

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS
POSTGRADO DE ECOLOGÍA TROPICAL**

**SUSTENTABILIDAD DEL USO GANADERO EN ZONAS DE BOSQUE HÚMEDO
TROPICAL: PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS
SUELOS.**

Un caso de estudio en la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas, Venezuela.

Por: José Ibarra

Tutor: Dr. Guillermo Sarmiento

Trabajo presentado ante la Universidad de Los Andes como
requisito parcial para optar al grado de Magister Scientae
en Ecología Tropical

Mérida, Marzo de 1.995

VEREDICTO

Quienes suscriben, integrantes del Jurado designado por el Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad de Los Andes para conocer y emitir veredicto sobre la Tesis presentada por IBARRA ARANDA JOSE ESPIRITU, para optar al título de Magister Scientiae en Ecología Tropical y que se titula:

SUSTENTABILIDAD DEL USO GANADERO EN ZONAS DE BOSQUE HUMEDO TROPICAL: PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DE LOS SUELOS. UN CASO DE ESTUDIO EN LA RESERVA FORESTAL DE CAPARO

hacen constar lo siguiente:

PRIMERO: Que hoy 14-03-95, a las 9:30 a.m., nos constituimos como Jurado en Salón de Reuniones del Postgrado en Ecología Tropical, siendo Presidente del Jurado el Dr. Guillermo Sarmiento. SEGUNDO: A continuación procedimos a discutir si se procedía a su defensa pública. Luego de considerar las observaciones y críticas de cada miembro del jurado acordamos por unanimidad autorizar su presentación. TERCERO: A las 10:00 a.m. de este mismo día, el Jurado se reunió en el Salón de Postgrado en Ecología Tropical y se procedió al acto público de sustentación de la Tesis presentado a requerimiento del Jurado. CUARTO: Una vez concluida la sustentación correspondiente, el Jurado interrogó al aspirante sobre los diversos aspectos a que el trabajo se refiere. QUINTO: Seguidamente, el Presidente del Jurado invitó al público asistente a formular preguntas y observaciones sobre el trabajo presentado. SEXTO: Una vez concluido el acto de presentación, el Jurado procedió a su deliberación final y concluyó que: **SE APRUEBA LA TESIS DE MAESTRIA PRESENTADA A NUESTRA CONSIDERACION, CON MENCIÓN HONORIFICA.**

Dr. Guillermo Sarmiento
Tutor

Dra. Maximina Monasterio
Jurado

Dr. Ernesto Arends
Jurado

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Los Andes (ULA), al Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT), y al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT).

A la Organización de Estados Americanos (O.E.A.) por el otorgamiento de la beca de estudio.

Al Laboratorio del CIELAT y a sus responsables científicos Lina Sarmiento y Dimas Acevedo; a Nelson Márquez y Zulay Méndez por sus orientaciones prácticas y los momentos compartidos.

A Nancy Gavidia por su amabilidad y cooperación.

A Luis Nieto por su apoyo en los trabajos de campo.

Al Laboratorio de Suelos del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales y a sus trabajadores.

Al Prof. Ernesto Arends por su colaboración sincera.

Al personal del Comodato ULA-MARNR.

Al Prof. Benito Briceño por la identificación de las especies vegetales.

A los compañeros del postgrado por los gratos recuerdos.

Este trabajo no hubiese sido posible sin la colaboración de Medardo Jaimes con su valiosa ayuda para la obtención de informaciones, y sin la hospitalidad de su familia.

Un reconocimiento muy especial al Dr. Guillermo Sarmiento y a la Dra. Maximina Monasterio por los certeros consejos y adecuadas orientaciones que me brindaron durante el transcurso del postgrado.

DEDICATORIA

A Marga

A mis padres y familia toda.

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan las consecuencias ecológicas que se presentan en el proceso de deforestación para la implementación de pasturas dentro de la Reserva Forestal de Caparo y en zonas vecinas. El análisis comprende, principalmente, las variaciones en las propiedades de los suelos y se establecen comparaciones entre las diferentes parcelas analizadas. Recoge además algunas apreciaciones sobre usos y manejos a que son sometidas las parcelas.

Las propiedades analizadas de los suelos comprenden las físicas (humedad, temperatura, agua disponible, microporosidad, textura, densidad aparente y tiempo de infiltración), químicas (carbono orgánico, magnesio, capacidad de intercambio cationico, pH, saturación de bases, bases intercambiables, nitrógeno total y mineral) y microbiológicas (nitrógeno en biomasa microbiana) y entre las conclusiones resalta el hecho de que la degradación de las pasturas no está mayormente explicada por una degradación pronunciada de dichas propiedades, siendo la variación en la temperatura del suelo y en la humedad en la época seca los cambios más importantes de la conversión de bosque a pastura.

La heterogeneidad en las características de los ecosistemas boscosos, principalmente las variaciones en la textura de los suelos, así como en los usos y manejos de las parcelas estudiadas es una característica resaltante, que de alguna manera influye en que, entre las parcelas analizadas, no se puedan diferenciar claramente aquellos cambios en las propiedades del suelo producto de la conversión de bosque a pastura de aquellos debidos a las variaciones en la textura.

La sustentabilidad ecológica de las pasturas desde el punto de vista de las propiedades de los suelos como en este caso, requiere de más estudios que contribuyan con mayores aportes para el esclarecimiento del tema.

ÍNDICE

RESUMEN	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Interrogantes	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Antecedentes	2
2. LA RESERVA FORESTAL DE CAPARO	40
2.1. Comentarios preliminares	40
2.2. Descripción General de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo	41
3. METODOLOGÍA	50
3.1. Selección de las localidades donde realizar la investigación	50
3.2. Selección de las parcelas a analizar	52
3.3. Recolección de datos de campo	53
3.3.1. Historia de las parcelas seleccionadas	53
3.3.2. Las conversaciones informales	61
3.3.3. Actividades relacionadas a los suelos de las parcelas	61
3.4- Procesamiento y análisis de los datos	64
3.4.1. Métodos de laboratorio	64
3.4.2. Procesamiento de las conversaciones informales	66
3.4.3. Vegetación presente en las parcelas	66
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
4.1. Propiedades físicas de los suelos	70
4.2. Propiedades químicas de los suelos	81

4.3. Propiedades microbiológicas de los suelos	89
4.4. Propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos	98
4.5. Comparación de los resultados con otros trabajos de investigación	106
4.6. Breves apreciaciones sobre los usos y manejos de los suelos	112
5. CONCLUSIONES FINALES	121
ANEXOS	127
BIBLIOGRAFÍA	146

1. INTRODUCCION

1.1. Interrogantes

La expansión ganadera en áreas de selvas tropicales constituye un proceso de extraordinaria voracidad en cuanto a la utilización del espacio según señala Tudela (1990).

Venezuela tampoco ha estado ajena a la problemática de la deforestación y la implementación de pasturas para el desarrollo de la actividad ganadera. El bosque tropical estacional de los Llanos Occidentales de Venezuela ha venido desapareciendo rápidamente como consecuencia de una elevada tasa de destrucción, asociada con un proceso de invasión, quema y deforestación con fines agropecuarios. La vegetación boscosa de las Reservas Forestales de Ticoporo, Caparo y San Camilo está fuertemente amenazada. En estas reservas, durante los últimos 20 años, se ha reducido la superficie boscosa de 810.517 hectáreas a aproximadamente 250.000 hectáreas (Hernández y Guevara 1994).

Catalán (1993) define a los Llanos Occidentales conjuntamente con la Zona Sur del Lago de Maracaibo como áreas críticas debido a la disminución de la cobertura boscosa. Para el caso de los Llanos Occidentales, desde 1975 hasta 1988, de 3.978.815 ha se han deforestado 1.801.598 ha, es decir el 45,28 %, correspondiente a una tasa promedio anual de 3,29 %.

La extraordinaria diversidad de situaciones ambientales configuran mosaicos muy complejos de los ecosistemas tropicales húmedos, por lo que la evaluación de las consecuencias ecológicas de la deforestación y la implementación de pasturas sólo puede basarse en el análisis de las condiciones concretas locales. Para nuestro caso, la Reserva Forestal de Caparo constituye el área de estudio de este interesante tema.

Se afirma que la progresiva y acelerada transformación de áreas de bosques que desaparecen para dar lugar al establecimiento de pasturas, constituye un proceso ambiental notable en el medio rural, por la magnitud de la superficie afectada y por sus efectos prácticamente irreversibles sobre los ecosistemas (Tudela 1990). En base a esta consideración, nos planteamos:

- a) ¿ Cuáles serían los cambios ecológicos que se presentan principalmente en el suelo debido a este proceso de transformación ?.
- b) ¿ Cómo investigar estos cambios ecológicos que se van sucediendo en este proceso ?.

- c) ¿ Qué importancia cumple el manejo a que son sometidas los sistemas de pasturas ?.
- d) ¿ Qué se puede aportar en la discusión entre la degradación y la sustentabilidad de las pasturas ?.

1.2. Objetivos

General:

Evaluar las consecuencias ecológicas de la conversión del bosque húmedo tropical de Caparo a diferentes tipos de sistemas de pasturas, a través del análisis de las variaciones en las propiedades físicas, químicas y en la población microbiana del suelo.

Específicos:

- Determinar las condiciones ecológicas del suelo que pueden explicar el abandono de las pasturas.
- Conocer las transformaciones que presentan las pasturas abandonadas con el correr del tiempo.
- Comparar los cambios ecológicos que van sucediendo en pasturas de diferentes edades.
- Comparar los cambios producidos en el suelo por el uso ganadero y el uso agrícola.

1.3. Antecedentes

La tasa de deforestación para el mundo tropical se estima actualmente en aproximadamente 2 % de lo que resta de cobertura boscosa por año (Myers 1991).

En los neotrópicos algunas áreas deforestadas están regenerando a bosques secundarios sucesionales, otras se utilizan para cultivos agrícolas, pero muchas están siendo convertidas a pasturas para establecimientos ganaderos (Fearnside 1985, 1990; Buschbacher *et al.* 1984). Este cambio en el uso de la tierra puede ser significativa a escala local y global en términos de: 1) interacciones tierra-clima atmosférico; 2) hidrología y transporte de sedimentos; 3) el balance global de carbono; 4) química atmosférica (Keller *et al.*, 1993); 5) propiedades del suelo; 6) productividad sustentable y 7) biodiversidad.

Para Latinoamérica, 370 x 10⁶ ha de bosques tropicales fueron reemplazadas por algún otro ecosistema durante el período 1850 -1985, de las cuales el 44 % ha sido convertida a pastura, el 25 % a cultivos, el 20 % es tierra degradada y el 10 % para agricultura migratoria (Houghton *et al.* 1991).

La mayoría de los bosques deforestados en América Latina en los trópicos de tierras bajas llegarán a ser eventualmente pasturas. Esta transformación es uno de los notables cambios ecológicos de los últimos 25 años (Hecht 1993).

La ganadería se considera generalmente como la amenaza más grave para los ecosistemas tropicales, capaz de provocar alteraciones en el curso de los ríos con incremento de crecientes en la estación de lluvias y disminución de aguas en los períodos de sequía (Alvim 1978).

Desde finales de los años 60, la deforestación y las prácticas agrícolas se han estado incrementando fuertemente en los trópicos, especialmente en la Cuenca Amazónica Brasileña, donde cerca de 100.000 Km² de pasturas para pastoreo han sido instaladas. En muchos casos una degradación subsecuente de la calidad del suelo es ya señalada o temida (Fearnside 1980).

En los ultisoles del Este Amazónico, pérdidas de materia orgánica del suelo y disminución de la fertilidad del suelo siguiendo el desmonte y prácticas agrícolas anuales han sido encontrados, mientras que el impacto de las pasturas cultivadas en los mismos sitios ha sido menos estudiado.

La deforestación corriente que conduce a la pastura en la Amazonia y en otras zonas tropicales de tierras bajas, es el resultado de procesos locales complejos, políticas regionales y economías nacionales en el cual la ganadería y sus pasturas tienen una flexibilidad económica y bajo riesgo, no experimentado por otros usos de tierra ecológicamente más

apropiados. Los intentos para controlar la expansión de pasturas será una ardua tarea (Hecht 1993).

Hecht (1993) en el mismo artículo anterior demuestra como desde los recursos naturales el valor puede ser extraído vía las economías fiscales, la extracción y la producción. Modelos que focalizan solamente la producción de carne no pueden interpretar las dinámicas más amplias de la deforestación, estimuladas por la ganaderización en todo el trópico húmedo de Latinoamérica. La lógica por detrás de la ganadería es inmensamente imponente y es probable que llegue a ser mucho más, particularmente desde que las alternativas -forestería, agricultura y agroforestería- carecen de la variedad de mecanismos (extractiva, productiva y fiscal) a través del cual el valor pueda ser capturado.

Los resultados de otro trabajo de Hecht (1988) indican que los ranchos ganaderos son beneficiosos para las corporaciones por los incentivos fiscales, los préstamos con bajos intereses, los beneficios con las tasas, la protección contra la inflación y la especulación de la tierra. La disponibilidad de capital barato puede contribuir en el incremento de la deforestación, pero no es el único proceso involucrado. Las tasas de incremento en el valor de la tierra como "tierra mejorada" pueden todavía impulsar el sistema aún si no existiesen incentivos o créditos. El fenómeno de sobrepastoreo tenderá a acelerar la deforestación debido a la disminución de la vida de la pastura, y no se controlará la deforestación solamente a través del control de los créditos.

El incremento en el valor de la tierra puede hacer, aún de un establecimiento con pérdida de dinero, una operación lucrativa en el largo plazo, la provisión de título a la tierra puede ser obtenida, y la manera más efectiva de ganar el título de propiedad de la tierra es convertirla a pastura (Buschbacher, Uhl y Serrao 1988).

Fearnside (1992) en un estudio sobre los usos predominantes de la tierra en la Amazonia brasilera establece que las pasturas para ganado -estén funcionando o abandonadas- están ocupando la mayor parte de la tierra deforestada. Antes que tener como finalidad real la

producción de carne, el motivo principal para la implantación de pasturas suele ser su bajo costo y alta eficacia como medio de obtener concesiones de tierras que sirven para la especulación.

Moran (1993) también analiza las causas de la deforestación y se remonta a la construcción de la autopista Belem-Brasilia en 1958. Menciona las fuerzas que conducen la deforestación y que varía de lugar a lugar dentro de la Amazonia. Sugiere además acciones que se pueden tomar para reducir la deforestación, y examina las tasas de crecimiento rápido de las especies sucesionales secundarias en un área de colonización usando imágenes LANDSAT.

Consecuencias Ecológicas De La Conversión De Bosque A Pastura.

Reiners *et al.* (1994) realizan un estudio en Costa Rica, donde analizan los cambios en la vegetación y en las propiedades del suelo en la conversión del bosque tropical lluvioso a pastura. Entre las principales conclusiones tenemos:

En la vegetación

La riqueza de especies aumentó con la pastura abandonada en relación a la pastura activa, disminuyó en la conversión de pastura abandonada (dominada por hierbas) a bosque secundario (dominado por árboles), y luego aumentó más en el estado de bosque primario.

En las propiedades del suelo

De todas las propiedades medidas, solamente la mineralización del nitrógeno, la nitrificación y las concentraciones de nitrógeno inorgánico probablemente varíen estacionalmente. Ningún cambio estacional en las concentraciones de amonio y de nitratos fue observado, de donde se infiere que no hubo cambios marcados en la mineralización y en la nitrificación. Cualquier cambio en las propiedades del suelo puede ocurrir en el ciclo anual y cambios en las concentraciones de nitrógeno inorgánico no fueron detectados.

Puesto que podemos estar razonablemente ciertos que los suelos descritos por Reiners *et al.* fueron todos desarrollados en el mismo material parental, las diferencias pueden ser atribuidas a los efectos del uso de la tierra.

En el contenido de carbono en el horizonte superficial

De acuerdo a estos datos, la conversión de bosque a pasturas activas no tuvo efectos en el contenido del carbono superficial del suelo. De las pasturas en sucesión a bosques secundarios, en sólo 10 - 15 años, hubo un significativo aumento en el carbono. No hay razón a priori para esperar que el contenido de carbono en los bosques sea mayor que en las pasturas o viceversa. Los autores sugieren que la deforestación tendiente a la agricultura de labranza puede conducir a menores contenido de carbono, pero no necesariamente esperaríamos una disminución en el carbono si la tierra es convertida a pastura permanente.

Reiners *et al.* citan a continuación trabajos de otros autores. En una base global, los suelos con pastos húmedos tienen mayores contenidos de carbono, frecuentemente mayores que los bosques de la misma área (Schlesinger 1984). Buschbacher *et al.* (1988) señalaron que la materia orgánica del suelo de pasturas abandonadas en Brasil fue igual o mayor que la materia orgánica de los bosques adyacentes. Chone *et al.* (1991) encontraron que la materia orgánica en pasturas en Brasil, primeramente disminuye luego de la conversión del bosque, y posteriormente se incrementa a los niveles del bosque dentro de los 8 años de manejo de la pastura. Veldkamp (datos no publicados) demostró una disminución neta en la materia orgánica de las pasturas después de 25 años de manejo, en Costa Rica.

En la acidez y saturación de bases

Siguiendo con Reiners *et al.*, establecen que las pasturas activas son menos ácidas y tienen menor conductividad que los bosques primarios. En relación a esta diferencia de acidez, las pasturas activas tienen mayor Fe y K intercambiable en el horizonte A, y mayor saturación de base en el horizonte B que los bosques primarios. Desde un punto de vista de la acidez y los cationes bases, las pasturas activas tienden a ser más fértiles que los bosques, y la sucesión a bosques primarios tiende a reducir esta fertilidad.

En la densidad aparente y porosidad

Los suelos de pasturas tienen mayor densidad aparente y menor porosidad que los suelos del bosque en la mayoría de las profundidades. Con el aumento de la densidad aparente, las

microzonas anaeróbicas tenderán a expandirse, favoreciendo la reducción de nitratos a óxido nitroso (N_2O) y a nitrógeno, y la metanogénesis. La porosidad menor del suelo puede reducir no solamente la percolación del agua sino también la difusión de gas dentro del suelo, y de ese modo limitar el consumo del metano del suelo (Keller *et al.* 1990, 1993 citado por Reiners *et al.*).

En la mineralización del nitrógeno y la nitrificación

La conversión de bosque a pastura claramente marca cambios en el ciclo del nitrógeno. El contenido de amonio fue mayor en las pasturas que en los bosques, mientras que el contenido de nitrato fue mayor en los bosques que en las pasturas. Estas diferencias pueden ser causadas, ya sea por tasas más lentas de absorción de amonio en las pasturas o tasas más lentas de nitrificación.

Las tasas de mineralización y nitrificación fueron mucho más elevadas que las mediciones realizadas por Montagnini y Buschbacher (1989) (citados por Reiners *et al.*) en cualquier sitio de Venezuela.

A modo de resumen, se puede establecer cuanto sigue: los datos de vegetación presentados por Reiners *et al.* sugieren un rápido retorno a la composición de especies del bosque original, pero el retorno a la estructura física original tomará mucho más tiempo. Menos aparente son los cambios en las propiedades del suelo debido a los cambios en el uso de la tierra. Estos datos muestran que la conversión de bosque a pastura causa sustanciales cambios que ocurren en un número de propiedades del suelo, más notablemente en la acidez, bases intercambiables, porosidad, mineralización del nitrógeno y nitrificación. Es importante enfatizar que algunos cambios en el suelo acompañando la conversión a pasturas son positivos, como los aumentos en las bases catiónicas, mientras otros son negativos como menor nitrógeno disponible y más baja porosidad. Además estos cambios en las propiedades del suelo tienen efectos profundos en los procesos biogeoquímicos, incluyendo los flujos de gases, que requieren de mayor atención.

En otro estudio realizado en Costa Rica, Daubenmire (1972) establece que se presenta una relación de 47:1 entre los tiempos de infiltración del agua en el suelo entre la sabana de *Hyparrhenta rufa* y el bosque original. Obviamente la sabanización contribuye grandemente a

la crecida rápida de los arroyos durante las tormentas. Las parcelas de bosque produjeron mucho más organismos por unidad de área y mayor porosidad que la sabana. La temperatura máxima del suelo superficial en el bosque fue de 59° C en comparación con 87°C en la sabana. En cuanto los suelos de sabana se secan, su superficie es muy dura en comparación con el bosque, presentándose grietas más amplias y abundantes en la estación seca. A los 10 cm de profundidad cambios en el pH no fueron muy grandes, aunque el pH disminuyó en la sabana, al igual que el Ca y Mg. El K es consistentemente mayor en la sabana. La materia orgánica ha disminuido en los 40 cm superiores del suelo de sabana al igual que el nitrógeno total. En resumen, en la mayoría de los parámetros químicos, el nivel de fertilidad es menor en la sabana. Hay una buena evidencia de una pérdida de 11 cm de suelo durante los 22 años de pastura con *Hyparrhenta rufa* en la sabana, y esta erosión parece ser el aspecto más significativo del deterioro del ambiente.

Ohta (1990) comparó los suelos de un bosque natural de *Dipterocarpus* y su transformación en pasturas abiertas dominadas por *Imperata cylindrica*, *Themeda triandra* o por *Saccharum spontaneum* en Filipinas. Se asume que varias décadas han pasado desde la deforestación. Se compara la morfología, la composición mineral de la arcilla, las propiedades físico-químicas, la fertilidad potencial de nitrógeno y la composición del humus. Dos casos se estudian, uno en un Typic Tropudalf y el otro en Plinthic Tropudult. Entre los principales resultados se tiene:

- 1) Los suelos del bosque exhibieron un fuerte desarrollo estructural y varios signos de una gran actividad de la fauna del suelo en relación a los suelos de pastura.

- 2) Las propiedades físicas de los suelos de pasturas se han deteriorado comparado con los suelos del bosque. La densidad aparente de los estratos superiores del suelo fue menor en el bosque que en la pastura, en tanto el porcentaje de poros finos fue mayor en el bosque. El contenido de humedad en los estratos superficiales fue extremadamente bajo en los suelos de pastura.

- 3) Los suelos de pastura mostraron reducciones marcadas en los valores de las propiedades químicas tales como pH, porcentaje de saturación de bases y contenidos de Ca, C, y N en comparación con los suelos del bosque.

4) La fertilidad de los suelos de pastura en nitrógeno fue menor que en los de bosque basado en el menor contenido de nitrógeno disponible y tasas menores de mineralización del nitrógeno y de nitrificación.

5) Los suelos de pasturas contienen ácido húmico humificado en una cantidad mayor que en los suelos de bosque.

6) La comparación del patrón de distribución de arcilla en el suelo sugirió la existencia de una más débil eluviación de arcilla y/o más pronunciada modificación del suelo superficial en las pasturas antes que en los bosques.

Vera (1990) en Mérida, Venezuela, realiza un estudio comparativo entre la Selva Nublada y la sustitución por pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o Capin Melao (*Melinis minutiflora*) que han permanecido en su condición de pastizal los últimos 30 años. Entre las conclusiones establece que en los suelos bajo bosque, el espesor del horizonte orgánico osciló entre 10 y 20 cm, mientras en los pastizales el horizonte desaparece o se reduce a un fino estrato de 1 a 2 cm de espesor. La actividad biológica fue mayor en los suelos bajo bosque que en los pastizales. Los pastizales han influido en la rápida restitución de las propiedades físicas (estructura: tipo, clase y estabilidad; densidad aparente y porosidad) y en su mantenimiento a niveles muy similares a los encontrados en los suelos bajo bosque. Sin embargo, pocos efectos han tenido, aun después de largos periodos, sobre la restitución de las propiedades químicas más afectadas por el cambio de uso (reducción del 50 % del contenido de C orgánico, N total y CIC respecto a los suelos bajo bosque). Los patrones de distribución de arcilla con la profundidad y la concentración de ésta a niveles más superficiales en los suelos bajo pastizal, sugieren modificaciones del proceso de iluviación asociados a los cambios en la cantidad y dinámica del agua en estos suelos.

Sing y Srivastava (1991) estudian la sabanización de los bosques estacionales de la India. Entre sus conclusiones tenemos que la conversión de bosque a sabana resultó en una disminución de la cantidad de biomasa vegetal. El pH fue mayor en la sabana que en el bosque. La sabanización también causó reducciones en el carbono orgánico y en otros nutrientes, y en las propiedades microbiológicas; además la disminución en la cantidad de

biomasa microbiana no debería ser una excepción. Probablemente, disminuciones en los nutrientes del suelo y en el C, N y P microbianos debido a la sabanización refleja la disminución en la biomasa vegetal (que está considerada como la fuente principal de materia orgánica del suelo y de nutrientes minerales en ecosistemas naturales) en la sabana comparada con el bosque, si bien es la productividad la que debería ser considerada. Las disminuciones máximas en el C, N y P microbianos debidas a la sabanización fueron 41,5 % para el N microbiano, 34,8 % para el C microbiano y 30,8 % para el P microbiano, mientras que para la tierra agrícola la pérdida máxima fue en el C microbiano. Esto indica que el N podría ser un factor limitante en el funcionamiento de la sabana y el C en el funcionamiento de la tierra agrícola. El promedio anual de carbono microbiano fue positivamente relacionado con la biomasa radicular y con la biomasa total (aérea + radicular). Lo mismo sucedió con el N y P microbiano.

Falesi (1974) con sus resultados muestra que como consecuencia de la quema de los bosques, la fertilidad del suelo mejora apreciablemente, en términos de disponibilidad de P, bases intercambiables y disminución del porcentaje de saturación de aluminio. Después de 10 a 11 años de explotación de pastos en suelos amazónicos, el nivel de fertilidad aun se conserva bastante elevado en relación con los niveles del bosque primario. El mismo autor también encontró cuando comparó los suelos bajo bosques vírgenes con suelos bajos pasturas de varios años, en Paragominas (Estado Pará) y en el norte de Mato Grosso en Brasil que inmediatamente después de la quema del bosque la acidez es neutralizada, con un cambio en el pH de 4 a 6 y desaparición del aluminio; la situación persiste en pasturas de 15 años de antigüedad localizadas en Paragominas. Nutrientes como Ca, Mg y K aumentan en la composición química del suelo y permanecen estables a través de los años. El N cae inmediatamente después de la quema pero en pocos años retorna a un nivel similar al existente bajo el bosque primitivo. Esto sigue con la conclusión que: "La formación de pasturas en latosoles y podsoles de baja fertilidad es una manera racional y económica de ocupar e incrementar el valor de estas áreas extensivas".

Jordan *et al.* (1978) establecieron que los nutrientes son uno de los factores a considerar en los extensos monocultivos de la Amazonia pero quizá más importante son los insectos, hongos y otros predadores y parásitos que pueden tomar ventajas de las condiciones del monocultivo.

Se puede esperar que grandes extensiones de pasturas estén sujetas a enfermedades y ataques de insectos, del mismo modo que lo son otros grandes monocultivos. Se pueden contrarrestar tales problemas hasta cierto grado alterando las variedades de pastos que se plantan, pero el costo y la frecuencia de tales cambios es probable que se incrementen (Fearnside, 1992).

En general se encontró que el fósforo es decisivamente limitante en los ecosistemas de la Amazonia, seguido probablemente por el nitrógeno en zonas más húmedas de la Amazonia. En general, otros elementos no parecen ser limitantes en las pasturas amazónicas.

Datos presentados de los estudios de la zona Belem-Brasilia para el fósforo muestran una clara tendencia descendente en el P disponible después del pico inicial subsecuente a la quema del bosque virgen. La sensibilidad de los rendimientos de las pasturas a los niveles de P, significa que la disminución de esta magnitud bajo pasturas tendrá un efecto negativo en los rendimientos de la pastura en el tiempo.

Hay también evidencia que no todos los suelos tropicales bajo pastura son mejorados desde el punto de vista de la fertilidad. Krebs (1975) encontró para una pastura de 9 años de antigüedad valores para todos los nutrientes analizados, que son significativamente menores que los del bosque virgen.

Varios estudios de fertilidad en las pasturas de Amazonia han demostrado que la tumba y quema del bosque resulta en un gran incremento inicial de la fertilidad del suelo, en cuanto los nutrientes son transferidos de la biomasa al suelo y están más disponibles por incremento del pH (Falesi 1976; Fearnside 1980; Buschbacher 1984).

Buschbacher, Uhl y Serrao (1984) concluyeron que en las pasturas con varios años de explotación, los depósitos de nutrientes del suelo son mayores que en el bosque primario, aunque en todos los casos, excepto el Ca, la diferencia es pequeña. La conversión de bosque a pasturas incrementa los depósitos de nutrientes en el suelo aun cuando no se usen fertilizantes. Sin embargo, la conversión disminuye drásticamente los depósitos totales del ecosistema de la mayoría de los nutrientes y es este depósito total el que debe ser reconstruido por el bosque para que se pueda restablecer en las pasturas.

Buschbacher (1984) realiza un estudio en la Amazonia de Venezuela, cerca de los límites con Brasil. Entre sus principales conclusiones establece que la conversión del bosque primario a pastura de *Brachiaria decumbens* resultó en un pequeño cambio en los almacenes de Ca y K en el ecosistema total, mientras que el Mg pareció incrementarse y el N disminuyó. En el bosque primario antes del desmonte, la mayoría del Ca, Mg y K, y casi la mitad del N, estaban en la biomasa aérea. Después del desmonte hubo un pronunciado descenso de los nutrientes en la biomasa aérea y un incremento en los nutrientes del suelo y en los detritos de la superficie del suelo. Durante los tres años de duración de la pastura, en la pastura derivada del bosque primario hubo un marcado descenso en los reservorios del ecosistema total de Ca, Mg y K, pero ninguna disminución en el N. Los almacenes de N, Mg y K en la pastura formada del bosque secundario siguieron la misma tendencia, pero el Ca se incrementó. Los niveles de nutrientes en el suelo en la pastura del bosque secundario fueron mucho más bajos que en el bosque primario, indicando un efecto mucho menor de fertilización del bosque secundario. Después de un año de pastura, los niveles de P en el suelo disminuyeron rápidamente. La productividad primaria aérea neta total de la pastura formada del bosque primario es muy cercana a la del bosque maduro no disturbado, mientras que en la pastura derivada del bosque secundario fue 50 - 60 % de la del bosque primario.

El establecimiento de pasturas de pastoreo suave, como el descrito en este artículo por Buschbacher, probablemente es menos dañino ambientalmente que los cultivos migratorios o itinerantes. La productividad primaria y los reservorios de nutrientes quedan comparables o mayores que los valores de los sitios de los cultivos itinerantes. Siguiendo el abandono,

parece probable que el área eventualmente pueda revertir a bosque primario si el bosque adyacente queda no disturbado. Desde el aspecto de la producción de ganado, el proyecto fue un desastre. Hubo una pérdida neta de ganado. Sin embargo, con una gran inversión inicial pudo haber sido sustentable, por ejemplo, si la sal y las medicinas se hubiesen dado al ganado, y si el rebaño consistiera de vacas más jóvenes. Con mejor nutrición mineral habría otros problemas, el clima en la cuenca del Amazonas no es ideal para el ganado. Por la temperatura continuamente alta y la humedad, el calor y los parásitos pueden ser importantes.

Los disturbios de las pasturas son mucho más grandes y algo más prolongados que los desmontes tradicionales hecho por los agricultores de roza y quema, es decir la agricultura migratoria (Buschbacher, Uhl y Serrao 1988).

La Agricultura Migratoria.

Jordan (1984) realiza un estudio en un cultivo migratorio, cerca de San Carlos de Río Negro en el sur de Venezuela. Encontró un pronunciado incremento en pérdidas por lavado de Ca, Mg, K y N en nitratos siguiendo a la tumba y quema. A pesar de las pérdidas por lavado, los reservorios del suelo de Ca y K, y algo de Mg y N, quedaron claramente constantes durante todo el período de cultivo. Esto es debido a que las pérdidas de los nutrientes del suelo están compensadas por el movimiento de los nutrientes dentro del suelo, con la descomposición de la materia orgánica en y cerca de la superficie del suelo. En tanto exista un soporte de materia orgánica descomponiéndose en la superficie del suelo, los reservorios totales de nutrientes en el suelo no declinan grandemente. Solamente después de que la mayoría de la materia orgánica en descomposición en la superficie del suelo ha desaparecido, comienza una marcada disminución de los nutrientes del suelo.

La ausencia de evidencia para una disminución pronunciada en los reservorios de nutrientes del suelo durante la tala y quema, contradice la visión que los suelos se agotan de nutrientes durante los cultivos itinerantes, y que este agotamiento es una importante razón de la rápida disminución de la productividad generalmente observada en el cultivo migratorio. Nye y Greenland (1964) en Ghana; Zinke *et al.* (1978) en Tailandia; Denevan (1971) en Perú;

Harris (1971) en Venezuela; Brinkmann y Nascimento (1973) en Brasil y Sánchez *et al.* (1983) (autores citados por Jordan 1984), todos encontraron que durante el cultivo, los niveles de la mayoría de los nutrientes del suelo no disminuyeron a niveles por debajo de aquellos del bosque pre-talado. Parece que en los ecosistemas templados como en los tropicales, disturbios pequeños y de corto plazo no agotan los almacenes de nutrientes del suelo al punto en que el potencial productivo del sitio queda seriamente inhibido.

Siguiendo el abandono del cultivo, hubo un pronunciado descenso de los nutrientes en el suelo. El descenso no podría ser explicado por pérdidas por lavado, la erosión superficial podría haber sido el agente causante.

Aunque los reservorios de nutrientes en el suelo de la parcela experimental de tala y quema no disminuyeron grandemente durante el período de cultivo, la productividad primaria total neta de la vegetación cultivada disminuyó notablemente. Los cambios en los reservorios totales de nutrientes en el suelo no fueron probablemente un factor causante de la disminución de la productividad del cultivo. Sin embargo, la proporción de reservorios de nutrientes totales en el suelo que está disponible para los cultivos es otro factor no fácilmente determinado. Un cambio en la forma del fósforo del suelo de una más soluble a una menor podría ser importante en la disminución de la productividad del cultivo.

La herbivoría probablemente no fue una causa importante para la disminución de la productividad al igual que la presencia de malezas.

Después que cesaron los desmalezamientos siguiendo el abandono de los cultivos, la productividad de la vegetación sucesional se incrementó rápidamente. La habilidad competitiva mucho más grande de la vegetación sucesional en el área abandonada sugiere que la vegetación nativa puede adquirir nutrientes, particularmente fósforo, que está relativamente indisponible para las plantas cultivadas.

Entre las conclusiones más resaltantes podemos decir que la agricultura indígena de tumba y quema resulta en una pérdida de nutrientes del suelo. Sin embargo, las pérdidas del suelo son compensadas por una entrada de material orgánico en descomposición, producto de la tumba y quema, en la superficie del suelo. Los reservorios del suelo quedan relativamente altos, mientras los reservorios totales del ecosistema disminuyen durante el período de cultivo. Debido a que los reservorios del suelo quedan relativamente altos, es improbable que

los reservorios bajos de nutrientes sean los responsables por la pronunciada disminución en la productividad del cultivo. Más bien, parece ser la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, especialmente el fósforo, lo que limita la productividad. En contraste con los cultivos, las especies nativas sucesionales que invaden una vieja área abandonada, no parecen sufrir por la baja disponibilidad de nutrientes. Las especies silvestres están adaptadas para tomar nutrientes relativamente indisponibles para las especies cultivadas.

El cultivo de los suelos de la Amazonia, cuando se practica en la manera tradicional, no parece inhibir el comienzo de la sucesión natural secundaria.

Efectos en el Carbono Orgánico del Suelo

La deforestación afecta fuertemente el ciclo del carbono, a través de la disminución del crecimiento de la fitomasa y de los residuos sobre la superficie del suelo (Fearnside 1985). El contenido total de carbono bajo la superficie del suelo también decrece y la composición del humus cambia, en clara relación con la disminución de la porosidad del suelo, la estabilidad estructural y la fertilidad.

Los suelos pueden desempeñar un rol importante en la producción y consumo de CO_2 . Los sistemas suelo-vegetación pueden actuar como una fuente emisora o receptora de CO_2 , dependiendo de la tasa de descomposición y de la tasa de formación del carbono orgánico del suelo (Van Breemen y Feijtel 1990). Cuando el bosque es desmontado, el suelo se torna en una fuente emisora de CO_2 .

La disminución del contenido de carbono orgánico del suelo depende del uso del suelo establecido después del desmonte. Detwiler (1986) estimó que los cultivos en los suelos de bosque tropical reducen el contenido de carbono en un 40 %; el uso de estos suelos para pasturas lo reduce en un 20 %. No se indica después de cuanto tiempo se han obtenido estos resultados.

Veldkamp (1994) realiza un estudio en el piedemonte del volcán Turrialba en Costa Rica, en tres tipos diferentes de suelo, con pasturas de *Axonopus compressus* e *Ischaemum indicum*. En el Eutric Hapludand el contenido de carbono disminuye en los 10 cm. del suelo de 48,1 a 34,3 Mg/ha de bosque a pastura, asumiendo que el suelo bajo bosque puede ser considerado como el precursor del suelo bajo pastura y si los cambios en la densidad aparente fuesen ignorados. Diferencias en horizontes más profundos fueron pequeñas. En el Oxic Humitropept bajo pastura hubo un incremento en el carbono en los 10 cm. del suelo, de 26,4 Mg/ha en el bosque a 27,6 Mg/ha.

Para este trabajo el carbono orgánico del suelo fue dividido en dos fracciones: el carbono orgánico del suelo descomponible (DSOC), que consiste del carbono orgánico del suelo que se descompone dentro de los 25 años (Parton *et al.* 1987), y el carbono orgánico del suelo pasivo (PSOC), que consiste del carbono orgánico del suelo que se descompone a tasas más lentas. Después de 25 años de pastura, la fracción de carbono orgánico del suelo ha sido mineralizada y el remanente carbono orgánico derivado de la pastura consiste de PSOC. Esta fracción de carbono pasivo del suelo es mucho más grande para el hapludand que para el Humitropept.

En el Andic Humitropept para el estrato de 0 a 0,1 m, cambios con el tiempo en el contenido del carbono orgánico del suelo derivado del bosque (SOC_f) y en el carbono orgánico del suelo derivado de la pastura (SOC_p) fueron calculados. Después de los primeros años, la cantidad de carbono orgánico derivado del bosque (SOC_f) parece estabilizarse cerca de 12 Mg/ha para el estrato de 0 a 0,1 m. De este carbono orgánico del suelo originalmente presente (aprox. 26,9 Mg/ha) cerca del 45 % consiste de PSOC y el resto de DSOC. El carbono orgánico total del suelo ($SOC_p + SOC_f$) rápidamente disminuye después de la deforestación y se estabiliza después de casi 5 años. Esta rápida disminución inicial es principalmente causada por la descomposición de los residuos y las raíces. Si menos residuos se dejan después del desmonte, el valor del contenido total de carbono orgánico del suelo sería menor, pero después de 5 años no diferiría significativamente. Después de 30 años, este carbono orgánico total del suelo se estabiliza cerca de 24 Mg/ha en el estrato de 0 a 0,1 m. Comparando este valor con el carbono orgánico total del suelo inicial del bosque (26,8 Mg/ha, sin considerar residuos y raíces) se tiene que en el Andic Humitropept bajo una

productividad de pastura, el contenido de carbono orgánico total del suelo en el tope del suelo tiende a disminuir pero solamente muy lentamente.

Concluye finalmente Veldkamp, expresando que la deforestación seguida por 25 años de pastura causó una pérdida neta de carbono de 21,8 Mg/ha para el Eutric Hapludand y 1,5 Mg/ha para el Oxic Humitropept. Debido a la fuerte estabilización del carbono orgánico en el suelo en los complejos Al-materia orgánica de los suelos de origen volcánico y a la cobertura continua de pasturas, esta disminución en el contenido del carbono orgánico en el suelo después de la deforestación fue menor que los encontrados generalmente en otros estudios.

Cerri, Volkoff y Andreux (1991) realizaron un estudio sobre la distribución del humus proveniente del bosque original y de una pastura de *Brachiaria humidicola*. Así establecen que durante el primer y segundo año siguientes a la deforestación, el contenido de carbono total en el humus y el carbono derivado del bosque disminuyen continuamente, y más rápidamente que el aporte del carbono derivado de la pastura, que alcanza 5 % y 21 % del carbono total en el humus después de uno y dos años, respectivamente. Después de ocho años de pasturas, el contenido de carbono en el horizonte 0 - 0,20 m es nuevamente cercano a su valor inicial en el correspondiente suelo bajo bosque nativo. Esto corresponde a un promedio anual de aporte de carbono de casi 5 t/ha, que es inusualmente elevado, e indica un manejo excepcional de la pastura. Cerca de la mitad del carbono en el humus derivado del bosque inicial todavía está presente en el suelo. Si este humus es inactivo o tiene un rol en el mantenimiento del suelo y en la pastura no se conoce, pero es importante observar que una instalación de pastura satisfactoria, ciertamente tiende a limitar el agotamiento del carbono orgánico del suelo.

Entre las principales conclusiones tenemos que la rápida respuesta de la materia orgánica del suelo a influencias como la deforestación, la convierten en una poderosa herramienta para seguir los cambios relacionados al suelo; los procesos de mineralización y eluviación no son largamente balanceados por la caída de residuos y decaen, resultando en una disminución subsecuente del contenido de humus del suelo. Pérdidas de carbono en el humus del bosque original tienen lugar principalmente durante el primer y segundo año siguientes al desmonte y a la instalación de pasturas. Durante los años siguientes, el contenido total de

carbono en el humus alcanza nuevamente su valor inicial, como consecuencia del aumento de la humificación en los depósitos de las raíces de los pastos.

Es importante mencionar que estos resultados fueron obtenidos en un área de manejo casi ideal de la pastura y que ocho años de prueba probablemente no son suficientes para predecir el contenido de la materia orgánica y el comportamiento del suelo en los próximos 10 años.

Lugo *et al.* (1986) también encuentran que en algunos sitios en Puerto Rico, suelos bajo pasturas acumulan más materia orgánica que los suelos de los bosques maduros adyacentes.

La mayoría de los resultados existentes en los trópicos indican que aproximadamente 10 años después del cambio de vegetación, la mitad de la materia orgánica originada de la vegetación previa queda todavía en el horizonte superficial del suelo.

Andreux *et al.* (1994) como conclusión en un trabajo realizado, establecen que aunque la cantidad total del carbono en el suelo pareció haber cambiado muy ligeramente después de 10 años de pastura de *Pennisetum purpureum*, el ecosistema estudiado del bosque del este amazónico fue altamente frágil y sensible a la sustitución de la cobertura vegetal. El fraccionamiento por tamaño de las partículas del suelo y mediciones de la abundancia natural de ^{13}C han mostrado cambios cualitativos que fueron característicos de una lentitud en los procesos de humificación. Una acumulación de fragmentos orgánicos más gruesos originado en las gramíneas y una disminución en la cantidad del carbono asociado a las fracciones más finas fueron observados. Sin embargo en el estado presente, y en ausencia de sitios bajo pastura más viejas, estos resultados no permiten asegurar si el sistema ya ha alcanzado un nuevo equilibrio o si la pérdida observada en humus todavía corresponde a una fase decadente.

Efectos en la Biomasa Microbiana del Suelo

El componente biomasa microbiana de la materia orgánica del suelo tiene el potencial de ser un indicador sensitivo de las dinámicas de la materia orgánica porque la fracción

microbiana cambia comparativamente rápido, y las diferencias son detectables antes que ellas puedan ser medidas en la materia orgánica total (Powlson *et al.* 1987).

Los flujos de nutrientes a través de la fracción microbiana pueden también ser sustanciales y relevantes para los ciclos de nutrientes (Paul 1984) y una relación estrecha entre los nutrientes de la biomasa microbiana y los niveles de nutrientes mineralizables en el suelo ha sido demostrada (Myrold 1987). Más aun, mediciones en la biomasa microbiana han demostrado ser un buen índice de los cambios en las condiciones físicas del suelo (Carter y Mac. Leod 1987) y han sido relacionados con la estabilidad del suelo (Sparling *et al.* 1992).

Informaciones de los cambios en la biomasa microbiana siguientes a la remoción de la vegetación son valiosas no solamente porque proveen una indicación de los cambios en la materia orgánica del suelo (MOS), más lentos y menos detectables fácilmente, sino también porque la biomasa microbiana contribuye a la fertilidad del suelo: representa un importante depósito lábil de nutrientes del suelo y puede desempeñar en muchos sistemas un rol activo (a través de la inmovilización) en la prevención del lavado de nutrientes (Vitousek y Matson 1984).

A pesar del reconocido rol de la biomasa microbiana en la MOS y en las dinámicas de nutrientes en los suelos tropicales húmedos, hay pocas mediciones publicadas de la biomasa microbiana del suelo, y menos aun de los cambios en la biomasa microbiana del suelo debidos a modificaciones de la cobertura vegetal (Luizao *et al.* 1989).

La biomasa microbiana del suelo constituye una matriz de transformación para todos los materiales orgánicos naturales del suelo y actúa como una reserva lábil de nutrientes disponibles a las plantas (Singh *et al.* 1989). En general, las plantas sirven como una fuente de carbono para la comunidad microbiana y a su turno los microbios proveen nutrientes para el crecimiento de la planta a través de la mineralización de los residuos de las plantas y animales, y de la materia orgánica del suelo.

La biomasa microbiana del suelo responde mucho más rápidamente que la materia orgánica total a cualquier cambio en las entradas orgánicas (Powlson *et al.* 1987) y su medición es además una herramienta valiosa para entender y predecir los efectos a largo plazo de los cambios en las condiciones del suelo.

Cambios en el microclima y un incremento en la densidad aparente afectarían la actividad microbiana y además el ciclo integral del C y N del suelo (Van Veen y Van Elsas 1986).

La biomasa microbiana del suelo es una parte significativa de la fracción activa (Bonde *et al.* 1988) y es además una indicadora sensitiva de cambios en la materia orgánica total causada por prácticas de manejo (Powlson *et al.*, 1987).

Sparling *et al.* (1994) en un estudio hecho en Nueva Zelanda, comparando el bosque nativo, plantaciones forestales y pasturas, concluyen:

1- El desmonte del bosque nativo seguido por el establecimiento de pasturas, de plantación exótica (*Pinus radiata*), de pastura permanente o de conversión a arbustal-rastrojo por períodos de 13 años a más, no ha tenido mayor impacto perjudicial en el conjunto de la biomasa microbiana y en el estatus de la materia orgánica del suelo.

2- El carbono de la biomasa microbiana del suelo bajo pastura generalmente abarcó una gran proporción del carbono orgánico total y exhibió mayores niveles de actividad que bajo bosques o rastrojos.

3- La biomasa microbiana en el material compuesto de materia húmica y en descomposición, así como en el suelo de los cinco sitios, comprendió un depósito significativo de nutrientes, conteniendo 138 - 282 Kg/ha de nitrógeno y 69 - 119 Kg/ha de fósforo.

4- Flujos anuales de nitrógeno y fósforo a través de la biomasa microbiana del suelo fueron estimados en 36 - 85 Kg/ha de nitrógeno y 18 - 36 Kg/ha de fósforo.

5- La estabilidad al agua de los macro-agregados variaron poco bajo los diferentes usos de suelo, fuera de los macro-agregados > 2 mm. a la profundidad de 0 - 5 cm., que fueron menos estables bajo las pasturas mejoradas.

Basu y Behera (1993) en una investigación realizada en la India concluyen que la conversión del bosque a sabana y tierra agrícola resultó en una reducción significativa en el carbono orgánico del suelo, en el nitrógeno total y en carbono microbiano. De acuerdo a Anderson y Domsch (1989), la relación carbono microbiano a carbono orgánico del suelo provee un discernimiento en el estatus del carbono de un suelo, y una disminución en el índice, indica pérdida de carbono orgánico del suelo. Una disminución en el índice conjuntamente con pérdida del carbono orgánico del suelo en la sabana y tierra agrícola como se observó en este estudio, en este caso comprueba la visión de Anderson y Domsch (1989). El índice comparativamente alto observado en el bosque en este estudio puede ser explicado en base a que la producción de más sustratos orgánicos diversificados en el bosque natural proveyó una mayor interdependencia entre las varias partes de la cadena alimenticia, proporcionando una mayor cantidad de carbono microbiano por unidad de carbono orgánico en el suelo (Anderson y Domsch 1986,1989) (citados por Basu y Behera 1993).

Henrot y Robertson (1993) realizaron una investigación en Costa Rica, en dos tipo de suelos. Entre los resultados más interesantes se tiene que aunque el oxic Humitropept tuvo inicialmente aproximadamente 2 veces el contenido de carbono del fluventic Dystrandept, ambos suelos mostraron un patrón relativamente similar de disminución de la MOS, con una pérdida de casi el 20 % del carbono y del nitrógeno total después de 3 años de tratamiento de remoción de la vegetación. La respuesta del carbono microbiano a los tratamientos fue más pronunciada, pero también siguió un patrón similar en los dos suelos. Los cambios en el carbono microbiano fueron relativamente rápidos.

La biomasa microbiana en un oxic Humitropept fue más elevada que en el fluventic Dystrandept para todos los tratamientos, que corresponde con nuestras expectativas desde que el oxic Humitropept tiene mayor carbono total y la biomasa microbiana se correlaciona generalmente bien con el carbono total. La biomasa microbiana en el suelo desnudo, aunque significativamente más baja que en el control, queda alta: 300-600 $\mu\text{g/g}$ de suelo. Desde que el suelo desnudo recibió poca o ninguna entrada de materia orgánica, estos valores de carbono microbiano indican que después de 3 años de tratamiento extremo, allí queda una cantidad

suficiente de MOS no recalcitrante (por ejemplo de raíces decadentes) o, alternativamente, que la población microbiana remanente puede utilizar las más recalcitrantes fuentes de carbono.

Los estudios demostraron la dinámica natural del carbono microbiano, siguiendo el desmonte del bosque tropical y su potencial importante para afectar la fertilidad del suelo, desde que el carbono microbiano representa un importante depósito lábil de los nutrientes del suelo y puede desempeñar un rol activo en la prevención de pérdidas de nutrientes. La disminución del carbono microbiano puede proveer una indicación temprana de los cambios más lentos y menos fácilmente detectables de la MOS.

Bonde, Luizao y Rosswall (1992) realizaron una interesante discusión de los resultados de una investigación llevada a cabo sobre las variaciones estacionales de la biomasa microbiana, en una comparación entre el bosque natural original y una pastura de *Brachiaria humidicola* de 1 año, en la Amazonia brasilera. Entre las ideas más resaltantes se tiene que, la humedad del suelo parece controla un delicado balance entre los procesos de inmovilización y mineralización. Períodos más secos podrían permitir que el N mineral se acumule, mientras el rehumedecimiento podría causar inmovilización neta.

Concentraciones considerables de NH_4 en corrientes regionales de la cuenca del Amazonas han sido registradas. Pérdidas de amonio por lavado hacen que esto ocurra en estos suelos y son probablemente permitidos por la dominancia de arcillas caolinitas no fijadoras. La absorción por las plantas podría ser responsable por el decrecimiento observado en el bosque y en la pastura, pero la respuesta idéntica en los sistemas sugiere que el lavado a través del perfil del suelo es el factor conductor. Recientes estudios con lisímetros en estos sitios particulares demostraron una sustancial migración del amonio. El lavado *per se* es por eso un proceso significativo, aun en los ecosistemas maduros de bosques. Sin embargo, el lavado de nutrientes pocos metros más abajo en el perfil del suelo puede ser reciclado en el bosque debido a la actividad de raíces profundas que están ausentes en las pasturas introducidas.

Las dinámicas de la biomasa microbiana siguiendo el desmonte se caracterizan por los valores pequeños encontrados en el suelo superficial de las áreas quemadas, mientras que al

mismo tiempo cantidades relativamente grandes , o por lo menos una biomasa no afectada fue encontrada entre 5-20 cm.

Entre las conclusiones tenemos que las cantidades de materia orgánica del suelo y la biomasa microbiana en los suelos de bosques lluviosos tropicales húmedos son sustanciales. El rozado y quema del bosque lluvioso tropical redujo la biomasa microbiana y la respiración del suelo en el suelo superficial. Los índices de mineralización neta del N variaron considerablemente a través de la estación, con extremos encontrados en la estación seca. La humedad controla un delicado balance entre la inmovilización y la mineralización. En una perspectiva de corto plazo, un mecanismo de retención de nutrientes es la inmovilización microbiana.

Otros efectos

No existen análisis del número de especies biológicas e individuos desplazados por unidad de área durante los procesos de conversión de bosques a pasturas. Basados en datos derivados de varios inventarios biológicos, botánicos y forestales, Toledo (1990) intenta evaluar los costos económicos y biológicos de la transformación de los bosques tropicales a pasturas por unidad de área en América Latina. La gran riqueza biológica de los bosques tropicales cuando se traslada a valores económicos parece demostrar que la utilización natural del bosque es económicamente competitiva con otras formas de uso, como las pasturas para ganado, e incluso la agricultura y las plantaciones forestales.

El cambio cualitativo y cuantitativo en los residuos vegetales asociado con la transición de un ecosistema boscoso a una pastura pastoreada puede afectar las tasas de nitrificación y mineralización del nitrógeno (White y Gosz 1987).

La pérdida de nitrógeno gaseoso de los ecosistemas terrestres es el componente más pobremente cuantificado del ciclo global de nitrógeno. Particularmente poco se sabe acerca de las pérdidas gaseosas de los bosques tropicales lluviosos, que pueden resultar fuentes importantes de gases de nitrógeno de alcance mundial, y que están cambiando rápidamente a

causa de la deforestación tropical. Tiedje y Robertson (1988) establecen mediciones de denitrificación (producción de $N_2 + N_2O$), un mecanismo importante de pérdida de nitrógeno en la mayoría de los ecosistemas, en sitios de América Central. Las mediciones fueron hechas para determinar si la pérdida del nitrógeno gaseoso se relaciona con la vegetación sucesional del bosque lluvioso. La denitrificación es alta en el bosque primario y en los sitios de sucesión inicial y sustancialmente menor en los sitios de mediana sucesión. Esto implica que la denitrificación puede ser una ruta de pérdida de nitrógeno gaseoso de los sitios recientemente desmontados y de los bosques primarios, y que las pérdidas globales de denitrificación de las regiones tropicales húmedas de hoy en día son probablemente mucho menores que las pérdidas en los tiempos pre-coloniales, cuando una proporción más pequeña de sitios estaban en fases de mediana sucesión.

La conversión de bosques tropicales a pasturas es potencialmente un importante contribuyente de los incrementos observados en las concentraciones de N_2O atmosférico. La fertilización nitrogenada de las pasturas tropicales puede bajo sistemas de producción intensiva, incrementar sustancialmente las emisiones de N_2O . Los resultados de Keller *et al.* (1993) sugieren que la producción de N_2O de algunas pasturas puede estar limitada por el nitrógeno.

Lavelle y Pashanasi (1989) estudian los efectos sobre la macrofauna del suelo en Yurimaguas, Perú. Entre las conclusiones del trabajo se tiene que las comunidades de macroinvertebrados del suelo son drásticamente afectadas por el manejo del suelo. Los bosques primarios tienen bastante diversidad y abundante fauna. El desmonte y el cultivo pronto destruyen la mayoría de esta fauna. Las pasturas tienen las más altas cantidades de biomasa de macroinvertebrados, pero las menores densidades de población y riqueza taxonómica debido al afromador desarrollo de poblaciones de *Pontoscolex corethrurus* (normalmente ausente en el bosque primario), que representa del 82,3 al 95 % de la biomasa. Las especies de lombrices del bosque primario original están totalmente ausentes.

Impactos locales incluyen sedimentación de los ríos y arroyos más pequeños, pronunciados cambios en los microclimas, y alteraciones en los regímenes hidrológicos. Los recursos del suelo son también degradados (Serrao y Toledo 1990).

Fearnside (1992) analiza también otros posibles efectos de la deforestación de la Amazonia. Así dice que la conversión de una fracción sustancial de la Amazonia en pasturas, podría tener severos impactos sobre el clima regional y mundial. Las consecuencias potenciales incluyen la redistribución de los patrones de circulación atmosférica en todo el mundo, con el resultado de que muchas de las actuales zonas productoras de alimentos se volverían más secas, y el mar subiría de nivel unos 5 m, con lo que inundaría una porción de la Amazonia y muchos centros de población humana. Una segunda consecuencia sobre el clima de la conversión masiva del bosque a pasturas, sería una disminución de las precipitaciones en la Amazonía y en las regiones vecinas a ella. Diversas líneas de evidencia indican que la mitad de la precipitación en la Amazonía se deriva del agua que se recicla a través de la selva como evapotranspiración, más bien que del vapor de agua de las nubes originadas en el Océano Atlántico.

Puesto que la evapotranspiración es proporcional a la superficie foliar, el agua reciclada a través del bosque es mucho mayor que la reciclada a través de las pasturas, especialmente en la estación seca, cuando las pasturas están secas, mientras que el bosque permanece verde. La mayor dependencia en la estación seca, significa que la conversión a pasturas puede hacer que este período se vuelva más largo y severo, cambio que puede crear un caos en el bosque, aun si la precipitación anual total permaneciese sin modificación. Muchos árboles de la selva húmeda se encuentran ya en los límites de su tolerancia al estrés de la sequía (Nepstad *et al.* 1991).

Ghuman, Lal y Sheare (1991) investigan los efectos de la deforestación y el uso posterior de la tierra en Nigeria. Las propiedades físicas que son afectadas durante el desmonte del bosque son la densidad aparente, la porosidad total, la distribución del tamaño

de las partículas, las tasas de infiltración, la conductividad hidráulica saturada y la capacidad de disponibilidad del agua.

Informaciones de los cambios en las propiedades físicas del suelo por un período de tiempo mayor a 4 años y bajo diferentes sistemas de uso de tierra post-desmonte son escasas, particularmente para el trópico húmedo africano.

Los resultados de este trabajo indicaron lo siguiente:

1) No hubo efecto, ya sea por el método manual o por el mecanizado de desmonte, en la distribución del tamaño de las partículas.

2) La textura de la superficie (0 -10 cm) del suelo cambió de franco arenoso a arenoso-franco después de 4 años de cultivo tanto en la plantación de *Musa spp.* como en el sistema de pastura con *Panicum maximum* (el pasto era devuelto a las parcelas después de cada corte ante la ausencia de ganado).

3) La compactación del suelo fue más severa en el desmonte mecanizado, penetrando hasta una profundidad de 30 cm o más.

4) Después de 4 años de cultivo no hubo efecto significativo de los sistemas de uso de la tierra en la densidad aparente de 0 -10 cm y de 10 -20 cm.

5) La tasa de infiltración del agua en el suelo fue mayor en el sistema de pastura y menor en la plantación de *Musa spp.* después de 2 años de cultivo. No hubo efecto significativo de los sistemas de uso de la tierra en la tasa de infiltración después de 4 años de cultivo.

De los dos métodos examinados, el desmonte manual es de lejos menos degradativo con respecto a las propiedades físicas del suelo, y además es superior al mecanizado para desmontes en ecosistemas húmedos.

Más aún, el efecto degradante inicial de los métodos de desmonte en las propiedades físicas del suelo, disminuyó con el tiempo cuando los cultivos fueron manejados bajo el sistema de no labranza y los residuos de cultivos fueron reincorporados al suelo después de la cosecha.

Rodgers(1990) estudia la ecología alimenticia del ganado en tierras forestales de la India. La escala del posible impacto del ganado en los bosques de la India es discutida, y una llamada de atención es hecha en cuanto a la falta de datos cuantificados sobre la ecología

alimenticia de los animales en las pasturas. Los resultados indican que la metodología ofrece un medio simple y eficiente de coleccionar una amplia variedad de información ecológica de la interacción ganado-habitat. Concluye que: a) los bosques fueron productivos y ayudaron a mantener grandes comunidades locales y b) tanto el sistema ganadero como el del bosque pueden ser mejorados.

La Degradación Y La Sustentabilidad De Las Pasturas

La degradación de las pasturas ha sido la norma en toda la región amazónica. De los aproximadamente 10 millones de ha de pasturas implantadas, por lo menos el 50 % está en un estado avanzado de degradación. La productividad de la pastura es generalmente buena, durante los primeros 4 a 6 años después de su implantación; después de este período, sin embargo, hay una disminución gradual de la productividad de las gramíneas, asociada a una creciente presencia de malezas. A medida que los pastos disminuyen, invaden el lugar una variedad de malezas. A medida que disminuyen las especies de las pasturas implantadas, las especies nativas asumen mayor importancia como fuentes de forraje. La falta de forrajes adaptados a las condiciones climáticas, edáficas y bióticas de la región, es evidente. Esta es la causa principal de la degradación de las pasturas en la Amazonia (Serrao y Toledo 1992).

Las malezas probablemente constituyan el mayor obstáculo para la estabilidad de las pasturas en la región amazónica. Antes que una causa por sí misma de la degradación, las malezas debieran verse como una consecuencia de la falta de adaptabilidad, vigor y competitividad de las especies forrajeras comúnmente usadas, así como de la falta general de prácticas apropiadas de manejo (tales como el pastoreo controlado y la aplicación de fertilizantes). Si los principales agentes causales de la degradación de las pasturas de la región fuesen resueltos o minimizados, la infestación de malezas probablemente se reduciría significativamente. Pero no importa cómo las pasturas se manejen en el futuro, pues las malezas continuarán siendo un componente persistente de estos sistemas (Buschbacher 1984).

En la zona se ven también grandes extensiones de pasturas revertiéndose a crecimiento secundario. La invasión de malezas puede seguir su curso en las pasturas tropicales ya sea con

o sin agotamiento de fertilidad, lo que indica la necesidad de tener especial cuidado en las interpretaciones de las tendencias del suelo (Fearnside 1980).

Generalmente, dentro de los 3 a 4 años del establecimiento de la pastura, los pastos plantados (*Panicum maximum* o *Brachiaria* spp.) comienzan a perder vigor por la infertilidad del suelo, con el fósforo como elemento limitante potencial en las pasturas amazónicas, por el ataque de insectos y por la competencia con especies agresivas. A finales de los años 70 se estimó que el 54 % de las pasturas en el área de Paragominas estaban degradadas.

Se designa como "tiempo de abandono de la pastura" aquel punto después del cual no hubo quema o desmalezamiento posterior. En pocos casos, estos sitios abandonados fueron ocasionalmente pastoreados.

Mientras el valor económico de las tierras desmontadas se incrementa, su valor ecológico ciertamente declina. Las pasturas degradadas están lejos del bosque que reemplazan en estructura, diversidad y complejidad biológica (Buschbacher, Uhl y . Serrao 1988).

Los planificadores habían esperado que las pasturas del Amazonas tuviesen rendimiento sostenido pero, generalmente estas tierras desmontadas han sido solamente productivas por 4 a 8 años antes de ser abandonadas. Por consiguiente, hay ahora grandes extensiones de pasturas abandonadas en Amazonia. Las pasturas en la Amazonía no permanecen productivas por mucho tiempo (Serrao y Toledo 1990).

La pastura no es sustentable en la región sin la aplicación masiva de insumos antieconómicos. Los rendimientos disminuyen debido a la invasión de malezas no comestibles, la compactación del suelo y los niveles decrecientes de fósforo disponible en el suelo (Fearnside 1980).

Es obvio que la productividad de la pastura es mucho mayor cuando se fertiliza el suelo con fosfato. Los problemas son el costo del suministro del fosfato y los límites absolutos de la reservas que se pueden extraer de las minas de dicho mineral.

Cuando los bosques son deforestados para pasturas, hay un flujo de nutrientes en tanto los elementos contenidos en la biomasa son liberados al suelo. Sin embargo, con el lavado, escorrentía, absorción por las especies vegetales de las pasturas y la incorporación en el ganado, los nutrientes del suelo rápidamente declinan a niveles por debajo del necesario para mantener la producción de la pastura. El valor nutritivo de las pasturas cae y las malezas comienzan a invadirla. Los suelos se compactan (Hecht 1993).

Las pasturas en el Amazonas son degradadas y son frecuentemente abandonadas en 10 años. Algunos han descrito este proceso, como Buschbacher (1986), como "los ranchos itinerantes".

El desarrollo de pasturas en la Amazonia ha sido criticado (Hecht 1993; Fearnside 1987) porque destruye ecosistemas naturales, requiere mucha tierra para producir poco y resulta en poco, si hay algo, crecimiento económico real.

Un foco corriente de debate en el Brasil es la cuestión de cómo las pasturas de ganado afectan la fertilidad del suelo en la región amazónica. El mantenimiento de la fertilidad del suelo es solamente importante como una parte del interrogante mayor de si los rendimientos serán sustentables como lo anticiparon los planificadores brasileños. Sin embargo se debe considerar para la cuestión de sustentabilidad que:

1) la gran mayoría de los nutrientes en el ecosistema del bosque están almacenados en la vegetación antes que en el suelo, haciendo que la comparación de los niveles de nutrientes solo en el suelo, sea una proposición injusta desde que los reservorios de nutrientes totales en el bosque son claramente mucho mayor que los reservorios totales en el ecosistema de pastura y

2) un hallazgo de que los niveles de nutrientes del suelo son mayores bajo pasturas que bajo el bosque virgen no tiende necesariamente a la conclusión que la pastura provee un rendimiento sustentable indefinidamente (Fearnside, 1980).

Myers y Robbins(1991) realizan un estudio sobre las pasturas de los trópicos y su debilitamiento. Afirman que las pasturas introducidas en los trópicos y subtrópicos son inicialmente productivas pero dicha productividad decae con la edad, proceso enlazado con el debilitamiento del suelo, frecuentemente asociado con la pérdida de las especies deseables. El principal factor causante es la deficiencia de nitrógeno. Las pasturas de gramíneas sembradas son inicialmente muy productivas pero la productividad generalmente disminuye con el tiempo, el debilitamiento de las pasturas es así inevitable. Entre las causas del debilitamiento mencionan:

- a) la composición de las especies: las malezas y gramíneas nativas se presentan generalmente porque ellas son más aptas para persistir y producir bajo un régimen de bajo nitrógeno.
- b) cambios en la disponibilidad de nitrógeno: el debilitamiento de las pasturas viejas puede ser directamente atribuido a los cambios en la disponibilidad de nitrógeno. No hay mediciones de pérdidas netas del nitrógeno total asociadas con el debilitamiento (Robbins, datos no publicados; Catahpoole, datos no publicados), más bien es una reducción en la tasa a la cual el nitrógeno es liberado de las formas orgánicas en el suelo, combinado con pérdidas de nitrógeno lábil bajo el pastoreo. Las razones para la mineralización relativamente baja del nitrógeno en el suelo bajo pasturas tropicales son complejas. La severa deficiencia de nitrógeno en suelos con un nivel aparentemente adecuado de nitrógeno total se debe a la inmovilización progresiva del nitrógeno y a la limitada mineralización del humus.
- c) el pastoreo: si bien tiene una pequeña influencia en imponer el debilitamiento de la pastura.
- d) la sequía: aunque poco se conoce en relación a la sequía y el debilitamiento.
- e) la naturaleza de las gramíneas: las gramíneas C_4 tienen mayores cocientes de C/N que las C_3 , el nitrógeno es inmovilizado y se reduce la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo.

Siempre que las especies de gramíneas de las pasturas sembradas se conserven, la productividad de la pastura debilitada es sustentable aunque en un nivel relativamente bajo. La sola manera de evitar o hacer más lento el debilitamiento es proporcionando nitrógeno adicional a la pastura. Si la producción animal es también incrementada, así también se incrementarán las pérdidas gaseosas de nitrógeno y la remoción de animales. Habría así una

pequeña pérdida neta de nitrógeno del sistema y la materia orgánica decaerá, técnicamente este sistema no es sustentable en el largo plazo.

Finalmente concluyen, que el problema del debilitamiento de la pastura está extendido y costosamente además. Hay un rango de opciones de manejo potencial pero tiene su costo. Para incrementar la productividad de las pasturas de los suelos, se debe proveer de fuentes externas de nitrógeno, ya sea a partir de la materia orgánica del suelo o de los residuos de las plantas.

Una solución simple es aceptar que la reducción en la productividad ocurrirá inevitablemente y disminuir la carga animal si es que la ganancia por cabeza tiene que ser mantenida. No todas son sustentables en el largo plazo, la mayoría requiere aportes de una u otra clase, y pueden ser costosos en términos de tiempo y dinero y por eso requieren una cuidadosa evaluación.

Las pasturas tienen potencial para mantener a largo plazo la fertilidad del suelo y la producción de ganado. Este potencial puede alcanzarse mediante el uso de una tecnología actualmente disponible, basada en el germoplasma de forrajes, la que puede utilizarse tanto para establecer nuevas pasturas como para rehabilitar los sitios degradados. La aplicación de tal tecnología eliminaría uno de los principales motivos de la constante conversión de selvas a pasturas en la Amazonia: la productividad crónicamente baja de las pasturas ya establecidas en áreas boscosas. La estabilidad de los sistemas de pastura depende en última instancia de la cantidad de nutrientes existentes en un sitio dado y la eficiencia de su reciclaje. Estos aspectos son particularmente cruciales en los oxisoles y ultisoles pobres en nutrientes que predominan en las áreas de tierras altas en toda la cuenca amazónica (Serrao y Toledo, 1992).

Según Toledo y Serrao (1990), las pasturas que están compuestas por una mezcla de gramíneas y leguminosas, adaptadas y sometidas a manejo apropiado, pueden mantenerse indefinidamente, aunque la cantidad de nutrientes reciclados en estos sistemas es considerablemente menor que la de la selva intacta.

El mantenimiento de la estabilidad del sistema de pastura requiere prácticas de manejo tales como, rotación del rebaño y control de plagas, ambos estrictamente aplicados para

minimizar la degradación de las pasturas. Además, aunque las pérdidas de nutrientes a través de la exportación son pequeñas, en pasturas bien manejadas, es sin embargo necesario compensar estas pérdidas mediante aplicaciones periódicas de fertilizantes, así como de suplementos minerales para el rebafío (Serrao y Toledo 1990; Buschbacher 1984).

Dias Filho y Serrao (1982) realizan estudios sobre las pasturas en Paragominas, Brasil. Establecen que por regla general, la longevidad productiva de las pasturas cultivadas (principalmente las de *Panicum maximum*) en la región, es reducida por razones que van desde el planeamiento, la implantación y principalmente la utilización de la pastura. En pocos años después de la implantación, las pasturas de *Panicum maximum* tienden a sufrir una baja gradual de producción, con un aumento en la comunidad de plantas invasoras, que resulta en una considerable disminución de la capacidad de carga, tornándose cada vez más elevados los costos de manutención, llevando a una situación de difícil recuperación económica de las pasturas. Las investigaciones han indicado que el fósforo es el nutriente más limitante para la producción de las pasturas de *Panicum maximum*.

En cuanto al manejo, afirman que un manejo adecuado es un factor muy importante para la productividad y persistencia. El uso de altas cargas de animales, sin períodos de descanso es uno de los principales responsables de la rápida degradación de pasturas. Para desarrollar un manejo satisfactorio es necesario:

- 1) controlar la presión de pastoreo (el número de animales por unidad de área), verificando la altura mínima de consumo de la pastura.

- 2) controlar los períodos de utilización y de descanso de la pastura.

Siguen diciendo, que esas medidas son particularmente importantes para la región de Paragominas, donde por lo menos 4 meses durante el año existe una severa sequía, período en que es extremadamente necesario una disminución de la carga animal, o en determinados casos, no utilizar por períodos variables algunos pastos para permitir que se recuperen, evitando así daños mayores a la pastura.

Concluyen, afirmando que es importante determinar si la disminución de la productividad de la pastura no está siendo debido a prácticas de manejo inadecuadas (altas

cargas animales por ejemplo), esto es, no directamente relacionadas con la fertilidad del suelo.

La investigación y desarrollo de tecnología de pasturas mejoradas para la costa tropical húmeda de Queensland, Australia, ha resultado en el desarrollo exitoso, el mantenimiento y la regeneración de grandes áreas de pasturas comerciales, muchas de las cuales tienen más de 20 años de edad. La prioridad ha sido dirigida a los programas de investigación sobre: a) la selección de gramíneas y leguminosas pratenses adecuadas b) la evaluación de problemas nutricionales en el suelo y c) el control de malezas y el rebrote de árboles. La información de estos estudios fue sintetizada en un rango de paquetes de manejo comercial. La producción sustentable en los niveles establecidos es contraria a la experiencia general con pasturas en los trópicos húmedos (Teitzel 1992). Sin embargo, como parte de este sistema se requiere el uso de fertilizantes químicos y de herbicidas, aparte de otros apoyos tecnológicos que habría que analizar dentro del contexto de cada país para tener mayores elementos para una discusión de la sustentabilidad de las pasturas.

Un argumento muy utilizado sugiere que los problemas ambientales en Amazonia podrían ser sustancialmente mitigados si fuesen implementadas mejores prácticas de pasturas y ganadería (Serrao y Toledo 1990). Se asume que los problemas del manejo de pasturas reflejan tecnologías inpropias y que los manejos inconstantes y destructivos son en gran medida el resultado de tecnologías existentes pobres.

Un mejor manejo podría marcar una diferencia, pero solamente una parte de la lógica subyacente en la economía regional de la ganadería está basada en la producción *per se*. Son las otras cosas que el ganado realiza, además de la producción de carne, que los hace de singular atracción (Hecht 1993).

En el caso de Paragominas, Pará, donde se ha realizado investigación extensiva por más de una década y donde los mejores sistemas tecnológicos de pasturas se han probado y

subsidiado, la adopción de la nueva tecnología es mínima y las tasas de deforestación se han incrementado por encima de las tasas prevalecientes de los años setenta.

La pastura fertilizada ha sido probada en Brasil y Perú. Aunque la producción por unidad de área es mucho mayor que en la pastura sin tratamiento, la cantidad de mano de obra necesaria para mantener la pastura libre de malezas es antieconómica y el alto costo de los fertilizantes y su limitada disponibilidad impediría la aplicación del sistema en la vasta escala que sería necesaria para tratar las áreas de pasturas degradadas en la región (Fearnside 1980). Los abordajes experimentales más recientes para la recuperación de las pasturas están todavía analizándose, pero ninguno de ellos ha demostrado ser económicamente viable (Fearnside 1992).

Sánchez *et al.* (1982) realizaron un programa de investigación cerca de Yurimaguas, Perú, donde concluyeron que entender las dinámicas de la fertilidad del suelo fue la clave para el desarrollo de la exitosa Tecnología de Yurimaguas. Las necesidades nutricionales de los cultivos en la Cuenca Amazónica, como sucede con la producción de cultivos en cualquier otra parte, pueden ser determinadas solamente con continuos monitoreos de las dinámicas de la fertilidad del suelo a través del muestreo y evaluación del suelo y la planta. Solamente así, los más juiciosos usos de cal y fertilizantes para la producción del cultivo pueden ser indagados. El experimento demuestra que si la tecnología y los subsidios están disponibles, la producción agrícola sustentable es posible en los suelos ácidos de la Amazonia. Sin embargo la practicabilidad económica de la fertilización intensiva puede estar limitada a áreas con una infraestructura bien desarrollada. Los investigadores del programa establecieron que las condiciones socioeconómicas de la región Amazónica proveen una limitación en la amplia adaptación de la tecnología de Yurimaguas. Es evidente que el mayor problema práctico en la implementación de la Tecnología de Yurimaguas en una escala amplia en la Amazonia es la necesidad de continuos aportes externos de información técnica.

El problema de establecimiento de pastos en las zonas tropicales de América Central fue revisado, observándose que el mantenimiento de la productividad de las pasturas en climas

tropicales exigirá, además de las prácticas de manejo intensivo, la aplicación de fertilizantes. El establecimiento de pastos en clima de bosque parece ser una variante de la agricultura migratoria en la cual el período de cultivo se puede prolongar por espacio de varios años cuando los suelos son relativamente fértiles, o reducir a unos pocos años en aquellos más pobres (Alvim 1978).

Un modelo de producción intensiva de ganado, basado en el concepto del uso altamente eficiente de la energía y de plantas fijadoras de nitrógeno, promete ofrecer una solución tecnológica apropiada al problema de los sistemas extensivos de establecimientos ganaderos. Durante tres años este modelo se ha sometido a continuas pruebas de adaptación a las condiciones de Colombia con resultados promisorios y superiores en términos económicos, sociales y ecológicos a los sistemas tradicionales (Murgueitio 1990).

El reto para encontrar sistemas de pastoreo sostenibles radica en el reconocimiento de la necesidad de estudiar el sistema suelo-planta-animal en una forma integral. Se ha demostrado que el énfasis en la productividad animal a corto plazo, sin la consideración de las consecuencias en todos los demás componentes del ecosistema, ha sido la causa primaria de la degradación del recurso suelo. El progreso en la elaboración de un sistema de pastoreo sostenido en los trópicos requiere de estudios integrales con un creciente énfasis en el papel de la biología del suelo sobre el ciclo de nutrientes y en el movimiento de agua y los solutos en el ecosistema. Es esencial que los sistemas productivos se vean como parte de los sistemas hidrológicos regionales y considerar que los cambios hidrológicos son a menudo sutiles y las implicancias del cambio no siempre se manifiestan en el corto plazo. El desmonte y el manejo del pastoreo pueden causar cambios sustanciales en la temperatura del suelo en los trópicos monzónicos. Las consecuencias de temperaturas mayores en el suelo y condiciones de mayor sequedad como consecuencia del manejo del pastoreo en la oxidación de la materia orgánica y en la población y diversidad de los organismos del suelo, son poco conocidos y requieren de mayor atención (Charters y Williams 1991).

La agricultura y las actividades de los ranchos ganaderos son insustentables tal como se practicaron hasta ahora, y es improbable que sean convertidas en sistemas sustentables en áreas suficientemente amplias. La extracción de madera es predatoria e improbable que tome lugar como manejo sustentable bajo el sistema económico vigente. La cosecha de productos no madereros es importante como un potencial de uso sustentable, pero tiene poco potencial para absorber poblaciones humanas grandes. En áreas rurales, el potencial existente debe ser primero usado para la agricultura en áreas ya deforestadas y en el uso maderero de áreas designadas de los bosques. Sin embargo, la clave para hacer uso de los bosques económicamente atractivos es probable que consista no en finas armonías de los sistemas económicos alrededor de los productos del bosque, sino más bien en desarrollar maneras de volver los aportes de los servicios ambientales que presta como una parte de la solución para mantener la población local. Mecanismos institucionales están totalmente ausentes. El primer paso es la investigación para evaluar los servicios ambientales. Estos incluyen el mantenimiento de la biodiversidad, el almacenamiento de carbono y el ciclado del agua. Son necesarias instituciones para coleccionar fondos en base a los servicios acordados, y aplicar éstos a programas que deberán alcanzar dos objetivos: mantener tanto la población como los bosques con sus servicios intactos. Detener las tasas actuales de deforestación para pasturas no sustentables debería ser la primera prioridad en cualquier estrategia para un uso sustentable en la región (Fearnside 1993).

La Reconversión A Bosques

Los estudios basados en la Amazonia Venezolana (Jordan 1984, 1987; Buschbacher *et al.* 1988) son prominentes y ellos claramente definen en términos de biomasa, productividad, ciclado de nutrientes y composición de especies, la disminución en la capacidad del bosque tropical para restablecerse en la medida que se incrementa la intensidad del disturbio.

Con un bajo nivel de disturbio (cultivo migratorio o agricultura de roza, tumba y quema) el retorno al bosque primario maduro es posible en una escala de tiempo cercana a los 190

años. Con mayores presiones externas para mantener el desmonte en un estado libre de bosque (mecanización, arado, aplicación de fertilizantes y herbicidas, siembra de pasturas) las posibilidades de restablecimiento disminuyen y la escala de tiempo se eleva a mil o más años (Attiwill 1994).

Las condiciones ambientales de las pasturas (calor elevado, baja humedad y suelos compactados) hacen que las semillas de las especies forestales se establezcan por sí mismas, libradas luego al ataque del fuego, sequía y estragos de los depredadores. Estos factores también hacen que las áreas de pasturas sean difíciles y caras de recuperar (Nepstad *et al.* 1990).

Las operaciones rancheras y madereras están transformando los bosques tropicales húmedos del este de la Amazonia (Paragominas) en un mosaico de pasturas y bosques en regeneración. Los nuevos ecosistemas de esta región desde el punto de vista agrícola son improductivos, biológicamente empobrecidos, y mucho más inflamables que los bosques maduros que ellos reemplazan; además de que las diferencias hidrológicas entre los nuevos y los viejos ecosistemas son desconocidas y potencialmente grandes. La restauración de la productividad agrícola, la diversidad biológica y la función del bosque en éste y paisajes degradados similares, puede ser facilitada con el conocimiento de las barreras ecológicas para el establecimiento y crecimiento de los árboles en los ecosistemas abandonados que son resistentes a la regeneración del bosque. Estas técnicas de restauración serán necesarias en grandes áreas de la Amazonia si los cuidados actuales para reformar las pasturas degradadas fracasan (Nepstad *et al.* 1991).

Ghuman y Lal (1991) en un estudio realizado en Nigeria indican que la mejor reserva de nutrientes para el suelo relativamente infértil está localizada en la vegetación aérea y esto salva a los nutrientes de ser perdidos por lavado o erosión. La regeneración nutricional de suelos degradados parece depender de la cantidad de vegetación quemada y no de la longitud del periodo de barbecho *per se*. Puede también depender de las especies de vegetación (leguminosas o no).

Buachbacher, Uhl y Serrao (1988) investigaron las pasturas abandonadas en el Este de la Amazonia brasilera. Los resultados indican que las concentraciones de cationes y el pH fueron mayores en la superficie del suelo de los bosques sucesionales que en los bosques vírgenes, mientras las concentraciones de fósforo, materia orgánica y nitrógeno total fueron casi las mismas. La edad desde el abandono de la pastura no tuvo efecto significativo en la concentración de nutrientes del suelo, solamente las concentraciones de magnesio y de nitrógeno total difirieron significativamente con la intensidad del uso previo. No es que la intensidad de uso de la pastura no tenga efecto en la concentración de nutrientes del suelo, sino que el efecto es de corta duración. La concentración de nutrientes del suelo apenas se correlaciona con la estructura de la vegetación sucesional, y en estos sitios de sucesión temprana, los reservorios más grandes de materia orgánica y nutrientes están en el suelo para todos los elementos, excepto el potasio. Se evidencia una ausencia de relación entre el contenido de nutrientes del suelo y la edad, intensidad de uso de la pastura o estructura de la comunidad. En este trabajo, se encuentra que los reservorios de nutrientes del suelo no son una función de la edad del sitio abandonado o de la intensidad de uso de la pastura, más aún, el contenido de nutrientes del suelo no está correlacionado con la biomasa o con la diversidad de especies.

Finalmente como conclusión establecen que el bosque lluvioso de la Amazonia es remarcadamente resiliente en su habilidad para restablecerse a partir del disturbio por pasturas, en tanto la mecanización, aplicación de herbicidas o fuego crónico no ocurran. Solamente en casos donde las tierras han sido abusadas (incluyendo herbicidas y maquinarias pesadas) por largos períodos de tiempo es incierta la regeneración del bosque. El ecosistema del Este Amazónico tiene tremendo potencial recuperativo. La mayoría de las pasturas abandonadas pueden restablecer las propiedades como en el bosque, pero muchas de las complejas interacciones interespecíficas entre especies co-evolucionadas que hacen estos bosques tropicales únicos, puede que nunca vuelvan a presentarse. Además, los disturbios crónicos de los sitios en regeneración, particularmente a través del fuego, podrían llevar a la degradación irreversible del ecosistema regional en el futuro predecible. Sin embargo, se debe

moderar esta conclusión con la observación desalentadora que las pasturas abandonadas en la región de Paragominas están normalmente sujetas a disturbios posteriores antes que el restablecimiento pueda presentarse.

2. LA RESERVA FORESTAL DE CAPARO

2.1. Comentarios preliminares

La Reserva Forestal de Caparo, en el Estado Barinas, no escapa a la problemática de la conversión de bosques a pasturas pese a su condición de reserva forestal decretado en el año 1961.

El proceso de colonización agraria de las Reservas Forestales de Ticoporo y Caparo está regido por una dinámica de uso y apropiación de la tierra que al final conduce a la consolidación de sistemas pecuarios extensivos y de modos concentrados de distribución de la tierra ocupada (Rojas López 1987).

En la Reserva Forestal de Caparo existe una gran presión sobre el recurso tierra; en unos casos se trata de productores con fines de subsistencia y en otros de empresarios con gran capacidad de inversión. Se cuenta con un número considerable de ocupantes en la Reserva y sus entornos, existiendo desde proletarios del campo hasta medianos productores y capitalistas con capacidad de invertir. Estudios realizados determinan que existen dos grandes ciclos en el proceso de ocupación: uno primario realizado por proletarios y pequeños productores que deforestan y se instalan, y un ciclo secundario, constituido por los empresarios con capacidad de invertir y comprar bienchurías a los anteriores expandiendo sus dominios (Briceño 1993).

Rojas López (1987), afirma para el caso de las Reservas Forestales de Ticoporo y Caparo, que el desarrollo de la Ecología Tropical todavía no ha logrado determinar los límites de realización potencial de las tierras deforestadas; la pobreza de los suelos, los excesos de agua y un problema muy poco conocido, la tasa de degradación de los pastizales, suponen aplicar prácticas de manejo agrícola suficientemente adaptadas a estas condiciones para mejorar la productividad por unidad de área. Concluye, que en la actual situación, tanto la destrucción de los bosques como la ganadería extensiva forman parte del mismo derroche de recursos.

La Reserva Forestal de Caparo fue establecida formalmente en febrero de 1961. Se encuentra ubicada en los Llanos Occidentales de Venezuela, al Sudoeste del Estado Barinas, perteneciendo a los municipios Ignacio Briceño y Andrés Eloy Blanco del distrito Ezequiel Zamora.

2.2. Descripción General De La Unidad I De La Reserva Forestal De Caparo

La superficie de esta Reserva es de 176.000 hectáreas, divididas en: Unidad I de 59.000 ha, Unidad II de 60.550 ha, y la Unidad III de 56.450 ha. En la Unidad I se encuentra la Unidad Experimental de 7.000 ha, a cargo del Comodato Universidad de Los Andes(ULA) - Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), ocupando el extremo Noroeste de la Unidad I.

Aproximadamente 18.000 ha en la Unidad I están dedicadas a actividades agropecuarias (Gutiérrez, Sosa y Rosales 1988).

La Unidad I, zona en que se desarrolla esta Tesis, limita al Norte con el río Caparo, desde los Islotes Cachicamo, siguiendo aguas abajo, hasta el río Toro Pintado. El límite Este lo constituye una línea recta que parte desde el sitio denominado Toro Pintado hasta la confluencia de los caños Anarú y Agua Linda. Por el Sur limita con el caño Anarú, en su confluencia con el caño Agua Linda, hasta el cruce con el lindero Oeste de la Reserva. El límite Oeste consiste en una línea recta con rumbo Norte Franco que parte del caño Anarú y llega a los Islotes Cachicamo en el río Caparo (Hernández P. y Guevara G. 1994). (Fig. 1 y 2).

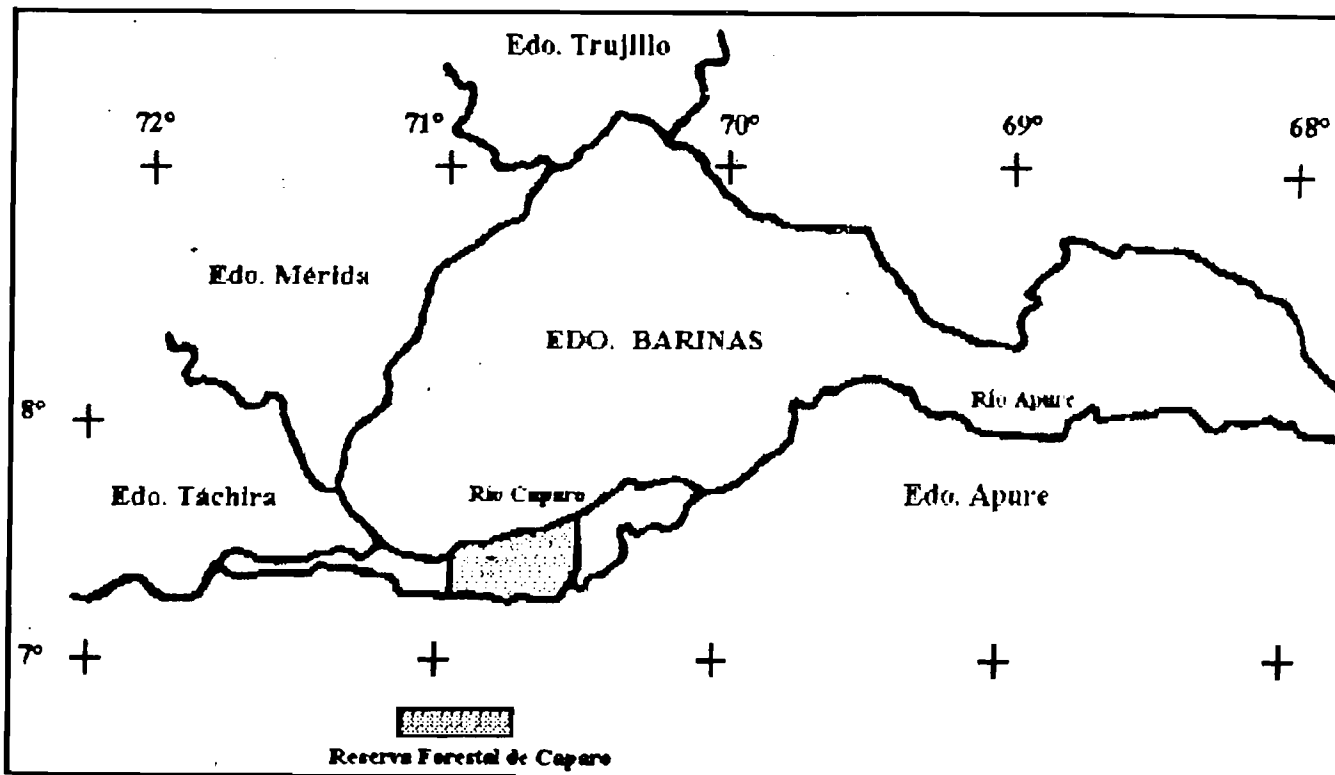


Figura 1: Ubicación de la Reserva Forestal de Caparo

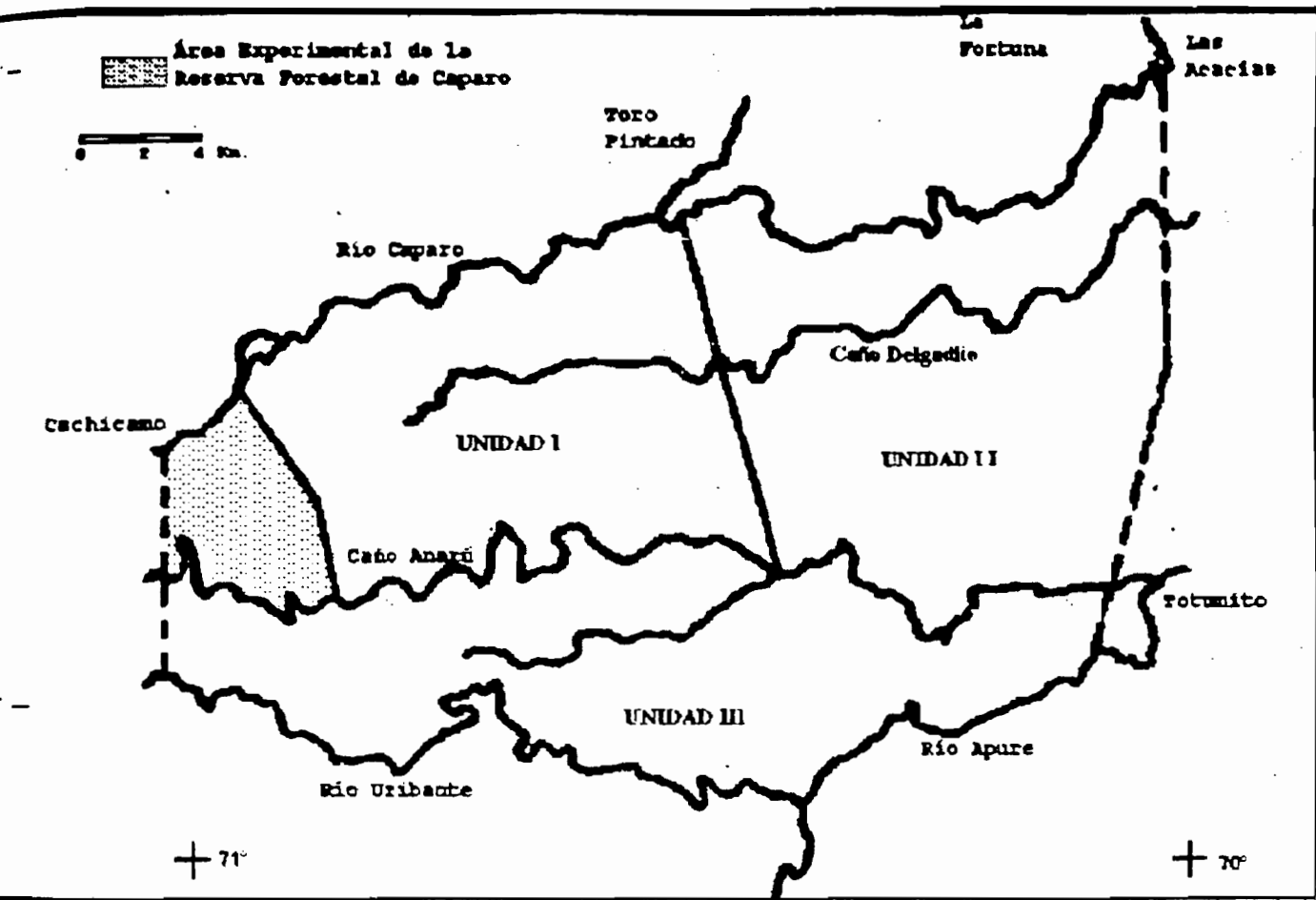


Figura 2: Ubicación de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo

Clima: (Franco 1982)

La precipitación anual es de 1.753 mm (promedio 1969-1978), medida en la estación meteorológica Área 3 de la Unidad I (Tabla 1). La precipitación presenta una marcada distribución estacional. Existe un período de sequía bien definido con una duración de cuatro a cinco meses (diciembre hasta marzo o abril). Los meses más secos son enero y febrero, en los cuales prácticamente no hay precipitación. La estacionalidad del clima determina un exceso de agua en la época de lluvias, con inundación parcial del área, y deficiencia de agua durante la sequía.

La temperatura media anual según datos de 1976 es de 24,8 °C con una amplitud entre el mes más frío (junio) y el mes más cálido (marzo) de 3,1 °C. Las variaciones diarias son más fuertes en la época de sequía (12 - 15 °C) que en la época de lluvias (4 - 10 °C). En la Fig. 3 se presenta el climadiagrama del Área 3 de Caparo.

Datos correspondientes a la ciudad de Barinas señalan que la velocidad media de las masas de aire en movimiento oscila entre 1,8 m/s y 2,3 m/s. Los de mayor velocidad se presentan en la época seca. Los vientos dominantes son del Noreste, Este y Sudeste. En el Área 3 se midieron valores algo más bajos (0,7 - 0,9 m/s) a 1,75 metros de altura sobre el suelo. Esta estación se encuentra en un amplio claro (aproximadamente 1 ha) del bosque.

La humedad relativa del aire (media mensual) oscila entre 59 % (enero) y 89 % en junio. Durante el día se presentan los valores mínimos entre la 1 y 2 de la tarde y los máximos entre las 5 y 6 de la mañana, antes de la formación del rocío.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
T °C	24.8	25.9	26.4	25.4	24.0	23.3	23.4	24.1	24.6	25.8	25.6	24.4	24.8
T máx.	34.0	35.5	34.4	34.3	30.7	31.0	29.5	31.9	31.9	33.2	33.4	32.8	33.5
T mín.	18.1	18.6	21.1	20.0	20.9	19.1	20.1	19.2	19.3	21.5	20.3	17.6	17.6
P mm	8.2	6.5	38.6	168.3	207.0	300.0	282.0	220.0	180.0	187.0	117.0	38.0	1753.0
P máx.	22.1	32.6	163.2	353.0	300.0	463.5	428.0	273.0	255.8	249.0	190.1	77.5	-
P mín.	0.0	0.0	4.2	26.7	126.0	123.0	182.0	137.9	102.0	110.0	44.9	0.0	-

T °C = Media mensual (1976)

T máx. = Máxima absoluta (1976)

T mín. = Mínima absoluta (1976)

P mm = Precipitación media desde 1969-1978 (en mm)

P máx. = Precipitación mínima mensual desde 1969-1978 (en mm)

P mín. = Precipitación máxima mensual desde 1969-1978 (en mm)

Tabla 1: Datos Climáticos de Caparo (Estación Meteorológica del Área 3)

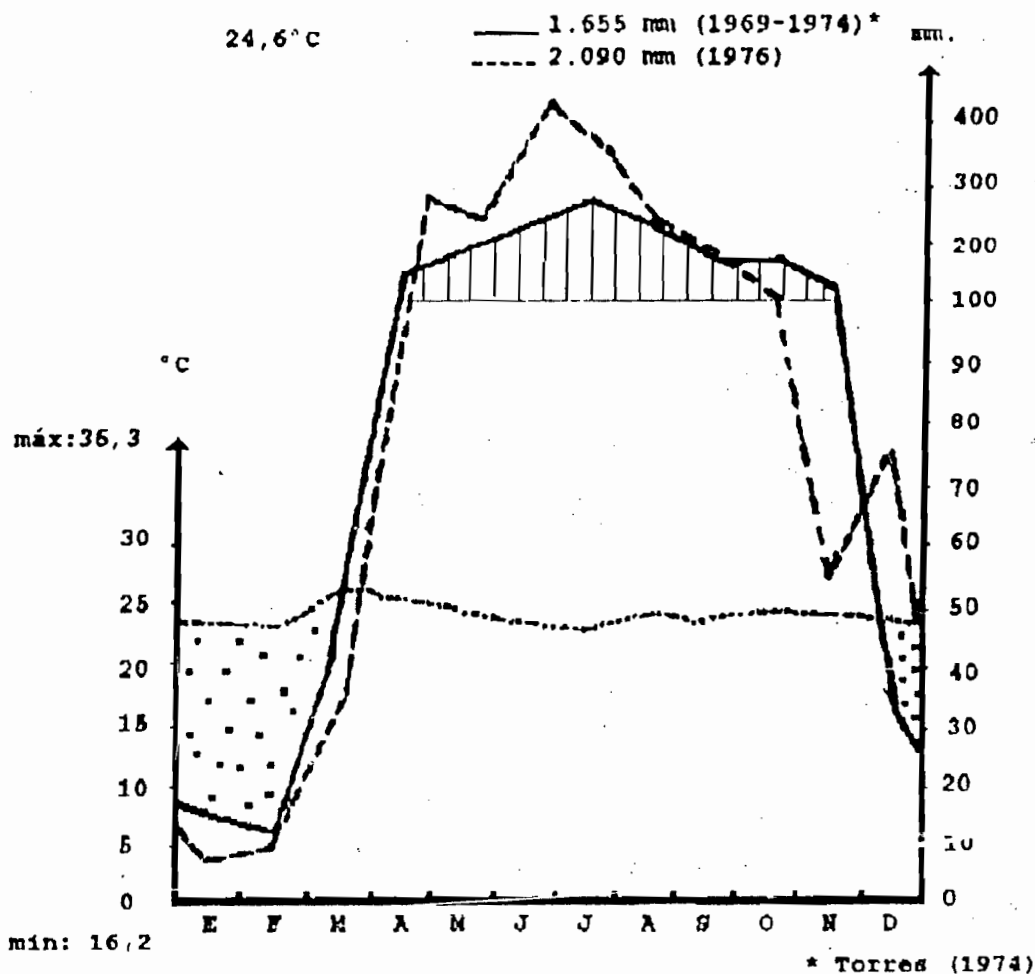


Figura 3: Climadiagrama de Caparo. Área 3

La evapotranspiración potencial calculada según Penman y con albedo de 0,15 y factor de corrección para vegetación boscosa de $\frac{1}{3}$ En alcanzó 1.515 mm/año.

Sistema de relieve (Monasterio, Sarmiento y Silva 1971)

La totalidad de la Reserva Forestal de Caparo se encuentra en el sistema de relieve Caparo, que es un sistema forestal sobre llanuras aluviales de inundación o de desborde, donde los bosques están sujetos a inundaciones periódicas.

Los principales ríos son el Caparo y el Uribanté. El caudal de las corrientes permanentes está sujeto a fluctuaciones relacionadas con las estaciones hídricas, según

CORPOANDES (1968), el río Caparo tiene un gasto medio de 179 m^3 por segundo, con un mínimo de 23,8 y un máximo de 1.516 m^3 por segundo. Esta variación del caudal provoca desbordamientos frecuentes durante la época de lluvias, en la que una parte del área queda cubierta por el agua. El agua de desbordamiento se distribuye por el intrincado sistema de caños y cañadas.

La planitud de la llanura de inundación no implica, sin embargo que no exista un relieve interno, originado por la dinámica de la deposición fluvial. Según Vincent (1970), las diferencias máximas en altura para el Caparo son de 4 m entre el banco más alto y el fondo del caño Anarú y de 1,50 m entre el banco más alto y los esteros; la diferencia promedio entre el banco y bajo-estero es de 0,75 m. Los mayores desniveles se encuentran cerca de los ríos principales, donde los procesos de modelado son más intensos.

Las acumulaciones están formadas por depósitos de material fino (arenas, limos y arcillas) no consolidados. Las fracciones gruesas son muy escasas y están formadas por gravilla que no sobrepasa los 3 mm. En las muestras analizadas, domina en las arenas el cuarzo cristalino y en las gravillas materiales ígneos, metamórficos y areniscas blancas o rojas.

Características geomorfológicas (Franco 1982)

La Reserva Forestal de Caparo se encuentra en una llanura aluvial de desborde, construida con los sedimentos transportados por el río Caparo desde los Andes y diseñada por los constantes cambios en el curso del río. La deposición diferencial de los sedimentos se cumple en el sentido Oeste - Este (curso aproximado del río), al permanecer los grandes bloques en las estribaciones bajas de la montaña, y las piedras y gravas en el piedemonte andino al desembocar el río en la llanura aluvial. Sólo los sedimentos finos (arenas, limos y arcillas) han sido transportados aguas abajo.

El material fino transportado por el río es sometido a un segundo proceso de sorteo y sedimentación, ésta vez en sentido aproximado Norte - Sur (perpendicular al río). Las arenas permanecen en el cauce del río o en sus bordes y sólo los limos y arcillas son transportados lejos del cauce, depositándose éstas últimas en las depresiones (cubetas).

Según este patrón deberíamos encontrar texturas arenosas a orillas del río, luego limosas y al final arcillosas. Teóricamente este patrón coincidiría con el conocido esquema Banco-Bajo-Estero.

En la realidad sólo excepcionalmente encontramos este patrón debido a los cambios de curso del río. Al cambiar de curso el río, cambia también geográficamente el patrón de sedimentación, así donde antes se sedimentaba arena (antiguo cauce) ahora se sedimenta arcilla y donde antes se depositaba arcilla (cubeta) ahora se deposita arena, porque el nuevo río atraviesa esa depresión. Y así sucesivamente ha construido el río una llanura aluvial de gran variabilidad en los sedimentos, los que cambian texturalmente tanto horizontal como verticalmente aun en cortas distancias. La diferenciación horizontal en el relieve y en la estratificación de los sedimentos es así producto de la deposición diferencial y de los cambios en el curso del río. La variabilidad va desde los diques altos y de texturas gruesas bordeando los ríos, pasando por las napas de desbordamiento de texturas medias hasta las cubetas de decantación de texturas muy finas

En el área de la Unidad I se limita la acción geomorfológica actual a la erosión de orillas y arrastre y deposición de islas de arena dentro del cauce del río, y tierra adentro, a la redistribución (ya bastante avanzada) de una delgada capa limosa por la acción del escurrimiento superficial del agua de las lluvias. Este escurrimiento ha desarrollado un profuso sistema de caños y cañadas que drenan hacia los sistemas o cadenas de esteros de la Unidad. El paisaje resultante de todos los procesos de deposición es un mosaico de diques, napas y cubetas con canales de desagüe (caños), cauces actuales y meandros abandonados. Cada unidad geomorfológica presenta propiedades hidrológicas y edáficas características que son determinantes para el desarrollo de la vegetación natural y para el uso agropecuario o forestal del área.

Características edáficas

Los suelos de banco de Caparo son Alfic Dystropepts, pero pueden aproximarse a Aquic Eutropepts al incrementarse el contenido de arcilla. Ocupan entre el 20 y el 30 % del área de la Reserva Forestal (Hase y Folster 1983).

Franco (1982) , determinó tres condiciones típicas de los suelos de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo en base a las características de los perfiles de suelos estudiados en el área, constituyendo tres catenas de suelos.

* *Catenas de suelos 1:* Partiendo de un perfil arenoso profundo, correspondiente a un antiguo dique del río y ubicado en posición alta (banco), esta catena muestra una gradual

modificación de la textura del horizonte superior, el que se hace cada vez más fino. El sedimento inferior, mayormente arenoso medio, conserva su carácter. Con la modificación textural (texturas más finas) del suelo superior hacia las posiciones topográficas más bajas, aumenta también la tendencia a la inundación por agua de lluvias y a la saturación del suelo en la época de lluvias. El agua que escurre superficialmente puede ocasionar localmente una erosión parcial en material limoso, creando un microrrelieve de microterrazas (microzueros). Las pequeñas terrazas-islas sobresalen 10 - 50 cm sobre la superficie y en ellas se concentra la vegetación y la actividad de los animales del suelo.

* *Catena de suelos 2:* Si en la catena de suelos 1 se encuentra material fino sobre grueso, ocurre en la catena 2 lo contrario. Puede tratarse aquí de antiguas depresiones (bajíos), donde el carácter del material de relleno puede variar. El material arcilloso debajo de un estrato arenoso, limoso o francoso constituye una barrera para la infiltración y contribuye a la gleyzación del suelo. La textura del horizonte superficial y la profundidad de la capa de menor permeabilidad son decisivos para el desarrollo radicular, la capacidad de reserva de agua del suelo y la aireación, y además influyen junto a la topografía en las dimensiones de posibles inundaciones.

* *Catena de suelos 3:* Los suelos de esta catena podrán considerarse como eslabones finales de las catenas 1 y 2. Se trata de suelos de los bajíos más profundos con un carácter arcilloso predominante. Se trata en parte de sedimentos muy jóvenes con una fuerte dinámica estructural. Debido a la impermeabilidad del material y del aporte lateral de agua superficial se presentan aquí fuertes y largas inundaciones durante la época de lluvias. Los bajíos más profundos son denominados esteros y se caracterizan por vegetación herbácea y arbustiva adaptada a las extremas condiciones del sitio.

Características de la vegetación

Característico de la región es la variabilidad extrema de la vegetación, presentándose etapas intermedias que varían desde bosque alto (25 - 30 m) hasta sabana de gramíneas. El sector Caparo de los Llanos Altos Occidentales es muy variado en cuanto a la tipología de sus bosques. En pequeñas áreas se encuentran bosques altos y bajos, rico y pobres en palmas, así como las transiciones desde bosque siempreverde hasta deciduo, incluyendo la transición hacia la sabana libre de árboles. (Franco 1982).

La variabilidad de la vegetación está íntimamente ligada al cambio de la cubierta edáfica y está controlada por los cambios ecológicos del sitio (relieve, nivel y duración de inundación, altura y oscilaciones del nivel freático, aireación y capacidad de reserva de agua del suelo). Esta relación suelo-vegetación se observa también en la transecta de 8 Km del río Caparo al Caño Anarú, según Franco (1982). (Fig.4).

Arends, Guevara y Carrero (1993) establecen que entre los principales factores que determinan las características de la vegetación en la Unidad Experimental se tiene: 1) Estacionalidad marcada de la precipitación, 2) Variación de la fisiografía y de los suelos, y 3) Gran proporción de sitios inundables. Estos factores causan variaciones de las comunidades vegetales sobre cortas distancias, dificultando su delimitación y caracterización.

Carrero y colaboradores (en prep.) han recopilado información sobre áreas tipificadas, identificándose cerca de 12 tipos de vegetación en la Unidad Experimental, entre los cuales los tipos de vegetación de bajos abarcan más del 60% de la superficie (Tabla 2).

Según la clasificación de Pittier el bosque de Caparo es "bosque tropófito macrotérmico", aunque hacia el límite con el tipo de mayor pluviosidad.

TIPOS DE VEGETACIÓN	SUPERFICIE	
	ha	%
Selva decidua de bajo	1483	31.9
Selva decidua de banco	564	12.2
Selva subdecidua de bajo	548	11.8
Selva subsiempreverde de bajo	500	10.8
Selva subsiempreverde de subbanco	488	10.5
Bosque ralo de bajo	427	9.2
Selva decidua de subbanco	173	3.7
Rastrojos	155	3.3
Selva subsiempreverde de banco	149	3.2
Selva subdecidua de subbanco	53	1.2
Selva subdecidua de banco	11	0.2
Selva siempreverde de banco	3	0.1
Otros (maporal, esteros, caños, etc.)	89	1.9
<i>Total (en base al área tipificada)</i>	4643	100

Tabla 2: Superficie por Tipos de Vegetación en la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Caparo. Fuente: Carrero et. al (sin fecha)

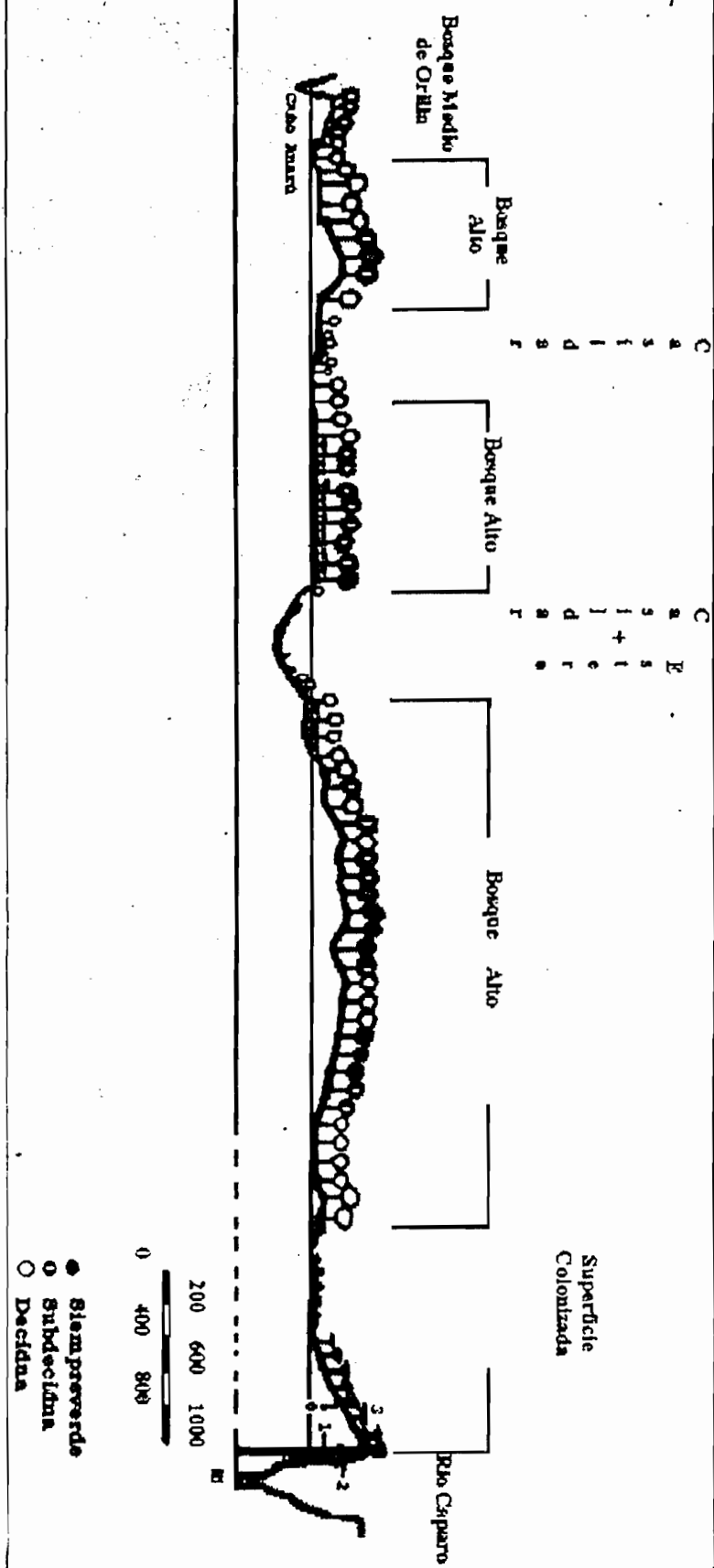


Figura 4: Relación Suelo-Vegetación en una transecta Río Caparó-Caño Anarú. Según Franco (1982)

3. METODOLOGÍA

3.1. Selección de las localidades donde realizar la investigación

Dos fueron las localidades de trabajo seleccionadas, una que abarca el campamento del Comodato ULA-MARNR, conocida como "Cachicamo" y otra distante aproximadamente unos 6 Km de la anterior, a la que denominamos como "Vía al Caño Anarú". (Fig. 5).

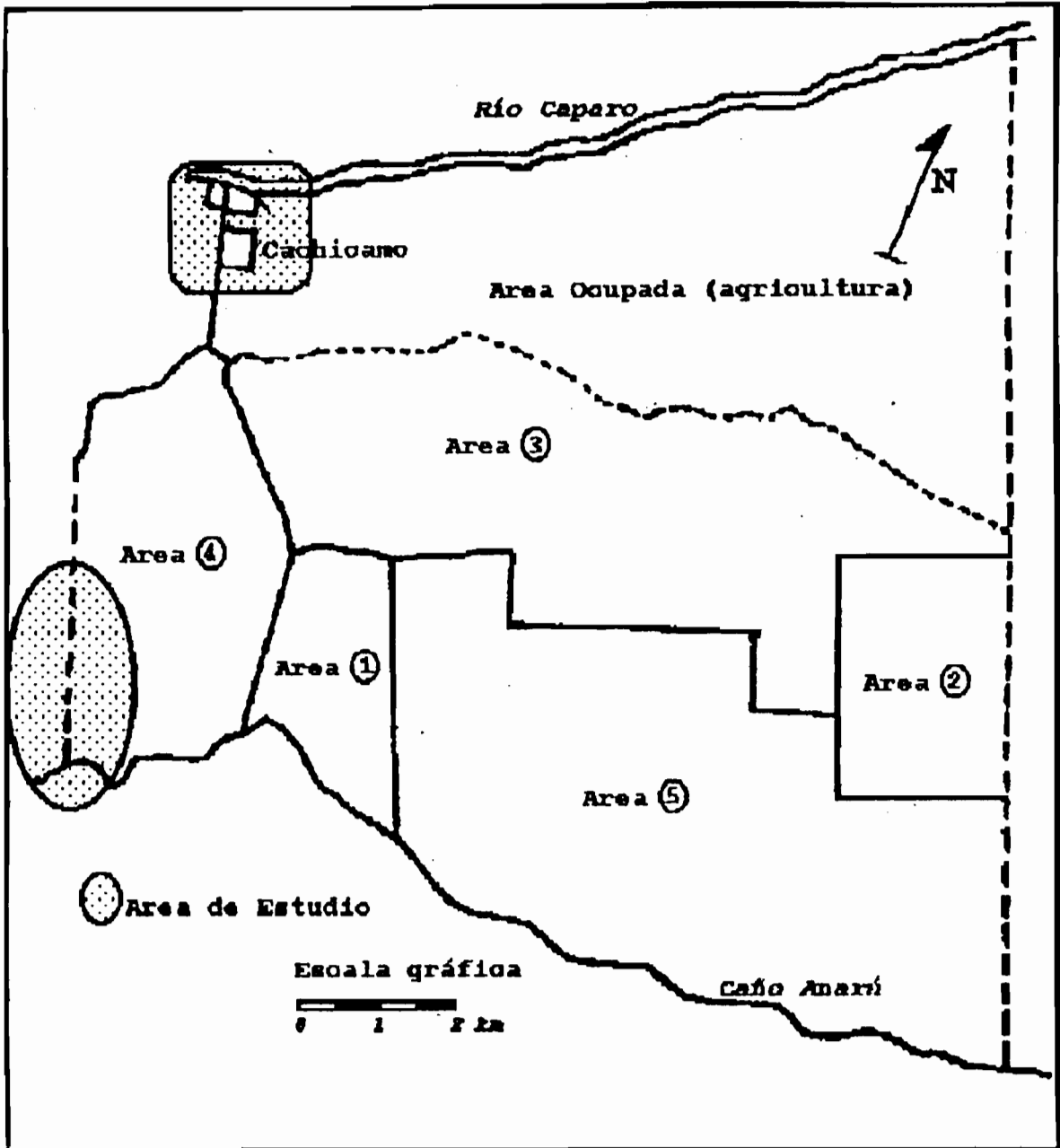


Figura 5: Ubicación del área de estudios

Para la selección de estas localidades la interrelación con las diferentes parcelas encontradas constituyó un factor de fundamental importancia.

El estudio se limitó exclusivamente a zonas de banco y para la caracterización del tipo de suelo y la vegetación original se recurrió a los mapas y trabajos de investigación pertinentes, al apoyo obtenido a través de las conversaciones con los técnicos del Comodato, al aporte valioso de los pobladores y baquianos de la zona y a la realización de barrenos en el terreno hasta 1,2 m de profundidad.

En base a los trabajos de Vincent (1970) y ULA-CORPOANDES (1973) hemos establecido en las zonas de banco de estas dos localidades los posibles tipos de selvas siguientes:

* *Selva subsiempreverde de banco*: se encuentra en zonas de forma muy irregular, debido a los procesos de formación de los bancos y sufre poco o ningún efecto de inundación. Son las de mejores condiciones de drenaje con perfiles profundos, de textura generalmente franco (hasta unos 10 cm), y franco limosa y franco arcillosa en el resto de los horizontes. Es un bosque alto, de 25 - 35 m con una estratificación vertical bien definida de 3 pisos: piso inferior, intermedio y superior. En el campo se identifica por la baja caducifolia del dosel (< 30 % de la cobertura total). Las especies más abundantes son palma de agua (*Attalea maracalbensts*), chupón (*Pouteria antibifolia*), triaco (*Protium crenatum*), palma sarare (*Syagrus sancona*), guayabón (*Terminalia* sp.), jobo (*Spondias mombin*) y guácimo (*Guazuma* sp.).

* *Selva subsiempreverde de subbanco*: aparte de los lugares que presentan una verdadera transición entre el banco y bajo con un microrrelieve relativamente uniforme, se han incluido también en este tipo de bosque, aquellas áreas de relieve variado donde se alternan continuamente en forma de mosaico el banco y bajo sin superficie suficiente para formarse un stand de ninguno de esos 2 tipos. Por esta causa la heterogeneidad o variación interna es muy grande.

Los resultados de los ensayos de especies establecidos en el tipo de bosque clasificado anteriormente como Selva Subsiespreverde de Banco han traído como consecuencia una modificación de criterio en cuanto a la superficie mínima de los stands, por lo que actualmente se incluyen en el tipo de selva subsiespreverde de subbanco las pequeñas extensiones consideradas anteriormente como Selva Subsiespreverde de Banco.

Se clasifica como subbanco cuando no se puede identificar claramente como banco ni como bajo o bien cuando se presentan continuas variaciones en distancias cortas. La estructura vertical es muy semejante a la descrita en la Selva Subsiespreverde de Banco aunque no siempre se diferencian los pisos medio e inferior. La caducifolia baja (0 - 30 %) del dosel formado por los pisos medio -superior pierde sus hojas en sequía.

Entre las especies más frecuentes se encuentran: palma de agua, chupón, guayabón, trompillo (*Guarea guldonia*), tasajo (*Fisticalyx fendleri*), charo negro (*Clarisia biflora*), cacaio quiebra hacha (*Coccoloba padiformis*).

* *Selva decidua de banco*: cubre áreas de diques naturales antiguos. Es uno de los tipos más fáciles de identificar debido al alto grado de caducifolia (60 al 100 % del dosel) y baja cobertura que le dan un aspecto muy abierto o claro en época seca. Es un bosque alto (25 - 35 m) con estructura vertical algo definida: piso inferior bien diferenciado y pisos medio y superior no muy bien definidos .

El suelo superficial es arenoso o franco y no presenta microzuros ni cuarteamientos.

Entre las especies más abundantes tenemos: cacaio quiebra hacha, palma de agua, yagrumo (*Cecropia peltata*), charo amarillo (*Brostnum allcastrum*), charo negro, charo blanco (*Trophis racemosa*), chupón, tasajo, jobo, saqui saqui (*Bombacopsis quinata*)

* *Selva subdecidua de banco*: en cuanto al relieve y suelo se refiere, la selva subdecidua es muy semejante a la selva subsiespreverde de banco, aunque con un contenido un poco mayor de arena. El perfil del suelo de esta selva no tiene diferencias notables en las propiedades físicas y químicas con la selva subsiespreverde, salvo que la materia orgánica y los nutrientes son ligeramente menores. El dosel pierde entre el 30 y el 60 % del follaje.

Ver especies en el punto 3.4.3., vegetación presente en las parcelas.

3.2. Selección de las parcelas a analizar

En un principio fueron visitadas varias fincas agropecuarias y los bosques tipo de Caparo. Se tomaron datos de los pastos (introducidos y nativos), su historial así como si se presentan en bancos o bajos. La posibilidad de contar con personas que puedan colaborar con una buena información respecto al historial de las parcelas fue un elemento fundamental tenido en cuenta. Se conversó además con obreros y profesionales del Comodato ULA-MARNR en relación a las pasturas y las fincas de la zona y de hecho la colaboración en las primeras visitas

a la zona de dichas personas fue muy importante para obtener las primeras informaciones que nos ha permitido una mejor ubicación en la Reserva Forestal y alrededores.

Inicialmente fueron 23 las parcelas puestas a consideración, por lo que se sometieron a un proceso de selección-eliminación. De éstas 13 fueron preseleccionadas, y finalmente 9 fueron las parcelas escogidas, que son las siguientes:

- | | |
|---|----------------|
| 1- Bosque natural original | 20 ha en banco |
| 2- Rastrojo | ½ ha en banco |
| 3- Rastrojo, reutilizado para agricultura | ½ ha banco |
| 4- Potrero-Rastrojo de pasto argentino (<i>Hyparrhenia rufa</i>). | 5 ha en banco |
| 5- Potrero-Rastrojo de <i>Hyparrhenia rufa</i> , reutilizado para agricultura. | ½ ha en banco |
| 6- Potrero de pasto estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>) con menos de 1 año de uso. | ½ ha en banco |
| 7- Potrero de pasto estrella con 3 años de uso. | ½ ha en banco |
| 8- Potrero de pasto estrella con 4 años de uso. | ½ ha en banco |
| 9- Potrero de pasto estrella con 6 años de uso. | ½ ha en banco. |

De estas 9 parcelas, 8 están ubicadas en la Vía al Caño Anarú y una en Cachicamo.

3.3. Recolección de datos de campo

3.3.1. Historia de las parcelas seleccionadas.

En base a lo conversado con los pobladores, fundamentalmente gracias a la ayuda y apoyo de Don Medardo Jaimes y otros informantes, fue posible obtener una historia bastante precisa de las parcelas seleccionadas. (Fig. 6)

* *Parcela 1: Bosque Original (B)*

Es un bosque subdeciduo de banco sin ningún tipo de intervención.

En 1984 se quemó toda la zona. Fue una gran quema que alcanzó hasta el pueblo de "El Cantón".

AÑOS (inclusive)	Nº DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1970 - 1994	24	Bosque original	B

Parcela 2 : Rastrojo (R)

Originalmente, y hasta 1970 probablemente había un bosque subdeciduo de banco. Se sembró maíz en 1978.

En 1988 se limpia con machete y motosierra el rastrojo que se encontraba, de unos 8-10 años.

A partir de 1992 se introduce el ganado por primera vez y es el mismo ganado el que se encarga de ir limpiando el rastrojo.

AÑOS (inclusive)	Nº DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1971		Bosque original	B
1972 - 1973	2	Extracción de madera por el MARNR	EM
1974 - 1977	4	Bosque intervenido	BI
1978	1	Agricultura: maíz	AG
1979 -1982	4	Rastrojo	R
1983-1987	5	Limpieza y Rastrojo	R
1988-1991	4	Limpieza y Rastrojo	R
1992 -1994	2	Limpieza y entra el ganado por primera vez	RP

Parcela 3: Rastrojo utilizado para Agricultura (RA)

Originalmente había hasta 1970 probablemente un bosque subdeciduo de banco. En 1978 se siembra maíz. Posteriormente se limpió el rastrojo que se desarrolló luego del cultivo del maíz.

AÑOS (inclusive)	Nº DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1971		Bosque original	B
1972 - 1973	2	Extracción de madera por el MARNR	EM
1974 - 1977	4	Bosque intervenido	BI
1978	1	Agricultura: maíz	AG
1979 - 1987	9	Rastrojo	R
1988 - 1989	2	Agricultura: maíz, plátano, yuca y ocumo	AG
1990 - 1991	2	Rastrojo	R
1992 - 1994	2	Rastrojo-Potrero	RP

En 1988 se limpió el rastrojo y se sembró plátano, ocumo y yuca.

En 1990 termino el plátano, una sequía muy fuerte lo acabó. La yuca "cargaba mucho pero no servía". Para el plátano usaron abono triple 15, cada año y urea.

A partir de 1992 el ganado comienza a ser introducido.

• *Parcela 4 : Rastrojo- Potrero de Pasto Argentino (PA)*

Originalmente era, probablemente un bosque subdeciduo de banco. Se tumbó con hacha y motosierra en 1965 para sembrar maíz, por un período de 3 años. Cada enero se limpiaba el rastrojo formado, en marzo se quemaba y en abril se sembraba el maíz. Para el cultivo del maíz utilizaron el herbicida " Matamaleza 40" cada año.

Posteriormente al maíz se sembró el pasto argentino sin mecanización, hace unos 15 años aproximadamente.

En este potrero el rollo se pasa cada año y en ocasiones 2 veces al año. La quema por lo general es anual, si las condiciones lo permiten.

Las semillas del pasto argentino fueron conseguidas en la zona (ya había cultivos cercanos).

Actualmente el pasto argentino ha desaparecido prácticamente, presentando un aspecto más de rastrojo, si bien el ganado se sigue introduciendo.

AÑOS (inclusive)	Nº DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1964		Bosque original	BI
1965 - 1967	3	Agricultura: maíz	AG
1968 - 1971	4	Rastrojo	R
1972 - 1973	2	Extracción de madera	EM
1974 - 1975	2	Rastrojo	R
1976 - 1978	3	Agricultura: maíz	AG
1979 - 1982	4	Pasto Argentino	PA
1983-1994	11	Rastrojo-Potrero	RP

• *Parcela 5: Rastrojo-Potrero Pasto Argentino reutilizado para Agricultura (PAA)*

Probablemente era un bosque subdeciduo de banco, originalmente, hasta 1964. Luego se sembró maíz por un período de un año.

El pasto argentino se siembra hace unos 20 años aproximadamente, pero el guineón (*Panicum maximum*) aparece al año de sembrar el argentino.

En 1993 limpiaron con "charapo" (machete) y motosierra, y sembraron patilla (sandía). Para la siembra de patilla se mecanizó con el rolo una vez y luego con rastra unas 5 veces. Abonaron con úrea y usaron fungicida.

Este potrero se quemaba anualmente, pero desde hace unos 3 años no se quema más. También cada año pasan el rolo.

La patilla se perdió, solo se obtuvo para consumo. Parece ser que la sembraron tarde y le afectó la época seca, por lo que no pudo desarrollarse bien.

En este potrero todos los años entraba el ganado, salvo claro está, durante el cultivo de la patilla.

Actualmente el pasto argentino ha desaparecido prácticamente, presentando un aspecto de rastrojo, si bien el ganado se sigue introduciendo.

AÑOS (inclusive)	N° DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1964		Bosque original	BI
1965	1	Agricultura: maíz	AG
1966 - 1972	7	Rastrojo	R
1973 - 1976	4	Pasto Argentino	PA
1977 - 1992	16	Rastrojo-Potrero	RP
1993 - 1994	1	Agricultura: Patilla	AG

Parcela 6: Potrero de Pasto Estrella de menos de 1 año (PE1)

Originalmente había probablemente, un bosque subdeciduo de banco. Luego se sembró maíz y arroz y hace aproximadamente unos 15 años se sembró pasto argentino. Posteriormente se desarrolló un rastrojo por unos 10 años aproximadamente.

En 1992 tumbaron el rastrojo con una máquina ranger y luego con machete.

En agosto de 1993 sembraron pasto estrella manualmente con pala. No se mecanizó, y la limpieza la hicieron con charapo.

No aplicaron úrea ni venenos. La semilla se consiguió por medio un vecino de la zona.

El pasto estrella no se desarrolló, parece ser que no resistió la época seca. Incluso ya en julio de 1993 se sintió un verano. Actualmente presenta un aspecto de rastrojo.

AÑOS (inclusive)	Nº DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1971		Bosque original	B
1972 - 1973	2	Extracción de madera	EM
1974 - 1978	5	Bosque intervenido	BI
1979	1	Agricultura: maíz y arroz	AG
1980 - 1983	4	Pasto argentino	PA
1984 - 1991	8	Rastrojo	R
1992	1	Limpieza y Rastrojo	R
1993 - 1994	1	Pasto Estrella-Rastrojo	PE

• *Parcela 7: Pasto Estrella de 3 años (PE3)*

Originalmente había probablemente un bosque subdeciduo de banco. Luego se sembró maíz y posteriormente pasto argentino hace aproximadamente 20 años, que duró unos 4 años. Posteriormente se enrastrojó. El rastrojo se limpió con motosierra y charapo y sembraron maíz durante 1 año, hace aproximadamente 6 años. Luego nuevamente rastrojo y limpieza con charapo y motosierra, se pasó luego rotativa y rastra con tractor y se sembró el pasto estrella hace 3 años.

Se utilizaron los herbicidas Tordon y Matamaleza (tal vez gramoxone) para el pasto estrella y este año se aplicaron el herbicida Tornado y otro que no se pudo registrar. No se usaron fertilizantes químicos.

Actualmente este potrero se encuentra muy enmalezado, y el pasto estrella prácticamente ha desaparecido.

AÑOS (inclusive)	Nº DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1971		Bosque original	B
1972 - 1973	2	Extracción de madera	EM
1974	1	Bosque intervenido	BI
1975	1	Agricultura: maíz y arroz	AG
1976 - 1979	4	Pasto Argentino	PA
1980 - 1987	8	Rastrojo	R
1988	1	Agricultura :Maíz	AG
1989 - 1990	2	Rastrojo	R
1991 - 1994	3	Pasto Estrella	PE

• *Parcela 8: Pasto Estrella de 4 años (PE4)*

Originalmente al parecer había un bosque subdeciduo. En 1970 era puro bosque y en 1971 lo empiezan a limpiar.

Posteriormente se introdujo el pasto argentino hace aproximadamente unos 15 años. Luego se enrastró por espacio de 8 años.

El pasto estrella se sembró hace 4 años. Previamente se limpió con motosierra y charapo, luego se pasó la rastra y sembró al instante, acabándose al día siguiente.

Aplicaron úrea un poco, a los 3 meses de sembrado. En octubre de 1993 se pasó rotativa para limpiar y el año pasado hicieron tres aplicaciones del herbicida "Tornado 40" (Picloram + 2,4 D).

Durante 15 días cargan el potrero con 40 reses más o menos y luego lo descansan 1 mes durante el invierno (época de lluvias). En el verano (época de sequía) abren todos los cercos, formando un solo potrero grande todos los potreros existentes.

Con el pasto argentino se hacía quema anual. Duró 4 años, parece ser que el ganado lo acabó en el invierno.

La semilla del pasto estrella la proporcionó el Ing. José Luís, vecino de la zona.

Actualmente el potrero se encuentra muy enmalezado, habiendo desaparecido prácticamente el pasto estrella.

AÑOS (inclusive)	Nº DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1971		Bosque original	B
1972 - 1973	2	Extracción de madera	EM
1974	1	Agricultura: maíz	AG
1975 - 1978	4	Rastrojo	R
1979 - 1982	4	Pasto Argentino	PA
1983 - 1989	7	Rastrojo	R
1990 - 1994	4	Pasto Estrella	PE

• *Parcela 9: Pasto Estrella de 6 años (PE6)*

Originalmente, al parecer había un bosque subsiempreverde de banco. Después sembraron arroz de secano y maíz por un período de 2 a 3 años. Luego, se enrastró durante unos 4 años aproximadamente.

Luego se tumbó con maquinaria de oruga y sembraron plátanos y ocumo. El plátano duró aproximadamente unos 10 años.

Se mecanizó para la siembra del pasto estrella, pasaron rastra 3 a 4 veces y luego sembraron con estolones antes de la entrada la época lluviosa o en los primeros días. Una vez aplicaron urea al sembrar y el herbicida Tornado 101 usaron 1 o 2 veces.

La carga es de 2 unidades animal/ha. Se carga por 6 días el ganado en el potrero (60 reses aproximadamente) y luego se deja descansar 15 a 20 días en época lluviosa. En época seca se hace descansar 35 días aproximadamente para igual carga animal.

En 1960 toda la zona de Cachicamo era pura selva.

AÑOS (inclusive)	Nº DE AÑOS	USOS DE LA PARCELA	
1960		Bosque original	B
1961 - 1964 (?)	4	Sin datos	SD
1965 - 1966 (?)	2	Agricultura: maíz y arroz seco	AG
1967 - 1970 (?)	4	Rastrojo	R
1971 - 1980 (?)	10	Unos 10 años aproximadamente de Plátano y Cacao principalmente. También ocumo.	AG
1981 - 1987 (?)	7	Rastrojo	R
1988 - 1994	6	Pasto Estrella	PE

Observación: El MARNR en toda la zona ocupada por las parcelas del 2 al 8 extrajo maderas entre los años 1970 y 1974 aproximadamente. Las maderas preferidas eran de caoba, cedro, pardillo y saqui saqui.

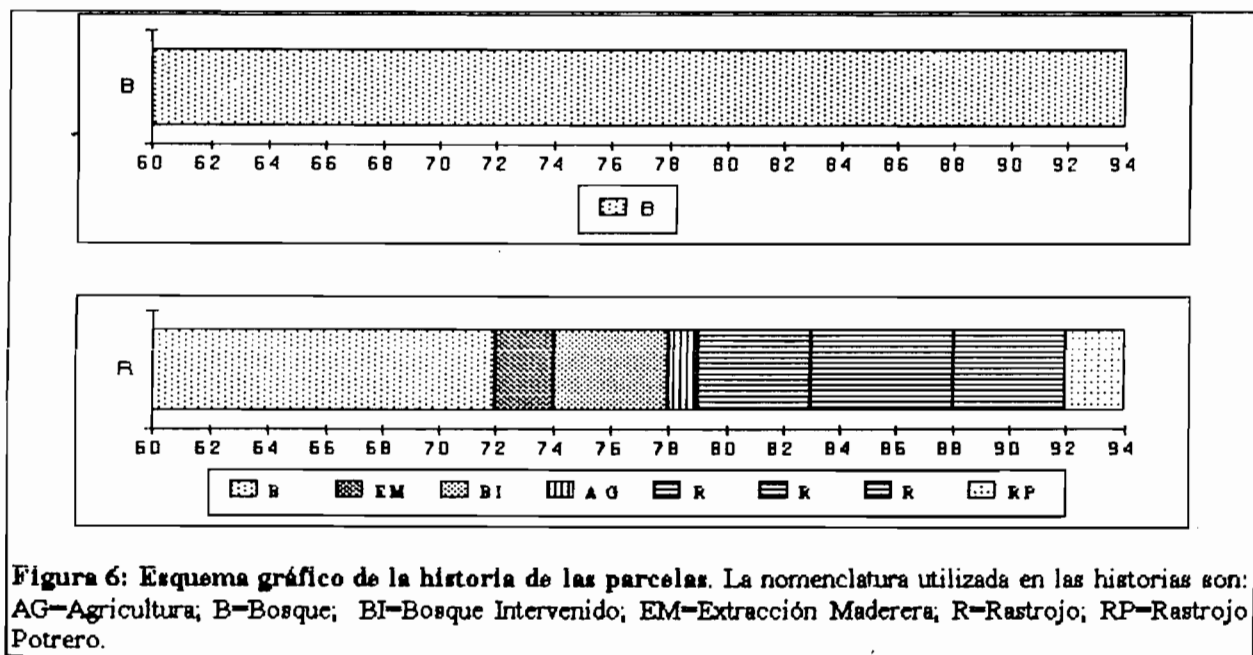


Figura 6: Esquema gráfico de la historia de las parcelas. La nomenclatura utilizada en las historias son: AG-Agricultura; B-Bosque; BI-Bosque Intervenido; EM-Extracción Maderera; R-Rastrojo; RP-Rastrojo Potrero.

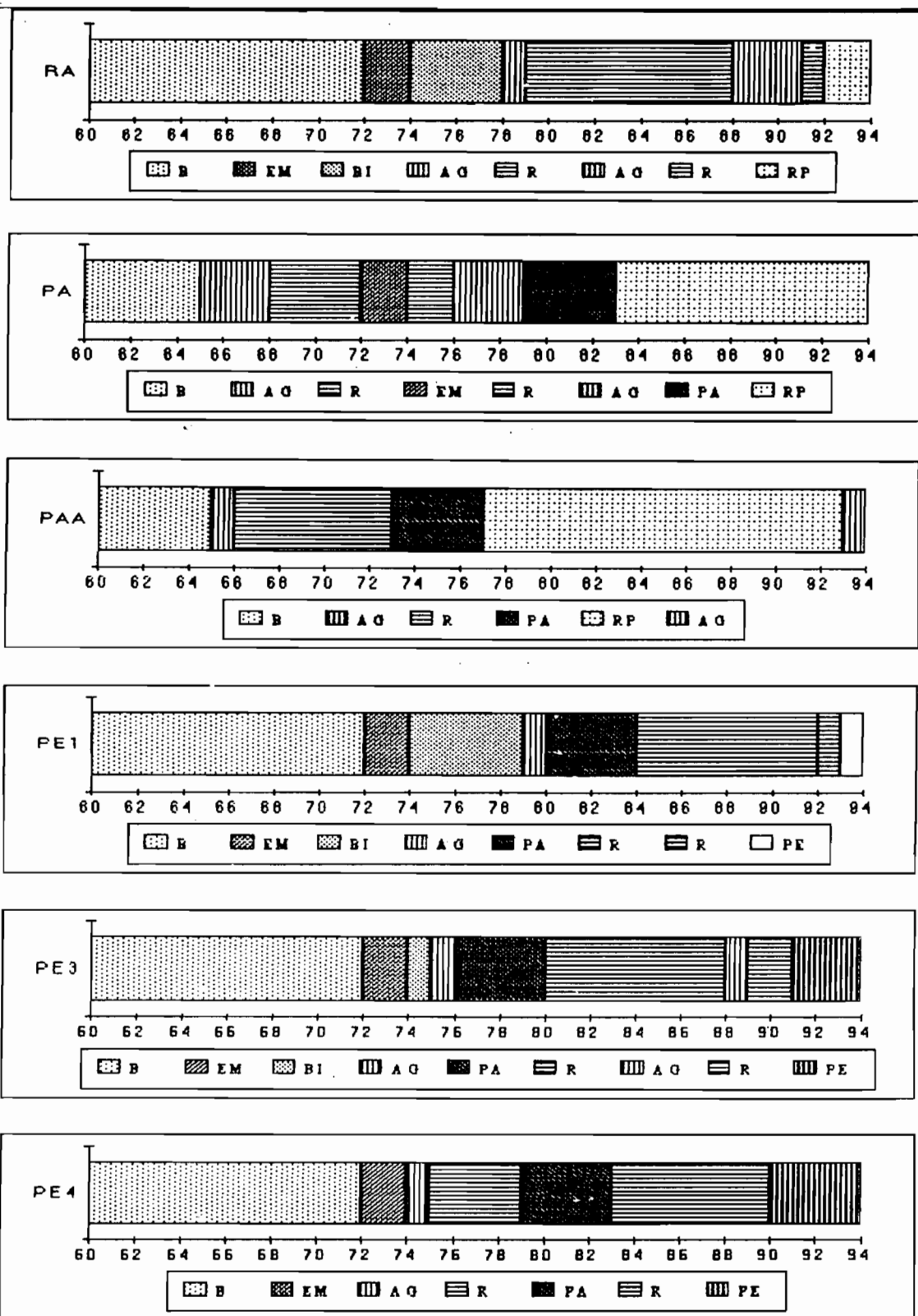


Figura 6: Esquema gráfico de la historia de las parcelas. La nomenclatura utilizada en las historias son: AG=Agricultura; B=Bosque; BI=Bosque Intervenido; EM=Extracción Maderera; PA=Potrero con Pasto Argentino; PE=Potrero con Pasto Estrella; R=Rastrojo; RP=Rastrojo Potrero; SD=Sin Datos.

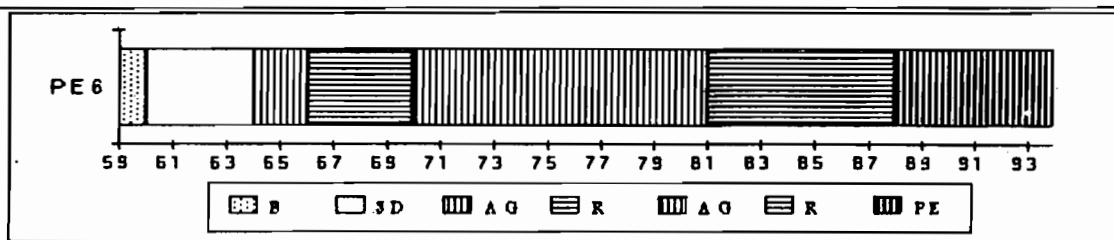


Figura 6: Esquema gráfico de la historia de las parcelas. La nomenclatura utilizada en las historias son: AG=Agricultura; B=Bosque; BI=Bosque Intervenido; EM=Extracción Maderera; PA=Potrero con Pasto Argentino; PE=Potrero con Pasto Estrella; R=Rastrojo; RP=Rastrojo Potrero; SD=Sin Datos.

3.3.2. Conversaciones informales

Con conversaciones informales se recogieron opiniones de los pobladores del área, principalmente en relación a sus experiencias de uso y manejo de las parcelas de banco. Las preguntas motivadoras giraron en relación a:

- 1- ¿Cuál sería el mejor pasto de banco?. ¿Por qué?
- 2- ¿Cuándo un potrero se abandona?
- 3- ¿Dedicación a la ganadería o a la agricultura. ¿Por qué?

No fue posible hablar con todos los propietarios de las fincas, principalmente de aquellas comprendidas dentro de la zona "Vía al Caño Anarú", escogida como área principal para la realización de las conversaciones.

Se realizaron aproximadamente unas 10 conversaciones con pobladores del lugar, la mayoría realizadas en la zona "Vía al Caño Anarú".

3.3.3. Actividades relacionadas con los suelos de las parcelas

La toma de datos de suelos de las parcelas se realizaron tanto en la época seca como en la época lluviosa, limitándonos al estudio del suelo superficial (10 cm de profundidad). El horizonte superficial del suelo es el más expuesto a los cambios en el uso y manejo que se suceden en las parcelas después de la deforestación, recibiendo todo el impacto que tales cambios pueden ocasionar. Sus propiedades se ven afectadas por los cultivos, pastoreo u otros disturbios así como por las prácticas asociadas a ellos.

En cada una de las parcelas se limitó un área de estudio de aproximadamente 15 m x 15 m, dependiendo de las irregularidades de las zonas de banco y de la accesibilidad en algunos casos. Dos fueron las parcelas con áreas mayor a ½ ha. En el rastrojo-potrero de pasto argentino (PA) se amplió el área de estudio aunque no fue posible definir la superficie debido

también a las dificultades en la accesibilidad y las irregularidades de las zonas de banco que impidieron conformar un área de forma regular. Para el caso del bosque, si bien tenía 20 ha en banco, se buscó antes que nada, que el área seleccionada para el estudio fuese una zona no intervenida también de 15 m x 15 m

• *Época Seca*

Las actividades realizadas en los meses de febrero y marzo, fueron las siguientes:

1. Toma de muestra de suelo superficial (hasta 10 cm de profundidad) de las parcelas.

Se recogieron 10 submuestras de cada parcela, de aproximadamente 1 Kg cada una y luego se mezclaron todas de modo a obtener una sola muestra por parcela. Estas muestras compuestas se colocaron en bolsas de plástico y se trajeron al laboratorio en un tiempo menor a 36 h y se utilizaron para los análisis químicos y la determinación de la biomasa microbiana.

2. Medición de la temperatura del suelo en ciclos diarios (24 h)

Se midió temperatura del suelo de cada parcela a 10 cm de profundidad cada 2 horas, desde las 7:30 a.m. hasta las 18:30 p.m. Se realizaron tres réplicas por parcela, por medio de termocuplas colocadas en línea recta, con 3 m de separación entre si.

3. Medición del tiempo de infiltración del agua en el suelo

A través de unos cilindros de hierro de altura igual a 10,35 cm y 10,575 cm de diámetro (promedios) introducidos 10 cm en los suelos, con 4 réplicas por parcelas, se procedió a medir el tiempo que tardó 1 litro de agua en infiltrarse completamente. Los cilindros se colocaron en línea recta con 3 m de separación entre ellos.

4. Toma de muestra de suelos para determinación de la humedad

Con ayuda de cajas cilíndricas de aluminio se tomaron 5 muestras superficiales de suelo por parcela (a profundidad menor que 10 cm). Estas muestras procedían del mismo lugar en que se tomaron las muestras de suelo para el análisis químico y de población microbiana, y se recogieron en 5 lugares de los 10 correspondientes al muestreo anterior. Estas cajas de aluminio, selladas con tirro, se trajeron luego al laboratorio para la determinación del contenido de humedad de los suelo.

Época Lluviosa

La época de lluvia se inició, según apreciaciones de los pobladores, el 20 de marzo con la caída de un aguacero. A partir del 24 de mayo la época lluviosa "entró fuertemente", significando con ello que llovió dos días seguidos.

Las actividades que se realizaron en los meses de mayo, junio y octubre, dentro de las mismas áreas de estudio establecidas para la época seca, fueron:

- 1- Toma de muestra de suelo superficial de cada parcela.

Procedimiento similar al de la época seca.

- 2- Medición de la temperatura del suelo en ciclos diarios (24 horas).

En esta ocasión se realizaron 4 réplicas por parcelas por medio de las termocuplas colocadas de la misma manera que en la época seca, si bien las mediciones horarias difieren en algunas parcelas debido a las dificultades originadas por las lluvias que caían.

- 3- Medición de la profundidad de la capa acuífera en cada parcela.

Se realizó un pozo de 1 m de profundidad para ver si existían variaciones de la capa acuífera entre ellas, pero en ninguna se encontró agua a esa profundidad.

- 4- Medición del tiempo de infiltración del agua en el suelo.

Esta actividad resultó la más difícil para esta época debido a las lluvias constantes, por lo que se tuvo que repetir varias veces y ajustar el método. Finalmente para esta ocasión a través de los cilindros de hierro se realizaron 3 réplicas por parcelas con $\frac{1}{4}$ litro de agua, colocándose los cilindros en línea recta con una separación de 3 m entre ellos.

Lo notable en esta operación fue la gran variación de los resultados en algunas parcelas. Para esos casos se volvió a repetir las pruebas, cambiando de lugar los cilindros, esta vez sin seguir en línea recta sino en cualquier posición y las variaciones se mantuvieron.

- 5- Toma de muestra de suelos para determinación de la humedad.

Procedimiento similar al de la época seca.

- 6- Toma de muestra de suelos para la determinación de la densidad aparente.

Con la ayuda de los mismos cilindros de hierro anteriormente descritos, introducidos 10 cm en el suelo, se tomaron 3 muestras por parcela, colocándose en bolsas de plástico y traídas al laboratorio.

- 7- Toma de muestra para la determinación de biomasa aérea.

Con la ayuda de un rectángulo metálico de 50 cm x 40 cm arrojado al azar se procedió a recoger la biomasa vegetal existente dentro del rectángulo. Se obtuvieron 5 datos por parcela, aunque solo en 3 de ellas debido a la presencia de especies vegetales muy altas y enrastradas en las otras. Las parcelas que fueron muestreadas fueron la de pasto estrella de 6 años (PE6), la de 4 años (PE4) y la de 3 años (PE3). La biomasa recogida comprende tanto el pasto estrella como malezas.

3.4- Procesamiento y análisis de los datos

3.4.1. Métodos de laboratorio

1- Análisis en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Forestales para la determinación de: (Ver resultados en el Anexo)

- Materia Orgánica
- Bases Cambiables
- Capacidad de Intercambio Catiónico
- pH
- Fósforo disponible
- Carbono Orgánico
- Nitrógeno Total
- Textura

2- Determinación de Nitrógeno en la Biomasa Microbiana en el laboratorio del CIELAT por el método de fumigación-extracción (4 réplicas por parcela). (Ver resultados en el Anexo). Una descripción más detallada de este método puede verse en Acevedo (1994).

Las muestras de suelo de ambas épocas fueron guardadas bajo refrigeración a 4 grados centígrados. Posteriormente se realizó lo siguiente:

- a) Tamizado de las muestras en tamiz de 4 mm
- b) Determinación del contenido relativo de humedad para cada parcela.
- c) Preparación de la solución extractora K_2SO_4 0.1N.
- d) Preparación de los controles (suelos sin fumigar), de los suelos fumigados con cloroformo y de los blancos.

- e) Centrifugación de los controles, fumigados y blancos y obtención de extractos.
- f) Digestión, destilación y titulación.
- g) Cálculo de los resultados.

Para la época seca los extractos se obtuvieron a la semana de haber traído las muestras del campo, mientras que para la época lluviosa se obtuvieron a los 21 días.

3- Determinación del Nitrógeno Mineral en los suelos en el laboratorio del CIELAT (4 réplicas por parcela). (Ver resultados en el Anexo). Una descripción más detallada de este método puede verse en Acevedo (1994). El procedimiento comprendió:

- a) Tamizado de las muestras en un tamiz de 4 mm
- b) Determinación del contenido relativo de humedad para cada parcela.
- c) Preparación de la solución extractora KCl 1N.
- d) Obtención de los extractos
- e) Destilación y titulación
- f) Cálculo de los resultados

4- Determinación de la Microporosidad, Porosidad, Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente. (Ver resultados en el Anexo)

Sobre las mismas muestras obtenidas en la época seca utilizadas en la determinación de la biomasa microbiana y los análisis químicos, se realizaron tres réplicas por muestras, de modo a obtener el contenido de humedad de los suelos: a $\frac{1}{3}$ atmósfera para la capacidad de campo; a 1 atmósfera para la capacidad de retención de agua en el suelo y a 15 atmósferas para el punto de marchitez permanente.

La capacidad de retención de agua es la cantidad máxima de agua capilar retenida por el suelo, expresada en porcentaje de la materia seca, que corresponde a la aplicación de una presión de 1 atmósfera (Duchaufour 1961).

Para la determinación de la microporosidad o porosidad capilar se utilizaron las ecuaciones siguientes:

Microporosidad = *Capacidad de retención del agua* \times *Densidad Aparente*.

Porosidad = [(*Densidad Real* - *Densidad Aparente*) / *Densidad Real*] \times 100.

Para densidad real se utilizó el valor de $2,65 \text{ g/cm}^3$, dato recomendado por el laboratorio de suelos del Instituto de Geografía para los llanos de Barinas, que corresponde a la densidad del cuarzo.

- 5- Determinación y cálculos de la Temperatura del Suelo, del Tiempo de Infiltración del agua en el suelo, de la Densidad Aparente, del contenido relativo de Humedad y de la Biomasa Aérea. (Ver resultados en el Anexo)

3.4.2. Procesamiento de las conversaciones informales

La mayoría de las informaciones obtenidas se refieren a las experiencias que poseen los pobladores respecto al manejo de las pasturas de banco y a la comparación de la actividad agrícola con la ganadera.

Se procedió a realizar un agrupamiento y posterior ordenamiento de las informaciones obtenidas, de modo a presentar como un solo conjunto de apreciaciones sobre el uso y manejo de los suelos. (Fig. 6)

3.4.3. Vegetación presente en las parcelas

Entre las especies de gramíneas y ciperáceas presentes tenemos:

• *Parcela 2 : Rastrojo (R)*

- *Axonopus purpusii* (Mez.) Chase
- *Cyperus aff. globulosus* Aubl.
- *Cyperus confertus* Swartz
- *Panicum pilosum* var. *lanceifolium* (Griseb ex Hitch.) Pohl
- *Scleria pterota* Presl

Estas especies se encontraban en los claros que se presentaban en la parcela, ya que donde la cobertura de los arbustos y de ciertos árboles era mayor, la presencia era nula.

• *Parcela 3: Rastrojo utilizado para Agricultura (RA)*

- *Axonopus purpusii* (Mez.) Chase
- *Cyperus compressus* L.
- *Cyperus confertus* Swartz
- *Cyperus luzulae* (L.) Retz

- *Panicum pilosum* var. *lanceifolium* (Griseb ex Hitch.) Pohl
- *Paspalum conjugatum* Bergius

Estas especies se presentaban en los claros que había en la parcela

▪ **Parcela 4 : Rastrojo- Potrero de Pasto Argentino (PA)**

- *Cyperus prolixus* H.B.K.
- *Cyperus luzulae* (L.) Retz.
- *Eleusine indica* (L.) Gaerth
- *Panicum aff. trichoides* Sw.
- *Panicum maximum* Jacq.
- *Panicum pilosum* var. *lanceifolium* (Griseb ex Hitch.) Pohl
- *Paspalum conjugatum* Bergius
- *Rhynchospora armeroides* Presl.
- *Scleria pterota* Presl

Estas especies hemos estimado que cubrían casi el 50 % de la parcela

▪ **Parcela 5: Rastrojo-Potrero de Pasto Argentino reutilizado para Agricultura (PAA)**

- *Axonopus purpusii* (Mez.) Chase
- *Cyperus compressus* L.
- *Cyperus luzulae* (L.) Retz.
- *Leptochloa virgata* (L.) Beav.
- *Panicum aff. trichoides* Sw.
- *Panicum maximum* Jacq.
- *Panicum millegrana* Poir. in Lam.
- *Paspalum virgatum* L.
- *Rhynchospora armeroides* Presl.

Hemos estimado que estas especies cubrían casi el 80 % de la parcela

▪ **Parcela 8: Pasto Estrella de 4 años (PE4)**

- *Cyperus compressus* L.
- *Carex* L.
- *Rhynchospora armeroides* Presl.

Esta parcela hemos estimado cubierta casi en un 80 % por las especies conocidas vulgarmente como "Mabla" (*Malachra* sp), "Escobas" (*Sida* sp) y "Escobilla" (*Scoparia* sp.). La altura media aproximada de estas malezas era de unos 65 cm

▪ **Parcela 7: Pasto Estrella de 3 años (PE3)**

- *Cyperus compressus* L.
- *Cyperus luzulae* (L.) Retz
- *Leptochloa virgata* (L.) Beauv.
- *Rhynchospora armeroides* Presl

Esta parcela hemos estimado cubierta en un 60 % por la especie conocida vulgarmente como "Mabla" (*Malachra* sp), de una altura promedio de 55 cm

▪ **Parcela 6: Pasto Estrella de 1 año (PE1)**

- *Axonopus purpusii* (Mez.) Chase
- *Cyperus compressus* L.
- *Cyperus luzulae* (L.) Retz
- *Panicum pilosum* Swartz
- *Rhynchospora armeroides* Presl

Esta parcela hemos estimado cubierta en un 60 % por la especie conocida vulgarmente como "Chirca", una compuesta no determinada.

▪ **Parcela 9: Pasto Estrella de 6 años (PE6)**

- *Cynodon plectostachyus*
- *Cyperus compressus* L.
- *Cyperus luzulae* (L.) Retz
- *Panicum pilosum* Swartz
- *Rhynchospora armeroides* Presl

Esta parcela hemos estimado cubierta en un 85 % por el pasto estrella.

▪ **Parcela 1: Bosque (B)**

En un listado rápido de las especies encontradas en la parcela de bosque natural analizada tenemos: Saqui Saqui (*Bombacopsis quinata*), Charo Negro (*Clartisia biflora*),

Guayabón (*Terminalia* sp.), Jobo (*Spondias mombin*), Chupón (*Pouteria anibifolia*), Charo Amarillo (*Brosimum alicastrum*), Pardillo (*Cordia* sp.), Guamo (*Inga* sp.), Mamoncillo (*Licania* sp.) y Palma de Agua (*Attalea maracalbensis*). En el sotobosque encontramos principalmente campanito (*Hybanthus prunifolius*).

Según Vincent (1970), el piso superior de la selva subdecidua de banco está compuesta por las especies características Jobo (*Spondias mombin*), Saqui-Saqui (*Bombacopsis quinata*), Guayabón (*Terminalia* sp.) y Zapato cacho (*Sclerolobium* sp.). En el piso medio las especies características son Palma de agua (*Attalea maracalbensis*), Charo (*Brosimum alicastrum*), Chupón (*Pouteria anibifolia*) y Palma sarare (*Syagrus sancona*); y en el inferior Campanito (*Hybanthus prunifolius*), Guaramaco (*Trichilia maynastana*), Palma cubarro (*Bactris major*), Zapato de la reina (*Capparis badocea*) y regeneración de Palma de agua.

De la comparación entre los listados anteriores y atendiendo la recomendación de Don Medardo Jaimes podemos aceptar que el bosque natural corresponde a la Selva Subdecidua de banco, si bien también la Selva Decidua de banco no podemos descartarla del todo.

3.4.4. Métodos estadísticos

Una vez obtenidos los datos a través de los diferentes procedimientos descritos, se realizó primeramente un análisis preliminar de modo a calcular y analizar una serie de estadísticas básicas y realizar algunos gráficos importantes que posibilitaron observar ciertas características de interés.

Posteriormente el conjunto de los datos se analizó a través del Análisis de Componentes Principales, según las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos así como con la combinación de todas ellas.

Hemos escogido el Análisis de Componentes Principales como método adecuado para analizar los datos debido a que hemos considerado el número de variables como muy numeroso así como que podrían existir posibles variables originales que aportan poca información. El Análisis de Componentes Principales es una técnica multivariante orientada a resolver esta situación, reduciendo la dimensión del problema y eliminando aquellas variables que aportan poca información en la interpretación de los resultados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis químicos de los suelos, los suelos de las parcelas estudiadas se presentan como débilmente ácidos, con un contenido medio de materia orgánica al igual que la capacidad de intercambio catiónico.

La saturación de bases es más bien alta, los contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio son medianamente altos al igual que el nitrógeno mineral. En comparación con otros suelos de los trópicos podemos decir que son relativamente de mayor fertilidad.

Luego del análisis preliminar de los datos - presentado en el Anexo - mostramos a continuación los resultados de los Análisis de Componentes Principales, de manera a resumir la información contenida en ellos y con el objetivo de encontrar semejanzas y diferencias entre las parcelas analizadas.

Para ello, hemos agrupado las variables en aquellas que hacen referencia a las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos de las parcelas, si bien las microbiológicas se refieren más que nada a la biomasa microbiana, en relación con algunas propiedades físicas y químicas de los suelos que creemos más pueden influir en su comportamiento.

Posteriormente realizamos el análisis con todas las variables, de manera a estudiar la relación existente entre las parcelas y el conjunto de propiedades.

4.1. Propiedades físicas de los suelos

Las variables consideradas en este grupo fueron:

- Tiempo de Infiltración del Agua en el Suelo (*TiempInf*)
- Humedad del Suelo (*Humedad*)
- Temperatura del Suelo (*TmpMax*)
- Rango de Temperatura del Suelo (*RgoTmp*)
- Agua Disponible en el Suelo:
 - Punto de Marchitez Permanente (*PtoMarchi*)
 - Capacidad de Campo (*CapCampo*)
- Microporosidad (*Micropor*)
- Textura: - Arena; Limo; Arcilla
- Densidad Aparente (*DensiApa*).

Por la alta correlación entre las variables Temperatura Máxima del Suelo y Rango de Temperatura del Suelo (Tablas 3,5 y 7), hemos optado por trabajar solo con la última.

Inicialmente analizamos todos los datos, tanto de la época seca como de la lluviosa. El Análisis de Componentes Principales (ACP) arrojó resultados satisfactorios, ya que los dos primeros componentes contienen casi el 82% de la variación de los datos, lo cual consideramos suficiente, teniendo en cuenta además la alta correlación de todas las variables con uno de los dos primeros componentes (Tabla 4).

Observando los resultados (Fig. 7), analizamos la influencia de las variables en el plano principal y notamos que el Primer Eje está positivamente correlacionado con las variables Microporosidad, Limo, Punto de Marchitez Permanente, Capacidad de Campo y Arcilla y negativamente correlacionado con las variables Arena y Densidad Aparente. Esta conformación nos estaría indicando una variación en la textura de los suelos, por lo que denominaremos a este Componente como Eje de Textura del Suelo y ordenará las parcelas desde aquellas con mayor contenido de Arena hasta las de menor contenido de Arena y mayor contenido de Limo y Arcilla. Es importante resaltar que este Eje asocia las variables Capacidad de Campo, Punto de Marchitez P. y Microporosidad con el Limo, más que con la Arcilla.

El segundo Componente está correlacionado en forma positiva con la variable Humedad del Suelo y en forma negativa con el Rango de Temperatura. A este componente lo denominaremos Eje Humedad-Temperatura del Suelo.

La variable Tiempo de Infiltración del Agua tiene relativamente igual influencia en ambos Ejes, lo que indica que el Tiempo de Infiltración está influenciado tanto por la Textura como por el Agua de los Suelos.

	Humedad	TiempInf	TmpMax	RgoTmp	Arena	Arcilla	Limo	PtoMarchi	CapCampo	DensiApa
Humedad	1,00									
TiempInf	0,53	1,00								
TmpMax	-0,66	-0,15	1,00							
RgoTmp	-0,65	-0,23	0,97	1,00						
Arena	-0,02	-0,48	-0,16	-0,05	1,00					
Arcilla	-0,23	0,30	0,35	0,24	-0,71	1,00				
Limo	0,10	0,48	0,08	-0,02	-0,97	0,53	1,00			
PtoMarchi	0,18	0,49	0,10	-0,02	-0,89	0,80	0,81	1,00		
CapCampo	0,13	0,54	0,04	-0,07	-0,94	0,55	0,96	0,79	1,00	
DensiApa	-0,17	-0,49	0,08	0,19	0,87	-0,68	-0,83	-0,85	-0,82	1,00
Micropor	0,12	0,49	0,14	0,04	-0,87	0,67	0,84	0,84	0,90	-0,67

Tabla 3. Correlación de Variables. Época seca y lluviosa. Las variables altamente correlacionadas ($\geq 0,9$) son: Temperatura Máxima y Rango de Temp; Arena, Limo, Capacidad de Campo y Microporosidad.

Correlación Variables-Componentes			Coeficientes de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,91	-0,07	Micropor.	0,82	0,01	0,83
-0,97	0,13	Arena	0,95	0,02	0,97
0,74	-0,41	Arcilla	0,55	0,17	0,72
0,93	-0,03	Limo	0,87	0,00	0,87
-0,90	-0,07	DensiApa	0,81	0,00	0,81
0,60	0,48	TiempInf	0,36	0,23	0,59
0,17	0,91	Humedad	0,03	0,83	0,86
0,93	-0,04	PtoMarchi	0,87	0,00	0,87
0,94	0,02	CapCampo	0,89	0,00	0,89
-0,05	-0,85	RgoTmp	0,00	0,71	0,72

Tabla 4: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Épocas seca y lluviosa. El plano principal explica el 81,21% de la variación de los datos (61,49%+19,72%). El Coeficiente de Determinación indica el porcentaje de la variación de cada variable que es explicada por el componente. Podemos ver que excepto la variable TiempInf, las demás variables caían muy bien explicadas en el plano principal.

Observando como se ubican las parcelas sobre estos Componentes, notamos que el Eje Humedad-Temperatura agrupa los datos por estacionalidad, la cual es muy marcada en Caparo.

El Eje de Textura del Suelo, por su parte, separa las parcelas en dos grupos: llamaremos TSB (Textura Semejante a la del Bosque), al grupo formado por: Bosque (B), Rastrojo (R), Rastrojo con Agricultura (RA), Pasto Argentino (PA), Pasto Argentino con Agricultura (PAA), Pasto Estrella de 4 años (PE4) y Pasto Estrella de 3 años (PE3); y TDB (Textura Diferente a la del Bosque) al grupo formado por: Pasto Estrella de 6 años (PE6) y el Pasto Estrella de 1 año (PE1).

También podemos notar que las parcelas R y PE3, aunque dentro del grupo TSB, tienden a alejarse de las demás parcelas según los datos de la época de lluvia. Lo mismo sucede con RA en la época seca.

El caso de las parcelas del grupo TSB, agrupadas según el Eje de Textura del Suelo, nos lleva a sugerir que estas parcelas guardan relación estrecha con el Bosque, debido a que antes de ser deforestadas conformaban ecosistemas boscosos de características muy similares a la del bosque analizado. Esta suposición puede realizarse ya que las parcelas se agrupan más que nada según la textura superficial de los suelos, la cual consideramos que cambia muy poco después de la deforestación. De igual manera, el grupo TDB que se separa del bosque,

conformarían parcelas con texturas diferentes a la del bosque (B), por lo que suponemos se trata de un ecosistema boscoso original de características distintas a la del bosque natural analizado.

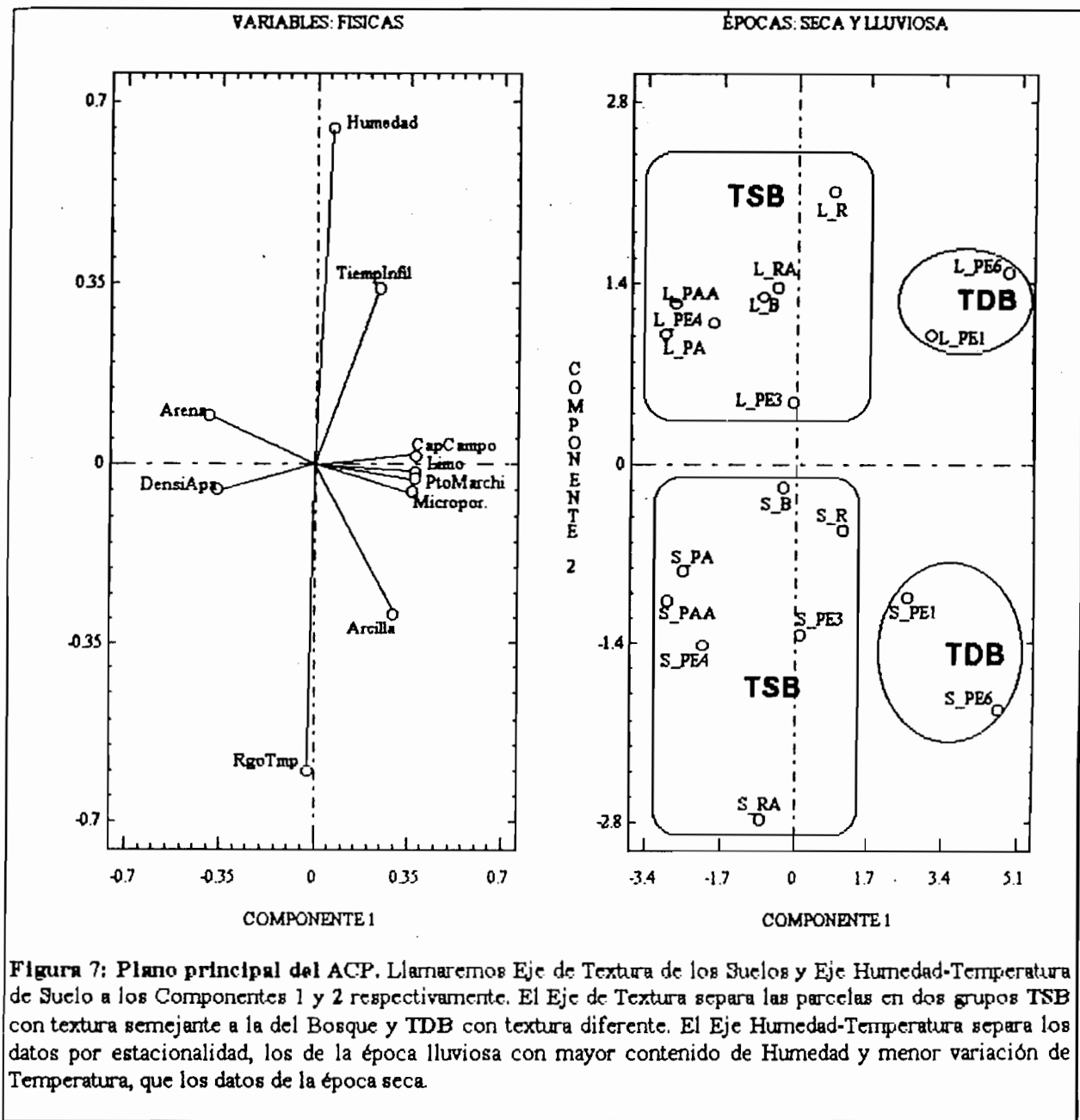


Figura 7: Plano principal del ACP. Llamaremos Eje de Textura de los Suelos y Eje Humedad-Temperatura de Suelo a los Componentes 1 y 2 respectivamente. El Eje de Textura separa las parcelas en dos grupos TSB con textura semejante a la del Bosque y TDB con textura diferente. El Eje Humedad-Temperatura separa los datos por estacionalidad, los de la época lluviosa con mayor contenido de Humedad y menor variación de Temperatura, que los datos de la época seca.

Por otra parte, vemos que el ordenamiento de las parcelas según el Eje de Textura de Suelos no varía con la estacionalidad, pero sí lo hace según el Eje Humedad-Temperatura de Suelos, por lo que se torna necesario considerar cada época en forma aislada.

	Humedad	TiempInf	TmpMax	RgoTmp	Arena	Arcilla	Limo	PtoMarchi	CapCampo	DensiApa
Humedad	1,00									
TiempInf	-0,06	1,00								
TmpMax	-0,78	0,07	1,00							
RgoTmp	-0,64	-0,07	0,96	1,00						
Arena	0,03	-0,99	-0,03	0,10	1,00					
Arcilla	0,17	0,73	-0,08	-0,19	-0,69	1,00				
Limo	-0,07	0,97	0,06	-0,07	-0,99	0,57	1,00			
PtoMarchi	0,02	0,87	0,01	-0,13	-0,87	0,85	0,80	1,00		
CapCampo	-0,05	0,95	0,02	-0,14	-0,96	0,58	0,97	0,79	1,00	
DensiApa	-0,06	-0,86	0,16	0,31	0,85	-0,80	-0,79	-0,85	-0,82	1,00
Micropor	-0,02	0,88	0,12	-0,03	-0,90	0,67	0,87	0,84	0,90	-0,67

Tabla 5: Correlación entre Variables. Época seca. Las variables que se presentan altamente correlacionadas ($\geq 90\%$) son: Tiempo de Infiltración del Agua con Arena (en sentido opuesto -e.s.o.-), Limo y Capacidad de Campo; Temperatura Máxima con Rango de variación de la Temperatura; Arena y Limo (e.s.o.) y Microporosidad con Capacidad de Campo.

En la época seca, el ACP nos devuelve una proyección también satisfactoria de los datos, ya que el 85,74% de la variación de los datos está explicada en el plano principal. En la Tabla 5 se presenta las correlaciones entre las variables. Se presenta además una alta correlación de todas las variables con uno de los dos primeros componentes, como también altos coeficientes de determinación lo que indica una buena representación de los datos en el plano principal. (Tabla 6).

Correlación Variable-Componente			Coeficiente de Determinación		
COMP. 1	COMP. 2		COMP. 1	COMP. 2	ACUMULADO
0,91	-0,11	Micropor.	0,83	0,01	0,84
-0,98	0,08	Arena	0,97	0,01	0,97
0,79	0,20	Arcilla	0,63	0,04	0,67
0,94	-0,13	Limo	0,89	0,02	0,91
-0,90	-0,15	DensiApa	0,81	0,02	0,83
0,98	-0,10	TiempInf	0,96	0,01	0,98
0,02	0,90	Humedad	0,00	0,81	0,81
0,93	0,03	PtoMarchi	0,86	0,00	0,86
0,95	-0,08	CapCampo	0,90	0,01	0,90
0,00	-0,88	RgoTmp	0,00	0,78	0,78

Tabla 6: Correlación y Coeficientes de Determinación del ACP. Época seca. El plano principal explica el 85,72% de la variación de los datos (68,67%+17,05%). Excepto la variable Arcilla, todas las demás están muy bien explicadas en el plano principal.

La conformación de los componentes es la siguiente: Componente 1 está correlacionado en forma negativa con las variables Arena y Densidad Aparente y en forma positiva con el

Tiempo de Infiltración, Capacidad de Campo, Limo, Punto de Marchitez P., Microporosidad y Arcilla. Esta conformación nuevamente nos señala un Eje de Textura de Suelos.

El Componente 2 por su parte, mantiene la misma conformación que en el análisis anterior, es decir, nuevamente tenemos un Eje Humedad-Temperatura de los Suelos. (Fig. 8)

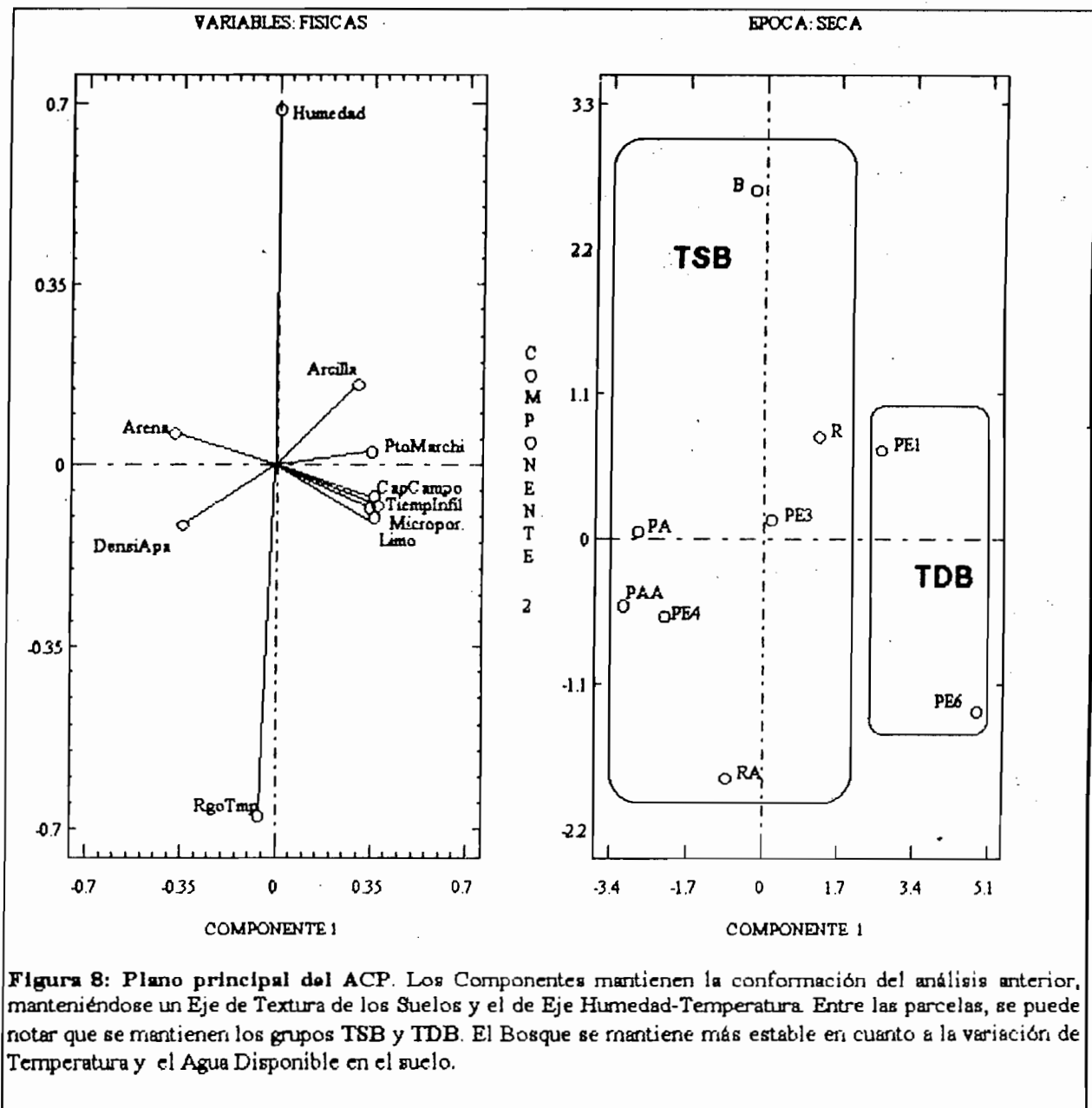


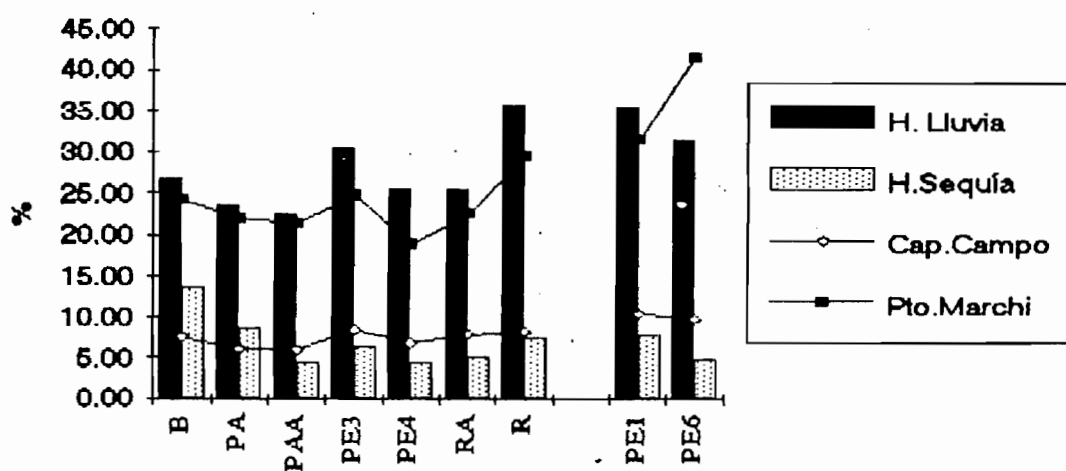
Figura 8: Plano principal del ACP. Los Componentes mantienen la conformación del análisis anterior, manteniéndose un Eje de Textura de los Suelos y el de Eje Humedad-Temperatura. Entre las parcelas, se puede notar que se mantienen los grupos TSB y TDB. El Bosque se mantiene más estable en cuanto a la variación de Temperatura y el Agua Disponible en el suelo.

Si tratáramos de mantener la hipótesis de los dos ecosistemas boscosos originales, vemos que en el grupo TSB, el Bosque se separa del resto de las parcelas según el Eje 2, hacia una posición que indica un contenido mayor de Humedad y menor Rango de Temperatura, que nos habla de una estabilidad en cuanto a la Temperatura del Suelo y a su contenido de humedad,

con un valor por encima de su Punto de Marchitez Permanente. (Fig.9). El PE1 y el PE6 se separan según el Eje de Humedad-Temperatura, donde el PE6 posee menor Humedad y mayor Rango de Temperatura del suelo que el PE1. Si consideráramos que estas parcelas provienen de un mismo ecosistema, el manejo y/o la antigüedad de la pastura estarán marcando la diferencia.

Si mantenemos el supuesto anterior de que las parcelas dentro cada grupo TSB y TDB provienen de ecosistemas boscosos muy similares, la variación en la Temperatura y en la Humedad del suelo serían las consecuencias más notables en el suelo, provocadas por la deforestación e implementación de pasturas, al menos en las propiedades físicas en la época seca.

Humedad de Suelo y Agua Disponible



Parcelas	Humedad Lluvia	Humedad Sequía	PtoMarchi	CapCampo
B	26,90% ± 2,34	13,71% ± 1,70	07,60 % ± 2E-4	24,28 % ± 2E-3
R	35,55% ± 3,68	7,45% ± 0,76	08,25 % ± 8E-4	29,43 % ± 4E-3
RA	25,32% ± 1,98	5,02% ± 1,30	07,86 % ± 2E-3	22,48 % ± 3E-3
PA	23,56% ± 2,11	8,65% ± 1,31	06,20 % ± 1E-3	22,02 % ± 7E-3
PAA	22,43% ± 2,00	4,42% ± 1,13	05,98 % ± 1E-3	21,41 % ± 2E-3
PE1	35,44% ± 4,57	7,84% ± 1,87	10,43 % ± 1E-3	31,40 % ± 9E-4
PE3	30,45% ± 4,47	6,40% ± 1,29	08,46 % ± 7E-4	24,80 % ± 3E-3
PE4	25,51% ± 5,97	4,42% ± 1,55	06,90 % ± 7E-4	18,79 % ± 9E-4
PE6	31,33% ± 3,51	4,77% ± 0,77	09,67 % ± 2E-3	41,38 % ± 3E-3

Figura 9: Relación entre la Humedad del Suelo y el Agua Disponible. Obsérvese la capacidad de Retención del Agua de los suelos de cada parcela versus su Punto de Marchitez.

Considerando solo los datos de la época lluviosa (Tablas 7, 8 y Fig.10) vemos que la estructura de correlación entre las variables es casi la misma que en los casos anteriores, excepto que el Tiempo de Infiltración del Agua no está en esta época, fuertemente correlacionada con ninguna otra variable, como sucedió en el análisis de los datos de ambas épocas.

	Humedad	TiempInf	TmpMax	RgoTmp	Arena	Arcilla	Limo	PtoMarchi	CapCampo	DensiApa
Humedad	1,00									
TiempInf	0,33	1,00								
TmpMax	0,13	0,38	1,00							
RgoTmp	0,00	0,30	0,97	1,00						
Arena	-0,85	-0,68	-0,20	-0,09	1,00					
Arcilla	0,60	0,62	0,45	0,38	-0,77	1,00				
Limo	0,84	0,63	0,08	-0,03	-0,97	0,59	1,00			
PtoMarchi	0,85	0,59	0,34	0,25	-0,93	0,89	0,83	1,00		
CapCampo	0,69	0,65	0,10	0,01	-0,94	0,63	0,95	0,79	1,00	
DensiApa	-0,81	-0,60	0,02	0,14	0,91	-0,72	-0,88	-0,85	-0,82	1,00
Micropor	0,61	0,58	0,29	0,25	-0,87	0,79	0,80	0,84	0,90	-0,67

Tabla 7: Correlación entre Variables. Época lluviosa. Las variables que se presentan altamente correlacionadas ($\geq 90\%$) son: Temperatura Máxima con Rango de variación de la Temperatura; Arena con Densidad Aparente; Arena con Limo, Pto.Marchitez, Capacidad de Campo (e.s.o.); Limo con Capacidad de Campo y Microporosidad con Capacidad de Campo.

La conformación del Componente 1 sigue siendo determinada prácticamente por las mismas variables que en la época seca, aunque ahora se suma la variable Humedad asociada al Limo y la Arcilla. El segundo Componente está conformado fundamentalmente por el Rango de Temperatura.

Correlación VariablesComponentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,89	0,16	Micropor.	0,79	0,03	0,81
-0,99	0,08	Arena	0,99	0,01	1,00
0,83	0,36	Arcilla	0,69	0,13	0,82
0,94	-0,24	Limo	0,88	0,06	0,94
-0,91	0,28	DensiApa	0,82	0,08	0,90
0,70	0,31	TiempInf	0,50	0,10	0,59
0,83	-0,25	Humedad	0,69	0,06	0,75
0,95	0,10	PtoMarchi	0,91	0,01	0,92
0,92	-0,14	CapCampo	0,85	0,02	0,87
0,00	0,93	RgoTmp	0,00	0,87	0,87

Tabla 8: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Época lluviosa. El plano principal explica el 84,92% de la variación de los datos (71,41%+13,51%). A diferencia de los análisis anteriores, la Humedad está altamente correlacionada con el Componente 1.

La parcela R se aleja más que B del resto del grupo, debido a que posee mayor Humedad, sobrepasando su Capacidad de Campo. Todas las parcelas se encuentran saturadas de agua, con valores mayores a su Capacidad de Campo, salvo la de Pasto Estrella de 6 años (PE6). (Fig 9).

Llamaremos Eje de Textura al componente 1 y Eje de Temperatura al Componente 2. Nuevamente en este caso se puede mantener la agrupación TSB y TDB.

El Eje de Temperatura separa las parcelas B y R del resto, debido, como lo hemos explicado anteriormente, a la relativa estabilidad del Bosque (y del Rastrojo ahora) en cuanto a la variación de Temperatura del suelo y quizás también al valor máximo de la Temperatura, ya que como hemos visto están muy correlacionadas entre sí.

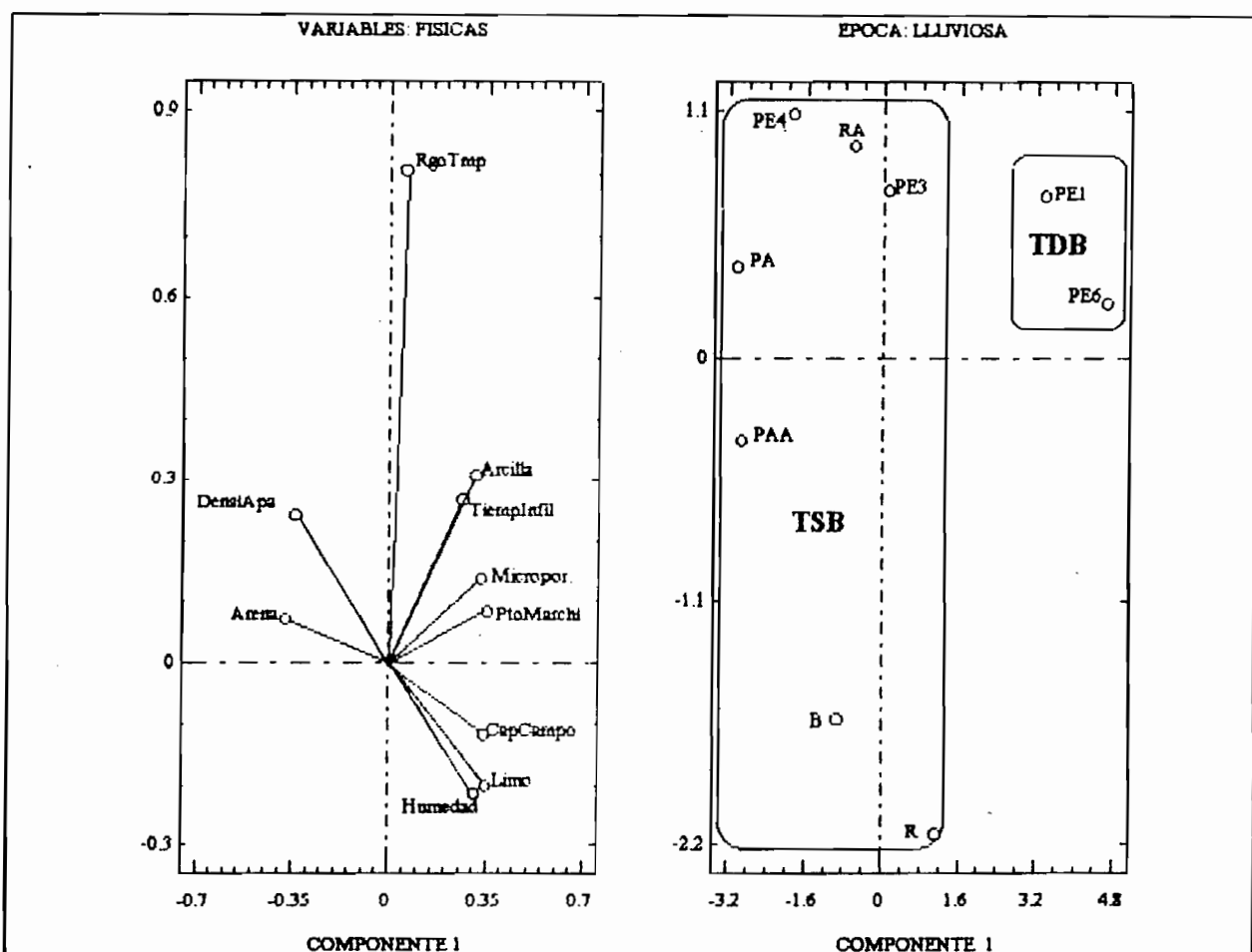


Figura 10: Plano principal del ACP. La conformación de los componentes cambiaron algo en relación a los análisis anteriores obteniéndose un Eje de Textura de los Suelos, influenciada esta vez por la Humedad y un Eje de Temperatura de los Suelos. Entre las parcelas, se puede notar que se mantienen los grupos TSB y TDB. El Bosque y el Rastrojo se mantiene más estable en cuanto a la variación de Temperatura.

Las parcelas B, RA y las de Pasto Argentino (PA y PAA) sobrepasan levemente su Capacidad de Campo entre las más arenosas, mientras las de Pastos Estrellas PE3 y PE4 sobrepasan mucho más. La capacidad de drenaje de las parcelas evidentemente está influyendo en estas diferencias y si consideramos la Capacidad de Campo de estas parcelas como de cierta similitud, las diferencias en la saturación del agua del suelo se explicarían más bien debido a cambios existentes en el drenaje superficial, sobre todo para PE3 y PE4.

En este sentido, dentro del grupo TDB la parcela PE1 sobrepasó su Capacidad de Campo, mientras a la parcela PE6 todavía le falta bastante para alcanzarla. Si seguimos sosteniendo que ambas provienen de similares ecosistemas boscosos originales, esta diferencia habría que explicarla. Una explicación sería que el sistema de drenaje de los sitios se ha modificado, originando la diferencia entre dichas parcelas.

También podríamos pensar que estas parcelas no provienen de un mismo ecosistema boscoso original, sin embargo la diferencia entre la Humedad de los Suelos y su Capacidad de Campo superficial, puede no ser tan fundamental dentro de los grupos como para determinar ecosistemas boscosos distintos.

Por otra parte, observando la distribución de las parcelas dentro del plano principal y en relación al Bosque, vemos que PA, PAA y PE4 tienen mayor Densidad Aparente y Contenido de Arena, en tanto que PE1 y PE6 poseen menos Densidad Aparente y más Contenido de Limo y Arcilla. Además, todas las parcelas, excepto R, están alejadas del Bosque debido a que poseen mayor Rango de Temperatura de Suelo.

Para los casos de PE1 y PE6 los valores menores de la Densidad Aparente en relación al Bosque podremos decir que se deben a que provienen de Ecosistemas Boscosos Originales diferentes con menor contenido de Arena y obviamente menor Densidad Aparente. Sin embargo para las otras parcelas existe una serie de características que podrían ser motivos de tales diferencias.

Las parcelas PA y PAA son las primeras deforestadas y las de uso más antiguo. Las parcelas PE3 y PE4 fueron mecanizadas en la preparación de la siembra. Por estas razones no podemos explicar en que grado el aumento de la Densidad Aparente se debe al manejo utilizado en las parcelas con efectos en la compactación por pisoteo del ganado y/o mecanización o si se debe al aumento en el contenido de Arena, o a ambos.

El aumento en el contenido de Arena podría ser explicado también por cambios en la textura superficial debido a los procesos erosivos hídricos más intensos que se presentarían al modificarse la vegetación natural original. Si tal proceso erosivo laminar se presenta, con el arrastre de las partículas más finas por el agua, se elevarían los porcentajes de Arena de las parcelas y de hecho, las parcelas de Pasto Argentino son las de mayor de contenido de Arena.

Franco y Folster (1978) dicen que si bien el relieve general de Caparo es muy plano con pendientes generales de 1%, a corta distancia existen diferencias de relieve (1-2 m/ 100m) de gran importancia pues controlan el movimiento superficial del agua. Estos mismos autores, afirman:

..." la zona se inunda fundamentalmente por el agua de las lluvias durante la época fuerte de lluvias (Junio-Agosto). El río Caparo influye represando los caños que desembocan en él. El agua de lluvia se mueve fundamentalmente en forma superficial por la reducida permeabilidad de gran parte de los suelos. De los bancos y subbancos se mueve hacia los bajíos y de allí, lentamente hacia los esteros y a través de caños hasta el río".

Habría que ver si el cambio de la vegetación natural original sumado a los usos y manejos posteriores de suelo, alteran las corrientes superficiales de agua de modo que puedan producir erosión laminar.

Si consideramos solamente el Rango de Temperatura de los Suelos de las parcelas vemos que el menor valor corresponde al bosque natural tanto en la época de sequía como en la lluviosa, teniendo todas las demás parcelas valores superiores al del bosque.

A modo de conclusión de los análisis de las propiedades físicas de los suelos de las parcelas podemos decir:

- 1) No es posible diferenciar con certeza las variaciones en las propiedades físicas de los suelos debidas a diferencias en los ecosistemas boscosos originales, de los cambios que se originaron por los usos y manejos distintos a que fueron sometidas las parcelas.
- 2) Los cambios en las temperaturas del suelo de las parcelas no boscosas en relación al bosque así como los mayores contenidos de humedad del suelo del bosque en relación con las parcelas deforestadas parecen ser los efectos más notorios debidos a la transformación del ecosistema original.
- 3) Los suelos del bosque y del rastrojo son los que poseen menor densidad aparente en relación a las demás parcelas de su grupo, no observándose en general diferencias notables en la microporosidad.

- 4) Según las propiedades físicas, podríamos establecer la siguiente agrupación: Bosque, Rastrojo con Agricultura, Pastos Argentinos y Pastos Estrellas de 3 y 4 años, como provenientes de un mismo ecosistema boscoso original; mientras que las parcelas de pasto estrella de 1 año y de 6 años no pertenecerían al grupo anterior, sin que necesariamente provengan del mismo ecosistema boscoso original. La parcela con rastrojo (R) la podemos considerar tanto dentro como fuera del grupo del bosque.
- 5) La marcada estacionalidad de Caparo se refleja en las propiedades físicas de los suelos principalmente en las variables Humedad y Rango de Temperatura del Suelo.
- 6) Debería ser estudiado con detenimiento si se produce erosión laminar desde los bancos hacia los bajos, incrementada por la deforestación.

4.2. Propiedades químicas de los suelos

Bajo esta denominación se incluyeron las siguientes variables:

- Carbono
- Calcio
- Magnesio
- Potasio
- Nitrógeno total (*NitroTotal*)
- pH
- Saturación de Bases (*SaturBases*)
- Capacidad de Intercambio Catiónico (*CapInterCat*)

Las correlaciones entre las variables consideradas para este análisis se incluyen en la Tabla 9, siendo las correlaciones más importantes dadas por el Ca con CapInterCat, NitroTotal, Mg y SaturBases; y la CapInterCat con el Mg y el NitroTotal.

	Carbono	Calcio	Magnesio	NitroTotal	Potasio	pH	CapInterCat
Carbono	1,00						
Calcio	0,49	1,00					
Magnesio	0,51	0,70	1,00				
NitroTotal	0,51	0,71	0,69	1,00			
Potasio	0,47	0,46	0,53	0,77	1,00		
pH	-0,21	0,08	-0,19	0,27	0,25	1,00	
CapInterCat	0,64	0,79	0,88	0,82	0,65	-0,15	1,00
SaturBases	0,30	0,82	0,47	0,39	0,27	0,19	0,38

Tabla 9: Correlación entre Variables de las Propiedades Químicas. Épocas seca y lluviosa. No se ven correlaciones muy altas como en el caso de las variables que conforman las propiedades físicas.

Correlación VariablesComponentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,68	-0,36	Carbono	0,47	0,13	0,60
0,88	0,10	Calcio	0,78	0,01	0,79
0,86	-0,25	Magnesio	0,74	0,06	0,80
0,88	0,22	NitroTotal	0,78	0,05	0,83
0,74	0,22	Potasio	0,55	0,05	0,60
0,05	0,96	pH	0,00	0,92	0,92
0,93	-0,23	CapInterCat	0,86	0,05	0,91
0,63	0,29	SaturBases	0,39	0,09	0,48

Tabla 10: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Épocas seca y lluviosa. El plano principal explica el 74% de la variación de los datos (57%+17%). El Componente 1 está conformado principalmente por las variables Calcio, Magnesio, Nitrógeno Total, Potasio y Capacidad de Intercambio C., mientras el Componente 2 por el pH.

El Análisis de Componentes Principales, con las variables de la época lluviosa y la época seca nos determina dos componentes importantes (Tabla 10 y Fig. 11). El componente 1 correlacionado positivamente con Capacidad de Intercambio Catiónico, Calcio, Magnesio, Nitrógeno total, Potasio, Carbono y Saturación de Bases, mientras el componente 2 se correlaciona positivamente con el pH. Estos dos componentes del plano principal contienen el 70 % de la variación de los datos.

El segundo componente, al que podríamos denominar Eje de pH, estaría indicando la estacionalidad, variando el pH desde los valores más altos para la época de sequía hasta los menos para la época lluviosa. Esta variación del pH de los suelos de las parcelas desde un mínimo de 5,96 a un máximo de 6,56 en la época de sequía y de 5,20 a 5,88 en la época lluviosa no indica mucha variación entre las parcelas, sin embargo las diferencias que existen entre los valores de sequía y de lluvia son marcadas como para agrupar los datos de las parcelas de acuerdo a la estacionalidad, indicando la variación en la distribución de las lluvias y con ello en los valores del pH.

El primer componente expresa de alguna manera la relación con los nutrientes del suelo y lo podríamos denominar Eje de Nutrientes del Suelo. Según este Eje, podríamos agrupar las parcelas en tres grupos: el CNA (Contenido de Nutrientes Alto), el CNM (Contenido de Nutrientes Medio) y el CNB (Contenido de Nutrientes Bajo).

Los grupos CNB y CNM son diferentes según se trate de la época seca o lluviosa, así en la época seca el CNB está constituido por el bosque (B), los pastos argentinos (PA y PAA) y el pasto estrella de 4 años (PE4), y en la lluviosa por el B, PA y PAA. El CNM en la época seca

está constituido por el PE3, RA y R, y en la época lluviosa por el R, PE3 y PE4. El CNA es el mismo tanto en ambas épocas.

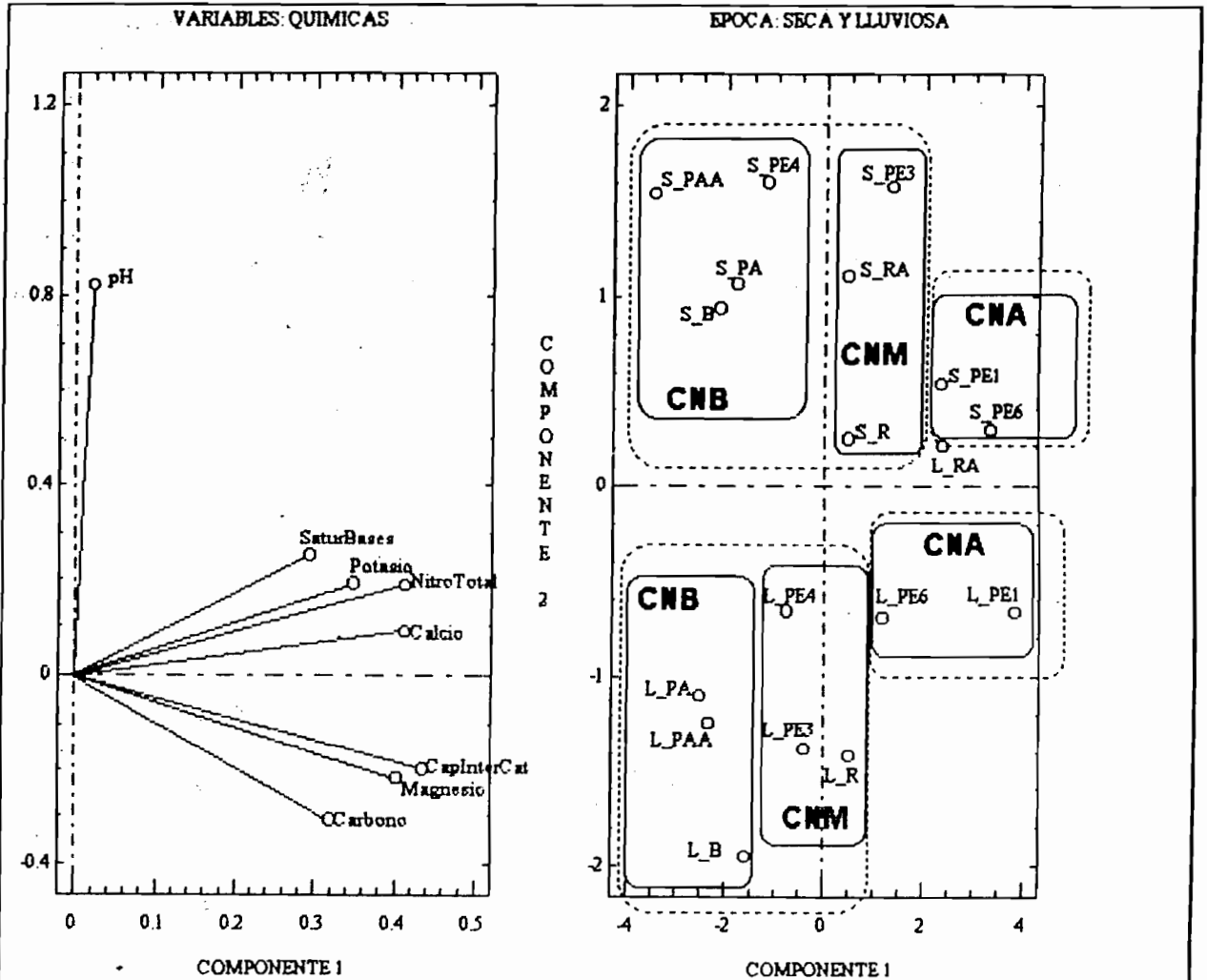


Figura 11: Plano Principal del ACP. Épocas seca y lluviosa: El Componente 1 se denomina Eje de Nutrientes y el Componente 2 Eje de pH. Este Eje separa los datos por estacionalidad.

Las parcelas de pasto estrella de 1 y 6 años (PE1 y PE6) son las de mayores contenidos de nutrientes en el suelo (sobre todo la primera) y según lo que habíamos dicho al considerar las propiedades físicas de los suelos, provenían de ecosistemas boscosos diferentes a la del bosque de banco. Con este análisis, siguiendo con esta misma línea de intersección, podríamos afirmar que estos ecosistemas boscosos originales contribuyeron con mayores contenido de nutrientes en los suelos de estas parcelas.

Los pastos estrellas de diferentes edades al igual que los rastrojos poseen mayores contenido de nutrientes en el suelo en relación al bosque original. Y el bosque (B), el pasto argentino(PA) y el pasto argentino con agricultura(PAA) poseen los menores contenido de nutrientes del suelo, principalmente en cuanto a Nitrógeno, Carbono, Calcio, Magnesio y Potasio.

En la interpretación de las propiedades físicas no podíamos diferenciar los cambios debidos al uso y manejo diferentes de las parcelas, de los que tienen que ver con las condiciones originales de los distintos ecosistemas forestales. Para el caso de las propiedades químicas los resultados son más difíciles de interpretar.

Sin embargo, la separación o agrupación de las parcelas en dos grupos, como las variables de las propiedades físicas nos lo habían indicado, que como habíamos dicho sugerirían ecosistemas boscosos originales diferentes, aun se mantiene, si bien ya en el grupo del bosque hemos diferenciado las parcelas con contenido bajo y medio de nutrientes.

Las diferencias en las historias de uso de las parcelas y en los manejos pueden explicar las variaciones de las propiedades químicas de los suelos. Las parcelas de pasto estrella de 6 años (PE6), de rastrojo con agricultura (RA), de pasto argentino con agricultura (PAA) y de pasto estrella de 4 años (PE4) tienen en común que en algún momento de su historia fueron fertilizados y no sabemos en que grado esta práctica puede estar influyendo en las variaciones que se presentan. La cantidad, la intensidad, el momento, el tipo de fertilizante utilizado, el tiempo de permanencia del ganado en los potreros u otro factor relacionado más que nada con el manejo de cada parcela en particular, son los elementos determinantes que podrían explicar las agrupaciones que se presentan para el caso de las propiedades químicas de los suelos.

Los diferentes manejos y usos a que fueron sometidas las parcelas, los ecosistemas originales diferentes y la estacionalidad estarían influyendo en el agrupamiento que originan las propiedades químicas, las que separan dos grupos dentro del grupo único inicial. Habría nuevamente que preguntarse si esto no implica que se trate de dos ecosistemas boscosos originales en vez de uno solo, si bien no muy diferentes.

Otra explicación estaría dada por la influencia que ejerce el manejo diferente de las distintas parcelas que hace que las variaciones en las propiedades químicas determinen la separación del grupo TSB de las propiedades físicas en dos grupos CNB y CNM. También podría ser que existan variaciones en las propiedades químicas debidas tanto al manejo como a

la existencia de ecosistemas boscosos originales distintos, si bien no se puede precisar el grado de afectación de cada uno de ellos.

A modo de obtener más información de las parcelas en cuanto a las propiedades químicas hemos analizado la época de sequía y de lluvia por separado.

	Carbono	Calcio	Magnesio	NitroTotal	Potasio	pH	CapInterCat
Carbono	1						
Calcio	0,87	1					
Magnesio	0,76	0,76	1				
NitroTotal	0,89	0,93	0,80	1			
Potasio	0,60	0,85	0,75	0,81	1		
pH	-0,26	-0,37	0,03	-0,44	-0,28	1	
CapInterCat	0,85	0,97	0,85	0,96	0,85	-0,38	1
SatBases	0,37	0,38	0,58	0,29	0,54	0,49	0,32

Tabla 11: Correlación entre Variables de las Propiedades Químicas. Época seca. Las variables altamente correlacionadas son el Calcio, el Nitrógeno Total y la Capacidad de Intercambio Catiónico.

En época seca (Tablas 11 y 12 y Fig. 12) el Componente 1 sigue dado por los nutrientes del suelo, con las variables Calcio, Capacidad de Intercambio Catiónico, Potasio, Carbono y Nitrógeno más fuertemente correlacionados entre sí que en el análisis anterior. El segundo componente está dado por el pH y la saturación de bases, correlacionándose ambas variables positivamente con este componente.

Correlación VariablesComponentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,89	-0,04	Carbono	0,79	0,00	0,79
0,96	-0,10	Calcio	0,93	0,01	0,94
0,88	0,30	Magnesio	0,77	0,09	0,86
0,96	-0,18	NitroTotal	0,93	0,03	0,96
0,89	0,07	Potasio	0,78	0,01	0,79
-0,31	0,90	pH	0,09	0,81	0,91
0,98	-0,13	CapInterCat	0,96	0,02	0,98
0,47	0,81	SaturBases	0,22	0,66	0,88

Tabla 12: Correlación y Coeficiente de Determinación del ACP. Época seca. El plano principal explica el 89% de la variación de los datos (69%+20%). El Componente 1 está conformado principalmente por las variables Capacidad de Intercambio C., Calcio, Nitrógeno Total, Magnesio, Potasio y Carbono mientras el Componente 2 por el pH y la Saturación de Bases.

Las parcelas bosque (B), pasto argentino (PA), pasto argentino con agricultura(PAA), rastrojo(R), rastrojo con agricultura(RA) y pasto estrella de 4 años(PE4) hemos intentado

nuevamente. Según el componente 1 podemos agrupar al B, PA, PAA, PE3, PE4 y R dentro de un mismo grupo, y al PE1 y PE6 en otro. Al RA no lo hemos incluido en ninguno de los grupos anteriores.

	Carbono	Calcio	Magnesio	NitroTotal	Potasio	pH	CapInterCat
Carbono	1						
Calcio	0,38	1					
Magnesio	-0,02	0,77	1				
NitroTotal	0,29	0,84	0,94	1			
Potasio	0,62	0,38	0,5	0,64	1		
pH	0,59	0,51	0,12	0,3	0,3	1	
CapInterCat	0,26	0,79	0,91	0,96	0,6	0,34	1
SaturBases	0,41	0,9	0,53	0,61	0,25	0,43	0,47

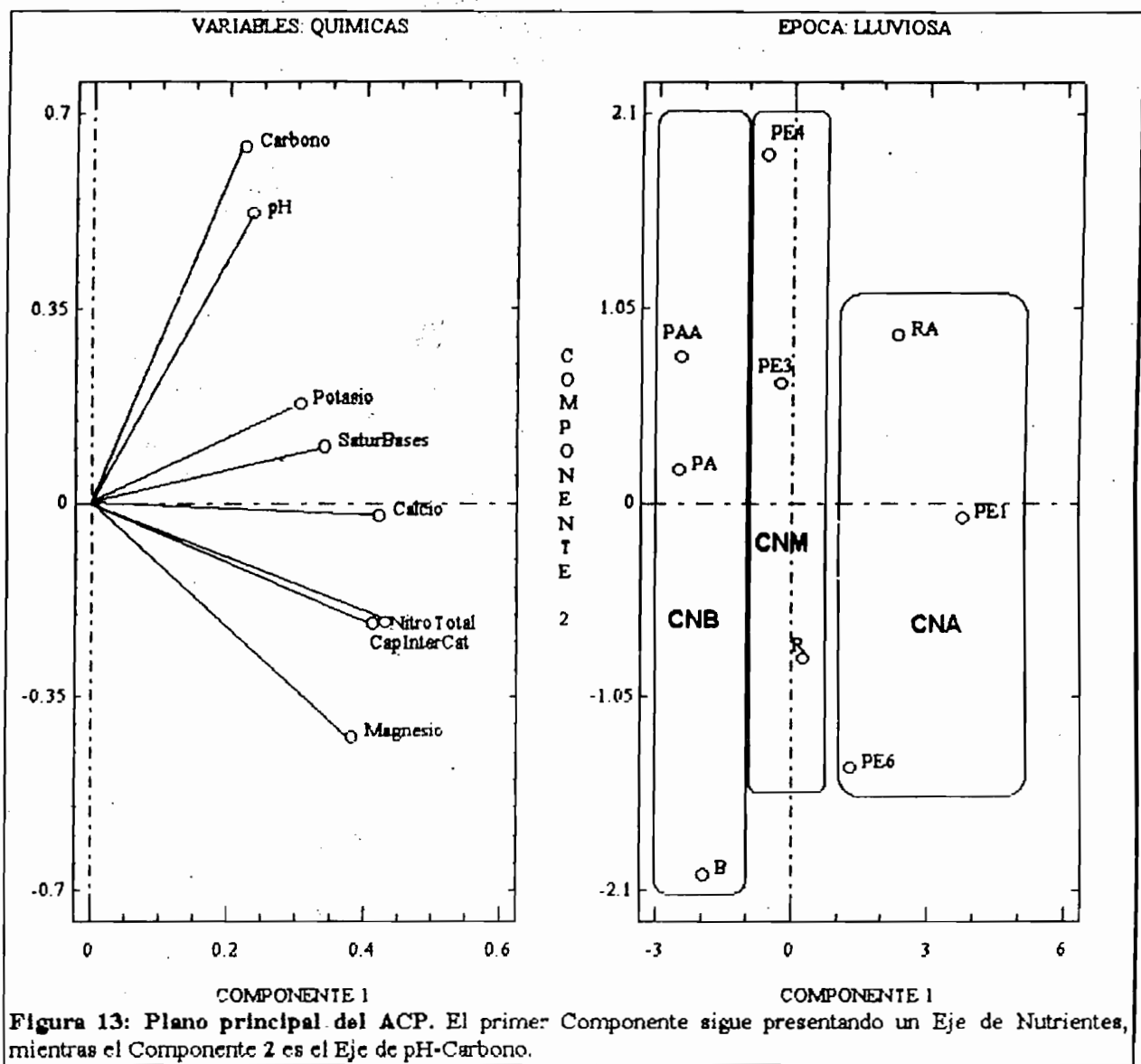
Tabla 13: Correlación entre Variables. Época lluviosa. Las variables altamente correlacionadas son Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio y el Nitrógeno Total.

Según el componente 2, el B, R y PE6 por un extremo y el PE4 por el otro se separan del grupo central P, PAA, PE3, PE1 y RA.

En la época lluviosa el bosque posee el menor contenido de carbono en el suelo entre todas las parcelas, seguido luego por el PE6. Entre las parcelas que supusimos eran de ecosistemas boscosos similares de acuerdo a las propiedades químicas (B, PA, PAA, PE3 y PE4), las parcelas de pasto argentino poseen menor contenido de Mg, Ca, Capacidad de Intercambio Catiónico y N que el bosque.

Correlación VariablesComponentes			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulada
0,49	0,79	Carbono	0,24	0,63	0,87
0,93	-0,03	Calcio	0,86	0,00	0,86
0,84	-0,53	Magnesio	0,71	0,28	0,99
0,95	-0,27	NitroTotal	0,90	0,07	0,97
0,67	0,22	Potasio	0,45	0,05	0,50
0,52	0,65	pH	0,27	0,42	0,69
0,91	-0,27	CapInterCat	0,83	0,07	0,90
0,75	0,13	SaturBases	0,57	0,02	0,59

Tabla 14: Correlación y Coeficiente de Determinación. Época lluviosa. El plano principal explica el 79,46% de la variación de los datos (60,29%+19.16%). El primer Componente está conformado principalmente por las variables Capacidad de Intercambio C., Calcio, Nitrógeno Total, Magnesio, Potasio y Saturación de Bases mientras el segundo Componente por el Carbono, teniendo el pH igual contribución para la formación de ambos Ejes.



En una comparación entre las parcelas de pastos más antiguos (PA y PAA) con las más recientes (PE3 y PE4), las parcelas de pasto argentino poseen menor Capacidad de Intercambio Catiónico y menor C, Ca, Mg, K y N que los pastos estrellas de 3 y 4 años en la época lluviosa, mientras que en la época seca sucede igual, salvo ligeras diferencias en el carbono.

Las parcelas de pasto argentino llegan a poseer menores contenidos de algunos nutrientes que el bosque, principalmente de N, Mg así como menor Capacidad de Intercambio Catiónico.

Esas diferencias podríamos explicarlas por los manejos diferentes, que determinaron una disminución en los nutrientes del suelo en las parcelas de pasto argentino y que se están

produciendo en las parcelas de pasto estrella, ya que los contenidos de nutrientes del suelo son menores en PE4 que en PE3 (salvo el sodio y el carbono en la época lluviosa).

Como conclusión de los análisis de las propiedades químicas podemos decir:

- 1) La estacionalidad muy marcada se refleja en las propiedades químicas de los suelos de las parcelas permitiendo una agrupación de las mismas según la variable pH fundamentalmente.
- 2) La agrupación de las parcelas se dificulta más que con las propiedades físicas, presentándose incluso variaciones entre la época lluviosa y seca que no permiten una interpretación clara.
- 3) La influencia de las historias diferentes de uso y manejo de cada parcela considerada podría ser determinante en la agrupación de las mismas según las propiedades químicas de los suelos.
- 4) Podríamos suponer que el reemplazo del ecosistema boscoso original con los pastos implementados significó un incremento de los nutrientes del suelo. Sin embargo a medida que transcurre el tiempo parecería verificarse una aproximación a los valores del bosque original, pudiendo incluso llegar a ser menores, debido quizá a las prácticas de manejo asociadas a cada caso.

No podemos determinar en que medida la agrupación según los nutrientes del suelo de las parcelas se debe a las diferencias en los nutrientes en el suelo debido a ecosistemas boscosos originales distintos o se debe a los usos y manejos distintos, o a ambos.

4.3. Propiedades microbiológicas de los suelos

Las variables que creemos podrían relacionarse mejor con la Biomasa Microbiana de las parcelas las hemos agrupado en este análisis, y son:

- Rango de Temperatura (*RgoTmp*)
- Humedad
- Nitrógeno total (*NitroTotal*)
- Carbono
- Nitrógeno mineral:
 - Nitrato (*NO3*)
 - Amonio (*NH4*)
- Textura:
 - Arena, Arcilla, Limo

Los resultados del ACP nos sugieren analizar 3 componentes que explican casi el 77% de la variación de los datos. (Tablas 15 y 16).

	RgoTmp	BioMicro	Humedad	NitroTotal	Carbono	NH4	NO3	Arena	Limo	Arcilla
RgoTmp	1,00									
BioMicro	-0,18	1,00								
Humedad	-0,65	-0,23	1,00							
NitroTotal	0,26	0,51	-0,22	1,00						
Carbono	-0,13	0,29	0,29	0,51	1,00					
NH4	-0,09	0,63	0,14	0,40	0,35	1,00				
NO3	0,17	0,16	-0,39	0,09	-0,44	-0,03	1,00			
Arena	-0,05	-0,38	-0,02	-0,89	-0,40	-0,26	0,00	1,00		
Limo	-0,02	0,35	0,10	0,82	0,41	0,23	-0,13	-0,97	1,00	
Arcilla	0,24	0,36	-0,23	0,76	0,21	0,27	0,41	-0,71	0,53	1,00
TmpMáx	0,97	-0,12	-0,66	0,38	-0,02	0,02	0,13	-0,16	0,08	0,35

Tabla 15: Correlación entre Variables. Época seca y lluviosa. No existe alta correlación entre la Biomasa Microbiana y las otras variables. Sin embargo podemos ver cierta correlación con el Amonio y el Nitrógeno total.

Analizando el plano principal (Fig. 14) vemos que el primer Componente está correlacionado en forma negativa con la Arena y positiva con el Nitrógeno Total, Limo, Arcilla y Biomasa Microbiana. El segundo Componente está correlacionado positivamente con el Rango de Temperatura y el Nitrato y negativamente con la Humedad. Por esta conformación llamaremos Eje de Textura-N-Biomasa al primero y Eje de Humedad-Temperatura-NO3 al segundo Componente.

Correlación Variable-Componente				Coeficiente de Determinación			
COMP.1	COMP.2	COMP.3		COMP.1	COMP.2	COMP.3	Acumulado
0,10	0,71	0,36	RgoTmp	0,01	0,50	0,13	0,64
0,62	0,00	-0,67	BioMicro	0,39	0,00	0,44	0,83
-0,09	-0,85	0,05	Humedad	0,01	0,72	0,00	0,73
0,96	0,13	0,13	NitroTotal	0,93	0,02	0,02	0,97
0,54	-0,54	0,11	Carbono	0,29	0,29	0,01	0,59
0,52	-0,24	-0,62	NH4	0,27	0,06	0,39	0,72
0,07	0,71	-0,36	NO3	0,00	0,50	0,13	0,63
-0,92	0,04	-0,28	Arena	0,85	0,00	0,08	0,93
0,78	0,36	0,02	Limo	0,61	0,13	0,00	0,74
0,86	-0,17	0,33	Arcilla	0,73	0,03	0,11	0,87

Tabla 16: Correlación y Coeficiente de Determinación. Épocas Seca y Lluviosa. Los tres primeros componentes explican el 76,5% de la variación de los datos. Por la correlación de las variables y componentes, llamaremos Eje de Nitrógeno-Textura-Biomasa al primero y Eje de Humedad-Temperatura-NO3 al segundo y Eje de Biomasa-Amonio al tercer Componente

Según el Componente 2 podemos agrupar las parcelas en dos grupos notorios que coincide con la estacionalidad, correspondiendo mayores valores de Nitrato y Rango de Temperatura y menores contenido de Humedad para la época seca.

El Componente 1 nos permite agrupar las parcelas de Bosque (B), Rastrojo con Agricultura (RA), Pasto Argentino (PA), Pasto Argentino con Agricultura (PAA), Pasto Estrella de 3 años (PE3) y Pasto Estrella de 4 años (PE4) formando el grupo NTSB (Nitrógeno, Textura y Biomasa Microbiana semejante al Bosque), mientras las de Pasto Estrella de 6 años (PE6) y Pasto Estrella de 1 año (PE1) formando el grupo NTDB (Nitrógeno, Textura y Biomasa Microbiana diferente al Bosque). El Rastrojo (R) no ha sido incluido en ninguno de los grupos. Esto de alguna manera guarda relación con lo que ya venimos discutiendo, referente a la existencia de por lo menos dos ecosistemas boscosos originales distintos.

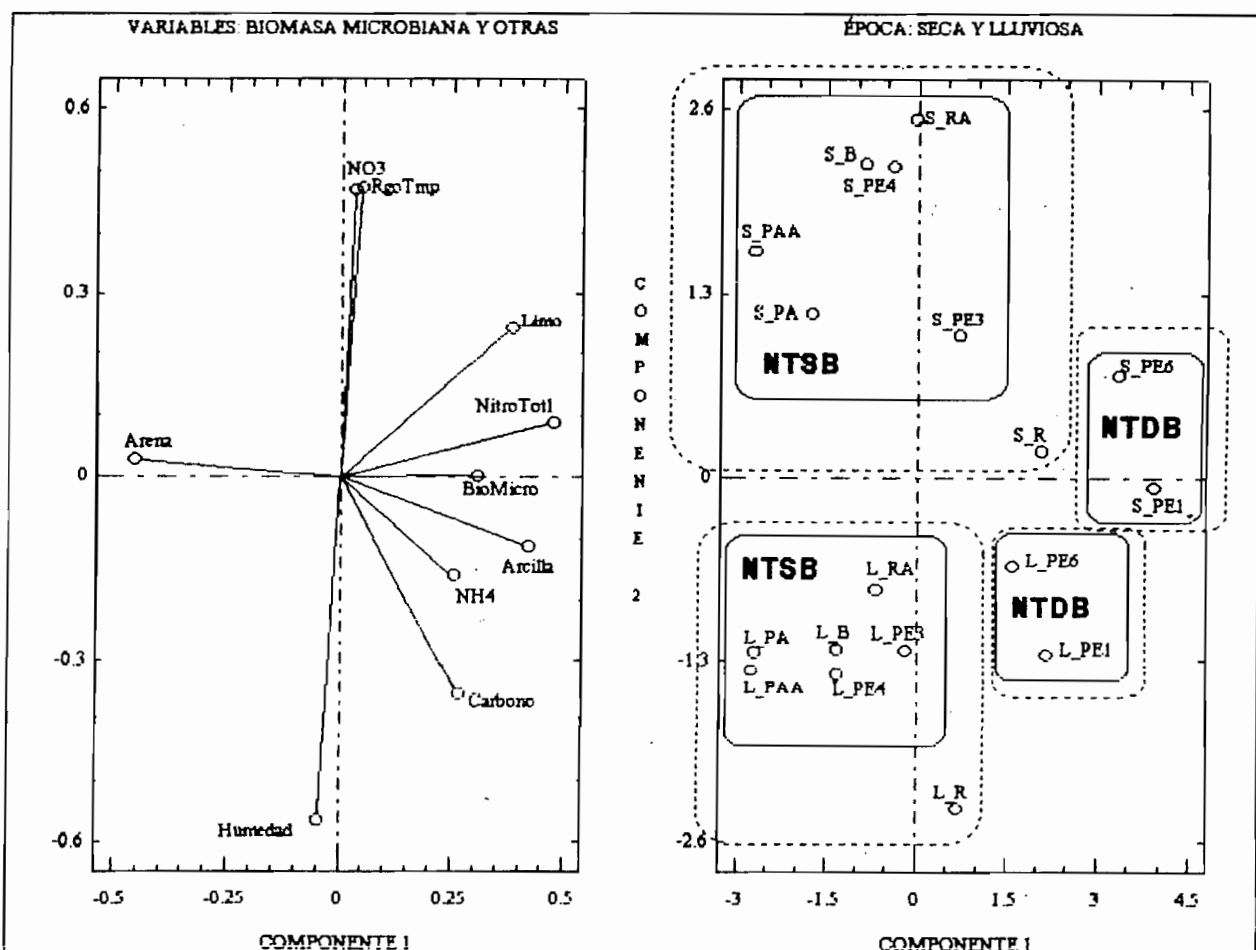
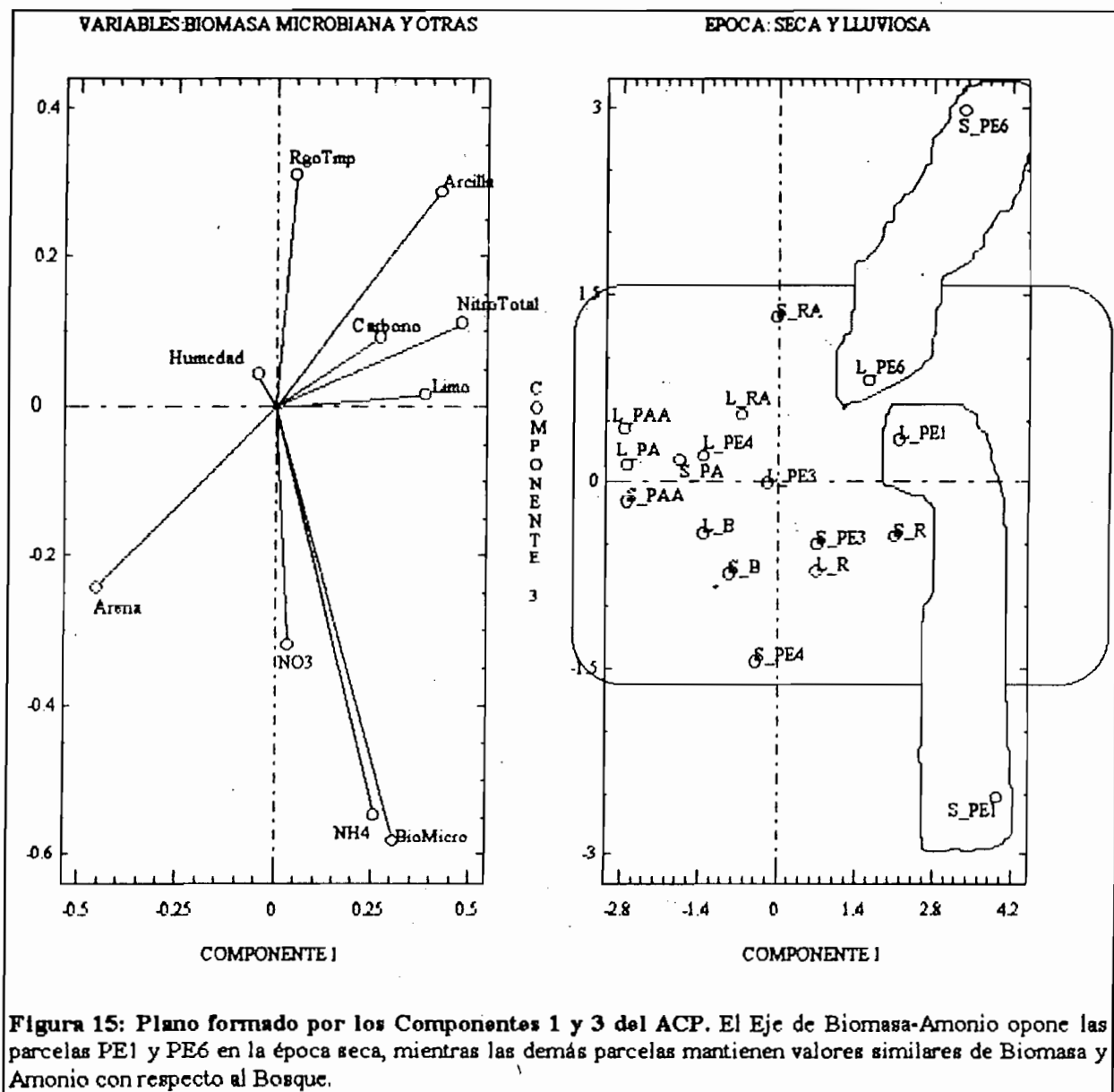


Figura 14: Plano principal del ACP. Según el 1º componente hemos determinado los grupos NTSB (Nitrógeno, Textura y Biomasa Microbiana Semejante al Bosque) y NTDB (Nitrógeno, Textura y Biomasa Microbiana Diferente al Bosque).

Notamos además, que la Biomasa Microbiana del suelo aumenta en sitios con menores contenido de Arena, dentro de la variabilidad textural de los suelos de las parcelas analizadas, que comprende el franco(F), el franco arenoso(Fa) y el franco Limoso (FL).

Considerando los Componentes 1 y 3 (Fig.15) vemos que la Biomasa Microbiana tiene peso en la conformación de ambos componentes y es en este plano, donde se ve más claramente la influencia de esta variable en el comportamiento de las parcelas. En este sentido, el componente 3 opone las parcelas PE1 y PE6 en la época seca, siendo los mayores valores de Biomasa Microbiana y Amonio para el PE1. Sin embargo, las demás parcelas en ambas épocas



poseen un comportamiento semejante al Bosque.

	RgoTmp	BioMicro	Humedad	NitroTotal	Carbono	NH4	NO3	Arena	Limo	Arcilla
RgoTmp	1									
BioMicro	-0,48	1								
Humedad	-0,64	0,09	1							
NitroTotal	0,02	0,51	-0,19	1						
Carbono	-0,05	0,69	-0,16	0,89	1					
NH4	-0,17	0,77	-0,13	0,33	0,38	1				
NO3	-0,36	-0,05	0,69	-0,43	-0,48	-0,12	1			
Arena	0,10	-0,35	0,03	-0,94	-0,81	-0,07	0,41	1		
Limo	-0,07	0,30	-0,07	0,91	0,79	0,02	-0,47	-0,99	1	
Arcilla	-0,19	0,43	0,17	0,72	0,56	0,26	0,01	-0,69	0,57	1
TempMáx	0,96	-0,39	-0,79	0,17	0,05	-0,05	-0,54	-0,03	0,06	-0,08

Tabla 17 Correlación entre Variables tomando datos de la época seca. La Biomasa Microbiana se correlaciona positivamente con el Amonio, el Carbono y el Nitrógeno Total.

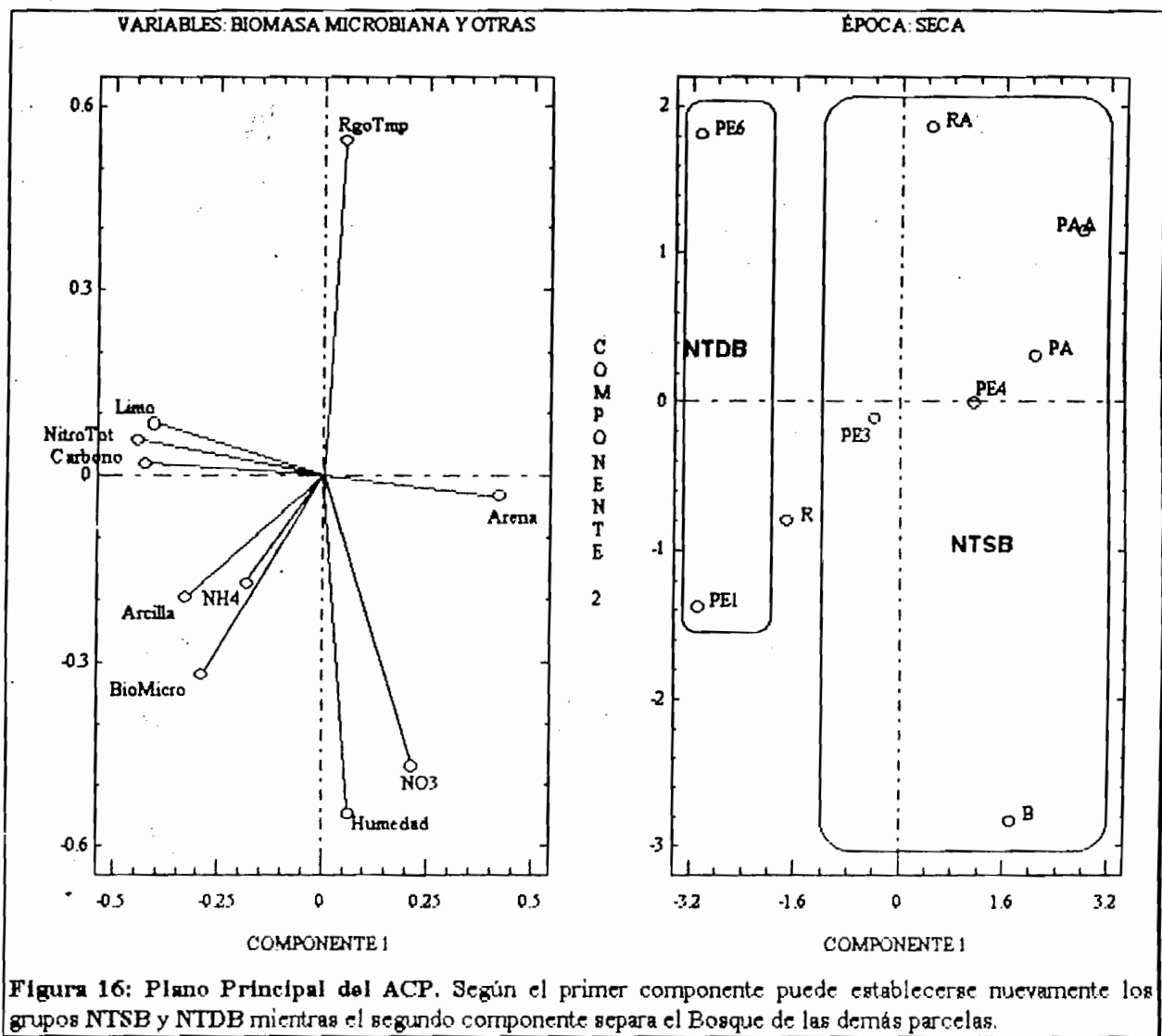
La diferencia existente entre PE1 y PE6 en la época seca podría deberse a la diferencia de manejo y/o antigüedad.

En el análisis realizado considerando los datos de la época seca (Tablas 17 y 18 y Fig. 16), vemos que el componente 1 agrupa las parcelas en forma similar al análisis anterior, mientras que el componente 2 se correlaciona positivamente con el Rango de Temperatura y negativamente con la Humedad y el Nitrato (con esta última, en sentido contrario al análisis anterior).

Correlación Variable-Componente				Coeficiente de Determinación			
COMP.1	COMP.2	COMP.3		COMP.1	COMP.2	COMP.3	Acumulado
0,12	0,83	0,04	RgoTmp	0,01	0,69	0,00	0,70
-0,64	-0,49	0,55	BioMicro	0,40	0,24	0,30	0,94
0,14	-0,84	-0,40	Humedad	0,02	0,70	0,16	0,88
-0,98	0,09	-0,09	NitroTotal	0,95	0,01	0,01	0,97
-0,94	0,03	0,10	Carbono	0,87	0,00	0,01	0,88
-0,40	-0,27	0,82	NH4	0,16	0,07	0,67	0,90
0,47	-0,72	-0,18	NO3	0,22	0,52	0,03	0,77
0,92	-0,05	0,37	Arena	0,85	0,00	0,14	0,99
-0,89	0,13	-0,37	Limo	0,79	0,02	0,14	0,95
0,00	-0,30	-0,21	Arcilla	0,00	0,09	0,04	0,13

Tabla 18: Correlación y Coeficiente de Determinación. Época seca. Los tres primeros componentes explican el 86,5% de la variación de los datos. El componente 1 opone la Arena con el Nitrógeno Total, Carbono y Limo; el segundo componente opone el Rango de Temperatura a la Humedad y el Nitrato y tercer componente asocia el Amonio y la Biomasa Microbiana.

La agrupación de las parcelas según el componente 2 coloca al Bosque en un extremo, debido más que nada a los mayores contenido de Humedad y Nitrato. De hecho, el Bosque posee mayor contenido de Nitrato y menor de Amonio que todas las demás parcelas. Esto también se verifica analizando el componente 3.



Si analizamos los datos de la época lluviosa (Tablas 19,20 y Fig.17) el componente 1 opone la Arena a las variables Nitrógeno Total, Humedad, Limo, Nitrato y Amonio, mientras que el segundo componente está correlacionado positivamente con el Rango de Temperatura y el Carbono y negativamente con la Biomasa Microbiana.

La agrupación según el componente 1 es la misma que en los casos anteriores, sin embargo el componente 2 separa el Bosque y el Rastrojo de las demás parcelas, debido a que poseen menor Rango de Temperatura y mayor Biomasa Microbiana.

	RgoTmp	BioMicro	Humedad	NitroTotal	Carbono	NH4	NO3	Arena	Limo	Arcilla
RgoTmp	1									
BioMicro	-0,69	1								
Humedad	0,00	0,64	1							
NitroTotal	0,26	0,31	0,83	1						
Carbono	0,61	-0,33	0,15	0,29	1					
NH4	0,23	0,41	0,90	0,70	0,32	1				
NO3	0,43	-0,02	0,56	0,89	0,21	0,40	1			
Arena	-0,09	-0,43	-0,85	-0,86	0,09	-0,66	-0,79	1		
Limo	-0,03	0,50	0,84	0,78	-0,20	0,67	0,68	-0,97	1	
Arcilla	0,38	0,10	0,60	0,80	0,23	0,43	0,84	-0,77	0,59	1
TmpMáx	0,97	-0,63	0,13	0,37	0,69	0,31	0,53	-0,2	0,08	0,45

Tabla 19: Correlación entre Variables. Época lluviosa. La Biomasa Microbiana se correlaciona positivamente con la Humedad y en forma negativa con el Rango de T. y la Temperatura Máx.

Es notorio que en la época seca la Biomasa Microbiana se correlaciona levemente con el Rango de Temperatura (-0,48) aumentando la correlación en la época lluviosa (-0,69), si bien el valor del Rango es menor en la época lluviosa que en la seca.

La Biomasa Microbiana en la época de sequía dentro del grupo NTSB es mayor en el Pasto Estrella de 4 años (PE4), seguido por el Pasto Estrella de 3 años (PE3), el Bosque (B), el Pasto Argentino (PA), el Rastrojo con Agricultura (RA) y el Pasto Argentino con Agricultura (PAA). En la época lluviosa sin embargo la Biomasa Microbiana es mayor en el Bosque (B), seguido luego por el PE3, el RA, PE4, PA y PAA (Fig. 18).

Correlación Variable-Componente			Coeficiente de Determinación		
COMP.1	COMP.2		COMP.1	COMP.2	Acumulado
-0,21	0,92	RgoTmp	0,04	0,84	0,88
-0,41	-0,82	BioMicro	0,17	0,68	0,85
-0,92	-0,22	Humedad	0,85	0,05	0,90
-0,95	0,13	NitroTotal	0,91	0,02	0,93
-0,16	0,73	Carbono	0,03	0,53	0,56
-0,79	-0,01	NH4	0,62	0,00	0,62
-0,82	0,34	NO3	0,68	0,12	0,80
0,95	0,14	Arena	0,91	0,02	0,93
-0,90	-0,29	Limo	0,80	0,08	0,88
0,00	0,29	Arcilla	0,00	0,08	0,08

Tabla 20: Correlación y Coeficiente de Determinación. Época lluviosa. Los dos primeros componentes explican el 81% de la variación de los datos (57%+24%). El primer componente opone la Arena al Nitrógeno, la Humedad, el Limo, Nitrato y Amonio; mientras el segundo opone el Rango de T. y el Carbono a la Biomasa Microbiana.

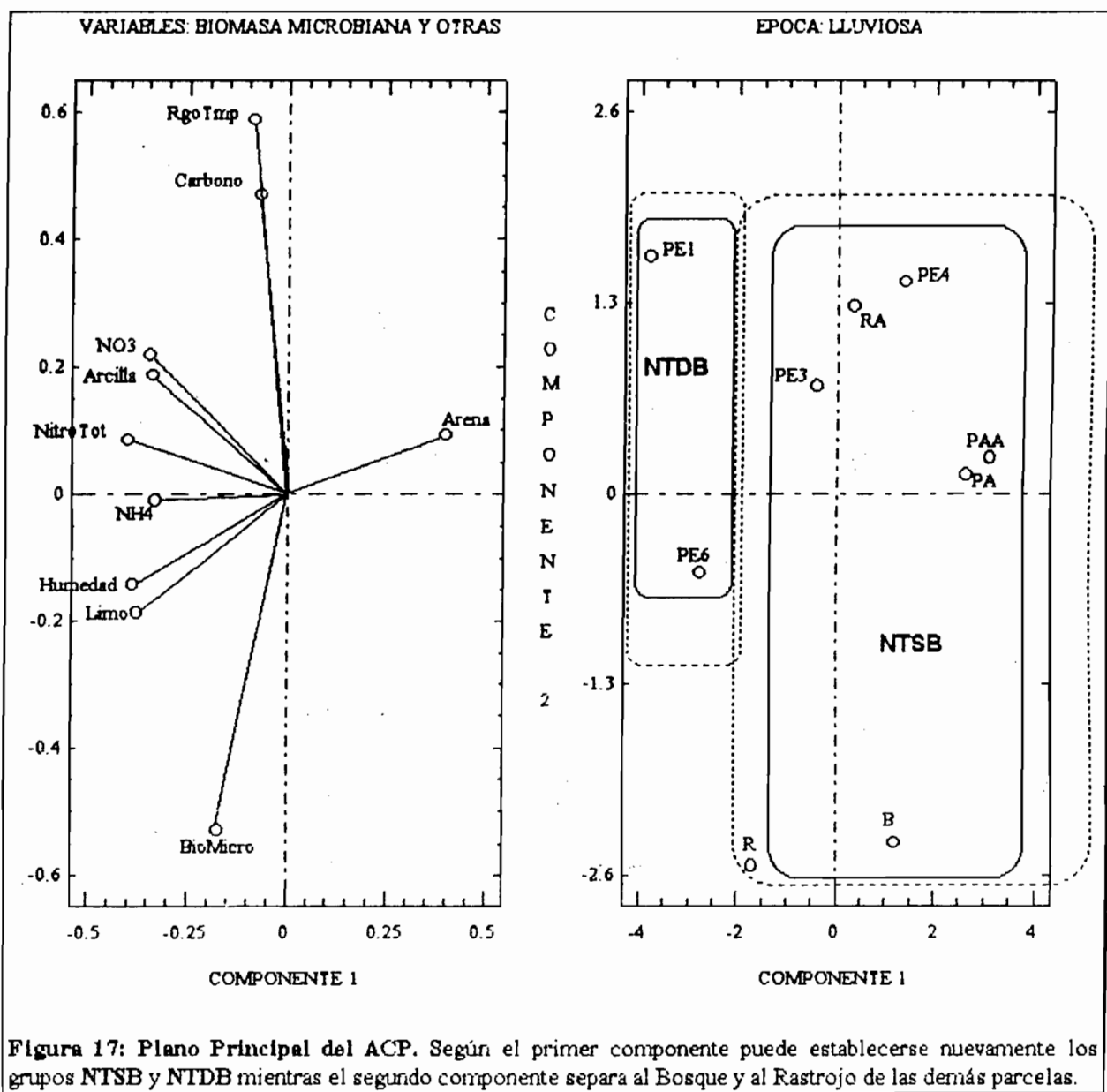


Figura 17: Plano Principal del ACP. Según el primer componente puede establecerse nuevamente los grupos NTDB y NTSB mientras el segundo componente separa al Bosque y al Rastrojo de las demás parcelas.

En una comparación entre parcelas de Pasto Estrella y Pasto Argentino vemos que son éstas últimas las de menor Biomasa Microbiana tanto en la época seca como en la época lluviosa.

En el grupo NTDB, la Biomasa Microbiana es mayor en el PE1 que en el PE6 en la época seca, mientras que en la época lluviosa ocurre lo contrario.

Como conclusión de los análisis de las variables relacionadas con las propiedades microbiológicas podemos decir:

Parcelas		Época Lluviosa	Época Seca
		mg / Kg suelo	
B	Bosque	96,77	54,18
R	Rastrojo	140,21	201,40
RA	R. c/Agric.	34,21	39,27
PA	P.Argentino	20,35	40,52
PAA	P.A. c/Agric.	7,26	27,01
PE1	P.E. 1 año	36,85	266,62
PE3	P.E. 3 años	60,62	107,42
PE4	P.E. 4 años	23,55	109,65
PE6	P.E. 6 años	60,23	42,35

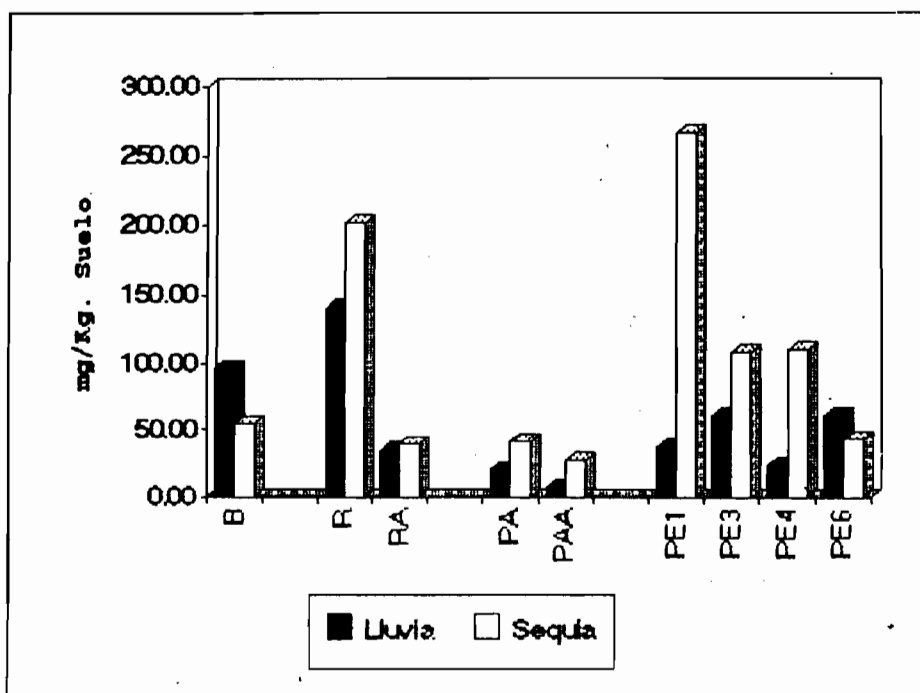


Figura 18: Nitrógeno en la Biomasa Microbiana.

- 1) La agrupación de las parcelas resulta similar a la obtenida según las variables físicas y químicas, con la diferencia que el rastrojo queda excluido del grupo del bosque.
- 2) Las parcelas de pasto argentino son las de menor Biomasa Microbiana dentro del grupo del bosque.
- 3) La Biomasa Microbiana se correlaciona de forma diferente con las variables según se trate de datos recogidos en la época seca o lluviosa. En la época seca, se correlaciona en forma

positiva con el Amonio, mientras que en la época lluviosa se correlaciona negativamente con el Rango de Temperatura y positiva con la Humedad.

- 4) En la época seca, el Bosque posee menor contenido de Amonio y mayor de Nitrato en relación a todas las demás parcelas.
- 5) El Bosque y el Rastrojo poseen la mayor Biomasa Microbiana en la época lluviosa entre todas las parcelas.

4.4. Propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos

Si consideramos las variables físicas, químicas y microbiológicas con los datos de la época seca y lluviosa, en forma conjunta para todas las parcelas, vemos que los resultados pueden ser interpretados de la misma manera en que lo veníamos haciendo hasta ahora (Fig. 19 y 20 y Tabla 21).

El componente 1 está determinado principalmente por la Arena y la Densidad Aparente que se correlaciona en forma positiva con este componente y por el Punto de Marchitez Permanente, la Capacidad de Intercambio Catiónico, el Nitrógeno, el Magnesio, el Limo, la Capacidad de Campo, la Microporosidad, el Calcio, la Arcilla, el Potasio y la Velocidad de Infiltración con los que se correlaciona en forma negativa. A este componente podemos denominarle Eje Textura--Nutrientes del Suelo.

El componente 2 está determinado principalmente por la Humedad con correlación positiva y el pH, Rango de Temperatura y el Nitrato en correlación negativa. A este componente denominaremos Eje Humedad-Temperatura-pH del Suelo.

El componente 3 está determinado principalmente por la Saturación de Bases y el Ca con correlación positiva y la Biomasa Microbiana con correlación negativa. A este componente denominaremos Eje Bases-Biomasa Microbiana.

El componente 4 está determinado principalmente por el Amonio y la Biomasa Microbiana con correlación negativa. A este componente denominaremos Eje Amonio-Biomasa Microbiana.

Los 4 primeros componentes explican el 81,5 % de la variación de los datos. El Nitrato y el Carbono son las dos variables que menos inciden en la conformación de los cuatro componentes anteriores, donde para el caso del Nitrato solo un 39 % de la variación de los

datos está explicado solamente por el Eje Humedad-Temperatura-pH. Evidentemente el Nitrato se comporta de manera diferente al conjunto de las demás variables.

Correlación Variable Componentes					Coeficientes de Determinación				
COMP.1	COMP.2	COMP.3	COMP.4		COMP.1	COMP.2	COMP.3	COMP.4	Acumulado
-0,15	0,91	0,05	-0,07	Humedad	0,02	0,83	0,00	0,01	0,86
-0,40	-0,25	-0,59	-0,56	BioMicro	0,16	0,06	0,35	0,31	0,88
-0,43	-0,02	-0,33	-0,66	Amonio	0,18	0,00	0,11	0,44	0,73
0,06	-0,62	-0,04	-0,06	Nitrato	0,00	0,39	0,00	0,00	0,39
-0,59	0,43	0,43	0,04	TiempInf	0,35	0,19	0,19	0,00	0,73
-0,01	-0,72	0,37	0,22	RgoTmp	0,00	0,52	0,13	0,05	0,70
-0,97	-0,02	-0,12	-0,08	PtoMarchi	0,94	0,00	0,01	0,01	0,96
-0,86	0,10	-0,19	0,39	CapCampo	0,73	0,01	0,04	0,15	0,93
0,86	-0,06	0,28	-0,05	DensiApa	0,74	0,00	0,08	0,00	0,82
-0,86	0,01	-0,09	0,36	Micropor	0,74	0,00	0,01	0,13	0,88
0,94	0,08	0,15	-0,24	Arena	0,89	0,01	0,02	0,06	0,98
-0,75	-0,47	-0,03	0,03	Arcilla	0,56	0,22	0,00	0,00	0,78
-0,89	0,06	-0,17	0,27	Limo	0,80	0,00	0,03	0,08	0,91
0,00	-0,92	0,12	-0,12	pH	0,00	0,85	0,01	0,02	0,88
-0,55	0,28	0,12	-0,39	Carbono	0,30	0,08	0,01	0,15	0,54
-0,91	-0,34	-0,02	-0,06	NitroTotal	0,82	0,11	0,00	0,00	0,93
-0,95	0,15	0,11	0,02	CapInterCat	0,90	0,02	0,01	0,00	0,93
-0,77	0,01	0,54	-0,17	Calcio	0,59	0,00	0,30	0,03	0,92
-0,89	0,24	0,05	-0,12	Magnesio	0,79	0,06	0,00	0,01	0,86
-0,68	-0,36	0,17	0,07	Potasio	0,46	0,13	0,03	0,00	0,62
-0,40	-0,04	0,73	-0,42	SaturBases	0,16	0,00	0,53	0,18	0,87

Tabla 21: Los 4 primeros componentes explican el 81,5% de la varianza de los datos (48,3%+16,6%+8,9%+ 7,8%). El primer componente opone la Arena y Densidad Aparente al Pto. de Marchitez, CIC, Nitrógeno, Magnesio, Limo, Micropor., Capacidad de Campo, Calcio, Arcilla, Potasio, Velocidad de Infiltración y Carbono. El segundo componente opone la Humedad al pH, Rango de Temp, NO₃. El tercer y cuarto componente explican el comportamiento de la Biomasa Microbiana con relación al Amonio, Saturación de Bases y Calcio.

El Eje Humedad-Temperatura-pH agrupa las parcelas según la época seca y la época lluviosa, expresando la estacionalidad muy marcada de Caparo. Esto nos lleva a afirmar que la humedad, la temperatura y el pH del suelo son las variables que mejor reflejan con sus variaciones la estacionalidad para todas las parcelas. El Nitrato conjuntamente con las otras variables determina el componente 2, fuertemente ligado a la estacionalidad, con valores más elevados en la época seca, pareciendo no depender casi nada del Eje Textura-Nutrientes del Suelo.

Según el Eje Textura-Nutrientes podemos agrupar las parcelas en dos grupos: el GSB (Grupo Similar al Bosque) conformado por el B, PAA, PA, R, RA, PE3 y PE4, y el GDB (Grupo Diferente al Bosque) integrado por el PE6 y el PE1.

Dentro del grupo GSB se puede apreciar sin embargo que el B y PE4 se encuentran en una posición casi central, con las parcelas de Pasto Argentino hacia un lado del Eje indicando menores contenido de nutrientes y mayor contenido de arena, en tanto que R, PE3 y RA se encuentran hacia el otro con menor arena y mayor contenidos en nutrientes. No podemos saber en que medida los sistemas de reemplazo del Bosque original determinan esta situación de degradación leve del suelo para el período de 23 años posterior a la deforestación; sobre todo para las parcelas de Pasto Argentino, o si son solo producto de pequeñas variaciones texturales, que inciden en los resultados. Lo mismo podemos decir de la ubicación de PE3 y PE4 en el Eje Textura-Nutrientes.

Hase y Folster (1983) en un estudio en plantaciones de teca en suelos de banco de Caparo, establecen que la textura del suelo es el factor predominante que influencia los contenidos de nutrientes del suelo. Esto guarda mucha relación con nuestros resultados, que también nos dicen que el Eje Textura-Nutrientes del Suelo es el componente principal que aparece en la agrupación de las parcelas.

El Eje 1 está indicando una variación en la textura superficial. En un extremo se encuentra la Arena con la Densidad Aparente, indicando que a mayor porcentaje en Arena corresponde mayor Densidad Aparente, lo cual es perfectamente razonable, y en el otro se encuentran el Limo y otras variables relacionadas con una textura más fina, como la Capacidad de Intercambio Catiónico, el Punto de Marchitez Permanente, la Capacidad de Campo, la Microporosidad y otros nutrientes como el caso del Nitrógeno Total y el Magnesio. De hecho esto último también es de esperarse, ya que por lo general los suelos a medida que aumentan su porcentaje de granos más finos, poseen mayores contenido de nutrientes y se hallan relacionados de manera estrecha con propiedades como Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente y Microporosidad. Hase y Folster (1983) también señalaron que los depósitos de C, N, K, Ca y Mg de los suelos de banco de Caparo están positivamente correlacionados con el contenido de arcilla.

VARIABLES: TODAS

EPOCA: SECA Y LLUVIOSA

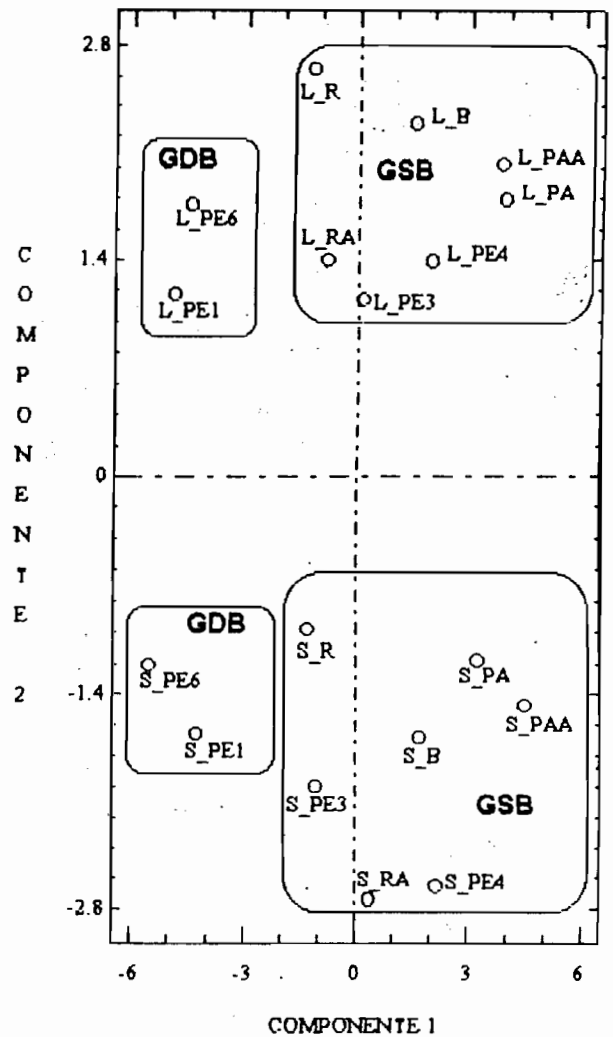
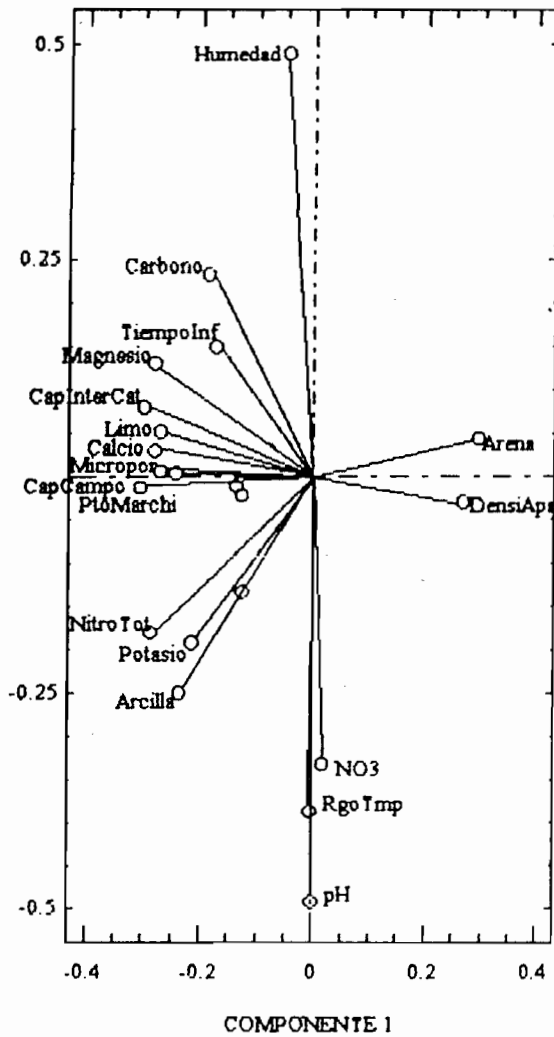


Figura 19: Plano Principal del ACP. El primer componente presenta un Eje de Textura-Nutrientes y el Componente 2 Humedad-Temperatura-pH. Nótese que el Eje 1 separa los grupos GSB (Grupo Semejante al Bosque) y GDB (Grupo Diferente al Bosque) y el Eje 2 divide según la estacionalidad.

Podemos hablar así de dos grupos según el Eje 1 (Textura-Nutrientes), que expresa más que nada las variaciones en la textura asociadas a los nutrientes del suelo. Ya veníamos sugiriendo esta agrupación de las parcelas al analizar las propiedades químicas, físicas y microbiológicas de los suelos en forma separada, si bien con ciertas diferencias. Si aceptamos que estos dos grupos provienen de ecosistemas boscosos originales distintos, el grupo GSB correspondería a uno que posee menor contenido de Arena y mayor Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio y Nitrógeno Total del suelo. El otro grupo correspondería a un ecosistema boscoso con mayor contenido de Arena y menor Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio y Nitrógeno Total del suelo.

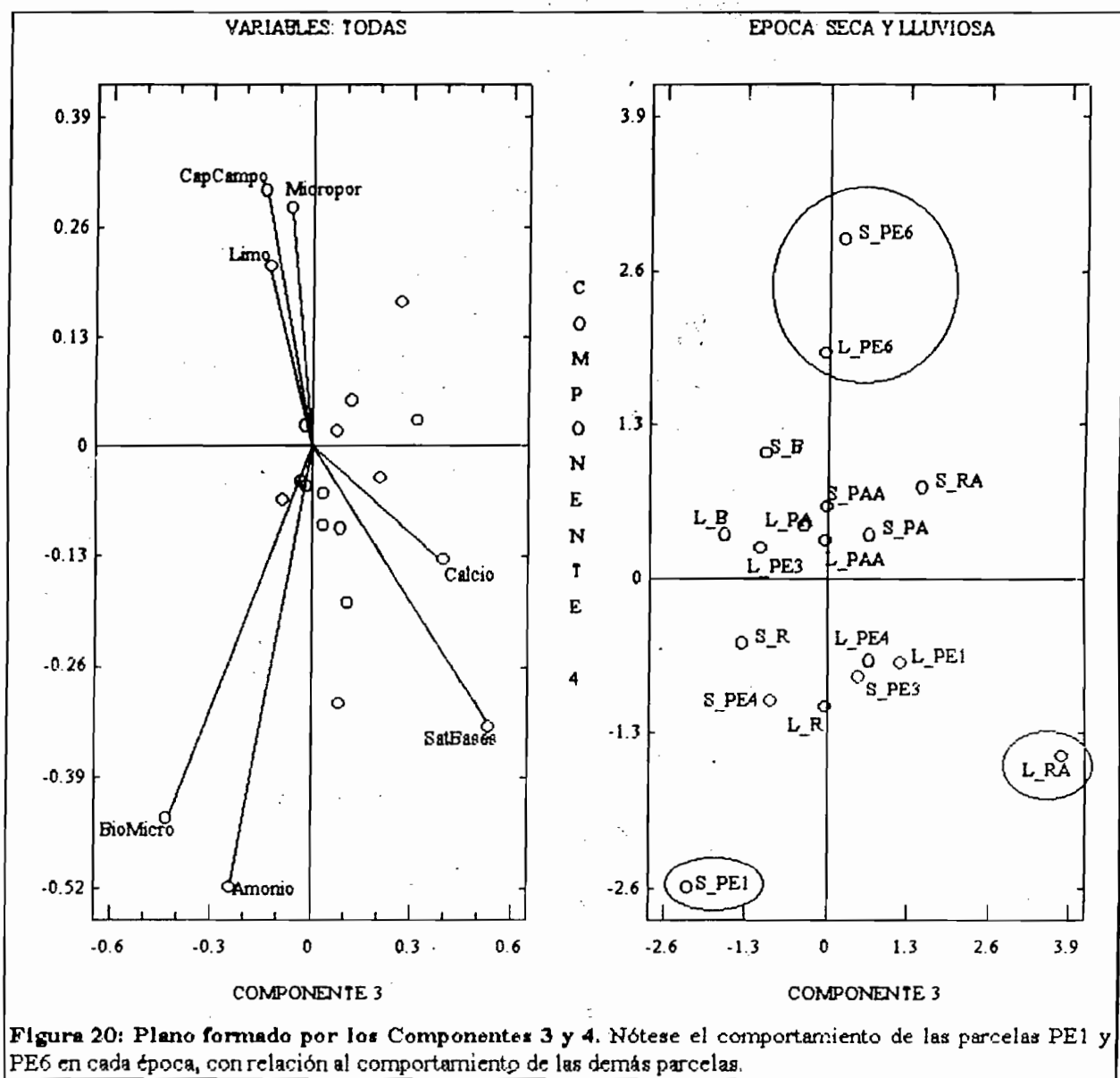


Figura 20: Plano formado por los Componentes 3 y 4. Nótese el comportamiento de las parcelas PE1 y PE6 en cada época, con relación al comportamiento de las demás parcelas.

El Eje 3 Saturación de Bases-Biomasa M. y el Eje 4 Amonio-Biomasa M. (Fig.20) determinan un plano que podemos llamarlo Plano de Biomasa Microbiana, en donde las parcelas ya no se agrupan según la estacionalidad. Se evidencia de todos modos la separación del pasto estrella de 6 años (PE6) del resto, con el pasto estrella de 1 año (PE1) y el rastrojo con agricultura (RA) comportándose de manera muy diferente en la época seca y en la época lluviosa.

En base a todo lo anteriormente discutido suponemos que el PE6 efectivamente proviene de un ecosistema boscoso original diferente al menos del Bosque analizado, que bien podría ser la selva subsiempreverde de banco/subbanco, lo que concuerda con las informaciones

suministradas por los técnicos y trabajadores del campamento ULA-MARNR establecido en Cachicamo, con las características de esta selva obtenidas de otros trabajos realizados en la zona y con la historia de uso a que fue sometida esta parcela, particularmente al cultivo de plátano que se desarrolló durante casi 10 años en esta parcela en un momento de su historia.

La parcela de selva natural original analizada fue referida como una selva subdecidua de banco por Don Medardo Jaimes, lo que concuerda con las características de esta selva suministradas por la literatura. Si aceptamos que B, R, RA, PA, PAA, PE3 y PE4 provienen de un mismo ecosistema original, éste sería la selva subdecidua de banco.

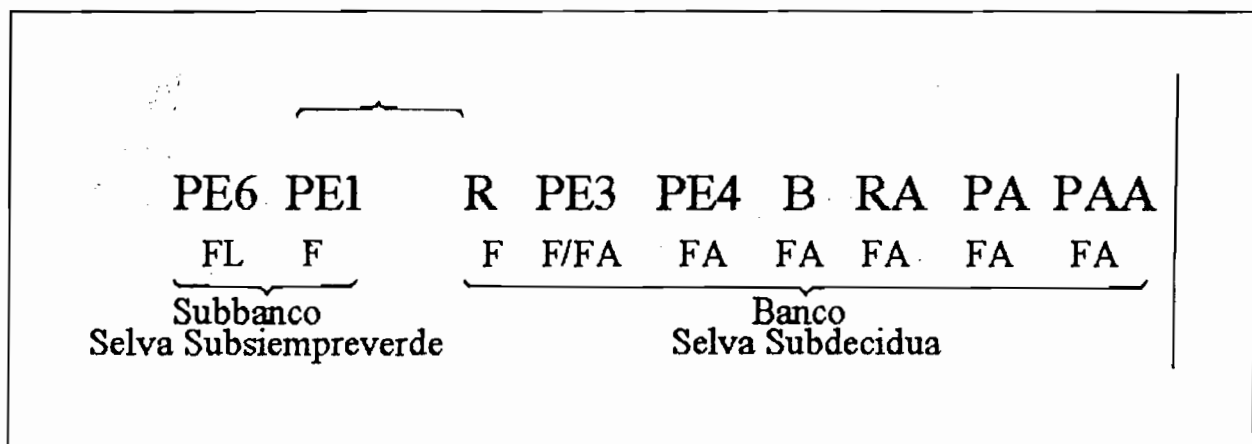
Como en todos los análisis que hemos realizado según las propiedades físicas, químicas y microbiológicas, hemos agrupado al pasto estrella de 1 año (PE1) con el pasto estrella de 6 años (PE6) y en este último también, la selva subsiempreverde de banco/subbanco sería el ecosistema boscoso original. De ser cierta esta suposición, las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo nos relaciona ambas parcelas, separándonos de las demás, sin que se puedan percibir las diferencias que se presentan entre PE6 y PE1 debido a los usos y manejos distintos. No obstante en cada análisis según las propiedades físicas, químicas y microbiológicas se pudo percibir que si bien estas parcelas se separan de las demás, también entre ellas se presentan ciertas diferencias que podemos asociar a la historia diferente de cada una de ellas. Casi todos los resultados indican que PE6 se encuentra bajo condiciones de mayor deterioro de las propiedades del suelo que PE1. No nos olvidemos que PE1 actualmente es un potrero muy enrastrado en que el Pasto Estrella ha desaparecido prácticamente, siendo los últimos 8 años de rastrojo. Indirectamente estamos notando la importancia del rastrojo en el mejoramiento de las propiedades del suelo.

Para el caso del rastrojo (R), en los análisis según las propiedades físicas y químicas lo hemos incluido en el grupo GSB del bosque (B), según las propiedades microbiológicas no lo hemos incluido en ningún grupo y en este último análisis lo hemos incluido nuevamente en el grupo del bosque. Sin embargo casi siempre el rastrojo se encontraba en una posición límite en grupo del bosque (B) y sólo en las propiedades microbiológicas lo hemos apartado. Por todo ello creemos que el rastrojo se encontraría más bien en el nexo entre la selva subdecidua y la subsiempreverde de banco/subbanco.

El análisis de textura evidencia también la diferencia existente entre el grupo GSB, con todas las parcelas pertenecientes a la clase de textura franco-arenoso (salvo el PE3 que se

encuentra en un límite entre franco y franco-arenoso y R que es franco), y el grupo GDB en que la parcela PE1 posee clase de textura franco y la PE6 franco limoso.

A modo de resumen presentamos el siguiente esquema que explicaría la relación existente entre las parcelas analizadas y los ecosistemas boscosos originales.



La interpretación realizada nos sugiere la existencia de dos extremos en los ecosistemas boscosos originales, la selva subsiempreverde de banco/subbanco y la selva subdecidua de banco, agrupándose las parcelas según el esquema anterior.

Vincent(1970) establece que en cuanto al relieve y suelo se refiere, la selva subdecidua es muy semejante a la selva subsiempreverde banco en Caparo.

Inicialmente el tipo de vegetación original no pudo precisarse con certeza pero con la información suministrada por los pobladores (en especial por Medardo Jaimes), junto con la obtenida en este trabajo con los diferentes análisis y la revisión de estudios previos, nos pudimos aproximar hasta la interpretación expuesta.

Toda la interpretación realizada hasta ahora se basa en la hipótesis de que nos encontramos ante ecosistemas boscosos diferentes, que en cierta manera explicaría la formación de los dos grupos que propusimos, con características diferentes en las propiedades de los suelos. Sin embargo para el grupo GSB deberíamos profundizar un poco más el análisis.

Si observamos el grupo GSB vemos que podemos agrupar las parcelas en tres conjuntos, con los Pastos Argentinos en un conjunto, el Bosque sólo, y los pastos estrellas y el rastrojo agrícola en otro. No hemos incluido al Rastrojo dentro de ningún conjunto, aunque podría ser con el Bosque.

Este agrupamiento lo podemos interpretar relacionándolo con los tiempos de uso de las parcelas y con la historia del manejo de las mismas. Principalmente según el Eje de Textura-Nutrientes, las parcelas de Pasto Argentino que son las más antiguas en cuanto al tiempo transcurrido desde la deforestación, son las que se han conservado como potreros desde la implantación del pasto argentino y son las que presentan la mayor Densidad Aparente, con mayores contenidos de Arena y menor Capacidad de Intercambio Catiónico, Magnesio y Nitrógeno Total. Los pastos estrella, que son los más recientemente implantados, presentan menor Densidad Aparente y menor cantidad de Arena, con mayor contenido de Magnesio y Nitrógeno Total en relación con las parcelas de pasto argentino. El bosque se encuentra en una posición intermedia entre ambos estados anteriores.

Lo anteriormente discutido nos lleva a suponer que el tipo de pasto implementado, el tiempo de duración de la pastura y sobre todo el manejo a que fueron sometidas las parcelas podrían estar influyendo en la conformación de las agrupaciones. Si lo generalizamos de modo a abarcar al rastrojo y al rastrojo con agricultura, diremos que la historia del uso y manejo de las distintas parcelas está influyendo también en los resultados obtenidos y podrían ser determinantes en la conformación de las agrupaciones.

Los diferentes usos y manejos que se realizaron posteriormente a la deforestación dificultan la obtención de conclusiones más claras respecto a las consecuencias que se producen en el suelo luego de la deforestación e implantación de pasturas. No es posible diferenciar los cambios que se producen en el suelo como producto de la implementación de pasturas, de los debidos a las variaciones en las propiedades iniciales de los suelos producto de variaciones en la textura superficial principalmente.

El cambio en el uso del suelo es un elemento resaltante. La extracción selectiva de madera es una constante inicial para todas las parcelas analizadas (salvo el bosque natural y el PE6 en que no se dispone de datos), la actividad agrícola posterior a la deforestación también lo es, si bien los productos cultivados ya indican cierta variación (caso del plátano que solamente se desarrolló en PE6).

El paso al uso ganadero con la implantación del Pasto Argentino se dio en algunas parcelas (PA, PAA, PE3, PE4, PE1), de éstas algunas se dejaron enrastrojar hasta implementarse otro tipo de pastura (PE3, PE4 y PE1), otras se vuelven a reutilizar para agricultura (PAA, RA), unas se dejan con Pasto Argentino con rastrojos (PA) y otras se dejan simplemente como rastrojos (R).

Toda esta variación implica cambios de uso que deben influir en los resultados obtenidos y si a estos cambios de uso los relacionamos con las labores culturales del suelo (mecanización, desmalezamiento, limpieza de los rastrojos, fertilización, etc.) así como con el manejo del ganado (carga animal, tiempo de pastoreo y de descanso, rotación de potreros, etc.) de hecho significan importantes diferencias entre las parcelas que contribuyen a obscurecer las consecuencias producidas por la deforestación y la implementación de pasturas. La heterogeneidad en los ecosistemas boscosos originales y en los usos y manejos posteriores a la deforestación son sin embargo características que deben ser tenidas en consideración.

Entre las conclusiones del análisis considerando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo conjuntamente, podemos decir a modo de resumen:

- 1) La estacionalidad de la zona de trabajo, manifestada claramente en todas las parcelas, principalmente a través de la Humedad, Rango de Temperatura, pH y Nitrato del suelo.
- 2) La presencia de dos ecosistemas boscosos originales distintos se evidencia también, siendo uno la selva subsiempreverde de banco/subbanco y el otro la selva subdecidua de banco. Para algunas parcelas agrupadas en torno a la selva subdecidua de banco pueden presentarse ciertas variaciones que las relacionen también con la selva subsiempreverde de banco/subbanco, a modo de transición entre los dos ecosistemas boscosos citados.
- 3) No podemos interpretar claramente los cambios en las propiedades de los suelos de las parcelas, ya sea porque las parcelas provienen de ecosistemas boscosos originales distintos o porque poseen historias de uso y manejo diferentes, o por ambos motivos.
- 4) El bosque natural se encuentra en una posición intermedia entre los pastos argentinos y los pastos estrellas en cuanto a las condiciones de las propiedades del suelo analizadas, asumiendo que la selva decidua de banco es el ecosistema común que los nuclea. Este hecho nos podría indicar una leve degradación de las propiedades del suelo, influenciada por el tiempo y la historia de uso y manejo de las parcelas.

4.5. Comparación de los resultados con otros trabajos de investigación

En la Tabla 22 aparecen algunos resultados de trabajos de investigación desarrollados en India (Sing y Srivastava 1991), Brasil (Bonde, Luizao y Rosswall 1992) y Nueva Zelandia (Sparling *et al.* 1994) con respecto al nitrógeno microbiano y al nitrógeno mineral.

BRASIL		COSTA RICA		COSTA RICA	
Localidad:	Amazones Central	Provincia de Guanacaste	Provincia de Heredia		
Precip. (mm)	2100	1539	3962		
Clas. Suelo	Typic Acrorox		Oxic Humitropepis		
Profundidad (cm)	5	10	0-10/15	0-8/10/15	
	Bosque	Bosque	Bosque		
	Trop Iluvioso	Semidecíduo	H. rufa	Trop. Húmed	Ischaemum indicum
pH	3.3	6.6	6.45	3.5	4.6
C org. (%)	5.2	3.5	2.79	3	2
N total (%)		0.17	0.14	0.62	0.59
CTC (meq/100g)		24.9	25.15	26.37	22.67
Ca (meq/100g)		14.75	11.95	0.53	0.87
Mg (meq/100g)		3.54	2.98	0.57	0.4
K (meq/100g)		0.57	0.59	0.2	0.5
N-NH4 (µg/g s.)				2.09	3.64
N-NO3 (µg/g s.)				4.3	1.76
Densidad (g/cm3)				0.655	0.785
Edad (años)		1	22.5		10 - 36
VENEZUELA: Reserva Forestal de Caparo					
Alf. Dystropepis					
Clas. Suelo					
Profundidad (cm)		10			
	Bosque		Pasturas		
Tipo	Semidecíduo	Rastrojo-Porrero H. rufa	Cynodon Plectostachyum		
pH	5.72	5.91	6.13		6.07
C org. (%)	1.66	1.97	2.39		2.27
N total (%)	0.15	0.13	0.17		0.16
CTC (meq/100g)	7.1	6.15	8.98		6.88
Ca (meq/100g)	1.57	1.57	2.23		1.9
Mg (meq/100g)	1.35	1.04	1.68		1.03
K (meq/100g)	0.28	0.29	0.47		0.43
N-NH4 (µg/g s.)	Segua 4.92	Lluvia 10.28	Lluvia 11.93	Segua 9.09	Lluvia 16.67
N-NO3 (µg/g s.)	Segua 3.38	Lluvia 0.14	Lluvia 0.09	Segua 1.31	Lluvia 0.39
Densidad (g/cm3)	1.47	1.67	1.54	1.54	1.55
Edad (años)		15	3		4

Tabla 23: Comparación de los resultados de Caparo con otros trabajos

La comparación con estos valores se dificulta, porque provienen de métodos y tiempos diferentes de muestreo. Para el caso de la India los datos son las medias de tres mediciones realizadas en las estaciones verano(calor), invierno (frío) y lluviosa; en el caso de Brasil son los máximos y mínimos valores obtenidos en un ciclo anual de medición; en el caso de Nueva Zelandia no se especifica cuando se recogieron los datos; en nuestro estudio en Caparo se trata de valores obtenidos en la estación seca y en la lluviosa en un clima tropical de baja altitud.

Lo que sí podemos observar es que los valores del nitrógeno mineral y del nitrógeno microbiano son mayores en el bosque original que en las pasturas para los casos de India y Brasil, mientras que en Venezuela y Nueva Zelandia sucede lo contrario. Obviamente hay una gran variedad entre las zonas de estudio y los tipos y edades de las pasturas, así como también diferentes historias de uso y manejo. No olvidemos que en Caparo, cuando consideramos los actuales pastos estrella de 3 y 4 años existe una historia de aproximadamente 25 años posterior a la deforestación y para el caso del rastrojo-potrero de *H. rufa* son aproximadamente 15 años de edad de los casi 30 años desde que se deforestó. En Nueva Zelandia se trata de pasturas fertilizadas con más de 100 años de uso, en Brasil de una pastura de un año sembrada inmediatamente después de la deforestación y en el caso de la India no se especifica la fecha del comienzo de la sabana derivada del bosque.

Trabajos de investigación llevados a cabo en Brasil (Bonde, Luizao y Rosswall 1992) y Costa Rica (Daubenmire 1972; Bouman *et al.* 1994) que pueden ayudarnos a una mejor apreciación de los efectos de la conversión de bosques a pasturas se muestran en la Tabla 23. Aclaramos que solo se recogieron algunos resultados comunes a estos trabajos que pueden contribuir a una comparación. Para el caso de Caparo se tomaron en cuenta aquellos potreros que creemos provienen del mismo bosque subdeciduo de banco.

El pH se incrementó con las pasturas en Caparo, al igual que en todos los otros trabajos, en tanto el carbono orgánico también aumentó mientras en las pasturas de los otros trabajos disminuyó. Sin embargo debemos considerar que las pasturas de *H. rufa* son más viejas para el caso de Costa Rica y las de *Brachiaria humidicola* en Brasil son muy recientes, y fueron establecidas inmediatamente después de la deforestación sin ningún otro uso que no fuera ése. En Caparo las parcelas presentaron otros usos anteriores al establecimiento de las pasturas, para el caso de los pastos estrella incluso varios años de rastrojos y para el caso del rastrojo-potrero de *H. rufa* no olvidemos que es un rastrojal en que ha desaparecido prácticamente *H. rufa* y al que se le sigue introduciendo el ganado.

INDIA		BRASIL		NUEVA ZELANDIA	
Localidad:	Colinas de Vindhyran	Amazoznas Central		Estación Experimental de Taika	
Precip. (mm):	1035	2100			
Clas. Suelo:	Ullisol	Typic Acrorthox		Typic Dystrochrepts	
Profund. Suelo (cm):	10	5		5	
	Bosque	Sabana derivada	Bosque	Pastura	Bosque
Tipo	Tropic. Seco		Trop. Lluvios.	B. Humidicola	Nothofagus truncata
Textura			Arcilloso	Arcilloso	Lolium perenne-Trifolium repens
Arena (%)	71	65			26
Limo (%)	16	15			34
Arcilla (%)	13	20			39
N Total (%)	0.23	0.11			0.21
N Mineral ($\mu\text{g/g s.}$)	14.2	12.2	máx: 183	máx: 80	14.7
			mín: 29	mín: 13	
N Microb. ($\mu\text{g/g s.}$)					62.8
Edad (años)	65				> 100

		VENEZUELA			
Localidad:		Reserva Forestal de Caparo			
Precip. (mm):		1750			
Clas. Suelo:		Alfíc Dystropepts			
Profund. Suelo (cm):		10			
	Bosque		Pasturas		
Tipo	Subdeciduo	Rastrojo-Potrero	Cynodon plectostachyum		
		H. rubra			
Textura					
Arena (%)		Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	
		55.5	64.7	52.5	62.5
Limo (%)		29.6	27.4	30.4	24.4
Arcilla (%)		14.9	7.9	17.1	13.1
N Total (%)		0.15	0.13	0.17	0.16
N Mineral ($\mu\text{g/g s.}$)		Segua 10.42	Segua 12.02	Segua 17.06	Segua 14.97
		Lluvia 8.3	Lluvia 10.4	Lluvia 18.84	Lluvia 22.78
N Microb. ($\mu\text{g/g s.}$)		Segua 54.18	Segua 40.52	Segua 107.42	Segua 109.65
		Lluvia 96.77	Lluvia 20.35	Lluvia 60.62	Lluvia 23.55
Edad (años)			15	3	4

Tabla 22: Comparación de los resultados obtenidos en diferentes regiones

Otro elemento importante a considerar es que el bosque subdeciduo original de Caparo posee el menor contenido de carbono en el suelo en relación a los otros bosques, incluso del bosque semideciduo de Costa Rica.

El Nitrógeno Total disminuyó en las pasturas *H. rufa* y de *Ischaemum indicum* en Costa Rica al igual que en el rastrojo-potrero de *H. rufa* de Caparo, no así en los pastos estrella.

La capacidad de intercambio catiónico disminuyó en las pasturas de Caparo, salvo en el pasto estrella de 3 años, al igual que en las pasturas de *Ischaemum indicum* de Costa Rica, mientras que en la pastura de *H. rufa* de Costa Rica no se presentan cambios mayores. El calcio se mantiene aproximadamente igual tanto en el rastrojo-potrero de *H. rufa* de Caparo y de Costa Rica, y aumentó en los pastos estrella de Caparo y de *Ischaemum indicum* en Costa Rica. El magnesio disminuyó también en las pasturas de Caparo (salvo el pasto estrella de 3 años) al igual que en los otros casos, en tanto el potasio aumentó en las pasturas para todos los casos.

Para el caso de las pasturas de Caparo, con el transcurso del tiempo se presenta cierta tendencia a la igualación en los contenidos de carbono, nitrógeno total, capacidad de intercambio catiónico, magnesio, calcio y potasio con los del bosque original, mientras en las pasturas de Costa Rica estos valores en general son menores que el bosque original. Habría que ver si con mejores sistemas de manejo de pasturas se presenta esta tendencia, quizá en un período de tiempo mucho mayor, o si por el contrario estos nutrientes del suelo superan a los del bosque o permanecen aproximadamente igual, estabilizándose de alguna manera.

El amonio aumentó en las pasturas en Caparo, al igual que en el caso de *Ischaemum indicum* de Costa Rica, en tanto el nitrato disminuyó para ambos casos. Queda por confirmar si la implementación de pasturas implica un aumento en el amonio y una disminución en el contenido de nitrato del suelo en relación al bosque original.

La densidad aparente tuvo un incremento con las pasturas en Caparo al igual que en la pastura de *Ischaemum indicum* en Costa Rica.

La conversión a pastura de *H. rufa* del bosque semideciduo en Costa Rica significó grandes cambios en la capacidad de infiltración, en una relación de 47:1 entre los tiempos de infiltración de la pastura y el bosque, lo que contribuye fuertemente a la crecida rápida de los arroyos durante las tormentas. Para el caso de Caparo no se presentaron mayores cambios en la capacidad de infiltración entre el bosque subdeciduo y el rastrojo-potrero de *H. rufa*, disminuyendo incluso para el último en la época seca. Para el caso de los pastos estrella la

variabilidad de los datos registrados fue muy notoria en la época seca, con elevadas desviaciones estandar.

La temperatura máxima del suelo en las pasturas de *Ischaemum Indicum* de Costa Rica fue de 87°C en comparación a la del bosque semidecíduo que fue de 59°C, en mediciones de un año. En Caparo, si bien se midieron las temperaturas en la época seca y lluviosa en ciclos diarios, la temperatura máxima del bosque subdecíduo fue de 32,9°C en la época seca en comparación a 41,36°C para el caso del rastrojo-potrero de *H. rufa* y de 42,77 y 44,93°C para los pastos estrellas de 3 y 4 años respectivamente. En la época lluviosa los valores máximos fueron 26,36°C para el bosque y 35,62, 37,63 y 37,30°C para el rastrojo-potrero de *H. rufa*, para el pasto estrella de 3 años y para el pasto estrella de 4 años respectivamente.

Como habíamos dicho anteriormente la variación en la temperatura del suelo es el efecto físico más notable en el cambio de bosque a pastura en Caparo, que coincide con los resultados del trabajo de R. Daubenmire (1972) en Costa Rica.

Buschbacher R.J. *et al.* (1984) en un estudio en Paragominas, Brasil sobre el manejo de pastura y sus efectos ambientales, establecieron que las reservas de nutrientes en el suelo son mayores en las pasturas que en el bosque primario, aunque en todos los casos (excepto calcio) la diferencia es mínima; sin embargo, la conversión de bosque a pastura drásticamente disminuye los depósitos totales del ecosistema para la mayoría de los nutrientes.

Jordan (1987) en un estudio sobre la agricultura migratoria o itinerante en el Amazonas concluye que: "porque los reservorios del suelo quedan relativamente altos, es improbable que sean los responsables de la pronunciada disminución en la productividad de los cultivos. Más bien parece ser la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, especialmente el fósforo, lo que limita la productividad".

Esta última referencia se relaciona con nuestros resultados, ya que los nutrientes del suelo de las parcelas analizadas en comparación al bosque tampoco han disminuido, sino sucede más bien lo contrario, por lo que habría que analizar la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Ohta (1990) en una comparación en Filipinas entre el bosque natural con las pasturas de *Imperata cylindrica*, *Themeda triandra* y *Saccharum spontaneum* establecidas después de varias décadas de deforestación, encuentra que la densidad aparente de los horizontes superiores del suelo fueron menores en el bosque, el porcentaje de poros finos fue mayor en el bosque, en tanto el contenido de humedad fue extremadamente bajo en los suelos de pastura. Las

pasturas de Caparo presentaron también mayor densidad aparente que el bosque y menor contenido de humedad en el suelo, sin embargo la microporosidad varió muy poco.

Ohta también concluye que los suelos de pastura mostraron reducciones marcadas en comparación al bosque en propiedades químicas como pH, Ca, C y N. En Caparo en general sucede lo contrario.

Hase y Folster(1982) establecen que la biomasa aérea total de los bosques deciduos de banco de Caparo resulta comparativamente alta para un bosque tropical.

En la Tabla 24 se presenta una comparación entre las propiedades químicas de estudios realizados en bosques de banco en Caparo. Como vemos se presentan diferencias sobre todo en el C, C.I.C., Ca y N. Por todo esto las variaciones en contenido de nutrientes del suelo son importantes dentro de las zonas de banco, incluso para los mismos bosques. Esto nos lleva a reafirmar nuevamente la heterogeneidad existente en los bosques de banco, que se manifiesta en las propiedades químicas del suelo.

	Parcela PE6	Selva Decidua	Selva Subdecidua	Selva Subsiempreverde y Subdecidua
	(De esta tesis)	(Hase y Folster)	(De esta tesis)	(Vincent 1970)
pH	(CaCl ₂) 5,86	(CaCl ₂) 4,55	(Agua) 5,72	5,64
C	2,24	1,18	1,66	3,04
N	0,22	0,10	0,15	0,17
P	13,65	39,3	17,33	4,32
C.I.C.	10,85	4,81	7,10	13,8
K	0,59	0,22	0,28	0,15
Ca	3,30	2,96	1,57	5,95
Mg	1,94	0,78	1,35	1,31
SaturBases	55,09	82,3	46,49	-
DensiApar.	1,36	1,35	1,47	-

Tabla 24: Propiedades químicas de los suelos de banco de Caparo. Profundidad 0-10 cm

4.6. Breves apreciaciones sobre los usos y manejos de los suelos

Un primer interrogante que teníamos al empezar el trabajo se refería a si podríamos afirmar que el uso ganadero era el que se imponía con el correr del tiempo y cuáles serían las razones que podrían sugerirnos tal hecho.

De las conversaciones mantenidas con los pobladores obtuvimos que la explotación forestal prácticamente no fue dada como alternativa de uso, ya que respondían "si que era lo que se iba a aprovechar si los mejores árboles ya se los han llevado de la zona". De alguna

manera esto guarda relación con la extracción de caoba, cedro, pardillo y saqui-saqui realizada por el MARNR en los inicios de la década del 70 y de comentarios que se referían a que actualmente están extrayendo de zonas más lejanas, más allá del Caño Anarú.

La agricultura surge también como una actividad posible en la región. Pequeños conucos fueron realizados inicialmente, con cultivos de subsistencia como el maíz y la yuca. Sin embargo posteriormente se fueron dando otros cultivos y actualmente entre los más importantes lechosa, yuca, parchita, arroz, sorgo y plátano principalmente.

El desarrollo de determinado cultivo responde más bien a la posibilidad de venta y las facilidades asociadas al mismo. Caso notorio lo constituye la siembra de lechosa desde hace unos dos años aproximadamente, debido entre otras razones al buen precio que se paga por ella, a que vienen a buscar el producto hasta la finca misma y a que existe la posibilidad de obtener créditos para la siembra. La agricultura sigue siendo una actividad importante en la zona, y el impulso de nuevos rubros (caso de la lechosa y parchita), contribuye a que determinadas parcelas vuelvan a ser de uso agrícola.

Sin embargo los pobladores se refieren a la actividad agrícola como más difícil y con mayores problemas que la ganadera. Las parcelas agrícolas poseen muchas exigencias en cuanto al manejo. Entre las características que presenta la actividad agrícola de la zona tenemos la intensidad de los trabajos que se expresa en la preparación del terreno y el cuidado de los cultivos, así como la necesidad de usar muchos productos químicos, principalmente herbicidas, fungicidas y fertilizantes. No creen que pueda desarrollarse la agricultura sin fertilizantes, la producción no puede sostenerse en el tiempo, los rendimientos bajan y se multiplican los problemas en cuanto al ataque de plagas. Para el caso de la lechosa por ejemplo, afirman que la producción se puede sostener como máximo dos años.

Si a todas estas dificultades agregamos las económicas, que son las más difíciles según dijeron, la agricultura se justifica cuando existe la certeza de una ganancia segura. En los casos de cultivos de arroz por ejemplo, expresaron que no pudieron continuar debido a problemas con la falta de máquinas cosechadoras en el momento preciso de la cosecha.

Un propietario de una finca se lamentaba que con la agricultura actualmente no se gana, más bien se pierde. Con las tres comidas que se da al obrero, más los jornales y los fletes, finalmente se termina perdiendo.

En comparación con la agricultura, la actividad ganadera no presenta tantos problemas. El ganado que se utiliza en la zona es más bien de ceba, unos dos años aproximadamente, ya que el de cría destruye mucho los pastos según dijeron.

Las prácticas de manejo ganadero presentan diferencias entre los pobladores, ya que parten de sus propias experiencias y posibilidades. Parece ser que cuando llega una nueva modalidad, podría ser un nuevo pasto, cultivo o producto químico, no tarda mucho tiempo en ser experimentada por los demás. La apertura hacia "lo nuevo" en cierta manera es una característica de esta zona, todo necesita ser experimentado y probado para ver los resultados. Así una nueva modalidad reemplaza a la otra y ésta a otra.

Sin embargo existen ciertas prácticas de manejo, ya recogidas por la experiencia, que son expresadas de manera similar por los pobladores, aunque otras siguen en controversias.

Entre los pastos que se desarrollan en los bancos de la zona tenemos el argentino, estrella, guineón, brachiaria de banco (*Brachiaria decumbens*) y la "dominicola" (*Brachiaria humidicola*).

El pasto argentino prácticamente se ha terminado en la zona, son muy pocas las parcelas que se observan de este pasto, la mayoría de las veces muy enrastrados. Entre las razones por las cuales el pasto argentino se dejó de utilizar, comentan que es debido a que le afectó mucho las lluvias, no lo resiste y se pudre. Se caen fácilmente y el ganado lo pisa y se pudre. Es un pasto que exige mayor cuidado que el pasto estrella y hay que quemarlo para que rebrote.

Otros dicen que el pasto argentino se perdió más bien porque fue atacado por una peste.

El pasto argentino es una gramínea rústica, perenne. Cuando su crecimiento es libre hasta la floración, en esa etapa el ganado no lo puede utilizar por áspero, de ahí que para aprovecharlo eficientemente debe mantenerse bajo (60-70 cm), pues a partir de allí su elevada lignificación reduce su calidad. El contenido proteico puede variar entre 1,3 y 14 % (es un pasto de bajo contenido proteico), de acuerdo al estado vegetativo, siendo el más bajo en su etapa de producción de semillas. Resiste bien la sequía, las elevadas temperaturas y tiene una alta tolerancia al fuego, aun cuando esté cultivado en suelos arenosos.

Se adapta a una gran diversidad de suelos: lateríticos, arcillosos y franco arenosos, prefiriendo los de baja fertilidad, de topografía irregular y accidentada, aunque se desarrolla bien en tierras planas de buen drenaje. Entre las limitaciones para este pasto se menciona que

es insuficientemente agresivo, susceptible a pérdidas de apetecibilidad y altamente exigente en relación a las condiciones del suelo.

El guineón tampoco resiste el agua, se pudre, creen que es un pasto para zonas más secas. Otro problema relacionado con el pasto guineón es que se endurece mucho, una vez que el ganado lo come, lo que sale después es pura caña, por lo que dicen que es un pasto que no sirve.

El guineo es una especie perenne, de gran rusticidad, lo que le permite resistir fuertes períodos de sequía, así como tiene una rápida respuesta a la humedad y a los fertilizantes nitrogenados. Es una planta de raíces densas, profundas y fuertes, lo que le permite extraer humedad a mayor profundidad que otras especies.

Se adapta bien a diferentes tipos de suelos, desde los pesados donde soporta mejor las quemas y los períodos secos, hasta los franco arenosos. Se desarrolla bien en suelos bien drenados. Las limitaciones se refieren a que es altamente exigente en relación a condiciones físicas y químicas del suelo, sus semillas son susceptibles al ataque de hongos, agresividad insuficiente y dificultad de manejo.

A medida que aumenta la maduración del pasto guinea, aumentan los hidratos de carbono y la fibra cruda, así como baja marcadamente el porcentaje de proteína cruda, convirtiéndolo en un pasto de bajo valor forrajero. De hecho sólo posee un 3 a 4 % de proteína, aunque al fertilizar adecuadamente aumenta a 8 o 9 %.

Por lo que podemos ver, tanto el guineo como el argentino son pastos que necesitan suelos de buen drenaje, condiciones que no se presentan adecuadamente en Caparo. La disminución del valor nutritivo a medida que se desarrollan, así como la necesidad de una práctica racional de la quema para mejorar su calidad nutritiva y dotarlos de mayor palatabilidad, ha hecho que otros pastos con menos exigencias en cuanto a estas peculiaridades para la región de Caparo, pasen a constituirse en mejores alternativas, pero de todas formas se siguen buscando otros.

Comentan también que la brachiaria de banco se desarrolla muy bien en los bancos de la zona, sin embargo no se la prefiere porque es muy susceptible al ataque de la "candelilla". La candelilla es una plaga endémica del género *Aeneolamia*, familia *Cercopidae*, que ataca fundamentalmente a la *Brachiaria decumbens*, pangola (*Digitaria decumbens*), elefante (*Pennisetum purpureum*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), guineo (*Panicum maximum*) entre otros pastos.

Brachiaria decumbens es un pasto de extraordinaria resistencia a la sequía. El sistema de raíces es fuerte y abundante lo que le hace una planta resistente a la sequía y al pisoteo. Por su carácter invasor, aún en suelos de baja fertilidad, compite con las malezas dificultándose su invasión. Soporta tanto las intensas sequías como períodos de inundación cortos. La temperatura media ideal de adaptación son los 28°C, permaneciendo verde aun en veranos muy prolongados, cuando los suelos son fértiles o se les ha aplicado fertilizante.

El contenido de proteína oscila entre el 6,1 y 12 % de acuerdo a la fertilidad del suelo o empleo de fertilizantes. Responde bien a los fertilizantes fosforados y de nitrógeno. Domina agresivamente la maleza, sirve para controlar la erosión, es palatable y de mucha degustación por el ganado. Se adapta a suelos de baja fertilidad y de distintos tipos, con rango acidófilo.

De no ser por la candelilla, este pasto como lo habían expresado los pobladores, se comporta excelentemente. La candelilla, sin embargo, se relaciona con un manejo inadecuado de la pastura según Guzmán (1988).

En vista a los comentarios expresados más arriba, el pasto estrella y la *Brachiaria humidicola* son los pastos considerados ahora como los mejores para las zonas de banco.

El pasto estrella es más rústico, se propaga fácilmente y resiste bien la época seca. Prospera bien en suelos francos, arenosos y arcillosos. Tiene uno de los más elevados contenidos de proteína cuando se le cultiva en suelos fértiles y con buena humedad. Responde bien a los fertilizantes y tiene buena resistencia a la candelilla. Sin embargo, es de una palatabilidad más bien baja con relación a otro tipo de pastos.

Por el otro lado *Brachiaria humidicola* es un pasto perenne, se comporta bien en una variada tipología de suelos, desde los arenosos francos, hasta los pesados de mediana fertilidad, soportando con mucha resistencia largos períodos de sequía. Es un pasto preferentemente para ser pastoreado, utilizándolo antes de los 35 días de edad para aprovechar sus máximos contenidos de proteína (6 a 10%). Es una especie que no se consocia con leguminosas por su desarrollo agresivo, superando en crecimiento a *Brachiaria decumbens* y tiene mayor resistencia al ataque de la candelilla. Vegeta mejor en suelos húmedos pero de buen drenaje.

Parece ser que la aceptación del pasto estrella o de *Brachiaria humidicola* depende mucho del tipo de suelo, ya que algunos dicen que no tuvieron buenos resultados con el pasto estrella, en cambio sí con la dominicola. *Brachiaria humidicola* también se da en el bajo y

esto es una ventaja, ya que muy fácilmente los potreros comprenden tanto zonas de banco como de bajo.

Algunos pobladores quieren cambiar el pasto estrella por *brachiaria humidicola*, ya que en el área los resultados son buenos y quieren probarlo. De hecho algunos comentan que los potreros con pasto estrella se ven más destruidos (al inicio de la época de lluvias), como que no resisten tampoco, en comparación con la *brachiaria humidicola*.

Otros sin embargo dicen que los potreros con pastos estrellas son los mejores, hace unos 15 años aproximadamente que se introdujo el pasto estrella en la zona y un potrero con esa antigüedad sigue desarrollándose muy bien, no presentando mayores problemas.

Toledo y Serrao (1990) dicen sin embargo que pastos como *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria humidicola* están más adaptadas a suelos poco fértiles, pero pueden mostrar claros signos de deficiencia de nitrógeno apenas unos pocos meses después de sembrados y esta deficiencia puede subsecuentemente disminuir la competitividad con las malezas y así reducir la vida productiva de la pastura.

El manejo parece desempeñar un papel preponderante para el mantenimiento del pasto estrella. Sobre todo hay que tener mucho cuidado con el sobrepastoreo, que es lo que destruye finalmente el pasto. De ahí que hay que saber cuando introducir el ganado, en qué cantidad y durante cuánto tiempo, variando el manejo según se trate de la época seca o la lluviosa. Aquellos que poseen suficientes tierras para uso ganadero, de modo de poder establecer ciertas pautas de manejo, parecen ser los que no tienen mayores problemas con el pasto estrella, en cambio los que poseen limitaciones en este sentido presentan problemas con estos potreros, debido sobre todo al sobrepastoreo y a la invasión de especies indeseables. El tiempo de descanso del potrero es un aspecto fundamental a tener en cuenta en el manejo.

Otro aspecto relacionado con el manejo se refiere al control de las especies indeseables. Prácticamente todos los pobladores hacen uso de herbicidas para este fin, utilizándose productos altamente peligrosos para el ser humano como el caso del gramoxone (ya prohibido en varios países del mundo), sin mínimas medidas de protección. El hijo de Don Medardo se intoxicó con este producto en este año, durante una pulverización que estaba realizando. Usan además el Tordon (2,4-D ?) y el Tornado 40 (Picloram + 2,4-D). Un buen manejo de los potreros implica por lo general saberlo hacer descansar, uso de rotativas y herbicidas según la experiencia de uno de los pobladores.

Entre las especies de gramíneas que se presentaron también en los potreros, tenemos:

- *Eleusina indica*: buena forrajera. No es considerada como forraje en el país. Se presentó en el PA.

- *Paspalum conjugatum* Bergius: buen pasto de engorde. No tiene valor forrajero en el país. Se presentó en PA y en PEA.

- *Paspalum virgatum* L.: no tiene gran importancia como planta forrajera. Se presentó en el PAA

No obtuvimos referencia de las otras gramíneas: *Axonopus purpusii* (Mez) Chase, *Panicum pilosum* var. *lanceifolium* (Griseb ex Hitch). Pohl, *Panicum aff. trichoides*, *Panicum millegrana* Poir. in Lam, *Leptochloa virgata* (L.) Beauv, *Panicum pilosum* Swartz.

En cuanto a la fertilización de los potreros, el abono más utilizado es la urea. Sin embargo un poblador mencionó que no quiere usar los fertilizantes químicos, ya que una vez que uno comienza a utilizarlos debe seguir siempre con esta práctica, de ahí que prefiere los abonos orgánicos, de estiércol de animales.

Otro punto mencionado por algunos pobladores se refiere al hecho que no poseen suficiente pastos para el ganado, refiriéndose esta afirmación a la época seca y primeros meses de la época lluviosa. El alquiler de potreros para ganado es una práctica observada en la zona.

Respecto al abandono de los potreros, no creen que hasta el momento se pueda decir que un potrero haya sido abandonado porque no produce más. Conocen de varios potreros que siguen produciendo hace años, sin embargo estiman que esto ya es con la ayuda de fertilizantes. Entre las especies indeseables que se presentan en los potreros de banco mencionaron al mucuteno (*Cassia alata*), al coralito (*Hamelia patens*) y la escoba (*Sida* sp.) y entre las que gustan al ganado tenemos al lavaplatos (?), el pega-pega (*Desmodium*), el coralito, el palito negro (*Acalypha diversifolia*) y el guácimo (*Guazuma ulmifolia*) principalmente. El cojón de puerco (*Tabernaemontana psychotriifolia*) fue mencionado como una de las especies que aparece en los potreros cansados.

Antes que de abandono, en la zona de Caparo podemos hablar de una degradación de algunas pasturas, siendo las especies indeseables las que constituyen un obstáculo para la estabilidad de las mismas. Recordemos que dos parcelas analizadas de pasto estrella se encuentran prácticamente acabadas, con una gran invasión de especies indeseables.

Serrao y Toledo (1990) afirman que la falta de pasturas adaptadas a las condiciones climáticas, edáficas y bióticas de la región amazónica es la causa principal de la degradación de las pasturas en la Amazonia. Las malezas antes que una causa por sí misma de la

degradación , debieran verse como una consecuencia de la falta de adaptabilidad, vigor y competitividad de las especies de pasturas comúnmente usadas, así como de la falta en general de prácticas apropiadas de manejo (tales como el pastoreo controlado y la aplicación de fertilizantes).

En cierta manera, esta misma constatación es válida para las pasturas de Caparo. Buschbacher (1984) afirma de una manera clara y contundente que no importa cómo las pasturas se manejen en el futuro, las malezas continuarán siendo un componente persistente de los ecosistemas por su adaptabilidad a las condiciones ecológicas locales.

Dias Filho *et al.* (1982) establecieron la importancia de determinar si la disminución de la productividad de la pastura se debe a prácticas de manejo inadecuadas (altas cargas animales por ejemplo), esto es, no directamente relacionado con la fertilidad del suelo. Por lo que podemos observar con nuestros resultados, si bien no poseemos datos de la productividad de las pasturas, no se evidencia una notoria pérdida de fertilidad del suelo, por lo que la degradación que las mismas experimentan pueden deberse a limitaciones en la disponibilidad de nutrientes o a los manejos implementados. Estudios posteriores deberían ayudar a aclarar estos interrogantes. Decimos que las pasturas estudiadas se encuentran en un estado de degradación sobre todo por la abundancia de malezas que han acabado prácticamente con el pasto estrella (salvo el PE6) y por el estado de rastrojo-potrero de los antiguos pastos argentinos, si bien en este último caso la inadaptabilidad del pasto parece ser el factor influyente en su degradación.

Como habíamos dicho el ganado de ceba es el principal, por lo general compran mautes de Apure, lo engordan aproximadamente unos dos años y lo venden a un comprador que lo lleva a Caracas.

Sin embargo, si bien el uso ganadero presenta menos problemas e implica un manejo menos intensivo que la agricultura, los resultados obtenidos parecen que no son del todo satisfactorios, aunque se debería profundizar el estudio para sacar conclusiones más sólidas. Esta última suposición se basa en una comparación que estableció un poblador entre el ganado de Caparo y el de Santa Bárbara de Barinas, donde afirma que éstos tienen mayor peso, quizá debido a que se alimentan de mejores pastos y a que se encuentran en lugares más altos.

A modo de conclusión de las informaciones obtenidas respecto al uso y manejo de suelos podemos decir:

- 1) No se puede esperar que estas informaciones expresen de manera precisa y valdadera los aspectos asociados al uso y manejo de los suelos de la zona del presente trabajo, sino más bien se busca presentar la importancia que significan estos aspectos para un mejor entendimiento de la degradación de las pasturas y de las consecuencias ecológicas que esto implica.
- 2) La interacción con los pobladores, aunque fraccionaria, permitió la obtención de valiosas informaciones que contribuyeron grandemente a las discusiones e interpretaciones posteriores.
- 3) Las prácticas de manejo de las pasturas podríamos decir que se desarrollan dependiendo de los aciertos y errores, en sucesivas pruebas a lo largo del tiempo.
- 4) La agricultura sigue siendo una actividad importante en el área, reimpulsada a través de determinados rubros en ciertas ocasiones, como ocurre con la lechosa en la actualidad.
- 5) Habría que profundizar los sistemas de manejo de las pasturas con el fin de obtener mayores informaciones que puedan contribuir a la mayor discusión sobre la sustentabilidad de las pasturas en las condiciones del trópico latinoamericano.
- 6) Aspectos relacionados con la no quema, la tolerancia a la humedad de los suelos y la resistencia al ataque de la candelilla parecen ser los factores que más influyeron para la selección de los pastos estrellas y dominicola como los más aceptados para las áreas de banco de Caparo.

5. CONCLUSIONES FINALES

Una conclusión importante del presente estudio se refiere a la gran heterogeneidad espacial y temporal del área de trabajo, que se manifiesta principalmente en los suelos y en sus variaciones incluso a cortas distancias, así como en los constantes cambios que se produjeron y se siguen produciendo en el uso y manejo del suelo con el correr del tiempo. La historia de los usos y manejos de las parcelas analizadas nos presenta también una idea de cuan dinámico y continuo es este proceso de cambio.

La agricultura se sigue desarrollando, en ocasiones sobre antiguos rastrojos, en antiguas áreas ganaderas, o en nuevas áreas boscosas. Sin embargo el uso predominante es el ganadero, teniendo como característica los cambios de pasturas y de sus prácticas de manejo. Estos cambios son conducidos mediante continuas pruebas de acierto y error, por resultados recogidos por la propia experiencia del productor o de otros de la zona. El uso ganadero se está imponiendo en el proceso, si bien las modificaciones constantes que se presentan, nos hablan de que el proceso no se encuentra estabilizado. No nos encontramos ante un proceso en el que después de la deforestación se han implantado seguidamente pasturas, así como tampoco nos encontramos ante un único tipo de pastura en diferentes estados y edades. Se dificulta también separar adecuadamente un uso agrícola de un uso ganadero.

El cambio o fracaso en las pasturas se debe a que no han logrado adaptarse satisfactoriamente a las condiciones ecológicas de la región, como en el caso del pasto argentino, y no ha sido por una degradación pronunciada de las propiedades del suelo que haya imposibilitado su desarrollo. Ciertos efectos degradativos del suelo parecen presentarse al continuar un sistema de manejo inadecuado de los casi inexistentes pastos argentinos, ya rastrojos aunque manejados todavía como potreros. De hecho estos rastrojos son los más antiguos, los que presentan una densidad aparente elevada del suelo, posibles cambio texturales debido a la erosión, y una disminución de algunos nutrientes del suelo y de la biomasa microbiana en relación al bosque original.

Aquellas pasturas que siguen utilizándose, como el pasto estrella, han logrado persistir debido a que han conseguido cierta adaptación a las condiciones ecológicas de Caparo y han sido sometidas a un manejo que implica una mayor disponibilidad de recursos, tanto de capital como de tierra. El manejo conlleva sistemas adecuados de carga animal, en consideración al

estado de la pastura, de modo de evitar que la misma entre en una fase de degradación. Esto implica disponibilidad de suficientes potreros (y por ende tierra y capital) así como aportes de insumos externos, como ser utilización de herbicidas, fertilizantes y mecanización. Hemos denominado a este caso pastura no degradada, más que nada por la ausencia de especies indeseables en cantidades tales que pongan en peligro la continuidad de la pastura. En otros casos y ante una menor disponibilidad de recursos y manejo inadecuado, el pasto estrella se encuentra mayormente invadido por especies indeseables (prácticamente no persiste) y la denominamos pastura degradada, aunque no existe una relación directa entre la degradación de la pastura y la degradación de las propiedades del suelo. La pastura se encuentra en un estado tal que para su recuperación necesitaría medidas correctivas en el manejo. El manejo se convierte en una causa de la degradación, asociado más que nada al sobrepastoreo, consecuencia a su vez de la falta de tierra suficiente para tener más potreros. Aún así, no podemos determinar con exactitud en que medida las variaciones en los suelos, la historia de uso de la parcela y los manejos de las pasturas han condicionado su permanencia, al menos para el caso del pasto estrella.

Otras pasturas se están utilizando pero siguen en una etapa de prueba, sus ventajas y desventajas siguen en controversia y no existe consenso en cuanto a los resultados. Es el caso de las pasturas de *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria decumbens* principalmente.

Se debería realizar un seguimiento a los sistemas de pasturas de Caparo, de modo de profundizar la relación entre la degradación de la pastura y la degradación de los suelos con el correr del tiempo, considerando detenidamente los sistemas de manejo y tratando en lo posible, de partir de suelos más homogéneos y con similares historíá de uso. Parece que la degradación de la pastura se inicia sin que se manifieste una degradación considerable de las propiedades del suelo, asociada más bien al manejo a que es sometida, si bien habría que tener en cuenta que con el correr del tiempo (pasturas de más edad) podrían aparecer indicios de un empeoramiento de las condiciones del suelo. Nos estamos refiriendo a la disponibilidad de nutrientes, cual es el caso del fósforo y nitrógeno, que en otros estudios han desempeñado una limitación importante y se mencionan como limitaciones a tener en consideración. El fósforo no fue incluido en este estudio debido a la gran variabilidad encontrada en los resultados de los análisis.

Entre los efectos más notorios que producen las pasturas tenemos la mayor temperatura y el menor contenido de humedad del suelo, principalmente en la época seca, en comparación

con el bosque original. El aumento en la densidad aparente del suelo no pudo explicarse con precisión en relación al uso ganadero, así como tampoco las variaciones de las otras variables físicas. Considerando las propiedades químicas, los resultados indican que las pasturas poseen mayor pH así como mayor contenido de nutrientes en el suelo que el bosque original, sin embargo con el correr del tiempo y ante las influencias del manejo pueden presentarse variaciones en los nutrientes del suelo. En las pasturas disminuye el contenido de nitrato y aumenta el amonio en la época seca, en tanto la biomasa microbiana disminuye en la época lluviosa en relación al bosque original.

Las variaciones que se presentan en el nitrógeno mineral, así como en la biomasa microbiana, tanto entre las pasturas como en comparación al bosque, ya sea se trate de la época de sequía o la época lluviosa, sugieren profundizar los estudios del comportamiento de la biomasa microbiana y del ciclo del nitrógeno para una mejor interpretación de estos cambios.

La relación posible evidenciada entre la erosión superficial y los sistemas de pasturas, y las variaciones en la humedad de los suelos en la época lluviosa especialmente, sugiere la pertinencia de realizar estudios que relacionen erosión y balance hídrico, con cambios en la cobertura vegetal.

Un estudio sobre los efectos del uso de herbicidas y de fertilizantes químicos en los sistemas de pasturas de Caparo, debería ser considerado, de modo de obtener mayores elementos en la discusión sobre sustentabilidad ecológica en el mediano y largo plazo.

La figura 21 presenta una conclusión de los aspectos más resaltantes de la Tesis.

Habíamos establecido que eran dos los ecosistemas boscosos originales de las parcelas analizadas, si bien las variaciones que se presentan entre ellos así como dentro de cada uno de ellos, hacen que las características iniciales del suelo especialmente, no puedan ser interpretadas con precisión. Persiste por lo tanto un grado de incertidumbre sobre cuáles fueron las características iniciales de los ecosistemas boscosos originales de las parcelas analizadas, más aun cuando el estudio se basa en comparaciones. La estacionalidad hídrica influye a ambos ecosistemas originales así como a los posteriores sistemas de reemplazo.

Se presentan también las variaciones que fueron experimentando las parcelas a lo largo del tiempo, que no son sino las historias de las mismas, determinadas por los usos y manejos distintos que se fueron dando. Los detalles son más precisos e importantes a medida que nos acercamos a 1994, momento del estudio.

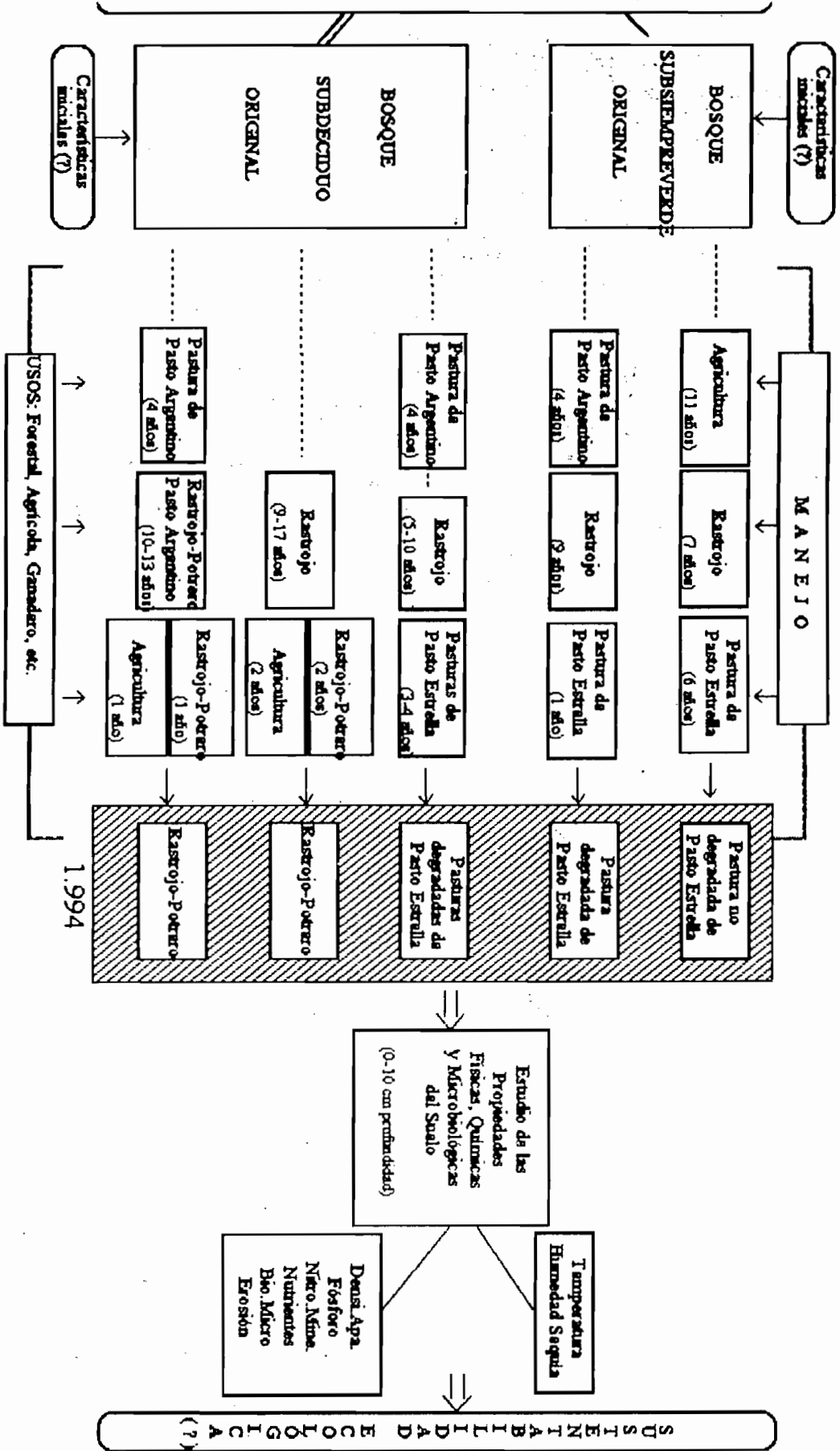


Figura 21: Esquema de Conclusión Final. La discusión sobre Sustentabilidad Ecológica presenta interrogantes en relación a los ecosistemas originales de las parcelas analizadas, la historia referentes a los usos y manejos de las mismas y la situación actual.

Consideramos 5 situaciones diferentes en los sistemas de reemplazo en el momento del estudio: la pastura no degradada de pasto estrella (PE6) y la pastura degradada de pasto estrella (PE1), si bien en este caso se trata más bien de un fracaso en la siembra pero lo incluimos como degradación de la pastura para simplificación del análisis, provenientes de la selva subsiempreverde; y las pasturas degradadas de pasto estrella (PE3 y PE4), los rastrojos-potreros de antiguos pastos argentinos (PA y PAA) y los rastrojos-potreros sin pastos argentinos (R y RA) provenientes de la selva subdecidua.

Los estudios de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo fueron realizados a una profundidad de 10 cm y entre los resultados más importantes tenemos:

- el incremento de las temperaturas y de la humedad del suelo en los sistemas de reemplazo en relación al bosque constituye el efecto más destacable.
- las variaciones en la densidad aparente, la biomasa microbiana y el nitrógeno mineral en las diferentes parcelas en comparación al bosque.
- la disminución de nutrientes del suelo en las parcelas más antiguas.
- la posibilidad de erosión laminar en los suelos después de la deforestación.
- la necesidad de seguir profundizando los estudios de modo a precisar las dudas y nuevos interrogantes que se presentan.

Estos resultados mantienen ciertas dudas sobre la sustentabilidad ecológica de los sistemas de pasturas, pero sugieren la importancia crucial del manejo a que son sometidas. La discusión sobre la sustentabilidad ecológica de los sistemas de pasturas quisimos plantearla a partir de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, y la contribución mayor que se encuentra es que la degradación de las pasturas no se relaciona de manera directa y clara con la degradación de las propiedades del suelo, al menos considerando las variables escogidas para el análisis.

La degradación de las pasturas se relaciona más que nada con el manejo a que fueron sometidas, por lo que podríamos esperar que con un manejo correcto la degradación de las pasturas no se presentaría, al menos en el corto y mediano plazo. Lo importante es determinar cuáles son las prácticas de manejo convenientes que posibilitando la sustentabilidad de las pasturas, produzcan el menor impacto ecológico.

La búsqueda y ejecución de prácticas de manejo sustentables se vuelven necesarias, ya que existe el riesgo de que continuando con manejos inadecuados se afecten las propiedades

físicas, químicas y microbiológicas del suelo de modo tal que la sustentabilidad no solo de la pastura sino del sistema productivo esté en peligro, por la degradación quizá irreversible del suelo. Las medidas correctivas para este caso se tornarían mucho más caras y llevarían más tiempo con resultados inciertos. La degradación de las propiedades del suelo, a diferencia de la degradación de las pasturas implica la imposibilidad de usos sustentables.

Los interrogantes iniciales planteados al comenzar el trabajo fueron respondidos, así como los objetivos han sido alcanzados de buena manera, si bien han surgido otros interrogantes.

Una reflexión final plantea este trabajo. La designación de Reserva Forestal de Caparo como tal en 1961 significó destinar un área del territorio cubierto por bosques naturales para un uso exclusivamente forestal, permanente a través del tiempo, por lo cual cobra gran importancia el manejo del área asignada, de modo a asegurar la permanencia de una cobertura boscosa. Caso contrario la existencia de la Reserva tendría duración limitada.

A 34 años del decreto, otros usos de suelo se presentan actualmente en la Reserva Forestal de Caparo a través de un complicado y dinámico proceso. En la Unidad I y en sus límites ya fuera de la Reserva, el uso ganadero se extiende y abarca extensas áreas. De continuar este proceso, debe impulsarse un plan de ordenamiento territorial, donde se asegure la permanencia de áreas boscosas, si bien ya integradas a sistemas de pasturas sustentables y otros usos. Con esto se sobreentiende, la actual Reserva Forestal de Caparo tendría una duración limitada.

ANEXOS

Temperatura del Suelo en Época Seca

HORARIOS DE MEDICIONES

Parcelas		7:30	9:30	11:30	13:30	15:30	17:30	18:30
PE1	P.E. 1 año	30.58	31.49	35.47	40.45	38.63	37.96	35.06
PE3	P.E. 3 años	30.75	33.07	38.63	42.77	42.19	40.20	38.29
PE4	P.E. 4 años	29.58	32.90	38.54	44.93	44.35	42.61	39.95
PE6	P.E. 6 años	31.74	34.15	37.71	43.85	48.16	42.61	40.04

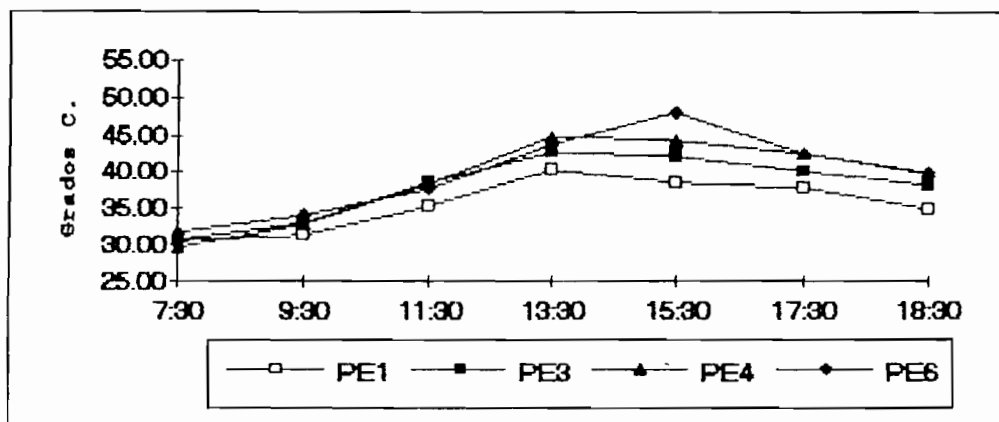
PA	P.Argentino	27.10	32.16	39.45	41.36	39.62	36.39	34.48
PAA	P.A. c/Agric.	30.33	33.48	41.28	43.85	44.51	41.45	39.54

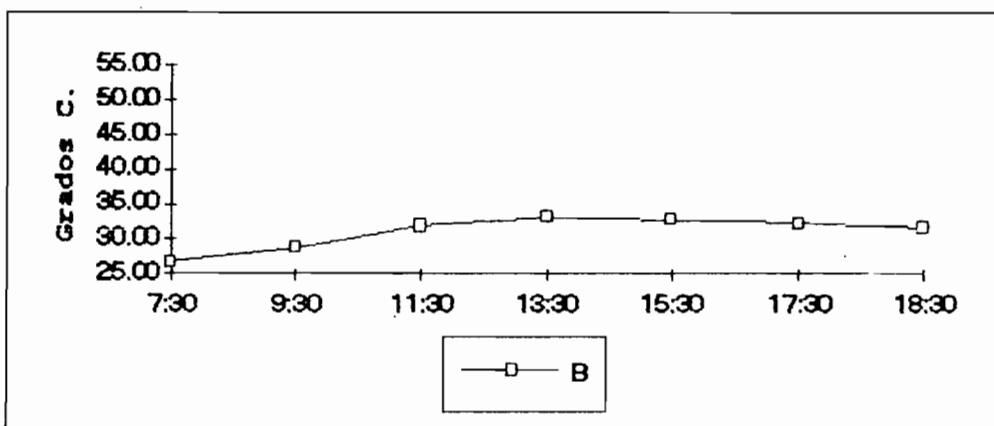
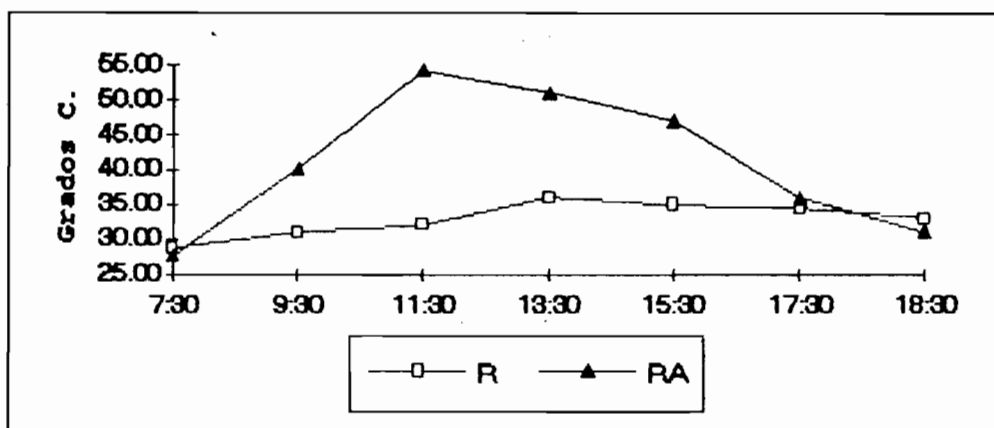
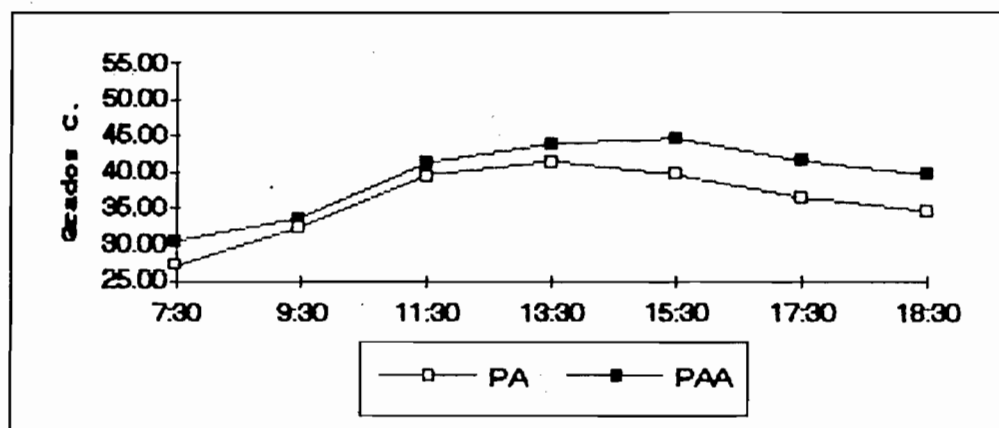
R	Rastrojo	28.76	31.08	31.99	36.05	34.98	34.48	33.15
RA	R. c/Agric	27.51	40.12	54.30	51.07	47.00	36.14	31.16
B	Bosque	26.85	28.76	31.74	32.90	32.65	32.24	31.41

Parcelas		Rango	Tmp. Máx	Tmp.Mín
PE1	P.E. 1 año	9.87	40.45	30.58
PE3	P.E. 3 años	12.02	42.77	30.75
PE4	P.E. 4 años	15.35	44.93	29.58
PE6	P.E. 6 años	16.42	48.16	31.74

PA	P.Argentino	14.26	41.36	27.21
PAA	P.A. c/Agric.	14.18	44.51	30.33

R	Rastrojo	7.29	36.05	28.76
RA	R. c/Agric	26.49	54.30	27.51
B	Bosque	6.05	32.9	26.85

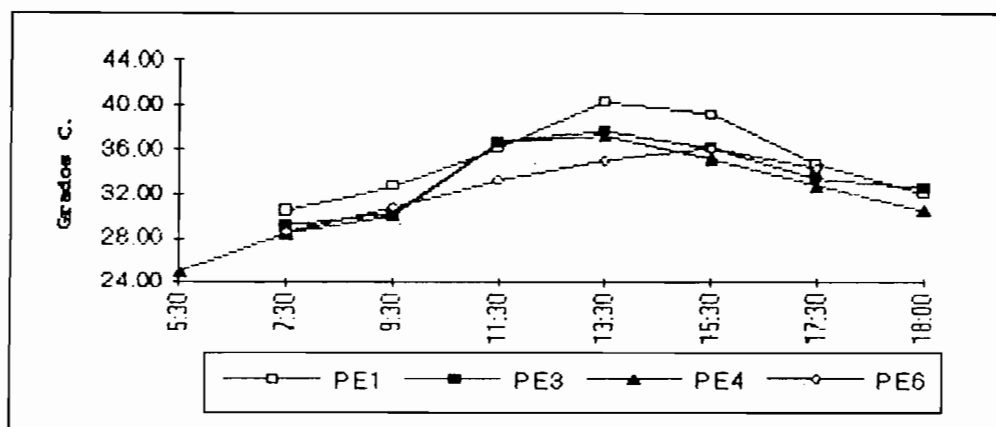




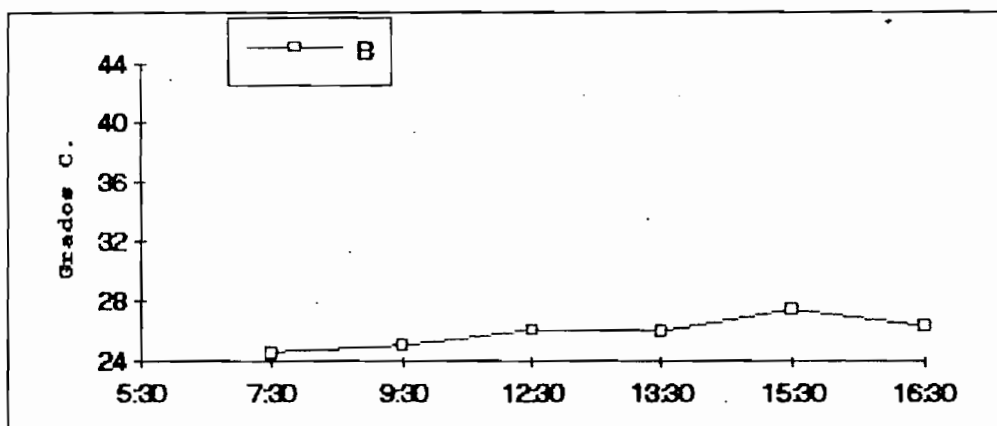
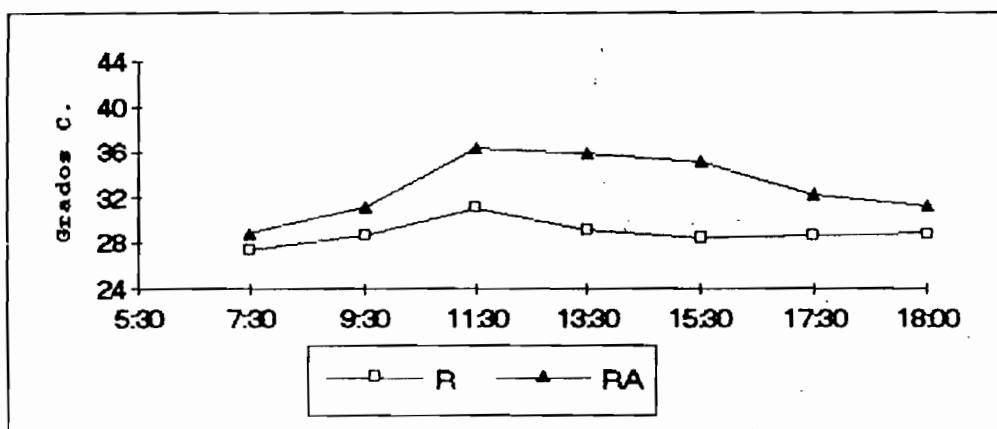
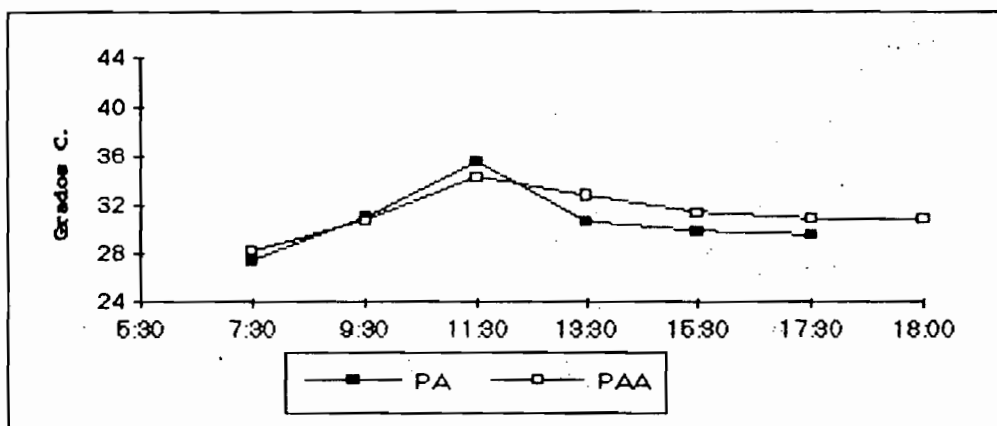
Temperatura del Suelo en Época Lluviosa

Parcelas		HORARIOS DE MEDICIONES							
		5:30	7:30	9:30	11:30	13:30	15:30	17:30	18:00
PE1	P.E. 1 año		30.46	32.70	36.12	40.22	39.23	34.69	32.07
PE3	P.E. 3 años		29.21	30.21	36.74	37.67	36.18	33.44	32.57
PE4	P.E. 4 años	24.98	28.40	30.02	36.61	37.30	35.18	32.76	30.46
PE6	P.E. 6 años		28.59	30.77	33.25	35.12	36.12	34.31	
PA	P.Argentino		27.47	31.08	35.62	30.64	29.90	29.58	
PAA	P.A. c/Agric.		28.28	30.77	34.31	32.76	31.51	30.95	30.89
R	Rastrojo		27.35	28.65	31.14	29.15	28.53	28.65	28.90
RA	R.c/ Agric.		28.90	31.20	36.37	35.87	35.18	32.32	31.33
		5:30	7:30	9:30	12:30	13:30	15:30	16:30	
B	Bosque		24.61	25.04	26.04	25.98	27.47	26.35	

Parcelas		Rango	Tmp. Máx	Tmp.Mín
PE1	P.E. 1 año	9.76	40.20	30.50
PE3	P.E. 3 años	8.46	37.7	29.2
PE4	P.E. 4 años	8.90	37.3	28.4
PE6	P.E. 6 años	7.53	36.1	28.6
PA	P.Argentino	8.15	35.6	27.5
PAA	P.A. c/Agric.	6.03	34.3	28.3
R	Rastrojo	3.79	31.1	27.3
RA	R. c/Agric	7.47	36.4	28.9
B	Bosque	2.86	27.5	24.6



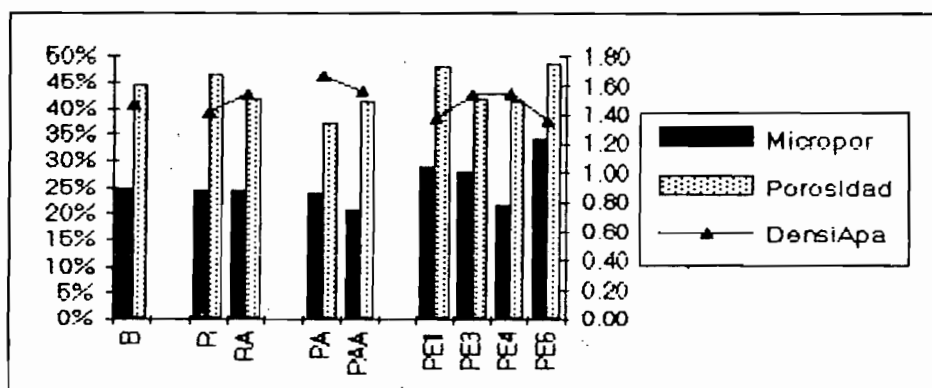
TEMPERATURA DE LAS PARCELAS
ÉPOCA LLUVIOSA



Microporosidad, Porosidad y Densidad Aparente

En la siguiente tabla se presenta la media calculada \pm una desviación estándar.

Parcelas		Microporosidad %	Porosidad %	Densidad Apar. g/cm ³
B	Bosque	25 \pm 0.6	45	1.47 \pm 0.10
R	Rastrojo	24 \pm 0.1	46	1.42 \pm 0.15
RA	R. c/Agric.	24 \pm 0.2	42	1.54 \pm 0.13
PA	P.Argentino	24 \pm 0.3	37	1.67 \pm 0.26
PAA	P.A. c/Agric.	21 \pm 0.2	41	1.56 \pm 0.10
PE1	P.E. 1 año	29 \pm 1.5	48	1.37 \pm 0.07
PE3	P.E. 3 años	28 \pm 0.2	42	1.54 \pm 0.07
PE4	P.E. 4 años	22 \pm 0.3	42	1.55 \pm 0.13
PE6	P.E. 6 años	34 \pm 0.1	49	1.36 \pm 0.19



Tiempo De Infiltración (en horas)

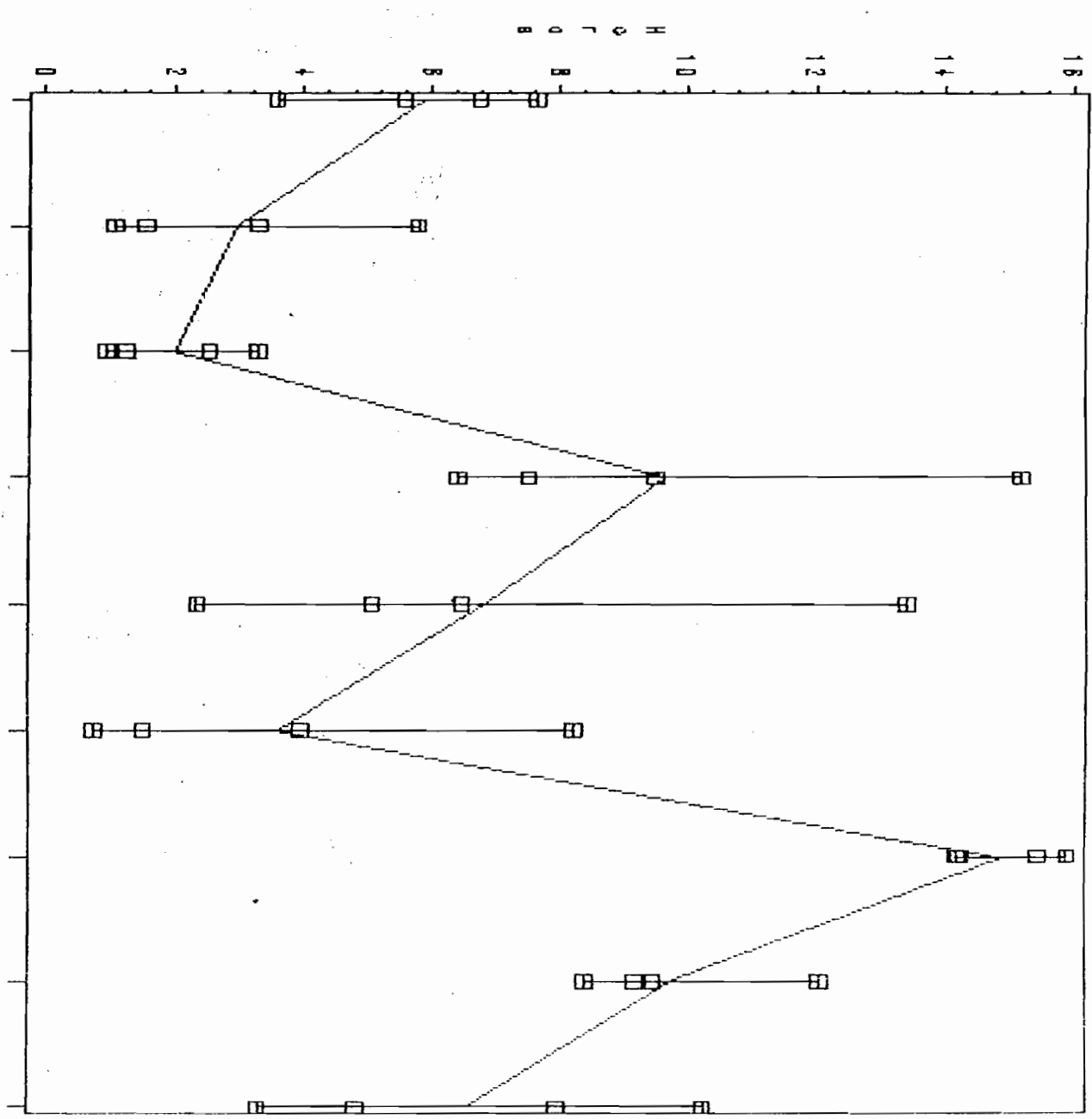
ÉPOCA SECA

	B	PA	PAA	PE1	PE3	PE4	PE6	R	RA
Tamaño de muestra	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Media	5.89	2.94	2.01	6.13	6.85	3.64	14.98	9.80	6.62
Desviación Estándar	1.76	2.14	1.11	3.65	4.72	3.38	0.86	1.58	3.13
Mínimo	3.58	1.08	0.94	1.00	2.36	0.78	14.22	8.43	3.33
Máximo	7.65	5.80	3.31	9.52	13.45	8.26	15.93	12.08	10.29
Rango	4.07	4.72	2.37	8.52	11.09	7.49	1.71	3.65	6.96

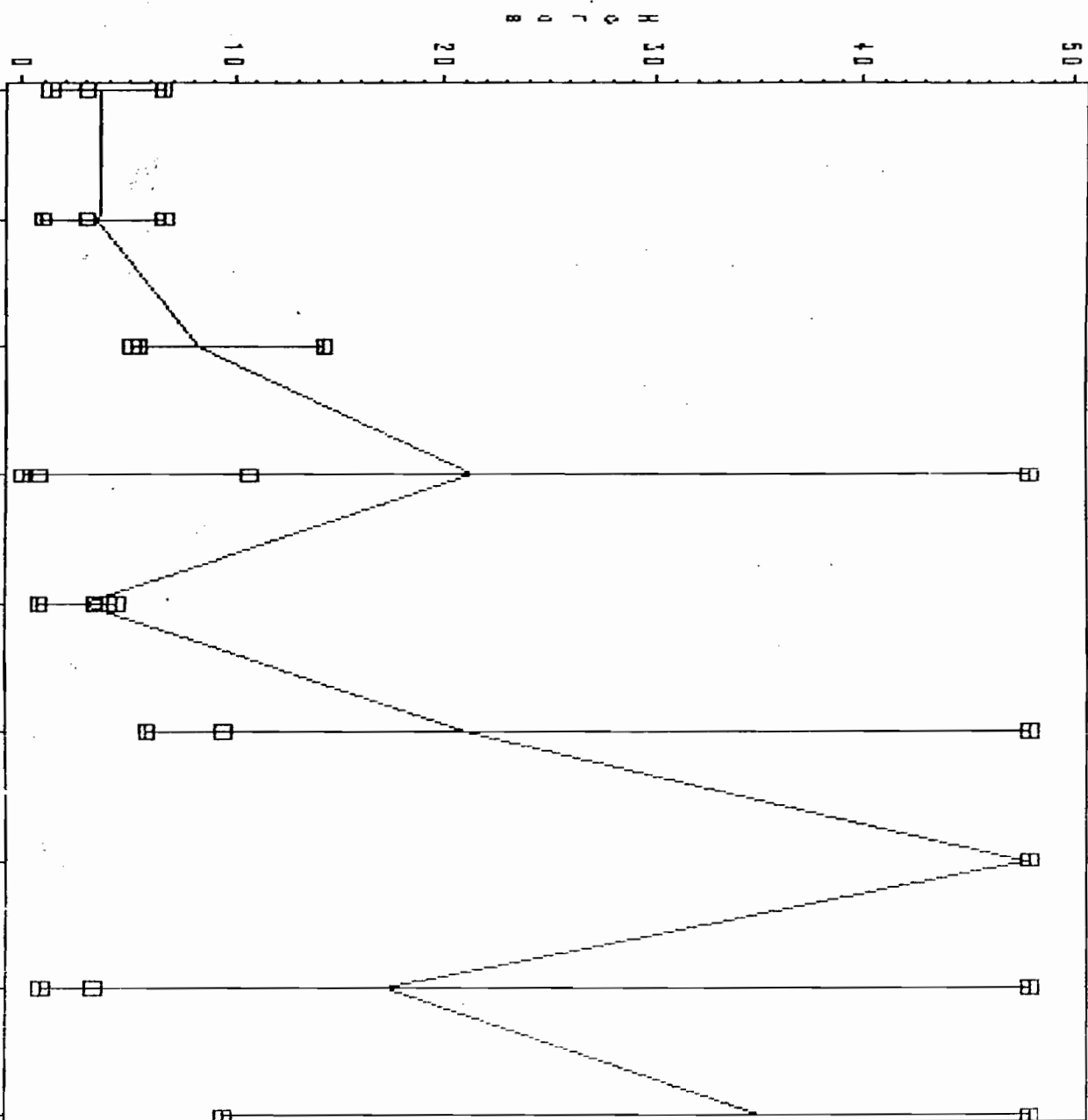
ÉPOCA LLUVIOSA

	B	PA	PAA	PE1	PE3	PE4	PE6	R	RA
Tamaño de muestra	3.00	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Media	3.64	3.55	6.29	21.52	2.91	21.11	48.00	17.43	35.17
Desviación Estándar	2.68	2.88	5.20	24.53	1.87	23.35	0.00	26.50	22.22
Mínimo	1.32	0.97	5.11	0.11	0.82	5.88	48.00	0.91	9.52
Máximo	6.58	6.65	14.29	48.00	4.44	48.00	48.00	48.00	48.00
Rango	5.26	5.68	9.18	47.89	3.61	42.12	0.00	47.09	38.48

Tiempo de Infiltración (Sequías)



Tiempo de Infiltracion (Lluvia)



Biomasa Aérea

Parcelas	Biomasa Aérea g/m ²
PE3	178,63
PE4	595,93
PE6	439,33

Nitrógeno Mineral

ÉPOCA SECA		N-NH ₄	N-NO ₃
Parcelas		mg/Kg. Suelo	
B	Bosque	4.92	3.38
R	Rastrojo	9.58	1.21
RA	R. c/Agric.	8.86	1.18
PA	P.Argentino	9.09	1.31
PAA	P.A. c/Agric.	11.24	0.71
PE1	P.E. 1 año	39.47	0.99
PE3	P.E. 3 años	17.91	0.93
PE4	P.E. 4 años	20.49	2.29
PE6	P.E. 6 años	5.89	0.11

ÉPOCA LLUVIOSA		N-NH ₄	N-NO ₃
Parcelas		mg/kg Suelo	
B	Bosque	10.28	0.14
R	Rastrojo	22.68	0.25
RA	R. c/Agric.	7.35	0.75
PA	P.Argentino	11.93	0.09
PAA	P.A. c/Agric.	7.13	0.06
PE1	P.E. 1 año	26.20	0.99
PE3	P.E. 3 años	16.67	0.39
PE4	P.E. 4 años	14.88	0.09
PE6	P.E. 6 años	15.09	0.88

Nitrógeno Mineral
Época: LLUVIOSA

Parcela	Réplica	mg/Kg. suelo		NH ₄		NO ₃		N-NH ₄	N-NO ₃
		NH ₄	NO ₃	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ		
B	1	12.79	0.58						
	2	12.47	0.48						
	3	13.86	0.88						
RA	4	13.76	0.51	13.22	0.70	0.61	0.18	10.28	0.14
	1	10.95	4.18						
	2	8.28	3.88						
	3	8.57	2.74						
R	4	10.02	2.44	9.45	1.25	3.31	0.85	7.35	0.75
	1	23.20	1.41						
	2	32.32	1.05						
	3	30.95	0.94						
PAA	4	30.17	1.07	29.16	4.07	1.12	0.20	22.68	0.25
	1	8.93	0.27						
	2	9.81	0.27						
	3	7.91	0.31						
PA	4	10.03	0.24	9.17	0.96	0.27	0.03	7.13	0.06
	1	13.61	0.53						
	2	13.63	0.31						
	3	19.67	0.27						
PE1	4	14.43	0.49	15.33	2.91	0.40	0.13	11.93	0.09
	1	33.05	4.30						
	2	32.98	4.07						
	3	36.56	5.08						
	4	32.17	4.11	33.69	1.96	4.39	0.47	26.20	0.99

Nitrógeno Mineral
Época: Lluviosa

Parcela	Replica	mg./Kg. suelo		NH4		NO3		N-NH4	N-NO3
		NH4	NO3	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ		
PE3	1	23.87	2.38						
	2	21.74	1.67						
	3	20.91	1.55						
	4	19.22	1.27	21.44	1.93	1.72	0.47	16.67	0.39
PE4	1	17.08	0.41						
	2	17.54	0.43						
	3	19.47	0.58						
	4	22.45	0.24	19.13	2.44	0.42	0.14	14.88	0.09
PE6	1	16.74	3.91						
	2	16.55	4.04						
	3	17.73	3.45						
	4	26.58	4.13	19.40	4.81	3.88	0.30	15.09	0.88

Biomasa Microbiana
Época: Lluviosa

Parcela	Réplica	mg. N / Kg. suelo (F)	(C)	\bar{x} (F)	σ (F)	\bar{x} (C)	σ (C)	mg N/Kg. suelo $(\bar{x}_F - \bar{x}_C) / 0.4$
B	1	58.2015	12.5225					
	2	58.1487	21.4257					
	3	65.0808	21.8082					
	4	51.1503	22.1998	58.1453	5.69	19.4391	4.62	96.7657
RA	1	27.7525	14.5006					
	2	28.1895	15.0308					
	3	30.5228	16.1679					
	4	29.2438	15.2802	28.9272	1.23	15.2449	0.70	34.2057
R	1	76.3431	34.0709					
	2	85.5806	32.4284					
	3	109.0755	33.0394					
	4	86.8935	34.0181	89.4732	13.89	33.3892	0.80	140.2100
PA	1	18.9011	19.4553					
	2	21.8682	17.4887					
	3	21.2984	17.0347					
	4	20.6382	17.1096	20.6765	1.29	17.7721	1.14	7.2610
PAA	1	30.7419	20.8499					
	2	30.2413	22.1116					
	3	28.8568	25.2011					
	4	32.8457	21.9684	30.6714	1.65	22.5327	1.87	20.3467
PE1	1	93.1655	80.1861					
	2	72.8890	80.8792					
	3	107.9148	78.2732					
	4	105.4731	81.1370	94.8606	16.01	80.1189	1.29	36.8543

Biomasa Microbiana
Época: Lluviosa

Parcela	Réplica	mg. N/Kg. suelo (F)	(C)	\bar{x} (F)	σ (F)	\bar{x} (C)	σ (C)	mg N/Kg. suelo $(\bar{x}_F - \bar{x}_C) / 0.4$
PE3	1	79.6412	39.4458					
	2	61.5444	45.1234					
	3	58.1518	47.3101					
PE4	4	56.6851	27.1464	64.0056	10.62	39.7564	9.04	60.6230
	1	38.6090	35.2377					
	2	39.5703	30.2936					
	3	39.9151	26.1874					
PE6	4	37.2526	25.9487	38.8368	1.19	29.4168	4.36	23.5498
	1	40.2303	20.4560					
	2	46.3923	20.1008					
	3	46.4059	20.2414					
	4	46.3632	22.2225	44.8479	3.08	20.7551	0.99	60.2320

Biomasa Microbiana
Época: Seca

Parcela	Replica	mg N / Kg. suelo (F)	(C)	\bar{x} (F)	σ (F)	\bar{x} (C)	σ (C)	mg N./Kg. suelo $(\bar{x}_F - \bar{x}_C) / 0.4$
B	1	33.04	10.88					
	2	27.67	10.02					
	3	40.08	10.58					
	4	27.21	9.84	32.00	6.00	10.33	0.48	64.18
RA	1	33.14	17.90					
	2	36.52	20.61					
	3	27.80	17.49					
	4	36.98	15.61	33.61	4.23	17.90	2.06	39.27
R	1	80.25	34.54					
	2	110.86	21.95					
	3	116.37	38.35					
	4	135.30	25.50	110.65	22.83	30.09	7.65	201.40
PAA	1	39.14	18.52					
	2	26.92	25.44					
	3	36.29	20.61					
	4	21.57	16.13	30.98	8.16	20.18	3.96	27.01
PA	1	35.27	16.27					
	2	34.27	17.37					
	3	32.40	15.96					
	4	31.20	18.71	33.29	1.83	17.08	1.24	40.52
PE1	1	178.20	40.88					
	2	166.30	55.19					
	3	168.77	43.31					
	4	99.79	47.08	153.26	36.02	46.61	6.26	266.62

Biomasa Microbiana
Época: Seca

Parcela	Réplica	mg N / Kg suelo (F)	(C)	\bar{x} (F)	σ (F)	\bar{x} (C)	σ (C)	mg N./Kg. suelo $(\bar{x}_F - \bar{x}_C) / 0.4$
PE3	1	82.72	36.78					
	2	86.43	23.29					
	3	74.67	31.24					
	4	52.96	33.63	74.20	14.97	31.23	5.76	107.42
PE4	1	69.50	28.42					
	2	69.35	22.59					
	3	71.74	25.13					
	4	69.20	27.22	69.70	1.45	25.84	2.56	109.65
PE6	1	42.00	28.04					
	2	45.43	31.21					
	3	43.80	32.67					
	4	50.49	22.03	45.43	3.66	28.49	4.72	42.35

Análisis Químico de los Suelos

ÉPOCA SECA

		GRANULOMETRÍA									
PARCELA	Arena (a) %	Arcilla (A) %	Limo (L) %	CLASE TEX.	pH Agua 1:1	C orgánico %	Mater. Organ. %	N total	C/N	P Ed (KB) ppm	
B	53.00	17.80	28.2	F.a	6.24	1.48	2.55	0.15	13.07	22.75	
R	39.00	16.20	44.8	F	6.20	2.75	4.74	0.20	13.88	14	
RA	53.00	16.20	30.8	F.a	6.24	2.14	3.69	0.18	15.47	12.25	
PA	61.40	9.80	28.8	F.a	6.23	1.84	3.17	0.14	17.42	0	
PAA	69.00	11.80	19.2	F.a	6.27	1.28	2.21	0.12	21.45	1.75	
PE1	37.00	18.60	44.4	F	6.24	2.75	4.74	0.23	13.05	3.5	
PE3	51.00	18.20	30.8	F.	6.56	2.19	3.78	0.18	17.2	29.75	
PE4	61.00	14.20	24.8	F.a	6.33	1.79	3.09	0.17	19.57	10.5	
PE6	17.40	18.20	64.4	F.L	5.96	2.55	4.4	0.25	10.72	24.5	

		BASES CAMBIABLES				
PARCELA	Satur. Bases %	C.I.C meq/100mg	Ca meq/100mg	Mg meq/100mg	K meq/100mg	Na meq/100mg
B	48.15%	6.75	1.78	1.09	0.27	0.11
R	51.88%	8.5	2.67	1.29	0.33	0.12
RA	54.71%	8.5	2.75	1.19	0.6	0.11
PA	55.50%	6	1.88	1	0.32	0.13
PAA	52.00%	4.5	1.26	0.67	0.3	0.11
PE1	56.42%	9.5	2.68	1.94	0.6	0.14
PE3	61.06%	8.5	2.53	1.97	0.58	0.11
PE4	55.54%	6.5	2.14	0.9	0.42	0.15
PE6	54.67%	11.25	3.37	1.81	0.82	0.15

Análisis Químico de los Suelos

ÉPOCA LUMIOSA

GRANULOMETRÍA										
PARCELA	Arena (a) %	Arcilla (A) %	Limo (L) %	CLASE TEX.	pH Agua 1:1	C orgánico %	Mater. Organ. %	N total	C/N	P Ext (KB) ppm
B	58	12	30	F.a	5.2	1.83	3.15	0.14	13.07	11.9
R	44	10	46	F	5.42	2.36	4.07	0.17	13.88	7.7
RA	58	14	28	F.a	5.88	2.63	4.54	0.17	15.47	16.1
PA	68	6	26	F.a	5.59	2.09	3.61	0.12	17.42	11.9
PAA	68	8	24	F.a	5.49	2.36	4.07	0.11	21.45	7.7
PE1	36	18	46	F	5.65	2.74	4.72	0.21	13.05	18.2
PE3	54	16	30	F.a	5.7	2.58	4.44	0.15	17.2	7.7
PE4	64	12	24	F.a	5.81	2.74	4.72	0.14	19.57	18.9
PE6	28	18	54	F.L	5.75	1.93	3.33	0.18	10.72	2.8

PARCELA	Satur. Bases %	Acidez	Al	H	C.I.C meq/100mg	BASES CAMBIABLES					
						Ca meq/100mg	Mg meq/100mg	K meq/100mg	Na meq/100mg		
B	44.83%	0.08	0.05	0.03	7.45	1.35	1.6	0.28		0.11	
R	54.10%	0.00	0.00	0.00	9.15	2.89	1.64	0.3		0.12	
RA	74.92%	0.05	0.03	0.02	9.25	4.8	1.7	0.32		0.11	
PA	42.86%	0.00	0.00	0.00	6.3	1.25	1.07	0.25		0.13	
PAA	45.09%	0.00	0.00	0.00	5.7	1.09	1.02	0.35		0.11	
PE1	61.48%	0.05	0.03	0.02	11.45	3.99	2.19	0.72		0.14	
PE3	40.63%	0.05	0.03	0.02	9.45	1.92	1.39	0.42		0.11	
PE4	47.03%	0.05	0.03	0.02	7.25	1.66	1.16	0.44		0.15	
PE6	55.50%	0.04	0.02	0.02	10.45	3.22	2.07	0.36		0.15	

BIBLIOGRAFÍA

- Acea M. J. (et al.) 1992. Fumigation-extraction method to estimate microbial biomass in heated soils. *Soil Biol. Biochem.* 24 (3) : 259 - 264.
- Acevedo, Dimas. 1994. *Metodología para la determinación del nitrógeno en materiales ecológicos*. CIELAT. ULA. Mérida.
- Agen G.L y E. Bosatta. 1994. Theoretical analysis of microbial biomass dynamics in soils. *Soil Biol. Biochem.* 26 (1) : 143 - 148.
- Alegre J.C., D.K. Cassel y D.E. Bandy. 1986. Effects of land clearing and subsequent management on soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal* 50: 1379-1384.
- Alvim, Paulo de T. 1978. Potencial de la producción agrícola en la región amazónica. En *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Editado por Luís E. Tergas y P. Sánchez. CIAT. Cali.
- Anderson, A.P. 1992. *Alternativas a la deforestación. Pasos hacia un uso sustentable de la selva amazónica*. Fundación Natura. Quito.
- Anderson T.H. y Domsch K.H. (1989). Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.* 21: 471-479.
- Andreux F. (et al.). 1994. Organic carbon and ¹³C contents in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. *Geoderma* 61: 103-118.
- Arends E., J. Guevara , O. Carrero. 1993. Características de la vegetación de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Caparo. En: *Informe del primer taller para la conservación de la biodiversidad en la Reserva Forestal de Caparo*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR. N° 21. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.

- Attiwill Peter M. 1994. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* 63 : 247-300.
- Basu S. y N. Behera.1993. The effect of tropical forest conversion on soil microbial biomass. *Biology and Fertility of Soils* 16 (4) : 302-304.
- Bonde T.A., Schnurer J., Rosswall T. (1988). Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. *Soil Biology & Biochemistry* 20 : 447-452.
- Bonde T.A., Regina C.C. Luizao y T. Rosswall. 1992. Seasonal variation of soil microbial biomass -the effects of clearfelling a tropical rainforest and establishment of pasture in the Central Amazon. *Soil Biology and Biochemistry*. 24 (8) : 805-813.
- Briceño M, Octavio. 1993. Algunas ideas sobre el componente social, relacionadas con la propuesta de creación de la Reserva de Biodiversidad en la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas. En: *Informe del primer taller para la conservación de la biodiversidad en la Reserva Forestal de Caparo*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR N° 21. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Buschbacher R., C. Uhl y E.A.S. Serrao. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology* 76 : 663-681.
- Buschbacher R., C. Uhl y E.A.S. Serrao. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology* 76 : 682-699.
- Buschbacher Robert J. 1984. Deforestation for sovereignty over remote frontiers. Government-sponsored pastures in Venezuela near the Brazilian border. En *Amazonian rain forests: ecosystem disturbance and recovery: case studies of dynamics under a spectrum of land-use intensities*. Springer-Verlag. New York.
- Buschbacher R.J., C. Uhl y E.A.S. Serrao. 1984. Large scale development in eastern Amazonia. Pasture management and environmental effects near Paragominas, Pará. En

- Amazonian rain forests: ecosystem disturbance and recovery: case studies of dynamics under a spectrum of land-use intensities.* Springer-Verlag New York.
- Catalán, Américo. 1993. El proceso de deforestación en Venezuela entre 1975 - 1988. En *Ambiente* 49. FUNDAMBIENTE.
 - Carter M.R. y MacLeod J.A. (1987). Biological properties of some Prince Edward Island soils: relationship between microbial biomass nitrogen and mineralizable nitrogen. *Can. J. Soil Sci.* 67 : 333-340.
 - Cerri, Carlos C., Boris Volkoff y Francis Andreux. 1991. Nature and behavior of organic matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus. *Forest Ecology and Management* 38 : 247-257.
 - CORPOANDES. 1968. *Proyecto Alto Llano Occidental*. v2. Mérida.
 - Chartres C.J. y J. Williams. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics 1. Managing the soil resource. *Tropical Grasslands* 25 : 73-84.
 - Daubemire, R. 1972. Some ecologic consequences of converting forest to savanna in northwestern Costa Rica. *Tropical Ecology* 13 : 31-51.
 - Davies de Freitas, Maria de Lourdes. 1989. Desmatamento na Amazonia: causas, efeitos e solucoes. *Interciencia* 14 (6) : 298 - 303.
 - De las Salas, Gonzalo. 1987. *Suelo y ecosistemas forestales : con énfasis en América Tropical*. IICA. San José.
 - Detwiler, R.P. 1986. Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soils. *Biogeochemistry* 2 : 67 - 93.
 - Dias Filho, Moacyr Bernardino y E. A. Souza Serrão. 1982. *Recuperacao, melhoramento e manejo de pastagens na regio de Paragominas, Para: resultados de pesquisa e*

algumas informacoes práticas. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Trópico Umido. Belem, Para

- Dewies, J. y F. Frechet. 1970. *Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas*. FAO. Roma.
- Domsch K.H.; H. Insam y D. Parkinson. 1989. Influence of macroclimate on soil microbial biomass. *Soll. Biol. Biochem.* 21 (2) : 211 - 221.
- Duchaufour P. 1961. *Manual de edafología*. Torray-Masson.
- Falesi, Italo Claudio. 1976. *Ecossistema de pastagem cultivada na Amazonia Brasileira*. CPATU. Boletín Técnico No. 1. Belem.
- FAO. 1953. *El pastoreo y los montes*. FAO. Roma.
- Farnworth, Edward G. 1977. *Ecossistemas frágiles : evaluación de la investigación y aplicaciones en los neotrópicos / compilado por E.G. Farnworth y Frank Bau Golley*. Fondo de Cultivo Económico. México.
- Fearnside P.M. 1993. Deforestation in Brazilian Amazonia: the effect of population and land tenure. *Ambio* 22 (8) : 537-545.
- Fearnside P.M. 1990. Usos predominantes de la tierra en la Amazonia Brasileira. En *Alternativas a la deforestación*. Coordinado por Anthony Anderson. Fundación Natura. Quito.
- Fearnside P.M. 1989. Deforestation and agricultural development in Brazilian Amazonia. *Interciencia* 14 (6) : 291-297.
- Fearnside, P.M. 1987. Causes of deforestation in the Brazilian Amazon. En *The geophytology of Amazonia: vegetation and climate interactions*. Edited by Robert E. Dickinson. John Wiley & Sons. New York.

- Fearnside, P.M. 1985. Agriculture in Amazonia. En G.T. Prance and T.E. Lovejoy. (Eds.) *En Amazonia*. Pergamon. Oxford. England.
- Fearnside P.M. 1980. The effects of cattle pasture on soil fertility in the Brazilian Amazon: consequences for beef production sustainability. *Tropical Ecology* 21 (1) : 125-137.
- Finol Urdaneta, H. 1994. Comparación de tres formas de deforestación en relación con la conservación y manejo de suelos en bosques húmedos tropicales. *III Congreso Venezolano de las Ciencias del Suelo*. Mérida
- Firestone M.K.; L.E. Jackson y J.P. Schimel. 1989. Short-term partitioning of ammonium and nitrate between plants and microbes in an annual grassland. *Soil.Biol.Biochem.* 21 (3) : 409 -415.
- Folster, Horst. 1994. Stability of forest ecosystems in the humid tropics. *Interciencia* 19 (6) : 291 - 296.
- Forsythe, W. 1975. *Física de suelos. Manual de laboratorio* . IICA. San José.
- Franco, Wilfredo. 1978. *Fenología de especies forestales en Caparo. Su relación con el clima y el bosque: su importancia para el manejo de bosque* . ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura. Mérida.
- Franco, Wilfredo. 1979. *Producción de hojarasca en varios tipos de bosques de Caparo: su ritmicidad durante el año; su composición química; su relación con el mantillo orgánico sobre el suelo*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura. Mérida.
- Franco, Wilfredo. 1982. *Estudio y levantamiento de sitios con fines de manejo forestal en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura. Mérida.

- Franco W. y H Folster. 1982. Estudio de los suelos de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas, con énfasis en las propiedades físicas y el régimen hídrico de los mismos. *VII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. San Cristóbal. Táchira.
- Gerold, Gerhard. 1994. Pedo-ecological changes of tropical forest-soils by different land-use impacts. *Interclencia* 19 (6) : 297 - 301.
- Ghuman B.S., R. Lal y W. Shearer. 1991. Land clearing and use in the humid Nigerian tropics: I. Soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal* 55 : 178-183.
- Ghuman B.S. y R. Lal. 1991. Land clearing and use in the humid Nigerian tropics: II. Soil chemical properties. *Soil Science Society of America Journal* 55 : 184-188.
- Gimenez, F.S. 1971. *Sucesión vegetal en las márgenes del río Caparo*. ULA. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida.
- Golley, F.B. 1983. *Tropical rain forest ecosystems : structure and function*. Elsevier Scientific Pub. (Ecosystems of the World ; 14 A). Amsterdam.
- Graffe, Werner. 19???. *Estudio de la estructura y dinámica en bosques secundarios jóvenes de los Llanos Occidentales de Venezuela*. Resumen de Tesis Doctoral de la Universidad de Gottingen-Alemania. Traducción del alemán por Wilfredo Franco.
- Grove T.L. y D.J. Lathwell. 1986. Soil-plant relationships in the tropics. *Ann. Rev.Ecol. Syst.* 17 : 1 - 16.
- Gutiérrez, Nelly J, Jorge E. Sosa y Mirian Y. de Rosales. 1988. *Pred diagnóstico del estado de intervención de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. CORPOANDES. Gerencia de Planificación y Coordinación. Mérida.
- Guzmán P., José E. 1988. *Pastos y forrajes de Venezuela*. Espasandi editores. Caracas.

- Hase, H. y H. Folster. 1982. Bioelement inventory of a tropical (semi) evergreen seasonal forest on eutrophic alluvial soils, Western Llanos, Venezuela. *Acta Ecológica, Oecologia Plantarum* 3(17) : 331-346.
- Hase, H. y H. Folster. 1983. Impact of plantation forestry with teak (*tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in west Venezuela. *Forest Ecology and Management* 6 : 33 - 57.
- Hecht S. , R. Norgaard y G. Possio. 1988. The economics of cattle ranching in eastern Amazonia. *Interclencia* 13 (5) : 233-240.
- Hecht, Susanna B. 1993. The logic of livestock and deforestation in Amazonia. *Bioscience* 43 (10) : 687-695.
- Henrot J. y G.P. Robertson. 1994. Vegetation removal in two soils of the humid tropics: effect on microbial biomass. *Soil Biology and Biogeochemistry* 26 (1) : 111-116.
- Hernández Peña, Clemente y José R. Guevara González. 1994. *Especies vegetales de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida .
- Herrera R. (et al.). 1978. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interclencia* 3 (4) : 223-231.
- Hoyer S., Orlando (et al.). 1976. *Estudio de algunas fases de una sucesión primaria en las márgenes del río Caparo en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida.
- Houghton R.A., Lelkowitz D.S., Skole D.C. (1991). Changes in the lanscape of Latin America between 1850 and 1985. Progressive loss of forests. *For. Ecol. Manage.* 38 : 143-172.

- Jordan, Carl F. 1982. Nutrien cycling index of an Amazonian rain forest. *Acta Oecologica* 3 (3) : 393 - 400.
- Jordan, Carl F. 1984. Shifting cultivation. Slash and burn agriculture near San Carlos de Rio Negro, Venezuela. En *Amazonian rain forests: ecosystem disturbance and recovery: case studies of dynamics under a spectrum of land-use intensities*. Springer-Verlag. New York
- Jordan, Carl. 1987. *Amazonian rain forests : ecosystem disturbance and recovery : case studies of ecosystem dynamics under a spectrum of land use-intensities*. Springer-Verlag. New York.
- Juma N.G. y P.M. Rutherford. 1992. Influence of texture on habitable pore space and bacterial-protozoan populations in soil. *Biol.Fertl.Soils*. 12 : 221 - 227.
- Junk, Wolfgang J. 1988. The use of Amazonia floodplains under an ecological perspective. *Interiencia* 14 (6) : 317 - 322.
- Jurgenson T, Otto R. 1994. *Mapa de vegetación y uso actual del área experimental de la Reserva Forestal de Caparo. Estado Barinas. Cuaderno Comodato ULA-MARNR N° 22*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Keller M. (et al). 1993. Nitrate limitation of N₂O production and denitrification from tropical pasture and rain forest soils. *Biogeochemistry* 22 : 179-193.
- Krebs J.E. (1975). A comparison of soils under agriculture and forests in San Carlos, Costa Rica pp.381-390. En: F.B.Golley and E.Medina (eds). *Tropical Ecological Systems - Trends in Terrestrial and Aquatic Research*. Springer-Verlag, New York. 398 p.
- Lal, R. 1987. *Tropical ecology and physical edaphology*. John Wiley&Sons. Chichister. Great Britain.

- Lavelle P. y B. Pashanasni. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia* 33 : 283-291.

- Linares D., Julio C. 1992. *Evaluación de los cambios producidos en algunas propiedades del suelo por efectos del aprovechamiento forestal en cuatro rodales de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo. Estado Barinas. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida*

- Lugo, Ariel E. 1988. Uso de las zonas boscosas de América Tropical. *Interciencia* 13 (6) : 288 - 295.

- Lugo et al. 1986. Land use and organic carbon content of some tropical land clearing. *Global Biogeochem. Cycles* 3 : 281 - 285.

- Luizao F., Matson P., Livingston G., Luizao R. & Vitousek P. (1989). Nitrous oxide flux following tropical land clearing. *Global Biogeochem. Cycles* 3 : 281-285.

- Malagón Castro, Dimas. 1976. *Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2da. ed. Bogotá*

- Marquez M., Víctor A. 1989. *Apuntes sobre análisis multivariante. ULA. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Instituto de Estadística Aplicada y Computación. Mérida*

- Marques, José; L.C. B. Molion y Eneas Salati. 1978. Orígem e distribucáo das cvhuvas na Amazonia. *Interciencia* 3 (4) : 200 - 205.

- McNaughton S.J. 1993. Grasses and grazers, science and management. *Ecological Applications* 3 (1) : 17 - 20.

- Matteucci, Silvia y Aída Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación. OEA. Washington.*

- Molinillo, Marcelo Fernando. 1992. *Pastoreo en ecosistemas de páramo: estrategias culturales e impacto sobre la vegetación en la cordillera de Mérida*. ULA. Facultad de Ciencias. Postgrado en Ecología Tropical. Mérida.
- Monasterio M., G. Sarmiento y O.T. Solbrig. 1987. *Comparative studies on tropical mountain ecosystems*. Planning for research. Unesco MAB. Special issue-12.
- Monasterio M., G. Sarmiento y J. Silva. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales. III El Sur del Estado Barinas. *Acta Científica Venezolana* 22 : 153 - 169.
- Moran, Emilio F. 1993. Deforestation and land use in the Brazilian Amazon. *Human Ecology* 21 (1) : 1-21.
- Moreno O., Camilo. 1992. *Fundamentos de geomorfología*. Trillas . UAAAN. México.
- Mosquera L., Libardo. 1985. *Examen y descripción de los suelos en el campo*. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección agrológica. Bogotá.
- Murgueitio, E. 1990. Intensive sustainable livestock production: alternative to tropical deforestation. *Ambio* 19 (8) : 397-399.
- Myers R.J. y G.B. Robbins. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics 5. Maintaining productive sown grass pastures. *Tropical Grasslands* 25 : 104-110.
- Myers N. (1991). Tropical forests: present status and future outlook. *Climatic Change* 19 : 3-32.
- Nepstad Daniel C., Christopher Uhl y Emanuel Serrao. 1991. Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio* 20 (6) : 248-255.
- Nobre C.; J. Shukla y P. Sellers. 1990. Amazon deforestation and climate change. *Science* 47 : 1322 - 1325.

- Norero, Aldo. 1975. *Lecciones de física de suelos*. CIDIAT. Mérida.
- Ohta, Seiichi 1990. Influence of deforestation on the soils of the Pantabangan Area, Central Luzon, the Philippines. *Soil Science and Plant Nutrition* 36 (4) : 561-573.
- Paul, E. A. 1984. Dynamics of matter in soils. *Plant and Soil* 76 : 275 - 285.
- Paul, Eldor Alvin y F.E. Clark. 1988. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press: San Diego. USA.
- Pernía E. 1993. *Caracterización de la vegetación de la Reserva Forestal de Caparo a través de imágenes TM de Landsat*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Pla Sentis, Ildefonso. 1970. *Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales*. UCV. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología. Maracay.
- *Plan de manejo para Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*: Contrato PROG. 74-007. 1976. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios de Postgrado. Mérida.
- Pulido Pereira H. 1968. *Algunos tipos de vegetación en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Reiners, W.A. (et al.). 1994. Tropical rain forest conversion to pasture: changes in vegetation and soil properties. *Ecological Applications* 4 (2) : 363-377.
- Risse Paul G. 1993. Making ecological information practical for resource managers. *Ecological Applications* 3(1) : 37 - 38.
- Rittenhouse L.R. y M.J. Trlica. 1993. Grazing and plant performance. *Ecological Applications* 3 (1) : 21 - 23.

- Robertson G.P. 1984. Nitrification and nitrogen mineralization in a lowland rainforest succession in Costa Rica, Central America. *Oecologia* 61 : 99-104.
- Robertson G.P. y J.M. Tiedje. 1988. Deforestation alters denitrification in a lowland tropical rain forest. *Nature* 336 (22, 29) : 756 -759.
- Rodgers W.A. 1990. Livestock feeding ecology in forest lands: methodologies and initial results. *Tropical Ecology* 31 (2) : 50-58.
- Rojas López, José J. 1987. *La colonización agraria de las reservas forestales: los casos de Ticoporo y Caparo*. ULA. Departamento de Geografía Humana. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Rosales S., Víctor M. 1982. *Clasificación de sitios para teca en plantaciones de la Reserva Forestal de Caparo, en base a criterios edáficos*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida.
- Sánchez et al. 1982. Permanent plots for agriculture and forestry. Continuous cropping with fertilizers. En *Amazonian rain forests: ecosystem disturbance and recovery: case studies of dynamics under a spectrum of land-use intensities*. Springer-Verlag. New York.
- Sarmiento, G., M.Monasterio y J.Silva. 1971. Reconocimiento ecológico de los llanos occidentales. I Las unidades ecológicas regionales. *Acta Científica Venezolana* 22 : 52 -61.
- Serrao E.A.S. y J.M. Toledo. 1990. La búsqueda de la sustentabilidad en pasturas amazónicas. En *Alternativas a la deforestación*. Coordinado por Anthony Anderson. Fundación Natura. Quito.
- Serrao, E. A. S. y A. K. Oyama Homma. 1982. *Recuperacao e melhoramento de pastagens cultivadas em área de floresta amazônica*. EMBRAPA. CPATU. Belem, Para

- Singh J.S., Raghubanshi A.S., Singh R.S., Srivastava S.C. (1989). Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature* (London) 338 : 499-500.
- Silva J., M. Monasterio y G. Sarmiento. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales. II El Norte del Estado Barinas. *Acta Científica Venezolana* 22 : 61 - 72.
- Sing J.S. y S.C. Srivastava .1991. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-uses and nutrien flux. *Soil Biology and Biochemistry* 23 (2) : 117-124.
- Sioli, Harald. 1988. Introducao ao Simposio "Amazonia: desflorestamento e possiveis efeitos. *Interciencia* 14 (6) : 286 - 290.
- Sioli, Harald. 1991. Introduction to the Symposium: Amazonia-deforestation and possible effects. *Forest Ecology and Management* 38 : 123-132.
- Snaydon, R. W. 1987. *Managed grasslands : analytical studies*. Amsterdam : Elsevier. (Ecosystems of the World ; 17 B)
- Sparling, G.P. (et al.). 1994. A comparison of soil and microbial carbon, nitrogen, and phosphorus contents, and macro-aggregate stability of a soil under native forest and after clearance for pastures and plantation forest. *Biology and Fertility of Soils* 17 (2) : 91-100.
- Sparling G.P., Shepherd T.G., Kettles H.A. 1992. Changes in soil organic C, microbial C and aggregate stability under continuous maize and cereal cropping, and after restoration to pasture in soil from the Manawatu region, New Zealand. *Soil Tillage Res.* 24 : 225 - 241.
- Suarez, Arlene. 1991. *Análisis de cinco tipos de comunidades presentes en la pica 8 auxiliar de la Reserva Forestal de Caparo mediante métodos multivariantes*. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios de Postgrado. ULA. Mérida
- Teitzel, J.K. 1992. Sustainable pasture systems in the humid tropics of Queensland. *Tropical Grasslands* 26 : 196-205.

- Toledo, Víctor M. 1990. Bio-economics costs. En *Development or destruction: the conversion of tropical forest to pasture in Latin America*. Edited by T. E. Downing et al. US Man and The Biosphere Program.
- Torres A. 1974. *Ensayo de especies en la Unidad I de Caparo*. Tesis Magister. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida.
- Torres L., Armando. 1993. *Informe del primer taller para la conservación de la biodiversidad en la Reserva Forestal de Caparo*. Cuaderno Comodato ULA-MARNR. No. 21. Mérida.
- Tudela, Fernando. 1990. *Desarrollo y medio ambiente en América Latina y el Caribe. Una visión evolutiva*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.
- ULA-CDCH. 1976. Folster Horst y Wilfredo Franco. *Variaciones en la dinámica del agua en el suelo y su influencia sobre la vegetación boscosa y su periodicidad*. Informe de avance. Proyecto FO-36-76. Mérida.
- ULA-CORPOANDES. 1973. *Programa de investigación forestal con fines de manejo en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. CORPOANDES. Mérida.
- Van Veen J.A. y Van Elsas J.D. 1986. Impact of soil structure on the activity and dynamics of the soil microbial population. En *Perspectives in microbial ecology. Proceeding of the fourth international Symposium on microbial ecology* (F. Megusar and M. Gantar, eds.), pp 481-488. Malinska knjiga. Ljubljana.
- Vega Pulido, G. 1967. *Análisis estructural y de regeneración de dos hectáreas de la formación banco en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. Tesis Ing. Forestal. ULA. Mérida.
- Veldkamp E. 1994 Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Science Society of America Journal* 58 : 175-180.

- Vera M., Mauricio. 1990. *El cambio de uso de tierra y su efecto sobre las propiedades de los suelos en ambientes de selvas nubladas*. ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales. Mérida.
- Vila, M.A. 1963. *Aspectos geográficos del Estado Barinas*. Corporación Venezolana de Fomento. Caracas.
- Vincent, Larry. 1970. *Estudio sobre la tipificación del bosque con fines de manejo en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios de Postgrado. ULA. Mérida.
- Vitousek Peter M. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* 65 (1) : 285 - 298.
- Vitousek Peter M. y P. A. Matson. 1988. Nitrogen transformations in a range of tropical forest soils. *Soil Biology and Biogeochemistry* 20 (3) : 361 - 367.
- Vitousek P. y R.L. Sanford Jr. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17 : 137 - 167.
- Vitousek P.M. y Matson P.A. (1984). Mechanisms of nitrogen retention in forest ecosystems: a field experiment. *Science* 225: 51-52.
- Westin, F. 1987. *Los principales suelos de Venezuela*. FAO. Roma .
- White C.S. y Gosz J.R. (1987). Factors controlling nitrogen mineralization and nitrification in forest ecosystems in New Mexico. *Biology and Fertility of Soils* 5 : 195-202.
- Yépez de Rosales, Miriam. 1989. *Censo de ocupantes de la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo*. CORPOANDES. Mérida.