

# CONSIDERACIONES ACERCA DE LA GENESIS, EVOLUCION, CLASIFICACION Y MANEJO DE LOS SUELOS DEL TRAPECIO AMAZONICO COLOMBIANO

Gloria Patricia Sánchez Ortega\*

## INTRODUCCION

Los estudios llevados a efecto en la región oriental del país han demostrado que este medio natural es diferente en muchos aspectos al resto del territorio colombiano (Cortés y Pulido, 1982). Entre los componentes del ecosistema, el suelo es uno de los factores que presentan las mayores divergencias, no sólo desde el punto de vista de sus propiedades físico-químicas y mineralógicas, sino en relación con su capacidad de uso y manejo.

El análisis pedogenético de una región determinada es un paso fundamental hacia el entendimiento integral del suelo y de las relaciones de este con los demás parámetros que definen los ecosistemas.

El estudio pedogenético de una determinada región no estaría completo si no tuviera en cuenta la taxonomía de los suelos, ya que a través de la clasificación es posible ordenar las poblaciones edáficas en clases y categorías, con lo cual se facilita entender las relaciones entre los distintos suelos que integran el área y los fenómenos que resultan de las interacciones de éstos con su medio ambiente.

## LOS SUELOS DE LA AMAZONIA

La cuenca Amazónica posee un área estimada de 6.3 millones de Km<sup>2</sup>, de los cuales aproximadamente 5 millones de Km<sup>2</sup> corresponden a la República del Brasil y el área restante se encuentra dividida entre los países de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Se caracteriza por ser la extensión más grande de bosque húmedo tropical y una de las fuentes principales de biodiversidad del planeta. La Región Amazónica Colombiana está compuesta por bosques húmedos tropicales, selvas pantanosas y sabanas con una

alta diversidad biológica. Muchos de los cuantiosos ríos, quebradas y caños que se encuentran en esta región son tributarios del río Amazonas con algunos otros que forman parte de la cuenca del río Orinoco.

La Amazonia colombiana se encuentra localizada en el sureste del territorio nacional, sobre la margen derecha del río Guaviare, el cual se considera límite natural con la región de la Orinoquia; cubre una extensión de 315.000 kilómetros cuadrados (IGAC, 1996), los cuales abarcan la totalidad de los antiguos territorios nacionales constituidos por los departamentos de Guainía, Vaupés, Guaviare y Amazonas, y parte de los departamentos de Putumayo y Caquetá. El denominado "Trapezio Amazónico" se localiza en el extremo sur de Colombia, donde confluyen tres fronteras internacionales: Colombia, Perú y Brasil (Diazgranados, 1996).

**Geomorfología:** La fisonomía de la región es bastante uniforme ya que la variación del relieve es poco acentuada y las desigualdades significativas son escasas; se distinguen mesas y serranías además de montes-islas (inselbergs) y colinas bajas, terrazas y llanuras aluviales. A partir de los estudios geomorfológicos llevados a cabo por el Proyecto Radargamétrico del Amazonas (PRORADAM, 1979), se puede precisar que el relieve del área amazónica está compuesto por cuatro unidades mayores con características propias, las cuales se han denominado como: provincia de paisajes de origen estructural, provincia de paisajes de origen denudativo, sistema de terrazas y sistema de paisajes aluviales. Los paisajes de origen denudativo constituyen la mayor provincia geomorfológica del área. En general, esta provincia representa una planicie baja, suavemente ondulada y presenta cierta diversificación de formas que da la posibilidad de dividirla en tres unidades principales: colinas redondeadas (lomerío), colinas facetadas y sabanas.

De acuerdo con la Leyenda geomorfológica-pedológica preliminar obtenida del Levantamiento General de Suelos del Departamento del Amazonas, dentro del área se presentan tres tipos principales de paisaje (Ibarra et al, 1996):

\*Ingeniera Agrónoma, Candidata M.Sc. Suelos. Docente Carrera de Ingeniería Agronómica - Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales «I.D.C.A». Bogotá, D.C.  
E-mail: psanchez@col.net.co

- Planicie aluvial de los ríos de origen andino
- Valles aluviales
- Lomerío denudacional

Dentro del paisaje de lomerío denudacional, se presentan los relieves de lomas y vallecitos coluvio-aluviales. En el primer sector, sobresalen relieves ondulados con disección moderada, relieves fuertemente ondulados con disección fuerte y relieves quebrados con disección muy fuerte. Por su parte, el lomerío denudacional se caracteriza por presentar un relieve fuertemente ondulado a quebrado, con disección moderada a muy fuerte.

**Clima:** La convección en la región amazónica es un importante mecanismo de calentamiento de la atmósfera tropical y sus variaciones, en términos de intensidad y posición, juegan un papel importante en la determinación del tiempo y clima en esta región (Figuroa y Nobre, 1990, citados por Fish et al., 1998).

De acuerdo con Molion (1987, 1993), citado por Fish et al. (op cit), los mecanismos que provocan lluvia en la Amazonia pueden ser agrupados en tres tipos:

- a) Convección diurna resultante del calentamiento de la superficie y condiciones favorables de larga escala.
- b) Líneas de inestabilidad originadas en la costa N-NE del litoral Atlántico.
- c) Aglomerados convectivos de mediana y larga escala, asociados con una precipitación de sistemas frontales en la región S/SE de Brasil y enteramente con la región Amazónica.

• **Cambios climáticos:** Las condiciones húmedas y cálidas de la Amazonia no han sido constantes durante los últimos 130.000 años. Investigaciones realizadas recientemente (Adams, 1997a; Adams y Faure, 1997), establecen cambios climáticos severos en cuanto a temperatura y precipitación.

De acuerdo con Colinvaux et al (1990), citados por Gash et al (1998), durante el máximo glacial el descenso en temperatura se estima entre 4 y 8°C; este cambio afectó más la ecología de estas zonas que las variaciones en precipitación. Estas últimas, para la mayoría de los investigadores, son las causantes de los mayores cambios vegetacionales; su disminución causó sequía, la cual en las zonas amazónicas de menores precipitaciones, indujo la transformación de formaciones boscosas en sabanas y, aun, llevó a reducir e inclusive secar algunos ríos amazónicos (Fish et al, 1998). Estos cambios climáticos, los cuales continúan actualmente, explican parcialmente el retroceso de la cobertura boscosa de la región amazónica, acelerada además por los procesos

de deforestación y ampliación de la frontera agrícola que hacen parte de la problemática ecológica global, objeto de permanentes debates en las instancias internacionales.

La región noroccidental de la Amazonia, de acuerdo con Van der Hammen y Asby (1994), aún con una disminución de 1.000 mm de la precipitación anual actual, seguiría bajo selva amazónica. En esta región los cambios climáticos que se han sucedido en los últimos 20.000 años sugieren una historia muy dinámica, no solo para la transición glacial - interglacial sino, también, para el Holoceno.

• **Clima actual:** Al hablar de esta zona, es necesario mencionar que no ha sido suficientemente estudiada desde el punto de vista climatológico; no hay un adecuado cubrimiento con información y la existente no presenta registros completos, por lo tanto, no se conoce aún con precisión el comportamiento de los principales indicadores del conjunto de características atmosféricas locales.

La influencia del clima trasciende a todos o casi todos los aspectos relacionados con el suelo, como su naturaleza, el modelado, la cobertura vegetal, la actividad de organismos, sus propiedades físicas, químicas y mineralógicas y su aptitud de uso y manejo.

El clima bajo el cual se han formado los suelos amazónicos se caracteriza por ser caliente y húmedo. Según el sistema de Holdridge se cataloga como húmedo tropical, con transición a muy húmedo tropical (IGAC, 1988, 1993, 1996).

Climatológicamente el área amazónica presenta una precipitación pluvial total promedio anual en toda la región cercana a 3500 mm y una temperatura media anual superior a 25°C; la humedad relativa del aire es alta, con cifras cercanas a 86% promedio anual; radiación solar media de 1848 horas de luz al año, lo que representa un promedio de cerca de 5.1 horas diarias de brillo solar; la evaporación es del orden de 1139 mm al año, con promedios mensuales que varían entre 127.4 y 51.4 mm, con un evidente predominio de la precipitación sobre la evapotranspiración. El valor medio anual de número de días con precipitación es de 234.

De acuerdo con la clasificación de Köppen, actualizada por Trewartha, 1954, (citado por Segalén, 1994), el clima corresponde para el área de estudio, a la categoría Afi, es decir, húmedo y cálido, sin estaciones secas marcadas, isotermal, al cual corresponde una vegetación de bosque tropical exuberante.

Hasta el momento, las anotaciones presentadas se refieren básicamente al clima externo al suelo, éste influye y afecta el clima edáfico, pero sus características y propiedades pueden



modificarlo. De esta forma, en los suelos desarrollados en el paisaje de lomerío, sobre sedimentos del Terciario marino y continental, así como sobre materiales recientes del Cuaternario en el paisaje de la planicie aluvial, se definen regímenes de humedad predominantemente perúdicos, y en algunos sectores, údicos. El régimen de temperatura se define como isohipertérmico (Soil Survey Staff, 1998) o como isomegatérmico (Malagón et al., 1995), al aproximarse, a los 50 cm de profundidad, a los 28°C.

El balance hídrico de la región Amazónica es difícil de calcular, debido a la falta de continuidad espacial y temporal de las medidas de precipitación, inexistencia de medidas simultáneas de variaciones fluviales, desconocimiento del almacenamiento del agua en el suelo, entre otros. De todas maneras, numerosos autores mencionan algunas tentativas por entender mejor el régimen hídrico dentro de la cuenca, a través de varias técnicas, tales como el método climatonómico (Molion, 1975), balance hídrico (Villa Nova et al., 1976), y aerológico (Salati et al., 1979; Rocha, 1991). A través del balance de vapor de agua en toda la región Amazónica, Salati et al. (op cit), determinaron que la precipitación en la región es una composición de la cantidad de agua evaporada localmente (evapotranspiración) adicionada a una contribución de agua proveniente del Océano Atlántico. De esta manera, se puede estimar que el 50% del vapor de agua que se precipita por las lluvias es generado localmente (por la evapotranspiración), siendo el resto importado a la región por el flujo atmosférico proveniente del Océano.

**Zonas de vida:** El bosque húmedo Premontano transición cálida se extiende en un porcentaje alto en la región; hacia el centro y el piedemonte se encuentran enclaves del bosque muy húmedo tropical. En la parte suroriental del área aparece el bosque húmedo Tropical en forma de franjas longitudinales paralelas a los ríos Caquetá, Putumayo y Amazonas.

Dichas franjas, que coinciden con el curso de los principales ríos de la región, se caracterizan además por ser las zonas de mayor impacto antrópico (colonización, chagras), lo cual se explica también por ser el medio fluvial la única alternativa de transporte en la zona. Por ser sectores que sufren de inundaciones periódicas, se conocen también con la denominación de "varzea". Estas áreas, por sufrir frecuentemente este proceso, son las zonas con mayor fertilidad natural, lo cual favorece el establecimiento de asentamientos humanos.

**Hidrología:** La región cuenta con una abundante cantidad de cursos permanentes de agua que forman parte de una red hidrográfica bastante compleja: sobresalen por su caudal los ríos Putumayo, Caquetá, Vaupés, Guainía-Negro, Guayabero-Guaviare y el propio río Amazonas; en segunda

importancia se destacan los ríos Inírida, Atabapo, Isana, Apaporis, Piriparaná, Caguán, Orteguzza, Yari y Mesay. Los ríos y caños que nacen dentro del área amazónica se caracterizan porque sus aguas presentan coloración oscura por lo que se les conoce con el nombre genérico de "ríos negros"; los que tienen origen andino y que fluyen a través de la Amazonia presentan una coloración amarillenta por lo que se les denomina "ríos blancos".

**Geología:** Geológicamente el área amazónica colombiana se caracteriza por presentar al oriente rocas graníticas y neísicas de edad Precámbrica pertenecientes al Escudo de Guyana y rocas sedimentarias plegadas de esa misma edad. En el suroriente aparecen rocas ígneas félsicas y depositación vulcano-sedimentaria, también de edad Precámbrica. Hacia el occidente se presenta una gran extensión de sedimentos poco consolidados de edad Terciaria y algunos relieves construidos por masas de areniscas muy consolidados, de edad Paleozoica. Algunos sectores se encuentran cubiertos por arenas éolicas recientes (PRORADAM, 1979).

El Terciario, que constituye junto con los sedimentos cuaternarios y recientes, la mayor parte del subsuelo del Trapecio Amazónico, fue originalmente diferenciado en dos unidades denominadas Terciario Inferior Amazónico y Terciario Superior Amazónico; ambas unidades pertenecen al Mioceno. Hoorn (1990), citada por Fernández (1996), indica que ambas unidades pertenecen al Neógeno y se sugiere para el denominado "Terciario Superior Amazónico" una edad de Mioceno Inferior y para el "Terciario Inferior Amazónico" una edad de Mioceno Medio.

Con el nombre de Terciario Superior Amazónico se ha denominado a un conjunto de gran extensión, bastante heterogéneo, de sedimentos de origen continental que aflora en la región occidental del área amazónica. Limita al sur con las inmediaciones del río Caquetá. En el área comprendida entre los ríos Putumayo y Puré y en alrededores del corregimiento de Tarapacá aparecen afloramientos de menor extensión. Presenta características morfológicas propias, como son: drenaje dendrítico poco denso, con valles en forma de U y colinas redondeadas.

La base del Terciario Superior Amazónico es relativamente similar en toda el área que cubre. El resto de la formación es muy heterogéneo y variable; presenta arcillas rojas, amarillas, abigarradas, blancuzcas con lentes de lignito del Mioceno, areniscas poco consolidadas algunas veces con matriz ferruginosa, otras arcillosa. En algunos sitios se presentan paleoterrazas (PRORADAM, 1979).

De acuerdo con el reconocimiento geológico del área Colombo-Brasilera, eje Tabatinga-Apaporis (Proyecto PAT-



IGAC), se propone para el "Terciario Superior" la denominación de "Inferior", con el nombre de Formación Pevas (Fernández, 1996).

Datos estratigráficos y palinológicos de la Formación Pevas ("Terciario Inferior Amazónico") de la Amazonia colombiana, indican que durante el Mioceno Medio a Superior en esta área existió una extensa zona de lagos y pantanos, la cual fue afectada por influencia de aguas salobres posiblemente provenientes del Caribe. La litología que caracteriza esta Formación consta principalmente de arcillas azules, arcillas arenosas, arenas arcillosas y arenas finas bien sorteadas. Estas se alternan con capas ligníticas y arcillas orgánicas con lenticulos arenosos. Las arenas finas y las arenas arcillosas muestran, en algunos niveles, estratificación paralela. Existen también intercalaciones de niveles con nódulos calcáreos. Las arcillas son ricas en moluscos, ostrácodos y microfósiles (fragmentos de reptiles, peces y otros) y a veces están bioturbadas (Hoorn, 1991).

De igual forma, Hoorn (1990), citada por Hoorn (op. cit), indica que el ambiente de depositación que caracteriza los sedimentos de esta Formación, se ha interpretado como un extenso sistema lacustre de tipo somero con amplias zonas pantanosas e influjos de aguas salobres. De acuerdo a lo anterior, el origen de las grandes zonas lacustres que ocuparon el área amazónica durante parte del Mioceno se podría explicar de la siguiente manera:

1. Durante el Mioceno Inferior existió un sistema fluvial con una dirección de transporte hacia el noroccidente y cuyo origen estaba en el Escudo de Guyana.
2. En el Mioceno Medio Tardío este sistema fluvial fue afectado por incursiones marinas y a la vez fue bloqueado por el inicio de la elevación de la Cordillera Oriental andina. El bloqueo de este sistema fluvial creó grandes acumulaciones de aguas en el área amazónica originando sedimentación de tipo lacustre y estuarino. Este sistema lacustre fue surtido de aguas y sedimentos por un sistema fluvial que posiblemente tuvo sus fuentes de aporte en la cordillera andina y el Escudo de Guyana.
3. Por último, todos los sedimentos amazónicos fueron disectados por los antecesores de los actuales sistemas fluviales lo cual se refleja en la presencia de terrazas. Parte de estas terrazas fueron datadas como Pleistoceno Tardío (Van der Hammen et al, 1991, citado por Hoorn, 1991).

Los depósitos Cuaternarios están compuestos de arenas eólicas, terrazas y aluviones. Las arenas eólicas presentan una distribución irregular y su espesor es, en extremo, variable. Se presentan en grandes extensiones en el departamento del

Guainía, en la parte oriental del Vaupés, al occidente de Araracuara en el Caquetá y en algunos sectores del departamento del Amazonas. Varios criterios permiten asignarles un origen eólico: entre ellos se mencionan su gran extensión, en general, sin conexión con antiguos cauces fluviales ni con otro proceso productor de arena. En el aspecto sedimentológico, se consideran criterios claros que permiten creer en el origen eólico de estas arenas; entre ellos, se destaca la casi perfecta esfericidad de los granos y su granulometría (PRORADAM, 1979).

**Vegetación:** Se considera que la vegetación es un factor muy importante en la formación y fertilidad de estos suelos, puesto que es su principal fuente de materia orgánica. En ecosistemas de bosque húmedo tropical los residuos orgánicos aportados por la vegetación, son depositados en la superficie del suelo y acumulados durante tiempo variable, de acuerdo con las características tanto de la vegetación como de los componentes físico-químicos y biológicos del suelo; la influencia de la cobertura vegetal en la formación del humus bajo bosque está determinada por la cantidad y naturaleza de los residuos que se depositan en el suelo en capas de espesor variable, y constituye la fuente orgánica más importante para la nutrición vegetal y para la formación del humus (Correa, 1996, 1997). La exuberancia, complejidad y sostenibilidad de la vida vegetal propia de los sistemas selváticos y agroecosistemas de la Amazonia colombiana, en contraste con el componente mineral del suelo que, debido a su pobre composición química, aporta muy bajos niveles disponibles de nutrientes, es sólo explicada mediante el conocimiento del enorme potencial biológico presente en estos suelos.

En el sistema de selva no disturbada, la exuberancia de la vegetación se explica por el eficiente reciclaje de nutrientes (Ballesteros, 1996; Correa, 1996).

En investigaciones realizadas en la Amazonia colombiana, se ha reportado una alta actividad de microorganismos en el suelo representados principalmente por hongos, bacterias (aerobias y anaerobias), actinomicetos y microfauna (IGAC, 1993, 1996; Arcos, 1996, 1997, Correa, 1997); por lo tanto, es importante tener en cuenta el potencial de los sistemas selváticos como banco de germoplasma en microorganismos transformadores y enriquecedores del suelo destacando microsimbiontes como hongos ecto y endomicorrícicos que han presentado una alta ocurrencia, y adquieren un gran valor debido a su participación en el ciclaje de nutrientes.

Entre los microorganismos que habitan el suelo, se encuentran algunos que tienen la particularidad de establecer relaciones simbióticas con las plantas; en este aspecto, es de gran importancia la asociación micorrícica formada entre hongos



arbusculares y las raíces de la mayoría de las plantas, dado que el hongo facilita la captación de agua y nutrientes, en especial fósforo, cuando su disponibilidad en el suelo es deficiente. Las micorrizas, por tener biomasa fúngica en la raíz, almacenan pequeñas cantidades de nutrientes, las cuales pueden promover un reciclaje interno de éstos en las raíces, a través de la conexión de hifas con raíces en estados fisiológicos diferentes (Arcos, 1996, 1997).

De esta forma, la fracción orgánica se convierte en el eje fundamental para el desarrollo vegetal en el ecosistema selvático. Sin importar las buenas o malas condiciones de la fracción mineral, la selva se autoalimenta, es decir, vive de sus propios desechos. Esto da al ecosistema una alta fragilidad por cuanto la eliminación de la biomasa vegetal implica la pérdida de su principal fuente de nutrientes, por lo que es particularmente vulnerable a la intervención humana (Ballesteros, 1996). Es por esta razón que, cuando el bosque es fuertemente intervenido, se corta y quema, los nutrientes almacenados en la fracción orgánica se pierden por lavado y/o combustión, quedando expuesta la fracción mineral del suelo la cual, gracias a sus características químicas y mineralógicas de origen, no se encuentra en capacidad de suministrar los nutrientes necesarios para permitir el desarrollo de una vegetación exuberante, similar a la encontrada en condiciones no intervenidas.

**Suelos:** Los suelos de la Amazonia, en general, se caracterizan por un nivel de fertilidad muy bajo, alto grado de acidez, saturación de bases muy pobre, contenidos bajos de calcio, magnesio y potasio intercambiables, marcada pobreza en fósforo y alto contenido de aluminio de cambio. Los minerales ricos en nutrientes se presentan en cantidades insignificantes y por el contrario, predominan minerales tales como la caolinita y el cuarzo. Extensiones considerables presentan problemas de mal drenaje y susceptibilidad a la erosión (Pulido y Malagón, 1993, 1996).

En la región amazónica, el predominio de la precipitación sobre la evapotranspiración potencial, aunada a la alta temperatura, propicia condiciones favorables para que los minerales de fácil descomposición sean afectados rápidamente por reacciones hidrolíticas, oxidativas y disolutivas. Además, el alto volumen de agua que circula a través de los suelos (agua efectiva) promueve la lixiviación rápida de los productos solubles resultantes de estos procesos, lo que favorece la recombinación acelerada de las sustancias menos solubles, para conformar especies mineralógicas más estables al medio de alteración como la caolinita, la gibsita, la vermiculita aluminica y los sesquióxidos hidratados de hierro.

La acumulación de estas especies, junto con las no afectadas (cuarzo principalmente), conforma endopedones con

propiedades químicas muy pobres, cuya diferenciación es difícil a causa de la coloración rojiza homogénea que les imparten los compuestos ferruginosos.

El material parental de la extensa planicie amazónica está constituido por sedimentos aluviales mezclados y depositados, probablemente, durante la última parte del Terciario y en el Pleistoceno, como resultado de un gran período de erosión producido por la elevación de la Cordillera Oriental, que afectó tanto a esta como al macizo de las Guayanas. Estos sedimentos sufrieron, antes de su depositación final, una serie de procesos de meteorización, erosión y sedimentación, a los que solamente especies tan resistentes como el cuarzo y la caolinita pudieron subsistir; consecuencia derivada de ello es que la composición mineralógica de los suelos corresponde a un estado de intemperismo más avanzado del que realmente podría esperarse, lo que propicia características de senilidad.

Un gran sector ocupado por esta región, agrupa los suelos que se han desarrollado en un sistema de lomas modeladas sobre sedimentos del Terciario Superior y del Terciario Inferior (Suelos de lomerío denudacional). Las lomas con una topografía fuertemente ondulada, de cimas redondas o ligeramente planas, presentan una disección moderada a fuerte y una densidad de drenaje entre alta y media. Otros suelos se han desarrollado a partir de sedimentos arenosos con intercalaciones de limos y arcillas.

Los suelos de esta región del país, están compuestos por una fracción orgánica y una fracción mineral de importancia fundamental de acuerdo a la situación que se contemple. Los suelos del área se caracterizan por variar entre muy profundos y superficiales y estar limitados por fluctuaciones del nivel freático; el drenaje natural varía entre bien a pobremente drenados; pH extremadamente ácido; saturación de aluminio alta con niveles superiores a 60%; baja saturación de bases y fertilidad natural baja, en términos generales.

**Materia Orgánica:** El contenido de carbono orgánico es bajo en los suelos localizados en los paisajes de lomerío y altiplanicie (altillanura), muy bajo en los de peneplanicie (saliente del Vaupés) y extremadamente bajo en los del paisaje de altiplanicie, especialmente en los afloramientos rocosos dispersos en las partes central y oriental de la región.

Situación diferente presentan los suelos enclavados en los valles de los ríos mayores que surcan el área, dado que en estos el contenido de carbón orgánico es medio, por oscilar el porcentaje del elemento entre 1.5 y 2.5%.

Es de subrayar que los suelos que se encuentran aún bajo la cobertura boscosa original se caracterizan por presentar una delgada capa de restos orgánicos en diferentes etapas de



descomposición, que se ha denominado "capa de litter", o "perfil orgánico", en la cual el contenido de carbón orgánico se aproxima al ciento por ciento (Correa, 1996, 1997).

## ASPECTOS GENERALES SOBRE USO Y MANEJO DE LOS SUELOS

En los últimos tiempos, los aspectos relacionados con el uso y manejo de los suelos han sido objeto de innumerables estudios. Pese a ello, por la naturaleza puntual de dichos trabajos, no existen conclusiones definitivas para cada uno de los paisajes integrantes de la Cuenca Amazónica, por lo cual resulta difícil extrapolar los resultados obtenidos a toda la Amazonia, lo cual es también debido a las grandes variaciones encontradas en geología, geomorfología, clima y cobertura vegetal en las diferentes áreas que componen esta región.

El interés creciente por la deforestación del Bosque Húmedo Tropical y por el manejo de la biodiversidad y toda su potencialidad asociada, es actualmente, una problemática no solo regional sino mundial, dados los componentes del medio biofísico, social, indigenista y económicos involucradas dentro de esta problemática. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que el auge en la colonización de la selva húmeda está asociado con el desplazamiento de la frontera agrícola del país por parte de los agricultores más pobres, quienes se ven forzados a ocupar tierras desfavorables y destruir sus bosques en busca de un medio para producir y cubrir al mínimo sus necesidades básicas; estos son los denominados "colonos".

Las limitaciones de estos suelos son severas; el clima es altamente agresivo, especialmente en lo que hace referencia a la alta erosividad de la lluvia, mientras que la erodabilidad del suelo es alta, especialmente al quedar desprotegido de vegetación, o al ser esta rala (pastos) por efecto de pastoreo.

Los principales sistemas de explotación encontrados en la Amazonia colombiana son: chagra, rastrojo, pastizal y pastoreo. Dada la similitud en los efectos de uso, se tratarán brevemente los suelos con base en su clasificación al nivel de Orden.

• **Suelos desarrollados sobre sedimentos arcillosos: Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles.** Estos suelos generalmente se encuentran ubicados en el paisaje de lomerío. Su granulometría es fina, presentando un cambio textural en el horizonte A, el cual se refleja en una pérdida de arcillas y un consecuente incremento relativo en los contenidos de arena. Este fenómeno es producto de la erosión hídrica intensa a la que se encuentran sometidos, proceso este que se ha acelerado

por la pérdida casi absoluta de la capa de litter y de la vegetación original que sustentaban.

La dinámica del agua en el suelo se ve afectada por la presencia de horizontes B más gruesos y arcillosos, aspecto este que resulta de gran importancia dentro del proceso erosivo, ya que al ser despojados los suelos de su vegetación original, estos quedan expuestos a los efectos directos de la precipitación abundante, la intensidad de las lluvias y la pendiente dominante en el paisaje de lomerío, lo cual conlleva directamente a una alta susceptibilidad a la erosión. En los suelos con pastizales, sometidos a ganadería, este fenómeno se suma al proceso de compactación mediante cambios en la densidad, porosidad, conductividad hidráulica e hidromorfismo. Esta situación genera, en algunos casos puntuales, la formación de un pseudogley superficial dentro del horizonte A o en su zona de transición hacia el horizonte B. Esta zona de reducción se caracteriza por el sellamiento de poros, mayor densidad y escasa a nula conductividad hidráulica, lo que, aunado a lo anteriormente expuesto, y considerando la agresividad del clima reinante, conlleva a una rápida degradación y pérdida del suelo. Este proceso degradativo conlleva inevitablemente a la acción, evidenciada en campo, de canales y cárcavas pequeñas que influyen directamente en la dinámica de los movimientos masivos en este paisaje. De esta forma, los fenómenos más dominantes, referentes a lo ya mencionado son: erosión generalizada (pérdida de espesor en el horizonte A), pata de vaca, soliflucción y deslizamientos.

Desde el punto de vista de fertilidad, las principales limitantes de los suelos amazónicos, en términos generales, son debidas a deficiencias de fósforo y alta capacidad de fijación del anión por las arcillas, toxicidad de aluminio y bajos contenidos de potasio intercambiable. Igualmente, diversos autores consideran que la biomasa vegetal es la responsable de mantener el suministro constante de K, Ca y Mg, lo que justifica la exuberancia de la vegetación en condiciones no intervenidas.

Una característica contrastante de estos suelos, la constituye la disminución en los contenidos de materia orgánica por efecto de la exposición directa a la radiación solar. Esta condición afecta directamente el suministro de nutrientes a las plantas, el cual se fundamenta, como ya se mencionó, en el ciclaje de la biomasa vegetal y de igual manera tiene impacto sobre la capacidad de intercambio catiónico, la cual es la responsable de la retención de los nutrientes para las plantas. Al disminuir los contenidos de materia orgánica, así como la capa de litter propiamente dicha, el suelo queda sometido a un proceso fuerte y marcado de lixiviación catiónica por efecto directo del régimen de precipitación y de humedad del suelo (perúdic).



Con relación al contenido de nutrientes, se destaca la tendencia a mayores concentraciones en Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio, así como mayores saturaciones de bases en los horizontes orgánicos y superficiales en condiciones de bosque nativo con respecto a los suelos bajo uso. Se presentan cambios contrastantes en la capacidad de intercambio catiónico y sus diferentes componentes (CICA; CICE; CICV), lo cual es corroborado por lo anteriormente mencionado, en relación con la materia orgánica.

Los valores de pH se mantienen dentro del rango extremadamente ácido, con valores que oscilan entre 3.5 y 4.5 para los suelos tanto bajo uso como no intervenidos, lo cual se suma a incrementos en los contenidos de Mn y Fe el cual presenta un aumento notorio con la profundidad respecto a los suelos no intervenidos; de igual forma, los contenidos y saturación de Aluminio son mayores en los suelos intervenidos, destacándose un elevado valor de este con la profundidad. De igual forma, los elementos menores presentan disminución en sus contenidos en los suelos intervenidos.

La tendencia de este fenómeno de degradación física y química resulta contrastante entre los sistemas de manejo de chagras indígenas y de colonos, siendo mayor en este último, lo cual es generado por el desconocimiento total del ecosistema y el manejo inadecuado del mismo.

• **Suelos desarrollados sobre sedimentos arenosos: Entisoles y Espodosoles.** Este tipo de suelos, particularmente los Espodosoles se localizan espacialmente en un paisaje de lomerío integrado por lomas y remanentes de terrazas fluviales, que presentan una evolución particular. Debe destacarse aquí, que estos últimos suelos, son relativamente escasos en un gran sector de la Amazonia, pero presentan una importancia puntual, dada su rareza en regiones tropicales. Los Entisoles, por su parte, pueden ser considerados como comunes en los diferentes paisajes pedológicos que constituyen esta región. Como se indicó previamente, los sedimentos arenosos se han interpretado como depósitos aluviales (fase antigua) del Escudo Guyanés, correspondientes a un paleocauce colmatado, asociado a eventos catastróficos, como consecuencia de cambios climáticos que se sucedieron al comienzo del Holoceno (transición Pleistoceno - Holoceno).

En contraste con los suelos anteriores, la granulometría de estos es gruesa, presentándose cambios mínimos en los contenidos de materiales finos así como en el grosor de los horizontes A.

Estos suelos presentan una fuerte dinámica del agua debido a su naturaleza arenosa, lo que afecta su disponibilidad para

las plantas, en contraste con las condiciones no intervenidas, donde la presencia de una espesa capa de litter y una mezcla de materiales orgánicos en superficie favorece la retención de humedad y por consiguiente, permite la alta diversidad vegetal encontrada en tales condiciones.

Por otra parte debe tenerse en cuenta que la intervención humana, al cambiar la vegetación, puede modificar el desarrollo de los suelos arenosos, al afectar directamente el perfil orgánico de estos.

Desde el punto de vista de fertilidad, estas zonas arenosas son consideradas como hiperdistróficas, de fertilidad extremadamente baja y pobre a nulo suministro de nutrientes, el cual, en condiciones no intervenidas, depende netamente del ciclaje de la materia orgánica. Esta característica es contrastante en condiciones intervenidas, presentándose una baja drástica en los contenidos de C.O. al pasar de una situación de bosque primario a chagra, y cuyo mayor impacto se presenta en una baja en la capacidad de intercambio catiónico, la cual, en este ecosistema, depende casi totalmente de los coloides orgánicos presentes en el suelo, por lo cual, el suministro y retención de nutrientes es nulo, favoreciéndose en extremo la lixiviación por efecto de la circulación del agua a través del perfil edáfico (Norberg et al, 1993).

Con relación al contenido de nutrientes, se destaca la tendencia a mayores concentraciones de Fósforo, Potasio Calcio, Magnesio y Sodio, así como mayores saturaciones de bases en los primeros 5 a 10 cm en los suelos intervenidos (horizonte orgánico), siendo insignificante su presencia a mayores profundidades. Igual tendencia presentan los elementos menores.

Los valores de pH tienden a ser aún menores en condiciones de intervención con respecto a los suelos no intervenidos, pasando de valores de 4.5 (promedio) bajo bosque primario a valores que oscilan alrededor de 3.5 - 4.0 en suelos intervenidos, lo cual corrobora el efecto marcado de la lixiviación extrema a que son sometidos por su naturaleza arenosa. De igual forma, y como consecuencia de lo anterior, los contenidos de Mn se incrementan en los suelos intervenidos, tornándose limitante para el establecimiento de cultivos por su toxicidad en estas condiciones. Caso contrario ocurre con el Fe y Al, que presentan tendencia a menores contenidos en condiciones intervenidas.

## CONCLUSIONES

Los comentarios anteriormente presentados constituyen la base para generar algunas consideraciones sobre el manejo de las tierras de la región amazónica:



· Los suelos de los órdenes Entisol y Espodosol, contrastantes en la región por su granulometría, y que se caracterizan por sus condiciones hiperdistróficas, deben constituir áreas de conservación y ser objeto de mayores investigaciones, a fin de esclarecer aún más la naturaleza de los materiales parentales y los procesos que condujeron a su formación, particularmente en las condiciones ambientales propias de la Amazonia colombiana.

· Los suelos arcillosos, clasificados en los órdenes Ultisol, Oxisol e Inceptisol, característicos del paisaje de lomerío, que derivan su fertilidad del proceso complejo de ciclaje cerrado de nutrientes, y en los cuales se encuentran localizadas las áreas de explotación agropecuaria propias de los sectores de colonización, deben ser objeto de una política agresiva de conservación, ya que la alta erodabilidad que los caracteriza por la naturaleza de sus materiales formadores, conlleva a una degradación vertiginosa que desemboca en el retroceso de la selva y el avance de los procesos erosivos marcados, típicos de zonas de alta intervención, como ocurre en el Piedemonte caqueteño, principalmente.

· Los horizontes orgánicos ("capa de litter") constituyen el fundamento de la fertilidad de estos suelos, son los responsables de los contenidos de nutrientes, capacidad de retención y suministro de los mismos, regulación del pH, la humedad y de las propiedades físicas y biológicas. Además, atenúan el efecto tóxico de algunos elementos, particularmente el aluminio y favorece la dinámica de otros (evitando la fijación del P). La pérdida de estos horizontes, consecuencia de la destrucción de la cobertura vegetal boscosa, provoca su exposición directa al sol y acelera su degradación, hace muy frágiles los suelos minerales que yacen bajo ellos, los cuales se erosionan fácilmente por efecto de la alta pluviosidad que caracteriza esta región. Estos horizontes constituyen la clave de la productividad de estos ecosistemas y explica la exuberancia de la vegetación allí presente.

· Las condiciones vigentes, especialmente de acceso, pendiente, clima, granulometría de los suelos, cultura y conocimiento indígena de manejo, constituyen características fundamentales que, por el momento, salvaguardan grandes extensiones del área boscosa de la Amazonia. Es por esto que, la colonización, el desconocimiento del manejo de la selva húmeda y la "culturización" indígena, atentan contra la estabilidad de este ecosistema.

## BIBLIOGRAFIA

ADAMS, J. M.; H. FAURE (Eds.). 1997. QEN members. Review and Atlas of Paleovegetation: Preliminary land ecosystems maps of the world since the Last Glacial

Maximum. Oak Ridge, Nat. Laboratory, TN. USA. <http://www.esd.ornl.gov/ern/qen/adams1.html>.

ADAMS, J. M. 1997a. Global land environments since the last interglacial. Oak Ridge National Laboratory, TN, USA. <http://www.esd.ornl.gov/ern/qen/nerc.html>.

ARCOS, A. 1996. Ocurrencia y distribución de la asociación micorrícica vesículo arbuscular en ecosistemas naturales e intervenidos. En: Proyecto Investigaciones para la Amazonia, INPA III (Estudio diagnóstico sobre los medios biofísico y socioeconómico como base para el ordenamiento territorial del trapecio amazónico (Leticia, Puerto Nariño y Tarapacá). Departamento del Amazonas). Primer Informe de Avance. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá, D.C. Páginas 84-89.

ARCOS, A. 1997. Ocurrencia y distribución de la asociación micorrícica (MVA) en ecosistemas naturales e intervenidos. En: Proyecto Investigaciones para la Amazonia, INPA III (Estudio diagnóstico sobre los medios biofísico y socioeconómico como base para el ordenamiento territorial del trapecio amazónico (Leticia, Puerto Nariño y Tarapacá). Departamento del Amazonas). Segundo Informe de Avance. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá, D.C. Páginas 134-155.

BALLESTEROS, M. 1996. Funcionamiento de los ecosistemas de catanga baja amazónica y tierra firme. En: Aspectos Ambientales para el ordenamiento territorial del municipio de Mitú (Departamento del Vaupés). Tomo II. Capítulo IV. Sección 3. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Proyecto INPA. Editorial Linotipia Bolívar y Cía. S. en C. Santa Fe de Bogotá. D.C. Páginas 651-711.

CORREA, A. 1996. Estudio de la materia orgánica en ecosistemas naturales y agroecosistemas. En: Proyecto Investigaciones para la Amazonia, INPA III (Estudio diagnóstico sobre los medios biofísico y socioeconómico como base para el ordenamiento territorial del trapecio amazónico (Leticia, Puerto Nariño y Tarapacá). Departamento del Amazonas). Primer Informe de Avance. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá, D.C. Páginas 81-83.

CORREA, A. 1997. Estudio de la materia orgánica en ecosistemas naturales y agroecosistemas. En: Proyecto Investigaciones para la Amazonia, INPA III (Estudio diagnóstico sobre los medios biofísico y socioeconómico como base para el ordenamiento territorial del trapecio



- amazónico (Leticia, Puerto Nariño y Tarapacá). Departamento del Amazonas). Segundo Informe de Avance. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá, D.C. Páginas 126-133.
- CORTÉS, A. Y PULIDO, C. 1982. Consideraciones acerca de la génesis y clasificación de los suelos de la Amazonia colombiana. En: Suelos Ecuatoriales (Colombia): 12(2): 5-17. Memorias del VII Coloquio de Suelos: Uso y Manejo de los suelos de la Orinoquia y de la Amazonia. Villavicencio.
- DIAZGRANADOS, D. 1996. Generalidades sobre la zona de estudio. En: Proyecto Investigaciones para la Amazonia, INPA III (Estudio diagnóstico sobre los medios biofísico y socioeconómico como base para el ordenamiento territorial del trapezio amazónico (Leticia, Puerto Nariño y Tarapacá). Departamento del Amazonas). Primer Informe de Avance. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá, D.C. Páginas 9-17.
- FERNÁNDEZ, J. 1996. Alteración de los sedimentos y rocas sedimentarias del terciario en el trapezio amazónico. En: Proyecto Investigaciones para la Amazonia, INPA III (Estudio diagnóstico sobre los medios biofísico y socioeconómico como base para el ordenamiento territorial del trapezio amazónico (Leticia, Puerto Nariño y Tarapacá). Departamento del Amazonas). Primer Informe de Avance. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá, D.C. Páginas 19-22.
- FISH, G.; MARENGO, J. A.; C. A. NORBRE. 1998. Clima da Amazonia. 13 p. <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliexp10a/fish.html>.
- GASH, J. H. C.; SILVA, P. L.; DOLMAN, H.; FISH, G.; HULJES, R. W. A.; KABAT, J. A.; MARENGO, J. A.; NORBRE, C. A.; DA ROCHA, H. R.; SELLERS, P. J.; SILVA, M. A. F.; B. TURCG. 1998. 1. Physical Climate System. <http://yabae.cptec.inpe.br/lba/extplan/PHY-SCLIM.html>.
- HOORN, C. 1991. Nota Geológica: La Formación Pevas ("Terciario Inferior Amazónico"): Depósitos Fluvio-lacustres del Mioceno Medio a Superior. En: Colombia Amazónica: 5(2): 119-130. Santa Fe de Bogotá, D.C.
- IBARRA, C.; GARZÓN, E. M.; PÁEZ, R. Y VELANDIA, M. A. 1996. Estudio general de suelos. En: Proyecto Investigaciones para la Amazonia, INPA III (Estudio diagnóstico sobre los medios biofísico y socioeconómico como base para el ordenamiento territorial del trapezio amazónico (Leticia, Puerto Nariño y Tarapacá). Departamento del Amazonas). Primer Informe de Avance. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá, D.C. Páginas 23-32.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO "AGUSTÍN CODAZZI". 1988. Suelos y Bosques de Colombia, Subdirección Agrológica. Bogotá, D.E. 135 p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO "AGUSTÍN CODAZZI". 1993. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento del Caquetá. Subdirección de Agrología. Proyecto INPA. Tercer Mundo Editores. Santa Fe de Bogotá, D.C. Tres tomos, anexos, mapas.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO "AGUSTÍN CODAZZI". 1996. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del municipio de Mitú (Departamento del Vaupés). Subdirección de Agrología. Proyecto INPA. Editorial Linotipia Bolívar y Cía. S. en C. Santa Fe de Bogotá, D.C. Tres tomos, anexos, mapas.
- MALAGÓN, D.; C.E. PULIDO; R.D. LLINÁS, C. CHAMORRO y J. FERNÁNDEZ. 1995. Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología. Santa Fe de Bogotá, D.C. 632 p.
- MATSUYAMA, H. 1992. The water budget in the Amazon River Basin during the FGGE Period. In: Journal of Meteorological Society of Japan: 70(6): 1071-1083.
- MOLION, L.C.B. 1975. Climatología dinámica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. En: Revista Brasileira de Meteorología: 2(1): 107-117.
- NORBERG, P.; SLOTH, L.; K.E. NIELSEN. 1993. Rapid changes of sandy soils caused by vegetation changes. In: Canadian Journal of Soil Science. 73. p. 459 - 468
- Proyecto Radargramétrico del Amazonas (PRORADAM). 1979. La amazonia colombiana y sus recursos. Tomo I Memoria Técnica. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" - Centro Interamericano de Fotointerpretación. Editorial Italgraf S.A. Bogotá, D.E. 590 p.
- PULIDO R., C.; MALAGÓN, D. 1993. Génesis, propiedades y características diagnósticas de los Ultisoles y sus relaciones con el manejo de las tierras. En: Aspectos ambientales para el Ordenamiento Territorial del



Occidente del Departamento del Caquetá. Tomo I. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología. Páginas. 171 - 268

PULIDO, C.; MALAGÓN, D. 1996. Estudio genético y taxonómico de Espodosoles, Ultisoles y Oxisoles y su relación con el manejo de las tierras. Sección 5. Tomo I. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del municipio de Mitú, departamento de Vaupés. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Subdirección de Agrología, Bogotá. Páginas 307 - 393.

SALATI, E.; DALL'OLLIO, A.; MATSUI, E.; GAT, J.R. 1979. Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study. In: Water Resource Research (USA): 15(5): 1250-1258.

SEGALEN, P. 1994. Les sols ferralitiques et leur répartition géographique. Ed. ORSTOM. Tomos 1, 2 y 3. Paris. 563 p.

SOIL SURVEY STAFF. 1998. Keys to soil taxonomy. 8th Edition. United States Department of Agriculture (USDA). Natural Resources Conservation Service (NRCS). 327 p. Edición en formato \*.pdf. <http://www.statlab.iastate.edu/soils/keytax/>

SHUTTLEWORTH, W.J.; GASH, J.H.C.; LLOYD, C.R.; MOORE, C.J.; MOLION, L.C.B.; NOBRE, C.A.; SÁ, L.D. DE A.; MARQUES FILHO, A.O.; FISH, G.; JANUÁRIO, M.; FATTORI, A.P.; RIBEIRO, M.N.G.; CABRAL, O.M.R. 1987. Amazonian evaporation. En: Revista Brasileira de Meteorología: 2(1): 179-191.

VAN DER HAMMEN, TH., M. L. ABSY. 1994. Amazonia during the last glacial. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 109. p. 247 - 261.

VILLA NOVA, N.A.; SALATI, E.; MATSUI, E. 1976. Estimativa de evapotranspiração na Bacia Amazônica. En: Acta Amazônica (Brasil): 6(2): 215-228.