

*Suelos y Ecosistemas del Trópico Húmedo **

Wilhelmus L. Peters **

INTRODUCCION

Las regiones del mundo con un clima húmedo y caliente ocupan un área de 29.7 millones de kilómetros cuadrados o sea, el 36% de la Superficie total de la tierra.

La región que se llama Amazónica, que representa el clima húmedo y caliente en América Latina, ocupa aproximadamente 5 millones de kilómetros cuadrados o sea 1/6 del total.

Los ecosistemas de esta región se caracterizan en general por una vegetación exuberante que da la impresión de una riqueza natural grande.

En base a esta riqueza aparente, se ha creado el mito de suelos muy buenos para uso agrícola y pecuario. Sin embargo, el hombre ha descubierto rápidamente que el crecimiento del bosque virgen está basado en una cantidad limitada de nutrientes que se mantienen en un ciclo nutritivo cerrado. Dentro de este ciclo circulan nutrientes entre la vegetación viva, el material orgánico muerto (que consiste en la hojarasca de la vegetación) y el suelo, en el cual los nutrientes se liberan a través de la mineralización de la materia orgánica y luego son captados de la solución del suelo por las raíces de las plantas.

* Presentado en la Reunión Técnica de Programación sobre Investigaciones Ecológicas para el Trópico Americano. Maracaibo, Venezuela, Abril 1973.

** Ing^o Agr^o, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia.

Está bien claro que la intervención del hombre en su actividad de deforestación destruye completamente el equilibrio descrito.

Antes de estudiar el ecosistema en su estado natural sin intervención del hombre y después ver la influencia del mismo, es bueno describir las características principales de los suelos en base a una consideración de ciertos factores formadores y procesos pedogenéticos responsables para la formación de los suelos de la región húmeda tropical.

PEDOGENESIS Y SUELOS

El factor más importante es el clima en sus dos aspectos:

Energía solar y precipitación.

La energía solar recibida en la zona tropical es mayor que en cualquier otra región de la superficie terrestre. Esto resulta primero en una temperatura promedio anual más elevada. También hay muy poca oscilación de la temperatura durante el año. Las fluctuaciones diarias pueden ser importantes. Como segunda consecuencia de la alta cantidad de energía solar recibida tenemos los altos valores de precipitación por mayor movimiento vertical de masas de aire húmedo. Otra característica de la precipitación es su irregularidad.

La principal función de la temperatura en la formación del suelo es servir como catalizadora de todas las reacciones químicas comprendidas en la descomposición y transformación de la roca madre y también de restos de vegetación y organismos muertos.

Según la Ley de Van T. Hoff la velocidad de una reacción química se duplica o triplica con cada aumento de 10°C en la temperatura.

En algunos casos existe una influencia específica, p.e. la solubilidad del sílice llega a un nivel 8 veces mayor cuando la temperatura sube de 10°C a 25°C . También que la viscosidad del agua es menor y por eso el agua penetra con más facilidad en el suelo. La precipitación que cae en forma de lluvia no consiste en agua pura, sino contiene varias sustancias en solución y suspensión. Estas sustancias pueden ser oxígeno, anhídrido de carbono, sales, ácido nítrico, polvo volcánico, etc.

En el suelo el agua actúa como solvente, pero también como un agente hidrolizante en la descomposición. Las mismas condiciones climáticas causan una producción alta de material orgánico.

Sin tomar en cuenta los otros factores formadores, tales como, material parental, tiempo, relieve y biósfera podemos traducir lo antes mencionado en algunos procesos pedogenéticos generales:

- I — Adiciones
- II — Sustracciones
- III — Transferencias y Redistribuciones
- IV — Transformaciones

I.— *Adiciones:*

- a) **Materia Orgánica:** En el trópico la producción es alta, pero la descomposición es rápida. Sin embargo la materia orgánica es de suma importancia.
- b) **Polvo volcánico y sustancias disueltas o dispersas en el agua.**

II.— *Sustracciones:*

- a) Todas las sales solubles.
- b) Sílice

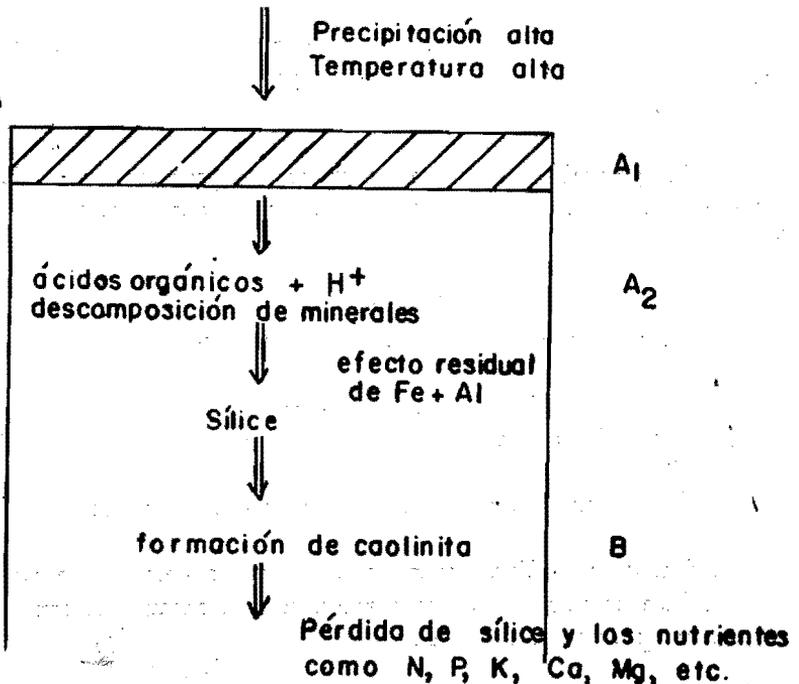
III.— *Transferencias y Redistribuciones:*

Material en suspensión. Sesquióxidos y arcilla fina

IV.— *Transformación:*

Formación de caolinita y sesquióxidos de componentes de roca meteorizada.

ESQUEMA



Los dos primeros procesos pedogenéticos específicos del trópico son los de ferralitización y plintización que anteriormente se unieron en laterización. **Ferralitización:** consiste en una percolación lenta, pero continua, de agua por el suelo que causa la lixiviación de varios iones y componentes del material, al subsuelo o a la mesa freática.

Existen ciertas condiciones del medio ambiente que influyen en este proceso:

- 1) El drenaje interno del material parental desintegrado debe ser bueno con alta permeabilidad.
- 2) Cantidad de agua sea suficiente.
- 3) La composición mineral del material parental determina los productos que desaparecen y los que quedan.
- 4) Cantidad, tipo y descomposición de materia orgánica determina cantidad y tipo de los ácidos orgánicos que percolan con el agua.

El proceso de ferralitización se divide en tres subprocesos, aunque debe ser claro que todos actúan en forma integral.

Estos sub-procesos son:

1.— **Meteorización de minerales primarios que resultan siempre en hidrólisis silicatas.**

La meteorización consiste en desintegración (proceso físico) y descomposición (proceso químico). En el trópico la meteorización química es más importante.

En general uno puede describir los procesos en la forma siguiente, usando como material parental los dos grupos generalizados: Roca básica y Roca ácida.

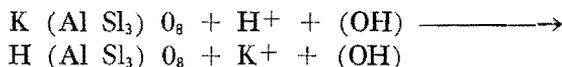
Roca básica (anfíboles, piroxenos) =====>
bases (Mg + Ca) + Sílice + Oxihidratos de Fe

Roca ácida (feldespatos) =====>
bases (K. + Na + Ca) + Sílice + Oxihidratos de Al.

La meteorización química es un conjunto de procesos que consiste en:

- a) **Hidratación.**— Formación de una lámina delgada de agua sobre la superficie de minerales que cambia completamente el comportamiento físico y químico del mineral.

- b) *Oxidación*.— Influencia del oxígeno (aire) o pérdida de electrones.
- c) *Disolución de componentes solubles*, particularmente los cationes, que cambia completamente la naturaleza del agua.
- d) *Hidrólisis*.— Sustitución de cationes de la superficie del mineral, por hidrógeno de moléculas disociadas de agua p.e. feldespato de potasio.



Esta reacción sigue porque el H (Al Si₃) O₈ no es estable. Hay transformación en iones simples de Al y Si que en una fase más avanzada del proceso de ferralitzación son lixiviados o transformados en caolinita o gibsita.

Este proceso de meteorización depende de:

- a) Tipo de roca (más que todo de la composición mineralógica) y permeabilidad p.e. de la roca básica (diorita) es más permeable que roca ácida (granito).
- b) Temperatura y Humedad.
- c) Tiempo. En el Trópico las superficies en su mayor parte son viejas y estables (debido a cobertura vegetal). Esta estabilidad permite procesos de meteorización durante mucho tiempo.

II.— Lixiviación de bases y sílice.

Los cationes liberados durante el proceso de hidrólisis son muy solubles y con la percolación libre del agua esos cationes desaparecen fácil y completamente hacia los estratos profundos, o hacia agua freática o lateralmente hacia los ríos. También desaparece parte del sílice. Los sesquióxidos no son lixiviados y esto resulta en un incremento de estos.

III.— Formación de minerales secundarios.

El proceso de ferralitzación tiene como resultado una predominancia de sesquióxidos, tales como goetita y gibsita y de arcillas silicatadas de tipo 1:1 tal como la caolinita. El primer grupo es típico de materiales originados de roca básica, el segundo de rocas ácidas.

Los suelos ferralíticos que reflejan la actuación del proceso de ferralitzación tiene las siguientes características:

a) Morfométricas.

- 1.— Suelos profundos
- 2.— Bien drenados
- 3.— Colores uniformes
- 4.— Textura arcillosa
- 5.— Contenido bajo de limo
- 6.— Diferenciación en horizontes no muy claros
- 7.— Ausencia de películas de arcilla
- 8.— Estructura de agregados finos estables que forman una estructura porosa.
- 9.— Consistencia friable o muy friable en húmedo, adhesivo y plástico en mojado.
- 10.— Gran estabilidad de los agregados debido a la naturaleza de la arcilla.
- 11.— Porosidad grande.
- 12.— Cierta tendencia a formar costras superficiales.
- 13.— Percolación rápida de agua.
- 14.— Baja susceptibilidad a la erosión.
- 15.— Desarrollo de raíces profundo.

b) Mineralógicas.

1.— Bajo contenido de minerales meteorizables en la fracción arena, que refleja el proceso intensivo y completo de meteorización. Minerales primarios de poca resistencia a la meteorización (micas etc.) ocupan menos de 1% aquellos de resistencia moderada (turmalino etc.) 4%.

Por eso prácticamente toda la fracción de arena consiste en granos de cuarzo y microconcreciones de sesquióxidos.

2.— En la fracción arcillosa tenemos minerales de arcilla de baja actividad como caolinita, sesquióxidos, cierto porcentaje de SiO_2 (cuarzo) y posiblemente complejos inactivos.

c) Químicas:

1.— Baja capacidad de intercambio catiónico de la fracción arcillosa debido a la naturaleza de las arcillas predominantes, particularmente los sue-

los pobres en caolinita tienen CIC muy baja. La capacidad de intercambio cambia con el pH (capacidad de intercambio potencial) por características anfotéricas de ciertos sesquióxidos. Eso significa que hay que tener mucho cuidado determinando CIC en el laboratorio. También actividad de M.O. (muy alta) puede intervenir.

2.— Baja cantidad de bases intercambiables.

En porcentaje de la CIC la saturación de bases (V) es baja. Valores <35-40% son comunes. Tomando en cuenta la baja CIC no puede imaginarse la pobreza de estos suelos. Normalmente, valores bajos de V, van asociados con pH bajo ($\text{pH.H}_2\text{O} < 5$).

3.— Alta capacidad de intercambio de aniones y alta capacidad de fijar P, especialmente en aquellos suelos ferralíticos que son ricos en sesquióxidos.

4.— La acidez activa ($\text{H} + \text{A1}$)‡ por lo general es baja con el pH del suelo en el campo. Muchas veces se menciona el porcentaje bajo de aluminio intercambiable. Valores de <2 m eq/100 gr. de suelo son comunes (<25% de CIC) en suelos tropicales con pH muy bajo este valor puede ser más alto. (hasta 80% de la CIC).

Plintización es la formación de plintita

Plintita (material) consiste en una mezcla de arcilla, cuarzo, y otros componentes como agregados de sesquióxidos.

Esta mezcla se encuentra en forma blanda (no endurecida) y se caracteriza por un color gris claro, de matrix, con manchas rojas de tamaño, forma y patrón diferente. Las manchas cambian irreversiblemente en escorias durante un proceso repetitivo de mojar y secar (este material se ha llamado Laterita). Esta plintita también se encuentra en forma endurecida y se caracteriza por material que parece ser escoria de diferentes tamaños y formas, etc.

Formación de Plintita

Condiciones para acumulación absoluta de sesquióxidos.

- a) drenaje imperfecto.
- b) aireación temporal repetida.
- c) El agua que se infiltra en el suelo no contiene nada de componentes que pueden enriquecer el suelo.

En la realidad, esto significa que este proceso de plintización actúa en superficies planas con un estrato impermeable o con una masa de agua fluc-

tuante durante el año, entre la superficie y unos 3 metros de profundidad, sin inundaciones.

El transporte de sesquióxidos se efectúa en forma de:

- 1.— iones de Fe ++
- 2.— oxihidratos de Fe y Al, transporte en masa
- 3.— Complejos de Fe y Al más humus
- 4.— Sesquióxidos, transporte en masa.

Endurecimiento de la Plintita.

- 1.— Durante la época seca, en el sitio de formación como parte final del proceso pedogenético.
- 2.— Cambio de clima puede causar transformación de plintita blanda en plintita dura.
- 3.— Cambio en el nivel freático, debido a un cambio natural o artificial en el nivel de los ríos.
- 4.— Erosión de la capa superficial lixiviada por:
 - a) degeneración de la vegetación
 - b) cambio de clima
 - c) movimientos tectónicos
 - d) cambio de base de erosión de un río
 - e) influencia del hombre: deforestación, quema

Las características de suelos con plintita son muy variables debido a:

- a) grado de endurecimiento de la plintita.
- b) morfología de la plintita.
- c) profundidad a la cual se encuentra la plintita.

Este resumen de los factores formadores de suelos, de los procesos pedogenéticos y de las características generales de los suelos, nos permite tener una idea del suelo como elemento integral del ecosistema que estamos estudiando.

El Ecosistema:

El ecosistema que consideramos aquí es un ecosistema de recursos naturales, que quiere decir que algún elemento del sistema es un producto para uso directo o indirecto por el hombre. Este producto puede ser biológico p.e. madera, cazería o físico p.e. aire, agua y suelo. Lo fundamental es que el hombre interviene directamente en el conjunto de interacciones ecológicas. Esta actividad del hombre se puede llamar manejo o manipulación del ecosistema. En realidad, existen dos tipos de manejo:

- a) Explotación: manejo que resulta en una reducción de la capacidad de producción.
- b) Manejo beneficioso: que da un rendimiento máximo para el hombre y que no reduce la capacidad de producción del ecosistema.

En el caso de la intervención del hombre en el ecosistema con fines agropecuarios, él debe obligatoriamente buscar el manejo beneficioso, ya que él dependerá a largo plazo, de los recursos. Cualquier sistema de uso agropecuario que cause deterioro de ciertos elementos del ecosistema, p.e. suelo, y que por eso se debe considerar como explotación, es una forma de destrucción que hay que evitar, ya que la recuperación, aunque en muchos casos sea técnicamente factible, es un proceso largo, lento y costoso.

Estudiemos ahora en forma esquemática el ecosistema que podríamos definir como una parte de un paisaje natural abarcando la totalidad de factores climáticos, suelo, vegetación, fauna y el hombre.

Los límites geográficos de este ecosistema son líneas arbitrarias trazadas según el interés del ecólogo.

En el caso de un pedólogo, el límite del ecosistema puede coincidir con el límite del suelo.

El ecosistema está abierto en el sentido de que durante su existencia hay ganancias o pérdidas de energía y/o masa.

Una lista de ganancias contiene las siguientes variables:

- a) Energía — Radiación solar, transferencia de calor.
- b) Masa.

1.— Masa gaseosa, p.e. H_2O , CO_2 , N_2 , O_2 , etc., que entra por difusión o por el viento.

2.— Masa líquida: H_2O

- 1) Precipitación desde arriba.
- 2) Escurrimiento (de los lados).
- 3) Ascenso (de abajo para arriba).

3.— Masa sólida:

- 1) Sólidos disueltos o dispersos en agua, p.e. HCO_3^- y NO_3^- en la precipitación, sedimentos.
- 2) Sólidos trasladados por el viento, p.e. sales cíclicas, polvo volcánico.

4.— Migración de organismos.

Microorganismos, animales, plantas y el hombre.

En la lista de pérdidas tenemos las siguientes variables:

- a) Energía: Radiación de calor. Evaporación.
- b) Masa:

- 1) Masa gaseosa, p.e. H_2O por evapotranspiración, CO_2 , NH_3 , O_2 , por fotosíntesis, respiración y descomposición de la materia orgánica.
- 2) Masa líquida: H_2O
 - 1) Escurrimiento
 - 2) Percolación
 - 3) Infiltración lateral.
- 3) Masa sólida:
 - 1) Sólidos disueltos o dispersos en el agua, p.e. cationes y aniones y coloides (humus y arcilla) por escurrimiento, percolación e infiltración lateral.
 - 2) Soliflucción sobre pendientes fuertes.
 - 3) Sólidos erosionados por el viento (erosión eólica)
 - 4) Emigración de organismos.

Dentro del ecosistema que estudiamos existe traslocación de masa. El mismo ciclo nutritivo que vimos anteriormente es una translocación de masa en el suelo la cual causa la diferenciación de un perfil de suelos en horizontes.

Con el tiempo, el ecosistema va cambiando debido a una diferencia entre ganancias y pérdidas.

Este cambio se puede expresar en ganancias menos pérdidas en la siguiente forma, para tiempo de un año.

$$\frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{\Delta X}{1} = X_g - X_p \quad (1)$$

X = representa cualquier elemento del ecosistema

ΔX = cambio del elemento en un tiempo determinado

Δt = tiempo

X_g = ganancia en elemento X

X_p = pérdida en elemento X

ΔX = puede ser positivo o negativo

Δt = 1 año

Partiendo de un ecosistema a tiempo cero, con cierto elemento X nombrado X_0 el valor de elemento X después de un año será

$$X = X_0 + \Delta (X)_1 = X_0 + (X_g - X_p)_1 \quad (2)$$

después de t años la ecuación sería:

$$X_t = X_0 + (X_g - X_p)_1 + (X_g - X_p)_2 + \dots + (X_g - X_p)_t \quad (3)$$

$$X_t = X_0 + \sum_1^t (X_g - X_p) \quad (4)$$

La ecuación (4) se puede evaluar con lisímetros fitotrones que nos permiten medir las ganancias y pérdidas.

Teóricamente, uno podría obtener una imagen completa de cualquier ecosistema cuando se efectúan estos estudios durante siglos y milenios.

La realidad es completamente diferente, ya que apenas estamos empezando a hacer estudios sistemáticos de ecosistemas.

Para el propósito de esta exposición la ecuación (4) ya define suficientemente el ecosistema y los cambios que ocurren en sus elementos con el tiempo.

Por eso, no existe la necesidad de entrar en una descripción exhaustiva de los diferentes flujos de energía y masa y sus gradientes de potenciales que uno debe tomar en cuenta cuando no existen experimentos controlados. Se va a considerar el ecosistema del trópico húmedo en base a la fórmula (4), sin tomar en cuenta ninguna actividad humana que no sea otra que la cacería y la recolección de nueces, frutas, caucho, etc.

Para poder comprender los problemas fundamentales de colonización de la zona húmeda tropical por el hombre es suficiente describir en forma general los elementos absolutos del sistema porque forman la rama del total den-

tro de la cual otros elementos deben actuar y deben adaptarse. El primer absoluto es el suelo que se ha descrito suficientemente en el capítulo anterior.

Resumiendo, podemos decir que los suelos en su mayor parte son maduros y están en estado muy avanzado de meteorización y lixiviación.

Otros factores absolutos son los factores climáticos subdivididos en temperatura y precipitación.

La temperatura tiene su influencia en los procesos pedogenéticos y en la acumulación de materia orgánica. La temperatura crítica para la acumulación de M.O. es aproximadamente 24°C. Por encima de esta temperatura existe una actividad biológica tan grande que la descomposición de la materia orgánica es mucho mayor que la acumulación.

La temperatura elevada del suelo también favorece la descomposición directa de la materia orgánica en dióxido de carbono, nitrógeno, amoníaco y nitrato que pueden escapar al aire. La precipitación tiene su mayor influencia en la lixiviación y el escurrimiento superficial en el caso de suficiente pendiente.

El ecosistema, sin intervención del hombre, tiene como característica más típica que todos los elementos vivos están contribuyendo a la conservación y al ciclo de nutrientes y así, están preservando el equilibrio ecológico completo.

Este hecho bastante impresionante se debe principalmente al bosque virgen del trópico húmedo. La influencia principal de la selva es que por su follaje siempre verde, puede regular los efectos del clima. En el caso de la precipitación, un 25% es captado por las hojas y el resto llega a la superficie terrestre en forma de gotitas finas. Así no existe el problema del impacto de las gotas en el suelo y la destrucción de agregados. También así la cobertura vegetal está disminuyendo o eliminando el riesgo de erosión. Otro efecto de la vegetación es que el follaje protege el suelo contra la radiación solar directa permitiendo así cierta acumulación de humus que juega un papel muy importante en el ciclo nutritivo.

Sin duda, la cosa más espectacular lograda por la vegetación es el almacenamiento y la captura de nutrientes.

En la zona templada existe la posibilidad de almacenar nutrientes en el suelo hasta que la planta los necesita, en el trópico, sin embargo, todos los nutrientes no captados inmediatamente se pierden por lixiviación.

Dos aspectos de la vegetación que son importantes en esto son: la producción enorme de masa verde y la gran cantidad de especies diferentes y su distribución regular. Cada una de estas especies tiene sus propios requerimientos en cuanto a nutrientes, pero también varía en desarrollo radicular, dando como resultado un conjunto de raíces que llega a una profundidad considerable. Usando la fórmula (4) como base para ver algún cambio en diferentes elementos del sis-

tema con el tiempo, será claro que aún a largo plazo no habrán diferencias muy grandes, sin tomar en cuenta casos imprevistos tales como terremotos, etc.

$$X_t + X_o + \sum_1^t (X_g - X_p)$$

En el sistema $X_g - X_p$ quedará aproximadamente igual a cero y por eso.

$$X_t \approx X_o$$

Cuando el hombre interviene en el ecosistema antes mencionado con el propósito de usar las tierras para producción agropecuaria, que debe ser obligatoriamente un manejo beneficioso y no una explotación, siempre comienza con la limpieza del terreno. Esta práctica, la deforestación, resulta en la destrucción parcial o completa de la vegetación. En el sistema usado en la zona templada se remueve la vegetación natural y se quema. Después se eliminan palos, etc., para que el terreno quede completamente desnudo.

Antes de sembrar se preparan las tierras con arado, con el fin de enterrar las malezas y para facilitar la aireación del suelo. Cuando usamos este sistema en el trópico, los efectos son desastrosos.

La deforestación completa expone inmediatamente la superficie a la intensidad de la energía solar, acelerando así el deterioro del suelo.

Primero desaparece la materia orgánica por un aumento de la temperatura de la capa superficial y como consecuencia disminuye la capacidad de retención de la humedad que a su vez favorece la lixiviación de nutrientes. Además los rayos ultravioletas producen cambios en el suelo que resultan en volatilización de nitrógeno. También las mismas radiaciones reducen la actividad biológica.

La tendencia general es que el suelo se empobrece químicamente. Por el impacto de las gotas de lluvia también comienza un deterioro de las condiciones físicas que bajo la vegetación natural eran buenas. Primero se destruye la agregación del suelo de la capa superficial y segundo, cuando el material de la superficie está en estado disperso, aumenta el escurrimiento superficial causando erosión.

La aplicación de fertilizantes podría corregir la parte química del deterioro total. Sin embargo, eso es muy complicado porque los fertilizantes nitrogenados bajo la influencia directa de la radiación solar se descomponen rápidamente y se volatilizan. Otros nutrientes que no son absorbidos inmediatamente por las plantas desaparecen con la lixiviación, ya que el suelo no tiene suficiente capacidad de retención de nutrientes.

La labranza del suelo causa destrucción de la agregación y además favorece la aireación que a su vez acelera la descomposición de la materia orgánica.

Cuando la semilla del cultivo llega a la germinación gran parte de los nutrientes ya han sido lavados. En este caso en la fórmula 4 tenemos:

$$X_t = X_o + \sum_i (X_g - X_p)$$

$X_g - X_p$ quedará igual al caso anterior en cuanto a energía solar y precipitación hablando sobre cantidad absoluta que recibe el sistema. Sin embargo, la superficie del suelo está recibiendo más ya que queda eliminado el factor que estaba regulando estos dos elementos: la vegetación.

En el caso de todos los otros elementos $X_g - X_p$ será negativo lo cual indica empobrecimiento total del sistema.

En fórmula será: $X_t \leq X_o$

Debe ser claro que la agricultura llamada "moderna" o de alto nivel tecnológico es sumamente peligrosa en el trópico húmedo.

Debemos considerar un tercer caso que es el sistema de uso agrícola de los suelos que se llama "Shifting Cultivation" o "conuco" o agricultura migratoria.

Este sistema, considerado por la mayor parte de la gente como el sistema agrícola más primitivo que existe, usa el conjunto siguiente de prácticas:

Después de la selección del área que siempre es un área pequeña, el conuquero tumba la vegetación y la quema, cuando el material ha secado un poco (al fin de la época seca). Inmediatamente después de la quema, el hombre siembra una mezcla de cultivos para su autoabastecimiento, sin preparar las tierras y usando la "coa" para hacer los huecos para poner la semilla. El conuquero abandona su parcela en dos o tres años debido a la disminución de los rendimientos y busca otra área en donde se repite el mismo procedimiento.

Cuando analizamos este sistema agrícola ecológicamente es evidente que el conjunto de prácticas está imitando el sistema ecológico de bosque natural en ciertos aspectos. La superficie de la tierra no queda completamente desnuda porque la limpieza del terreno no es total. Queda cierta cantidad de material orgánico sobre la superficie de la tierra.

Siempre se siembra una mezcla de cultivos en vez de uno, lo cual elimina una competencia entre individuos que tienen el mismo requerimiento de nutrientes y favorece un mayor aprovechamiento de los nutrientes disponibles.

La cosecha se hace según la necesidad y en esta forma la tierra no queda baldía completamente durante su uso agrícola. Es claro que después de tres años de uso en esta forma se ha perdido mucho de los nutrientes originales y que la recuperación por el bosque de las condiciones existentes antes de este uso de la tierra será un proceso muy largo. Pero una consideración sumamente importante es que este sistema de uso agrícola de la tierra es el

sistema más adaptado a las condiciones naturales del trópico húmedo y que el uso del suelo en esta forma no causa daños permanentes. En realidad, el sistema conuco no se puede llamar primitivo, porque realmente es un sistema altamente especializado y adaptado a ciertas condiciones especiales.

Resumiendo, podemos decir que el conuco es el sistema más adaptado ecológicamente. El nivel de producción de este sistema es bajo y no cumplirá con las necesidades de producción agrícola del futuro próximo.

Como consecuencia, es muy urgente hacer investigación completa y profunda sobre el manejo de las tierras bajo uso agrícola, que por un lado, permitirá llegar a una producción alta y por otro lado, no destruirá el ecosistema, en una forma tal que se vaya a dañar permanentemente el recurso suelo.

Líneas de investigación.

Para conocer mejor las características más importantes del ecosistema del trópico húmedo, las cuales llamamos elementos absolutos, es indispensable investigar primero el clima en los siguientes aspectos:

- a) Cantidad de precipitación por año.
- b) Distribución de la precipitación durante el año y en el día.
- c) Fluctuación y grados de temperatura del aire y del suelo.

El otro elemento importante es el suelo, el cual habrá que estudiar a fondo en todas sus características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas para obtener la base que nos permitirá dar recomendaciones sobre las posibilidades de uso, las prácticas de manejo a seguir y los problemas específicos a resolver.

Los problemas inmediatos a resolver son:

- a) Corrección de acidez.
- b) Fertilización.
- c) Conservación de suelo.

Antes de deforestar es importante investigar y estudiar el bosque natural para ver si existe la posibilidad de llegar a un manejo racional y ver si hay suficientes especies maderables que se podrían aprovechar antes de la deforestación.

En cuanto al uso agrícola, es de suma importancia estudiar y mejorar el sistema de agricultura migratoria, que es el sistema predominante en el trópico húmedo y que realmente es el sistema más adaptado hasta ahora. Esto debería ser un primer paso para llegar a un sistema de uso agrícola netamente tropical. Los siguientes aspectos de manejo se tendrán que estudiar:

- a) Deforestación parcial o total, manual o mecánica.
- b) Siembra de especies que servirán de cobertura y su valor comercial.
- c) Tipo de cultivos a sembrar y la duración de cada cultivo antes de comenzar la rotación.

Aquí también se incluye selección de cultivos más adaptados al medio ambiente e introducción de cultivos nuevos, incluyendo pastos.

- d) Introducción en la rotación de abono verde.
- e) Sustitución de labranza a través de introducción de otras formas de control de malezas.

A través de esta cantidad de información que se va acumulando, poco a poco podríamos llegar al momento en el cual será posible adoptar una forma de uso agropecuario permanente que nos garantizará la conservación del recurso suelo y que podríamos considerar como manejo beneficioso.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — BONNET, J. Manejo de los oxisoles, suelos lateríticos del trópico húmedo, para lograr rendimientos óptimos de cosechas. Conferencia dictada en Belén do Para, Brasil, durante la Reunión Internacional sobre problemas de la agricultura en los trópicos húmedos de América Latina. 1966.
- 2 — D'HOORE, J. L' accumulation de sesquioxides libres dans les sols tropicaux. INEAC Ser. Sc. 62. 1954.
- 3 — D'HOORE, J. Pedological comparisons between tropical South America and tropical Africa. Afr. Soils 4 (3): 4-19. 1959.
- 4 — FAOFNUD, Grupo de trabajo FAO/FNUD. Sobre evaluación y manejo de suelos en la Región Amazónica. Inédito. 1972.
- 5 — HARDY, F. Edafología Tropical. Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. México. 1970.
- 6 — HARDY, F. Suelos Tropicales. Herrero Hermanos, Sucesores, S. A. México. 1970.
- 7 — JENNY, H. Factors of Soil Formation. Mc. Graw-Hill. Publ. XII. 1941.
- 8 — JENNY, H. Derivation of State Factor. Equations of Soils and Ecosystems. Soil Science Soc. Am Proc. 25. p. 385-388. 1961.
- 9 — KORMONDY, E. Concepts of Ecology. Prentice Hall Inc. Englewood. Clipp. New-Jersey. 1969.
- 10 — MEGGERS, B. Amazonia. Aldine, Atherton. Chicago, New York. 1971.
- 11 — MOHR, E. and van Baren, FA. Tropical Soils. Neth. Royal Tropical Inst. Amsterdam. 1954.
- 12 — NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. Soils of the Humid Tropics. Washington, D. C. 1972.
- 13 — NYE, P. and Greenland, D. The Soil under Shifting cultivation, Comm. Bur. Soil Sc. Tech. Commun 51. 1960.
- 14 — PETERS W. Urdaneta, I. Estudios de Suelos en algunas áreas en los alrededores de Puerto Ayacucho y en San Juan de Manapiare. Terr. Fed. Amazonas. Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía. Maracaibo. 1971.

- 15 — REYES-ZUMETA, H. Economía d'agua de leguminosas do cerrado. Tesis de Doutoramiento. Departamento de Botánica. Sao Paulo. S.P. Brasil. 1972.
- 16 — SOMBROEK, W. Amazon Soils. Pudoc, Wageningen. 1966.
- 17 — SWARAJASINGHAM, S. Laterite. *Advances in Agronomy* 14: 1-60. 1962.
- 18 — SYS, C. The Concept of ferralitic and fersiallitic. Soils in Central Africa; their classification and their correlation with the 7th. Approximation. *Pedologie XVIII* (3): 284-325. 1967.
- 19 — UNESCO. Soils and Tropical Weathering. Proceedings of the Bandung Symposium, 16 to 23 November 1969. Paris. 1971.
- 20 — VAN DYRE, G. Ed. The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press, New York. London. 1969.
- 22 — VARESCHI, V. La quema como factor ecológico en los Llanos. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*. Tomo. XXIII. Pág. 9-27. 1962.