45030

Aspectos de los suelos del departamento de Caquetá que afectan el desarrollo de algunas especies promisorios de la Amazonia

ANALIZADO

Carlos Julio Escobar Acevedo[1]

El departamento de Caquetá, situado al sur occidente del país, tiene 8.9 millones de hectáreas y representa 7.8% de la extensión del territorio nacional. Hace parte de la región amazónica y, por tanto, su *base de recursos naturales* es amplia como resultado de su *variada diversidad geográfica.* En el Centro de Investigaciones Maçagual se desarrollan investigaciones en recuperación y manejo de suelos degradados, siembra de cultivos en asociaciones con leguminosas, respuestas a abonamientos, dinámicas nutricionales, características biológicas, físicas y químicas de suelos en recuperación como parte importante *en el manejo, conservación y utilización de germoplasma de recursos genéticos vegetales promisorios.*

En 3.88 millones de hectáreas cartografiadas por el IGAC, se identificaron tres grandes regiones fisiográficas, con 28 tipos de bosques y 15 transiciones de ellos. La zonificación agroecológica para el reordenamiento territorial, hace las siguientes recomendaciones: la utilización de las áreas más frágiles (1.9 millones de hectáreas) deberá hacerse con manejo conservacionista, empleando prácticas agroambientales. En las áreas menos frágiles (1.17 millones de hectáreas), se puede desarrollar la agricultura de subsistencia, pero con coherencia agroecológica. La agricultura y ganadería comerciales se pueden llevar a cabo en 222 mil hectáreas. Para uso agropecuario más restringido existen 522 mil hectáreas. Y para conservación de flora y fauna hay 64 mil hectáreas.

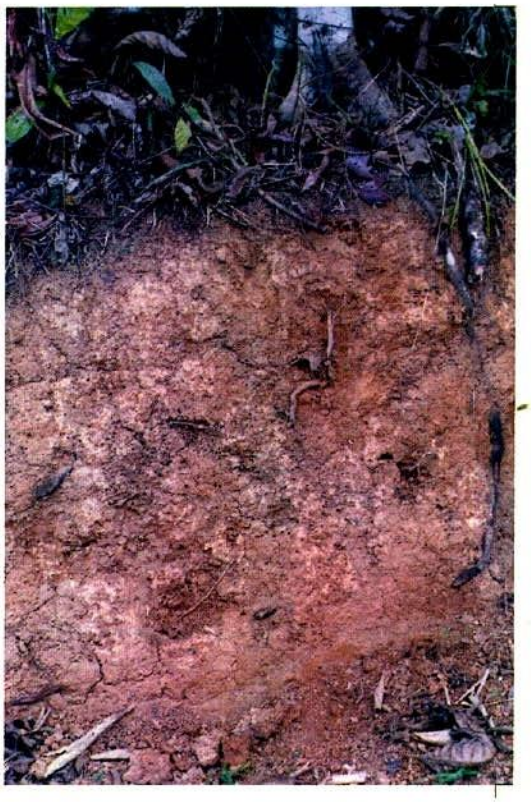

Figura 1. Ultisol, que muestra raíces finas en superficie y gruesas en profundidad.

1 *Agrológo M.Sc. CORPOICA C.I. Macagual, A.A. 337, Florencia Caquetá Colombia.*

La acción de la rehabilitación de los suelos degradados por el uso agropecuario en la Amazonia, deberá fundamentarse sobre dos ejes conceptuales: el primero, será la generación de información de carácter tecnológico sobre las causas, grado y severidad de la degradación de los suelos; las correspondientes prácticas de manejo y conservación que pueden adelantarse, de acuerdo con el germoplasma y los sistemas productivos potenciales de la región. El segundo, será la transferencia de tecnología bajo la convicción de que los productores son los protagonistas centrales en la tarea de manejar y preservar los recursos naturales, entre ellos el suelo. Por tanto es urgente y prioritario, a corto y mediano plazo, iniciar la rehabilitación de la mayor cantidad de áreas posibles, mediante una serie de procesos tecnológicos adecuados, tanto por vías físicas como químicas y biológicas, para volver esas áreas hábiles para la producción agroforestal, porque cuando la degradación esté muy avanzada, tipo desierto, como ocurrió en el sudeste de Asia, los procesos de rehabilitación de los suelos serán muy difíciles y costosos de realizar.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Con base en las características morfogenéticas de los horizontes diagnósticos minerales, sus suelos fueron clasificados por el IGAC: entisoles-inceptisoles, distribuidos en 1.2 millones de hectáreas, ubicadas en el flanco este de la cordillera oriental; 445 mil hectáreas en áreas aluviales; y 486 mil hectáreas en el lomerío. El orden de los ultisoles ocupa 1.65 millones de hectáreas en el lomerío y 50 mil hectáreas en las zonas aluviales. También se presentan los oxisoles e histosoles en pequeñas áreas. La oferta de diferentes tipos de suelos es muy variada, tanto en el paisaje del piedemonte, como en el lomerío y en las zonas aluviales. No obstante, sus horizontes minerales son considerados de baja fertilidad, pero poseen alto potencial biológico representado en la abundancia e interdependencia de organismos y microorganismos edáficos, como por ejemplo, los hongos micorriza-vesícula-arbúscular que ayudan a solubilizar fósforo y otros nutrientes para las plantas; así como las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico en simbiosis con las especies leguminosas. Hay microorganismos que al descomponer la hojarasca dejan los residuos con un pH cercano a la neutralidad, con lo que la absorción de nutrientes se ve muy favorecida. En consecuencia, las especies vegetales nativas o introducidas que más se asocian con la fauna edáfica deben ser los componentes de los agroecosistemas.

RÉGIMEN CLIMÁTICO

Climáticamente se tienen los pisos térmicos frío, medio y cálido. En el clima cálido, la precipitación media es de 3.800 mm/año, sin estación seca bien definida. El índice de erosividad (R o EI_{30}) multianual es de 2.750 $tm.cm.ha^{-1}.h^{-1}$, valor dos o tres veces mayor al de otras regiones del país. La humedad relativa es superior a 80%. Los vientos tienen normalmente velocidades < 1m/s. La temperatura oscila entre 18 y 36°C, con media anual de 25°C, equivalente a evapotranspiración potencial de 1435 litros/m^2año. La radiación solar media es de 1.700 horas/año, y la intensidad es de 268 cal/cm^2.día. Con esta cantidad de radiación líquida media, se ha calculado que el potencial de producción de biomasa es de 59 t/ha.año. Esto en razón a que hay especies vegetales que pueden utilizar la radiación solar durante todo el año, aunque haya períodos muy lluviosos (alta nubosidad) que causen estrés por exceso de humedad, o periodos menos lluviosos que causen estrés por déficit de humedad. Por tanto, es necesario generar un calendario agropecuario para la región, teniendo en cuenta que las especies con mayor potencial son las tipo C3.

Con relación al intercambio energético, el conjunto de elementos suelo-vegetación, constituye un sistema abierto que recibe constantemente un flujo de energía lumínica que proviene de la radiación solar (268 calorías/cm^2.día en promedio), así como también altas cantidades de energía cinética a través de la precipitación pluvial (erosividad entre 1770 y 2962 toneladas métricas.milímetro/hectárea.hora.año). Esta asociación suelo-vegetación contiene componentes que transforman la acción de la energía radiante en sustancias orgánicas con alta energía potencial para mantener los biprocesos y, al mismo tiempo, mecanismos cibernéticos que filtran y/o regulan las entradas excesivas de energía (radiante y cinética) que pueden desorganizar y degradar el suelo y con él todo el sistema productivo. La asociación suelo-especies vegetales promisorias de porte alto conforman mecanismos de regulación más eficientes en los agroecosistemas, mientras que el conjunto suelo-cultivo tradicional es mucho menos eficiente y, en consecuencia, el agroecosistema tiende a destruirse en corto tiempo. Por ello, la regulación de la temperatura por medio de mecanismos cibernéticos, que los constituyen las copas de los árboles generando un micro-ambiente, en el cual los valores en superficie oscilan alrededor de 25°C, es lo ideal para mantener en equilibrio los procesos de fotosíntesis (plantas C3), respiración y mineralización de la materia orgánica del suelo, entre otros (Figura 2). Cuando la temperatura supera ese umbral, los anteriores procesos son afectados negativamente y con ellos la productividad.

ACCIÓN DE LOS ORGANISMOS SOBRE LOS PROCESOS DE FORMACIÓN Y LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Los suelos tienen poca profundidad efectiva y además los materiales que componen su fase mineral han sido

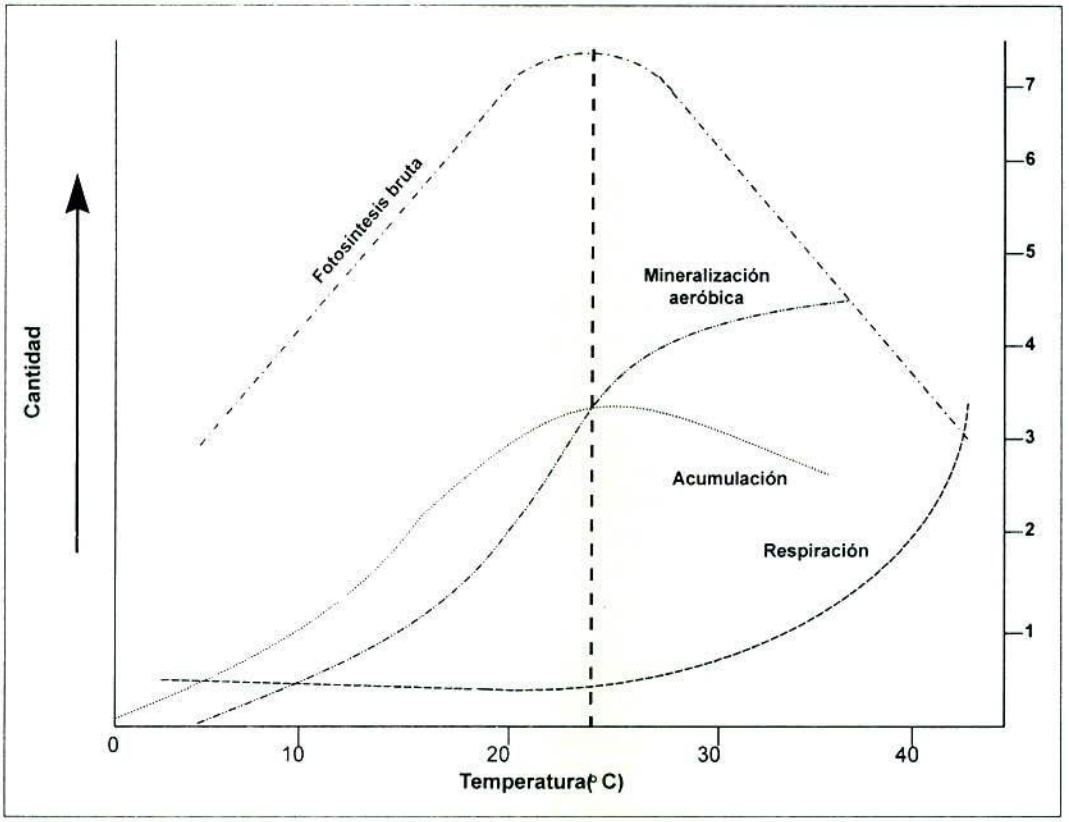

Figura 2. Influencia de la temperatura en los procesos de fotosíntesis, respiración y mineralización. Adaptado de Senstius y Muller, citado por Primavesi

objeto de una significativa acción por parte de los agentes del intemperismo y en sus horizontes convencionales A,B,C se presentan en forma global serias limitaciones para el desarrollo y productividad de las plantas cultivadas. Biológica y microbiológicamente se ha reconocido que los diversos tipos de bosque natural y sus relictos dependen esencialmente de la fase orgánica del suelo, originada por la hojarasca o cubierta forestal, que se ha depositado encima del horizonte A y se entrelaza con una densa red de raíces que participan en diversos procesos, como: el ciclaje de materia orgánica, de nutrientes y el mantenimiento de las propiedades físico químicas del suelo.

Esa cubierta, por la acción de la macro-mesofauna y de la microflora, ha originado una diferenciación de capas u horizontes denominados: a) Ln y Lv, caracterizados por la presencia de hojarasca no alterada; b) Fr y Fm, formados por el material fragmentado y fino (10 a 70%) ; c) Hr y Hf compuestos básicamente por el material orgánico fino y coloidal. El Cuadro 1 resume y contrasta la variación de cuatro propiedades claves en la fertilidad del suelo: espesor, peso total, peso de raíces finas y pH.

Cuadro 1. Algunas propiedades del perfil orgánico versus el horizonte mineral A en ultisoles del lomerío en el Caquetá.

Capa	Espesor Cm	Peso totalt/ha	Peso raíces < 5mm t /ha	pH (H_2O) 1:10
Lv	1–2	1.0 - 3.8		5.2 - 6.3
Fr	2-4	2.6 - 6.4	0.17 – 0.24	4.9 - 6.1
Hf	3-5	3.0 - 7.2	0.30 –1.30	5.3 - 6.0
A	2-3	400 - 500	2.4 – 6.8	4.0 - 4.3

Adaptado de IGAC 1993

BIOMASA Y RECICLAJE DE HOJARASCA Y NUTRIENTES DEL BOSQUE NATURAL

La organización estructural del ecosistema amazónico presenta una característica fundamental que influye directamen-

te en la conservación y productividad de sus diferentes tipos de suelo, ella es la alta cantidad de biomasa total (energía potencial), que varía entre 100 t/ha y más de 500 t/ha. Cerca de 80% es aérea y 20% es en la zona de raíces. En tanto, el valor de la biomasa de las especies cultivadas tradicionalmente son inferiores, en proporciones que pueden variar entre 40 y 100 veces menos. Tal reducción afecta seriamente el balance energético y por ende la estructura y funcionamiento del agroecosistema. De esta manera los sistemas productivos deberán mantener balances apropiados de biomasa y esto se consigue con la siembra asociada de especies leñosas que contienen mecanismos de conservación y transferencia de nutrientes, por medio de los cuales efectúan continuamente un abundante aporte de hojarasca que se descompone de manera permanente en las primeras 8 a 10 semanas, liberando las sustancias nutricionales para que sean absorbidos por la densa red de raíces finas que se encuentran en la superficie del suelo en asociaciones simbióticas con diversos grupos de microorganismos. Este modelo natural es necesario desarrollarlo en los agroecosistemas para utilizar eficientemente los elementos nutricionales que requieran las plantas cultivadas.

Los factores antes mencionados, así como los *componentes* de la vegetación, junto con los elementos abióticos, los consumidores y los descomponedores constituyen un sistema en el cual las sustancias nutricionales se encuentran en continuo movimiento e interacción, yendo de un organismo para otro, con alta eficiencia y eficacia en el uso de los recursos. En el Caquetá se han determinado valores que oscilan entre 174 y 247 t/ha de biomasa total en bosques sobre ultisoles del lomerío, los cuales pueden reciclar en una hectárea/año alrededor de 9 toneladas de materia seca de hojarasca, 165 kg de nitrógeno (N), 12 kg de fósforo (P_2O_5), 40 kg de potasio (K_2O), 62 kg de calcio (Ca), 17 kg de magnesio (Mg) y pequeñas cantidades de elementos menores. Estas cifras no incluyen los aportes hechos por la madera, las raíces, ni la lluvia.

DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS POR EL USO AGROPECUARIO

En el bosque del lomerío amazónico el agua que llega a la superficie del suelo, proveniente de la precipitación pluvial, se infiltra en un alto porcentaje (> 90%). No sucede lo mismo cuando se cambia la cobertura vegetal arbórea por herbáceas, porque la infiltración disminuye hasta en 30%, incrementándose la escorrentía y la erosión hídrica, en razón a la mayor densidad y compactación que desarrollan estos suelos. Para mejorar las propiedades físicas del suelo, que permitan la infiltración de los altos volúmenes de agua lluvia y además la entrada de oxígeno y la salida de gas carbónico, el suelo deberá estar cultivado con un alto número de especies arbóreas que emitan raíces de diversidad de diámetros y ejerzan altas presiones (> 7 bars) a la mayor profundidad posible dentro del perfil del suelo.

Con el uso agropecuario tradicional se cambia la arquitectura de la vegetación natural y se afectan substancialmente la composición, la estructura y el funcionamiento del ecosistema, lo cual lleva no sólo a que desaparezcan los mecanismos de conservación y de fertilidad natural de los suelos, sino a que se aceleren, en forma generalizada, los procesos de degradación de la áreas intervenidas o colonizadas. Varios indicadores biofísicos nos pueden ayudar a percibir la alta fragilidad del ecosistema amazónico.

Uno de ellos es el de los procesos globales de disección y movimientos en masa, como la solifluxión y los deslizamientos que han afectado al paisaje de lomerío por largos períodos bajo condiciones naturales, pero manteniéndose el equilibrio. La intensidad de tales procesos se debe a la acción de la gravedad y a las formas de "consistencia" del suelo, según sus variables y estados de humedad. Los valores de consistencia a través de sus límites líquido, plástico e índice de plasticidad indican que ellos se incrementan en los ultisoles del lomerío bajo pasturas de *Homolepis aturensis* (guaduilla) y *Brachiaria decumbens*, en tanto que bajo bosque natural presentan los menores valores.

La Figura 3 ayuda a visualizar de manera general que en la zona intervenida (3'8 millones de hectáreas), las áreas que se encuentran bajo pasto *Brachiaria decumbens* (900 mil hectáreas) presentan erosión moderada (relieve gilgai y terracetas). Las pérdidas de suelo en estas pasturas oscilan entre 7 y 13 t/ha.año, calculándose que la desaparición del horizonte A ocurrirá entre 70 y 40 años, respectivamente. Las áreas bajo pastos nativos, 700 mil hectáreas, presentan erosión fuerte (terracetas, surcos). En sectores localizados de las anteriores áreas, ocurre erosión de muy fuerte a extremadamente fuerte (cárcavas y remoción en masa). En las áreas bajo cultivos transitorios y/o permanentes (60 mil hectáreas) se presenta erosión ligera. Aquí las pérdidas están entre 1 y 3 t/h.año, lo cual implicaría que el horizonte A podría durar entre 500 y 200 años. En las áreas bajo bosques y rastrojos (2'1 millones ha) la erosión no es evidente. En estas zonas las pérdidas son del orden de 0.250 t/ha.año, y la duración del horizonte A sería mayor de 2500 años. Las anteriores cifras dan una idea del consumo permanente del **activo edáfico** y de los altos **costos ambientales** en que ha incurrido la producción agropecuaria tradicional.

PRÁCTICAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN

Para hacer una consolidación sostenida de las áreas intervenidas, se proponen tecnologías agroforestales que involucren

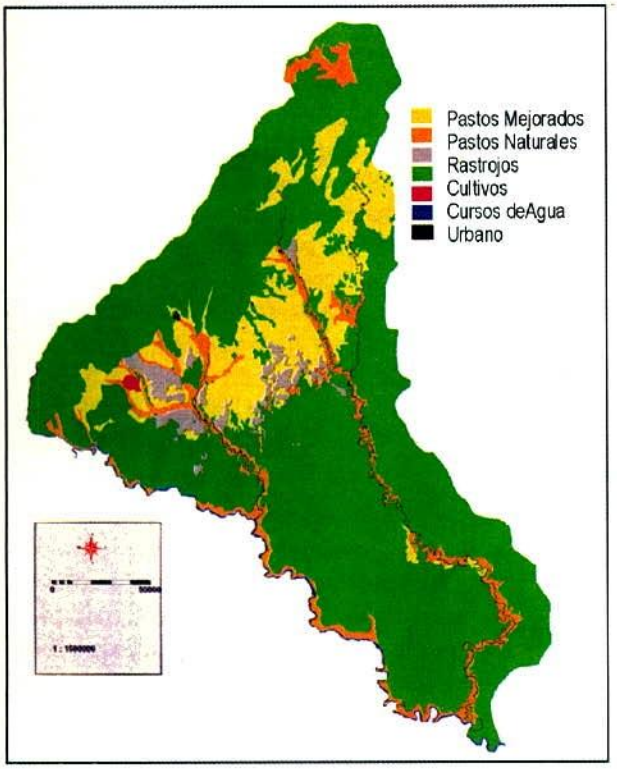

Figura 3 Mapa de coberturas vegetales y uso del suelo. Adaptado de IGAC, 1993

especies vegetales promisorias y que se basen en el *Uso y manejo de los relictos bosque natural y/o rastrojos* y el *Manejo y conservación de suelos degradados mediante técnicas agroforestales y silvopastoriles*". Con la finalidad de abordar y hacer énfasis en el tema de la *Agricultura Tropical* en forma técnica y científica, teniendo en cuenta que en las condiciones del **bosque superhúmedo tropical los parámetros edáficos y climáticos propician una dinámica en las tasas del metabolismo de plantas y animales**, superiores a las de países de la zona templada. Por tanto, se deberá evitar el estrés térmico en el sistema radical de las plantas, causado por las altas temperaturas de la región y se deberá manejar el elemento sombra, con el fin de que **no** incremente la respiración vegetal, porque esto ocasiona un mayor gasto de energía en la planta, debilitando su potencial osmotico radical y disminuyendo, en consecuencia, la fotosíntesis y los rendimientos.

Entre los criterios y/o prácticas biofísicas no exhaustivas para iniciar el cambio del modelo agropecuario actual de monocultivo extensivo, y compatibilizar el ambiente del bosque natural con los agroecosistemas nuevos o renovados, se deberán tener en cuenta los siguientes factores: a) el tipo de subregión fitogeográfica y derivar de cada una de ellas los mapas de fertilidad de suelos, considerando no sólo las propiedades físico químicas del horizonte A, sino las de los horizontes orgánicos, así como su fauna y microfauna edáfica; b) aprovechamiento eficiente de la oferta ambiental de recursos vegetales promisorios para la producción de biomasa, utilizando la biodiversidad vinculada al germoplasma; c) combinar los métodos de aprovechamiento de la vegetación arbórea, con los del manejo de la regeneración natural y/o artificial; d) implementar arreglos integrados de las especies (vegetales y animales) en el tiempo y en el espacio; e) utilización esencial de la estructura arbórea para interceptar y regular los factores climáticos, con el fin de proporcionar las condiciones óptimas para que se desarrollen normalmente los bioprocesos, entre ellos el de suministrar la hojarasca para proveer a la superficie del suelo y a la edafofauna la materia orgánica y los nutrientes para la nutrición de las plantas cultivadas; f) rotación de los cultivos de ciclo corto dentro de los arreglos; g) eliminar el uso de la quema como práctica cultural; h) intensificar el uso de las especies leguminosas y/o pioneras, como mecanismos para retornar o incrementar la **diversidad de la macro-meso-microfauna** y mejorar así las condiciones edáficas para mantener una productividad óptima y permanente; i) producir e incrementar el uso de bioabonos (lombricompuesto, inoculantes micorríticos, caldos enriquecidos, bacterias fijadoras), reforzados con minerales.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

En las relaciones interinstitucionales, ONG, medios masivos de comunicación y productores deberá mejorarse el modelo

Figura 4. Arreglo agroforestal en un entisol del Centro de Investigaciones Macagual

de integración intrarregional e interregional, induciendo a compatibilizar los intereses de los individuos, los de las instituciones y los de la sociedad como un todo, hasta llegar a una real articulación, para utilizar más eficientemente los recursos (humanos, naturales, económicos, tecnológicos, de infraestructura, así como los medios de comunicación), para propiciar un ambiente de sentido de pertenencia del conocimiento, de compromiso y la masificación de las tecnologías agroecológicas generadas en la Amazonia intervenida, para que ellas sean utilizadas apropiadamente por los diferentes tipos de usuarios (Figura 5).

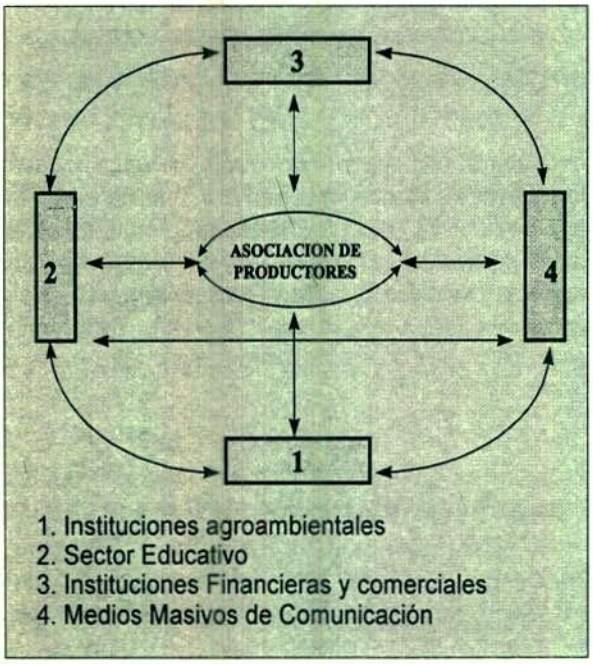

Figura 5. Modelo de interacciones para generar una cultura de transferencia de tecnologías agroecológicas.

De manera urgente para el fortalecimiento de los recursos humanos, se deberán incorporar sistemáticamente utilizando diferentes enfoques y canales de comunicación los avances de los conocimientos tecnológicos regionales, a los estándares educativos (actualización de currículos) en todos los niveles (primaria, secundaria, superior, formal y no formal), para desarrollar y consolidar una clara identidad regional y así contribuir a formar el hombre que la Amazonia requiere, con un enfoque interdisciplinario al análisis y busca de soluciones a los problemas del uso de la tierra, enseñándole a identificar y valorar, a ser sensible y a interrelacionarse con su entorno, a comprender que él hace parte de ese ambiente y que se encuentra allí para conformar junto con los recursos naturales, un lugar de convivencia común, sin el deterioro del uno ni del otro, porque él es eje central y los recursos naturales y las instituciones son los medios para lograrlo.

Así la cultura de la investigación y la transferencia de tecnología agroambiental generada de este proceso, permitirá el surgimiento de una sociedad consciente de su papel como componente del agroecosistema y no de dueña y depredadora de él, transmitiendo ese mensaje a las generaciones futuras y de esta manera sentar las bases para el real desarrollo sostenible.

GLOSARIO

Calor: energía transferida por diferencia de temperatura.
Fotosíntesis: formación o síntesis de compuestos orgánicos con la energía lumínica absorbida por la clorofila.
Mineralización: proceso de descomposición secuencial de las sustancias orgánicas pasando por productos simples hasta llegar a los elementales.
Respiración: oxidación de las moléculas orgánicas para suministrar energía a plantas y animales.
Sistema abierto: dependen del ambiente externo para el suministro de entradas y la aceptación de salidas.
Sistema cibernético: empleo de mecanismos de retroalimentación para su autorregulación.

BIBLIOGRAFÍA

IORIATTI D, J.L. 1988. *Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos reiáo amazónica*. Fundación Cargill. So Paulo Brasil. 215 p.
PRIMAVESI. 1982. *Manejo ecológico del suelo*. Editorial El Ateneo. Buenos Aires. 499 p.
PROYECTO - FAO Japón. 1996. *Rehabilitación de tierras y aguas*. Carta Informativa No. 37. Santiago de Chile.
SENSTIUS, M.V. 1958. *Climax forms of rock-weathering*. Amer. Scientist. Vol 46. P 355 - 367.
SUTTON B., HARMON P. 1976. *Fundamentos de ecología*. Editorial Limusa. México. 293 p.