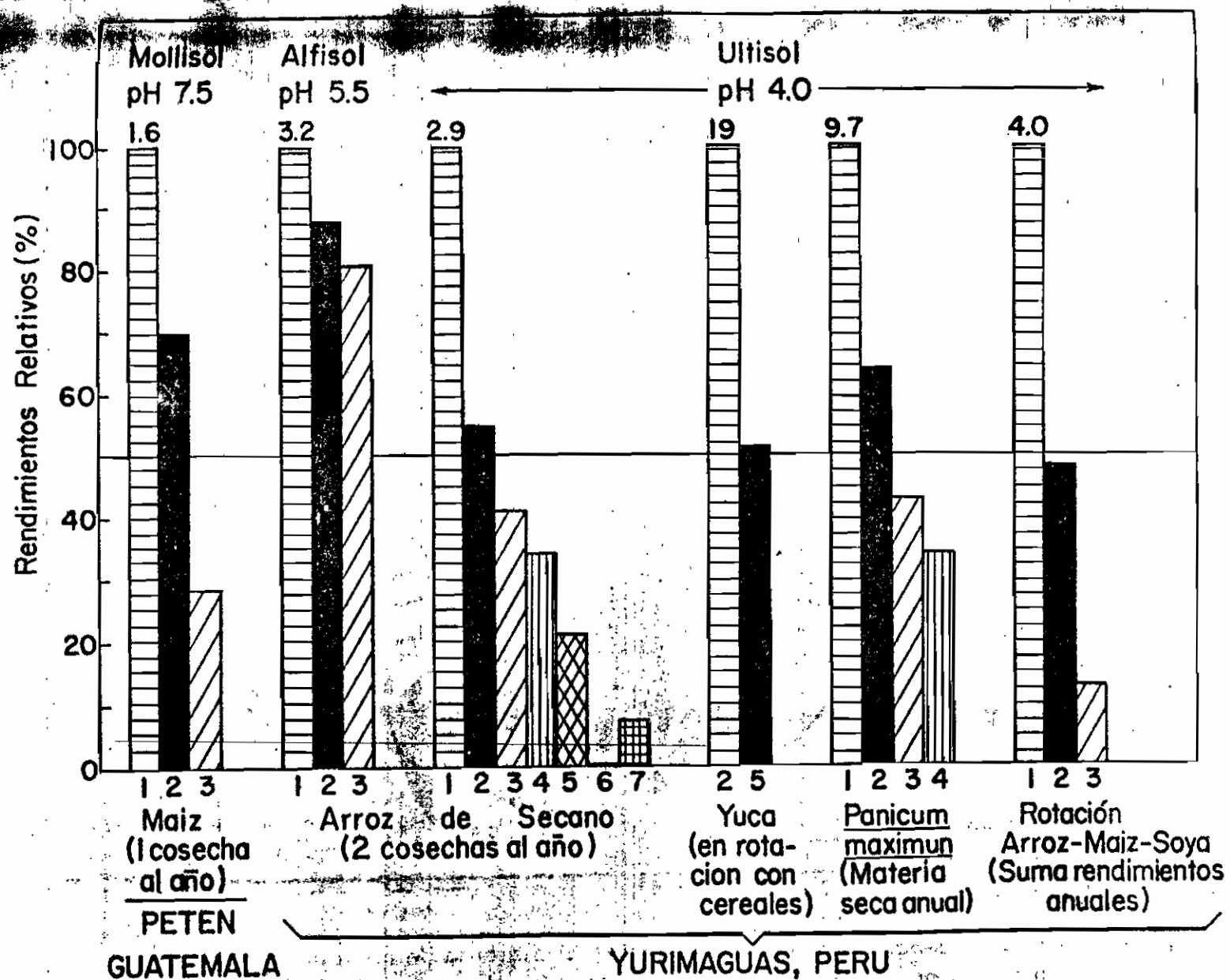
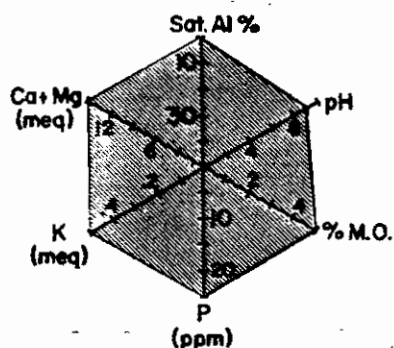


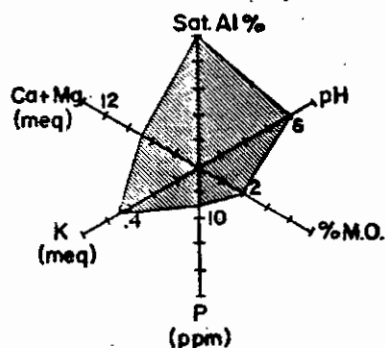
Figura 2. Ejemplos de bajas de rendimiento a través del tiempo en sistemas de agricultura migratoria de América Latina. Rendimientos máximos expresados en ton/ha de grano, raíces de yuca o materia seca anual de pastos al tópe de las columnas. Fuente: Cowgill (1962), Sánchez y

ALFISOLS

CEPEC, Bahia:

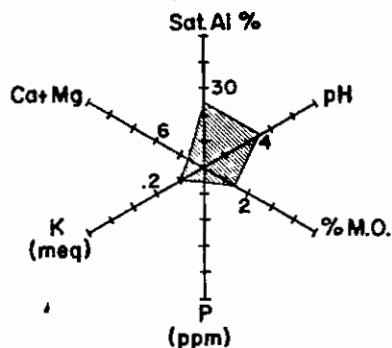


Ouro Preto, Rondônia:

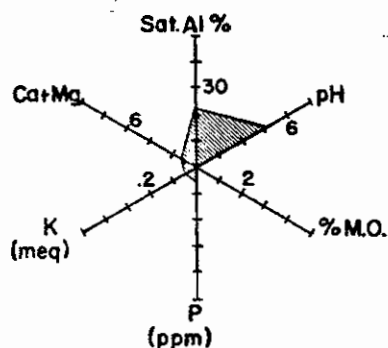


ULTISOLS

Vermelhão, Rondônia:

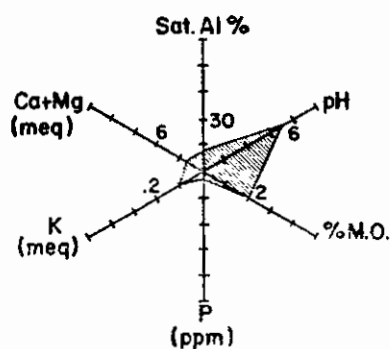


Paraíso, Rondônia:



OXISOLS

Colônia, Bahia:



Itaituba, Pará:

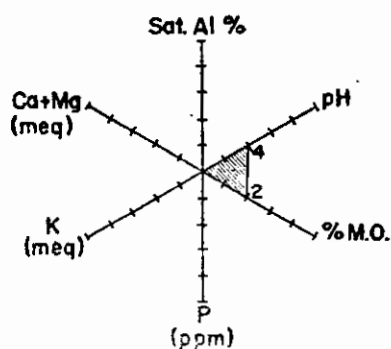


Figura 3. Representación poligonal de la fertilidad natural de la capa arable de seis suelos del trópico húmedo de Brasil. Adaptado de Alvim (1973).

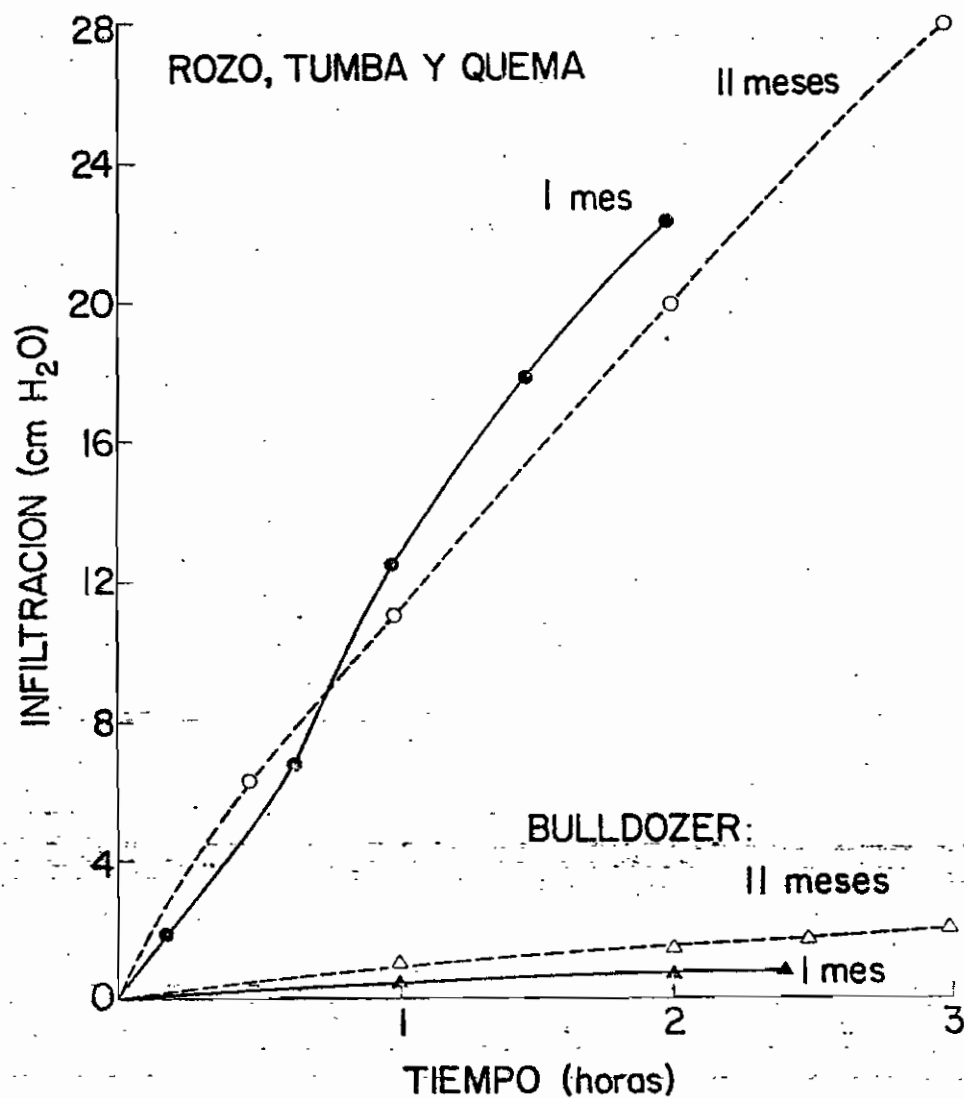


Figura 4. Efecto del método de desmontes en la tasa de infiltración de suelos sin arar a dos épocas después de desmontar un bosque húmedo tropical sobre un Ultisol arenoso en Yurimaguas, Perú. Fuente: Seubert y otros (1977).

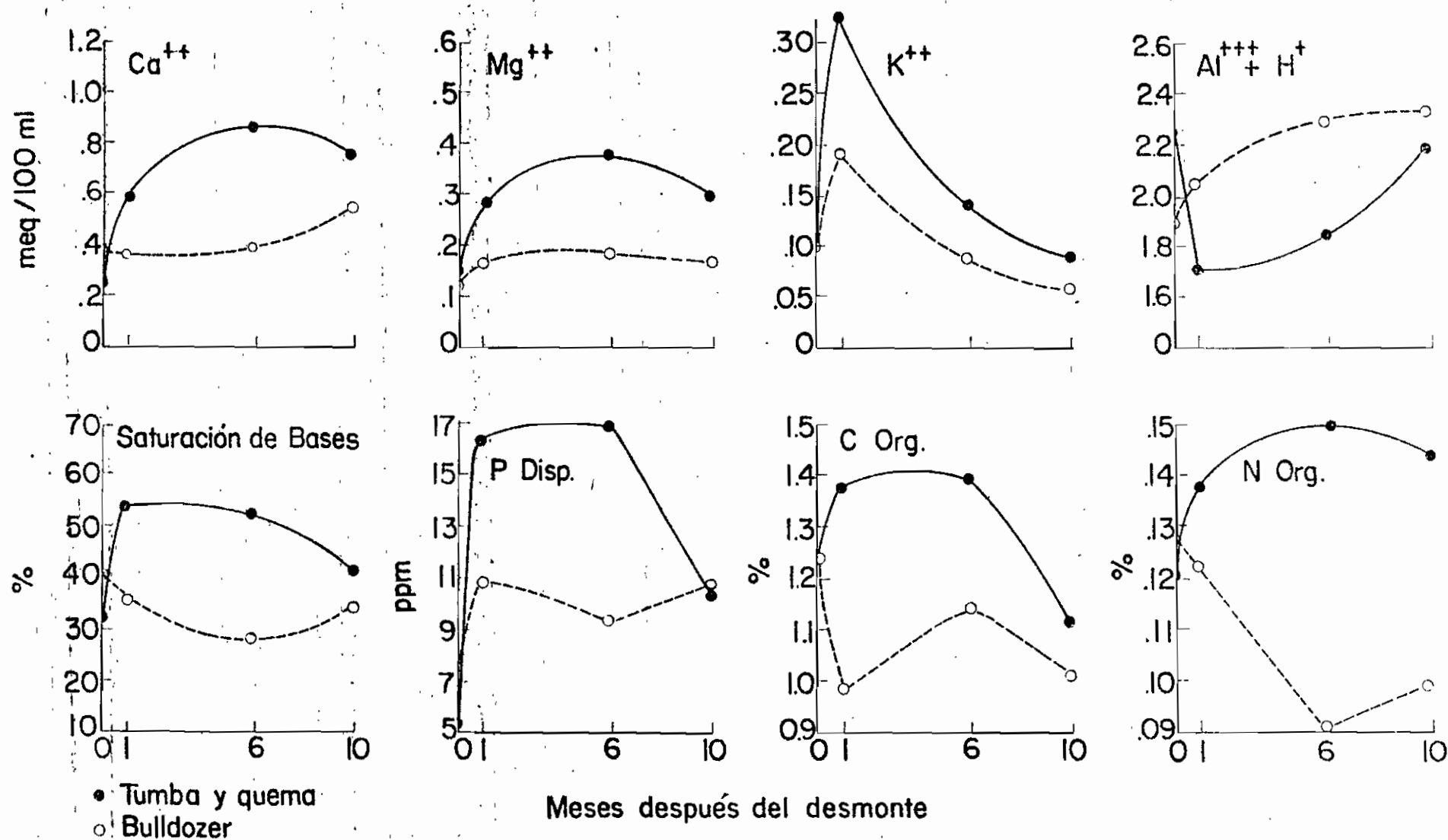


Figura 5. Cambio en la capa arable de un Ultisol arenoso en función del tiempo y método de desmonte en Yurimaguas, Perú. Adaptado de North Carolina State University (1974).

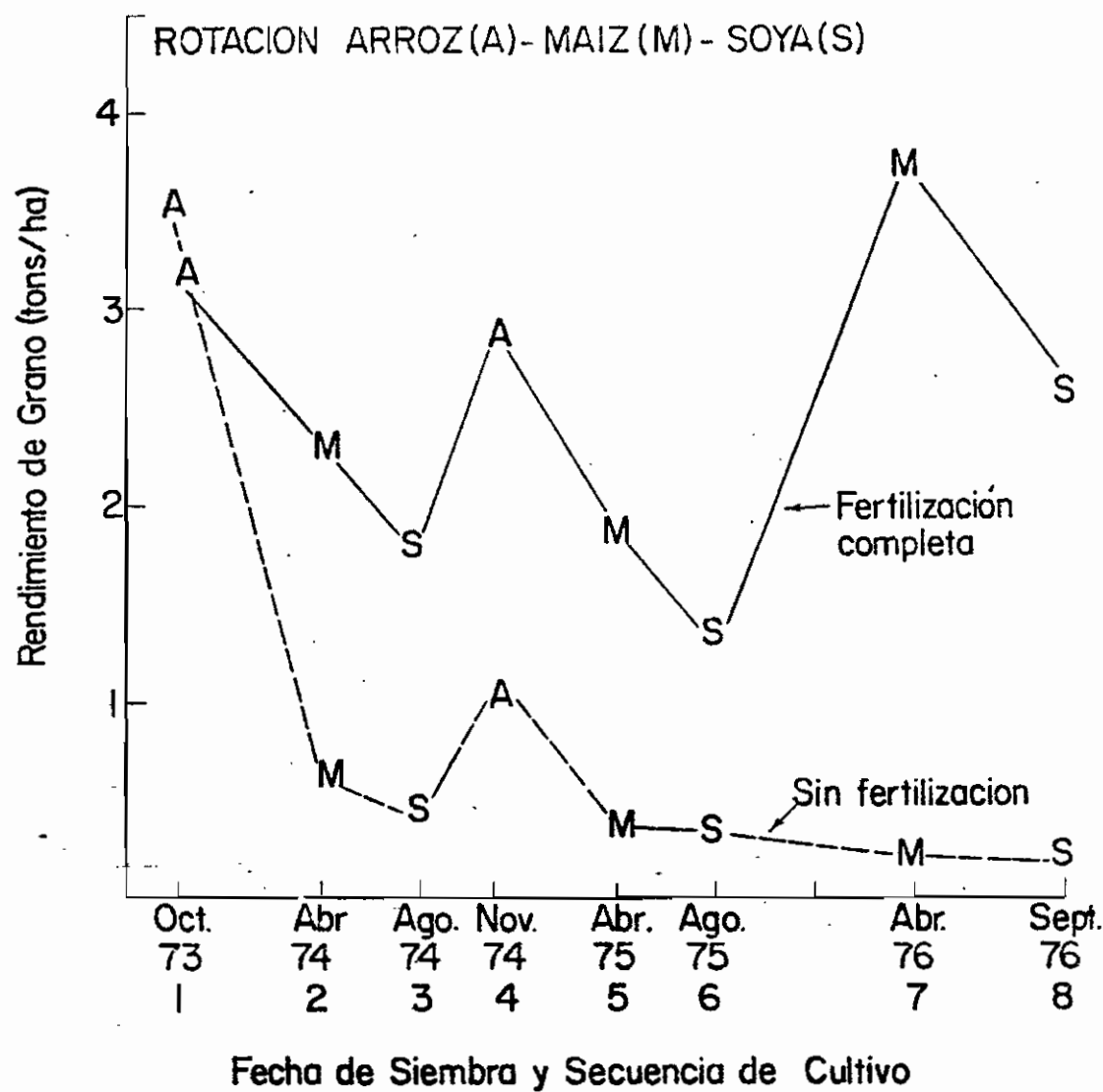


Figura 6. Comportamiento de la rotación anual de arroz-maíz-soya en función de tiempo en Yurimaguas. Adaptado de: North Carolina State University (1976).