

**República de Venezuela
Universidad de los Andes
División de Estudios de Post-Grado
Doctorado de Ecología Tropical**

**Influencia de Algunas Prácticas
de manejo sobre la Fertilidad de
las Sabanas**

Tesis para optar al Título de Doctor

Haydee Gallardo de Maldonado

Mérida: 1991

**Influencia de Algunas Prácticas
de manejo sobre la Fertilidad de
las Sabanas**

**Presentado a la División de
Estudios de Post-grado, de la
Universidad de Los Andes,
para optar al Título de Doctor
en Ecología Tropical**

Haydee Gallardo de Maldonado

**Tutor:
Dr. Guillermo Sarmiento**

INDICE GENERAL

CAPITULOS	PAGINA
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	6
1- Objetivo general	6
2- Objetivos específicos	6
III ASPECTOS TEORICOS	7
1- Consideraciones generales	7
2- El Proceso de Descomposición y el ciclaje de nutrientes.....	11
3- Métodos para el estudio de la Descomposición ...	18
IV ANTECEDENTES	27
1- Investigaciones Experimentales	28
a- En Sistemas Herbáceos	28
b- En Sistemas Boscosos	54
2- Investigaciones Documentales	69
V DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	79
1- Ubicación	79
2- Clima	79
a- Precipitación	81
b- Temperatura y radiación solar	83
c- Evaporación y humedad relativa	87
d- Viento	90
3- Geología y suelo	94
4- Vegetación	101
VI METODOLOGIA	103
1- Diseño Experimental	103
2- Medición de la Descomposición	106
a- Trabajo en el campo	106
b- Trabajo en el laboratorio	109
3- Medición de la Amonificación - Nitrificación - Mineralización	112
a- Trabajo en el campo	112
b- Trabajo en el laboratorio	113
4- Medición de la Respiración Edáfica	116
5- Tratamiento estadístico	117

VII	PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS	120
	1- Descomposición a lo largo del año	120
	a- Porciones aéreas	120
	a.a- Comparación con los valores en otros ecosistemas	144
	b- Porciones Subterráneas	150
	b.a- Efectos del corte	160
	b.b- Efectos de la fertilización	166
	b.c- Comparación con otros valores	170
	2- Descomposición en la fase rápida	173
	3- Dinámica de los Elementos Químicos	177
	a- Porciones Aéreas	178
	b- Porciones Subterráneas	206
	c- Comparación con otros Ecosistemas	242
	4- Amonificación - Nitrificación - Mineralización .	268
	a- Concentraciones iniciales de amonio y nitrato	269
	b- Concentraciones finales de amonio y nitrato..	273
	c- Amonificación neta - Nitrificación neta - Mineralización neta	273
	d- Comparación con otros ecosistemas	280
	5- Respiración Edáfica	295
	a- Presentación e interpretación de los resultados	295
	b- Comparación con otras investigaciones	299
VIII	CONCLUSIONES	309
IX	BIBLIOGRAFIA	322
X	TABLAS	331
XI	ANEXOS	350

RESUMEN

En una Sabana del Jardín Botánico de la UNELLEZ, se estudió la descomposición de partes aéreas y subterráneas de *Panicum maximum*, en seis parcelas sometidas a diferentes tratamientos: cortes cada 30 ó 60 días, con fertilización o sin ella, a fin de establecer la influencia de esas prácticas sobre la fertilidad. Se midió con el método "bolsas de malla", las cuales se extraían cada 1 o 2 meses determinándose el peso seco y el contenido de N, P, K, Ca y Mg del material restante. Para corroborar el efecto del corte se determinó en el suelo, las concentraciones iniciales y finales de NO_3 y NH_4 , amonificación y nitrificación en los días próximos, con incubaciones in situ. Además, la respiración edáfica empleando NaOH sólido como fijador. La Descomposición en aéreas mostró pocas distinciones en su patrón en las seis parcelas: Una fase rápida en las primeras semanas, otra de menor intensidad hasta Septiembre u Octubre y fluctuaciones muy pequeñas después, coincidiendo las dos primeras con la estación lluviosa y la tercera con la seca. Además registró diferencias en las magnitudes, siendo mayor en las parcelas cortadas. El patrón en las porciones subterráneas presentó escasas diferencias en B1 - B2 - C1 - C2 donde ocurrió un ascenso inicial, la fase de declinación con intensidades variables y a veces pequeños incrementos. En A1 - A2, presentó fluctuaciones marcadas que ponen en evidencia las consecuencias del corte. Como en las aéreas, la intensidad es mayor en A1 - A2 y menor en C1 - C2 presentándose al final: 46-44-65 y 66,5% del material inicial. En las partes aéreas, el N y K declinan los primeros meses y luego permanecen casi constantes, el Mg se incrementó primero, declinó por 2-4 meses y se estabilizó; el Ca en B1-B2 sufrió un ascenso inicial, luego descendió; en las otras desciende de una vez; el P tuvo comportamiento diferente en A2-C2 y el resto ya que registró ascensos, descensos y fases de estabilización. Los macroelementos tienen patrón estacional: períodos de declinación en la época lluviosa y de inmovilización en la seca. En las porciones subterráneas, el patrón del N fue similar en B2-C1, diferente en el resto, sólo en común el incremento inicial, la fase de declinación y los 2 o 3 picos.. El Ca reportó escasas distinciones entre las parcelas, registrándose una fase de deflexión y picos que difieren en número y mes de ocurrencia. El Mg presentó patrón parecido en C1-C2-A2-B2 con fluctuaciones y pocas fases de estabilización. El P no siguió el mismo patrón, sólo semejanzas en la declinación inicial y los picos. El K registró patrón similar en A1-C1 y con el resto lo común es el aumento inicial, la fase de deflexión y los picos. El orden de las concentraciones fue:

Mg > K > N > Ca > P. Las fases de deflexión son atribuibles al lavado y/o catabolismo, los incrementos a la mayor captura por organismos y la estabilización a la incorporación a los tejidos. Las concentraciones de NH_4 y NO_3 en el suelo antes del corte eran parecidas, uno o dos días después son mayores las de NH_4 , luego las de NO_3 . Las concentraciones finales de NH_4 no se detectaron en la mayoría de las observaciones, la amonificación es escasa al alejarse del corte. La nitrificación fue positiva y ascendió después del corte. Los valores más altos de respiración edáfica (569 mg de $\text{CO}_2/\text{m}^2 \text{ h}$) se observaron el día siguiente al corte, luego descendieron poniendo de manifiesto el incremento de la actividad saprófaga en las cercanías al tratamiento. El aumento en las cantidades liberadas de N, P, K, Ca y Mg, los cambios en el patrón de descomposición de las porciones subterráneas, el incremento de las concentraciones de NH_4 , NO_3 y la respiración edáfica permiten concluir que el corte cada 30 días es más recomendable. No obstante, esa liberación de nutrientes debe estar coordinada con el crecimiento activo de las plantas para aminorar las pérdidas. Sólo en las observaciones iniciales se detectaron efectos positivos del fertilizante químico, lo que no justifica la inversión y si agregamos, el aumento de los costos y los problemas ecológicos causados por su uso, no quedan dudas sobre la conveniencia de seleccionar el corte para el manejo de las sabanas, teniendo como gran objetivo incrementar la fertilidad.

I. INTRODUCCION

El hombre depende del suelo, el nivel de vida humano está determinado frecuentemente por la calidad del suelo, así como por la clase y calidad de las plantas y animales que viven sobre él. Las grandes civilizaciones se mantienen opulentas mientras cultivan adecuadamente sus suelos. Es fundamental entonces aplicar técnicas apropiadas que permitan conservar o mejorar el recurso suelo.

Por otra parte, el crecimiento de la población humana en estos últimos años exige aumentar la producción de alimentos y obliga a un uso intensivo del mencionado recurso.

En el caso particular de Venezuela a ese uso intensivo, se agrega que un porcentaje de nuestro territorio presenta graves macroproblemas: Baja fertilidad, PH ácido, régimen pluvial dividido en dos periodos contrastantes "invierno" y "verano" con situaciones de exceso o déficit hídrico, además de que el empleo de técnicas empíricas de manejo ha conducido al sobrepastoreo, infrapastoreo, tamaño inadecuado de potreros, rebaños no seleccionados y poco productivos.

Enormes esfuerzos se han realizado para solventarlos, sin lograr resultados satisfactorios. La baja fertilidad se ha combatido con el uso de fertilizantes químicos,

incrementando los costos económicos y pudiendo causar graves problemas ecológicos como la contaminación y degradación del suelo.

En países cuya agricultura utiliza fuertes insumos de agroquímicos, el incremento en el uso de fertilizantes inorgánicos ha traído el lavado de nitratos hacia ríos y lagos ocasionando una eutroficación cultural. El incremento de los nitratos aumentó el óxido de nitrógeno en la atmósfera, interfiriendo con la estabilidad de la capa de ozono.

Por otra parte, en los últimos años, el costo de los fertilizantes inorgánicos se ha incrementado y desarrollos agrícolas se han visto en la necesidad de suspenderlos o disminuirlos, bajándose por consiguiente la producción y la productividad.

El aumento de precio del fertilizante y la necesidad de aumentar la producción de alimentos mantendrá una demanda para sostener o incrementar la fertilidad natural del suelo.

De acuerdo a lo expuesto, es necesario buscar otras alternativas para lograr un manejo adecuado basado en el conocimiento de los procesos que ocurren en el suelo. Uno de esos procesos, la descomposición de la materia orgánica, constituye el objeto de este trabajo. En particular analizaremos procesos relacionados con la mineralización y

el ciclaje de nutrientes en una sabana tropical sometida a diferentes condiciones de pastoreo simulado.

Debíamos añadir que hay un programa Internacional de la UNESCO (1986) el cual trata de analizar las interrelaciones entre los procesos biológicos y la fertilidad del suelo; su objetivo principal es determinar el manejo óptimo para aumentar la fertilidad de los suelos tropicales a través de la manipulación de procesos biológicos. Dicho programa reconoce que los niveles de entendimiento actual de cómo los procesos biológicos contribuyen a la fertilidad del suelo son inadecuados y requieren ser investigados más detenidamente.

Por consiguiente, podemos afirmar que este tipo de investigación se justifica, ya que aportaría datos que podrán ser utilizados para conservar o incrementar la fertilidad y en consecuencia, la productividad de las sabanas neotropicales.

Con este trabajo se pretende cuantificar la descomposición y observar los efectos de algunas prácticas de manejo (pastoreo simulado y fertilización) sobre dicho proceso.

El estudio se adelantó en una sabana estacional que no ha sido cultivada, por lo tanto sus especies se han establecido naturalmente y están en equilibrio en el manejo

actual.

Se establecieron parcelas sometidas a diferentes tratamientos de corte cada 30 días, cada 60 días y testigo sin corte; además la mitad de las parcelas fueron fertilizadas. En cada parcela se midió la descomposición aérea y subterránea utilizando el método de "bolsitas de malla", determinando las variaciones en los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Además, se estudió la nitrificación, incubando muestras en diferentes fechas y la respiración edáfica usando hidróxido de sodio en bolitas (Croper y Col 1.985).

Se postula que en la sabana, el corte modifica la descomposición de las porciones subterráneas, que en este sistema son más importantes para el reciclaje de nutrientes que las porciones aéreas, ya que estas últimas son exportadas. La idea es que el corte puede optimizar el reciclado aumentando así la fertilidad natural del ecosistema, pues induce la mortalidad de las raíces, lo que incrementa la descomposición y la respiración edáfica.

II. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Analizar la influencia del uso (frecuencia de corte y fertilización) sobre la descomposición y por lo tanto, sobre el ciclaje de nutrientes en una sabana estacional.

2. Objetivos específicos

- 1- Cuantificar, mediante el método de las bolsitas de nylon, los cambios en el peso seco de la biomasa aérea y subterránea confinada en dichas bolsas y sometida a diferentes tratamientos.
- 2- Determinar la influencia de algunos elementos climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación) sobre la descomposición de la materia vegetal.
- 3- Medir las variaciones en el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio del material vegetal aéreo y subterráneo confinado en las bolsitas.
- 4- Seguir los cambios de la amonificación y nitrificación inducidos por el corte.
- 5- Evaluar los cambios en la respiración edáfica en varias fechas después del corte.

III. ASPECTOS TEORICOS

1- Consideraciones generales

Los ecosistemas pueden ser conocidos como una de las unidades de la organización biológica (Célula, tejido, organismo, población); están caracterizados por la integración de diversas comunidades de organismos dentro de un medio físico y su funcionamiento ocurre en tres subsistemas: productores, consumidores y descomponedores. Su integridad es mantenida por la transferencia de materia y energía entre esos tres componentes.

Las plantas fijan la energía solar, son junto con algunos microorganismos autótrofos, las únicas capaces de elaborar compuestos orgánicos a partir de CO_2 . La ganancia de energía y materia por las plantas (producción primaria neta) puede ser distribuida en tres caminos:

- a- Es almacenada en tejidos perennes y contribuye al crecimiento neto o incremento de biomasa.
- b- Una parte es consumida por los herbívoros.
- c- Pasa a la hojarasca y a la necromasa subterránea entrando al subsistema de descomposición. Las heces y esqueletos de consumidores también contribuyen a las entradas hacia la descomposición. Aproximadamente 80% de la biomasa pasa directamente a dicho subsistema, en tanto que una porción generalmente mucho más baja pasa a través de la

pirámide: Productor → Consumidor primario → Consumidor secundario.

En consecuencia, la descomposición es un proceso ecológico tan clave como la producción primaria. La descomposición, según Swift y Col (1.979) resulta de un cambio del estado de los recursos bajo la influencia de factores bióticos y abióticos; a través de una serie de cambios físicos y químicos que pueden atribuirse al efecto de tres procesos: lixiviación, catabolismo y cominución.

El lavado o lixiviación es un proceso abiótico en el cual la materia soluble es removida del recurso por la acción del agua; causa pérdidas de peso y cambios en la composición química.

Catabolismo es el término bioquímico que describe las reacciones enzimáticas con liberación de energía que conducen a la transformación de un compuesto orgánico complejo en moléculas más simples cambiando así la composición química del material en descomposición.

Cominución es la reducción en el tamaño de las partículas de los recursos orgánicos, ocasionada especialmente por la fauna del suelo. Difiere del catabolismo porque es un proceso físico sin mayores transformaciones químicas. No obstante, durante el pasaje

a través del sistema digestivo, la cominución es acompañada por cambios catabólicos y los residuos de ambos procesos son excretados como heces, con tamaño más pequeño y composición química diferente a la del material ingerido.

En la práctica, los tres procesos actúan simultáneamente sobre el recurso y puede ser imposible distinguir los tres efectos. Por ejemplo, la actividad metabólica puede ablandar el material vegetal y hacerlo más accesible para la cominución; la reducción en el tamaño de las partículas puede beneficiar o mejorar el acceso de las enzimas catabólicas e incrementar la facilidad con que los compuestos solubles pueden ser lavados.

En el subsistema Descomposición, el detritus es degradado por los organismos descomponedores (bacterias, hongos, actinomicetos y fauna del suelo principalmente), cuando estos mueren sus restos entran al compartimiento detritus, siendo atacados por otros descomponedores. Este ciclo es un principio importante en el proceso de Descomposición.

El Subsistema Descomposición realiza dos funciones principales en el ecosistema: la mineralización de los elementos esenciales y la formación de la materia orgánica del suelo (humificación). La mineralización es la conversión de un elemento de una forma orgánica a una inorgánica liberando los nutrientes que podrán ser

utilizados de nuevo en la producción primaria. El mantenimiento de la producción primaria dependerá de la disponibilidad de esos nutrientes; por lo tanto la liberación y flujo de ellos debe estar sincronizada con los procesos de absorción por la vegetación. El flujo de nutrientes es relativamente simple pero su velocidad es difícil de predecir porque pueden influir factores que lo limitan; sin embargo, el proceso se puede manipular para aumentar la fertilidad.

Por otra parte, dicho flujo debe corresponderse con la demanda de las plantas para que no haya muchas pérdidas; en un sistema natural hay concordancia entre la liberación y el uso, normalmente hay pocas pérdidas o no hay, en cambio en el ecosistema cultivado puede haber déficit en un momento y pérdidas en otro. El equilibrio se mantiene también por la inmovilización de los nutrientes al ser incorporados o mantenidos en forma orgánica cuando son capturados por las raíces, cuando los descomponedores los toman o cuando entran a formar parte del humus: mezcla de moléculas polímeras complejas sintetizadas durante el proceso de descomposición.

El balance entre la producción primaria y la descomposición determina la cantidad de materia orgánica acumulada en el ecosistema. El turnover de la materia orgánica y su distribución son determinantes en la estructura del ecosistema y junto con el ciclaje de nutrien-

tes representan aspectos importantes de la dinámica interna del ecosistema (Swift y col 1.979).

2.- El proceso de descomposición y el ciclaje de nutrientes.

El origen de la mayoría de los nutrientes es la litósfera, donde se encuentran en forma inaccesibles para los organismos vivos, pudiendo ser considerada como una reserva mineral separada del pool biológico. Otros elementos como el carbono y el nitrógeno tienen reservas gaseosas en la atmósfera. Por consiguiente, los nutrientes pueden encontrarse en forma orgánica, molecular o iónica, inorgánica o mineral. Los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas de la solución del suelo, la que generalmente sólo representa una fracción del pool inorgánico total, el cual en su mayoría es insoluble o está absorbido a las superficies sólidas siendo una parte accesible y en equilibrio con la solución del suelo (C.L.C.), otra inaccesible para las plantas. En consecuencia, el factor clave en la disponibilidad de nutrientes no es el tamaño del pool sino la tasa a la cual puede ser reemplazado en la solución del suelo.

La solución del suelo es altamente dinámica y sujeta a una variedad de entradas o salidas. Dichas entradas o salidas predominarán en diferentes condiciones; por ejemplo, durante una estación de alta productividad la captura por

las plantas puede disminuir el tamaño del pool pero este será reemplazado durante el periodo en que dominan la degradación y mineralización.

El tiempo de duración del proceso de descomposición es difícil de predecir, varios factores lo afectan: la forma molecular de la fuente de nutrientes, la tasa de cambio de un nutriente con respecto a otros, etc. Durante la desaparición de nutrientes particulares puede haber periodos de inmovilización neta y de liberación neta; un ejemplo de una pastura bajo condiciones de laboratorio es presentado por Floate (1970) quien observa que al avanzar el proceso de descomposición, el carbono fue progresivamente perdiéndose, pero los factores de mineralización del fósforo y nitrógeno fueron diferentes, encontrándose que el fósforo muestra inicialmente una inmovilización neta pero después de seis semanas la mineralización excedió a la inmovilización; en cambio, un incremento neto en el nitrógeno mineral fue observado con una baja relación C/N inicial.

Según Swift y Col (1981) la tasa de descomposición es también regulada por otras variables: el medio fisico-químico y la calidad del recurso. El medio fisico-químico influye en los tres procesos (lixiviación-catabolismo-comminución); la cantidad de agua disponible y la temperatura tienen una influencia fundamental; la primera es esencial para mantener activo el proceso de la descomposi-

ción. Por otro lado, la composición de los gases, el pH, la naturaleza física y química del suelo afectan la actividad de los organismos descomponedores.

El medio físico-químico es conveniente subdividirlo en climático y edáfico; los factores físicos pueden intervenir directamente en la descomposición como un regulador de la actividad biológica; varios ejemplos confirman lo expuesto: la tasa de lavado está relacionada con la extensión e intensidad de las lluvias; la cominución está relacionada con la temperatura y los cambios de humedad.

El patrón y la tasa de descomposición están determinados también por aspectos de la composición química y física del recurso, lo que se conoce como calidad del recurso. En este aspecto, la presencia de componentes químicos como polifenoles puede estimular o inhibir la actividad microbiana; es decir, la composición del sustrato puede imponer un efecto selectivo sobre la composición de la comunidad de descomponedores.

Algunos autores opinan que la calidad de un recurso reside en su composición química (por ejemplo si tiene lignina tendrá una calidad más baja que si tiene celulosa); otros le agregan la accesibilidad, clasificándolos en :

- De accesibilidad directa, si la explotación es sin adaptaciones (ej. un protozoario que come bacterias sin

problemas).

- De accesibilidad mediana, si necesita adaptaciones específicas (ej. las aves que suben los moluscos y los dejan caer para que se ablanden).
- De accesibilidad difícil, la explotación sólo puede hacerse a través de la synergia; en este caso, la accesibilidad es muy baja, ya que se necesitan procesos especiales para la explotación (ej. los termites para descomponer la madera).

Según Swift y Col (1979) es conveniente clasificar los recursos en:

Primarios: raíces, tallos, hojas y estructuras reproductivas.

Secundarios: músculos, polvo de hueso, células microbianas.

Cada categoría puede subdividirse según la especie que le dio origen, ya que entre uno y otra cambia la composición química y el tamaño.

Bunnell y Scoullar (1975) plantean que en el Subsistema Descomposición hay cuatro tipos de recursos: hojarasca-raíces vivas o muertas - materia orgánica - materias hidrosolubles del suelo. Detallaremos cada una:

La hojarasca: Su cantidad cambia con el lugar y el tiempo; donde la descomposición sea lenta habrá mayor acumulación y

la distribución aparecerá más continua, aunque al estudiar con detalle se observa heterogeneidad debido a las diferencias causadas por los árboles, la topografía, etc. En el bosque tropical cálido, la hojarasca se renueva regularmente y el aporte puede o no ser continuo; en las sabanas la situación depende también del fuego.

La calidad de la hojarasca es un punto clave, ella depende de la proporción de carbohidratos, hidrosolubles, polifenoles (terpenos) y lignina. Los dos primeros son energéticos, los polifenoles pueden cambiar la descomposición y se llaman modificadores; por lo tanto, los sustratos que tienen mayor valor serán los que contengan más carbohidratos e hidrosolubles; estos se descompondrán más rápido y aportarán más nutrientes. Por otro lado, los que tienen mucha lignina y pocos polifenoles se descompondrán muy lentamente y los que poseen muchos carbohidratos y modificadores debían tener valor nutritivo alto pero los modificadores les disminuyen dicho valor.

Las raíces: Pueden formar biomásas importantes, en los medios herbáceos pueden alcanzar más de 20-30 ton/ha; en las sabanas, la parte aérea es consumida por los herbívoros o eliminada por las quemadas, quedando sólo la parte subterránea, como materia vegetal que puede reciclarse. Además, en este ecosistema la relación biomasa subterránea/aérea es alta (Sarmiento, 1984) constituyendo la

descomposición de las raíces el aporte de nutrientes mas importante.

La biomasa de las raíces es muy variable, se distinguen dos tipos de raíces: finas con diámetro inferior a dos mm y gruesas con diámetro superior a dos mm. Las primeras, viven de una semana a algunos meses y tienen tiempo de renovación muy corto; las segundas pueden durar toda la vida de la planta. Al igual que la hojarasca, aparecen con una distribución temporal y espacial, siendo necesario hacer determinaciones de su biomasa a lo largo del año. En una sabana, el comportamiento es irregular, dependiendo entre otras cosas del fuego y del agua en el suelo. Su accesibilidad o calidad es más baja que la de la hojarasca, pero al avanzar los estudios se puede llegar a determinar que tiene mayor valor nutritivo.

La materia orgánica: Por mucho tiempo se consideró homogénea, ahora se sabe que funcionalmente se deben considerar distintas fracciones: Hidrosolubles; $>F2000$ u; $>F200$ u; $>F50$ u y la organomineral. A medida que la materia orgánica va evolucionando, el grado de división será más importante y tendrá más protección físico-química. Sus cantidades son muy variables influyendo el clima, el tipo de arcilla y otros factores edáficos.

Sustancias hidrosolubles: Hay tres tipos en el suelo, los

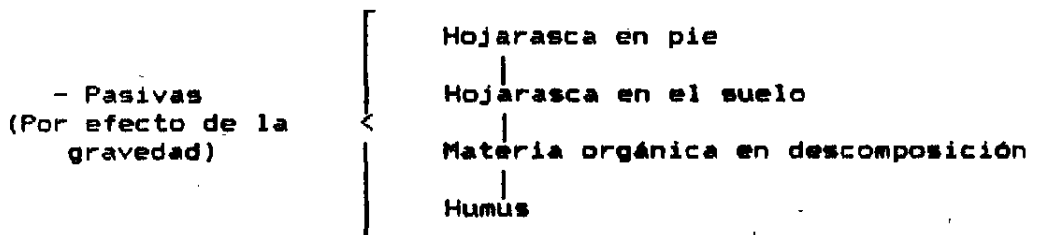
lixiviados de hojarasca (ejemplo: carbohidratos que entran al suelo directamente), los exudados de las raíces y el moco de las lombrices de tierra.

Analizando lo antes expuesto, es posible distinguir cuatro entradas principales al subsistema Descomposición:

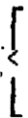
- Materiales orgánicos lavados o extraídos de otros sistemas.
- Lavado de la cobertura vegetal, incluyendo la exudación de las raíces.
- Los esqueletos y heces de los herbívoros, carnívoros y descomponedores.
- El mantillo caído que constituye el retorno más directo.

Por el contrario, hay sólo una salida mayor: la conversión de nutriente orgánico a forma inorgánica, proceso que ya se explicó y que recibe el nombre de mineralización. Aunque según los ecosistemas puede haber también pérdidas por lavado o volatilización.

En consecuencia, las transferencias de nutrientes explicadas anteriormente se pueden resumir en :



- Activas



Por efecto de los invertebrados del suelo

Por consiguiente, sobre un recurso que va a descomponerse actúan factores ambientales (por ejemplo, el agua), microorganismos y macroorganismos. Todo el funcionamiento del suelo se lleva a cabo a través de esos procesos, algunos poco conocidos, siendo de urgencia estudiarlos para poder planificar un eficiente manejo de la sabana o de cualquier otro ecosistema.

3- Métodos para el estudio de la Descomposición

Los métodos son variados y su selección dependerá del objetivo de la investigación, el nivel del detalle requerido y los recursos disponibles; sin embargo, a menudo es conveniente una combinación de métodos.

Swift y Col (1979) clasifican los métodos en la forma siguiente:

A- Métodos para determinar la entrada de materiales al Sub-sistema.

B- Medición de la descomposición

B.1 Pérdidas de peso de mantillo no confinado.

B.2 Pérdidas de peso de mantillo confinado.

B.3 Descomposición del mantillo leñoso.

B.4 Descomposición de sustratos específicos.

C- Radioisótopos.

D- Respiración.

E- Actividad enzimática.

F- Mineralización de nutrientes.

G- Poblaciones de organismos del suelo.

A- Entradas de materiales al subsistema descomposición

Entrada al compartimiento necromasa en pie. Estas entradas pueden ser estimadas por los cambios de la necromasa en pie cuando la mortalidad ocurre en un período particular del año; en cambio, si las entradas son continuas a lo largo del año, deben calcularse las tasas de mortalidad y el tiempo de residencia de la materia muerta en pie.

Entrada al compartimiento mantillo. Para los leñosos se usan varios métodos para medir el mantillo que cae: Trampas de bolsas, cajones o bandejas, embudos plásticos. Las bandejas sobre la superficie del suelo se usan para medir el mantillo que cae, pero la actividad animal, el drenaje y el viento pueden causar problemas.

En herbáceos, las hojas y tallos pueden permanecer muertos en pie varios años. Los cambios de biomasa viva o muerta pueden proveer un estimado de las entradas al mantillo.

Raíces. La cosecha de las raíces en muestreo de suelo se utiliza para estimar las entradas, pero las técnicas son laboriosas y la tasa y distribución de entradas de raíces muertas es difícil de calcular, aún con técnicas de coloración. También pueden usarse las observaciones de raíces en cámaras, sobre todo para raíces pequeñas.

B- Medición de la Descomposición.

B.1. Pérdidas de peso del mantillo no confinado.

La tasa de desaparición del mantillo no confinado puede ser estimada de la entrada total anual de mantillo (I) y la cantidad total del mantillo acumulado en la superficie del suelo (X). El cálculo de la constante de descomposición instantánea (K) depende de asumir que se mantiene un estado de equilibrio entre la entrada y la descomposición, se calcula por la siguiente ecuación:

$$K = I / X$$

Pero esa condición de equilibrio es rara, K no es constante pero permite una comparación del proceso de descomposición en diferentes ecosistemas. También se puede calcular la variación estacional de K con las mediciones instantáneas de la descomposición y el turnover de la materia orgánica, la cosecha en pie y la materia orgánica del suelo son medidas en intervalos, las tasas de

descomposición calculadas de los cambios de la cosecha en pie. Este método tiene un error por la diferenciación en clases de edades del mantillo.

B.2. Pérdidas de peso de mantillo confinado: Se pueden determinar las pérdidas de peso del mantillo y los cambios químicos colocando las muestras en bolsas de polietileno, cajas cubiertas con malla, tubos de polietileno o vidrio, según sea el tipo de mantillo y las condiciones del hábitat. El peso de la muestra se determina después de secado, varias repeticiones son necesarias para minimizar el error. La bolsa de polietileno es muy usada pero las mallas finas, aunque reducen la pérdida del mantillo pequeño disminuyen también la actividad de la mesofauna; por ello, la selección del tamaño de la apertura dependerá de un compromiso entre ambos. Lo fino del material tiene influencia sobre el contenido de la humedad de la muestra; además, esta puede contaminarse por entrada de raíces, por lo que deben considerarse estos factores en la interpretación de los resultados.

B.3. Descomposición del mantillo leñoso. Esta descomposición puede ser medida por los métodos de pérdida de peso no confinados y confinados.

B.4. Descomposición de sustratos específicos. El análisis químico del mantillo en descomposición mide la tasa de descomposición de compuestos orgánicos específicos dentro

del mantillo, pero pueden ser añadidos al suelo sustratos puros para comparar la descomposición potencial de diferentes horizontes, suelos, hábitats o regimenes climáticos. Como sustratos puros se han usado: Celulosa (la más usada), lignina y keratina.

C- Radioisótopos.

El material marcado con radioisótopos es conveniente para investigar las pérdidas de elementos por lavado, catabolismo y comminución; las limitaciones son la posibilidad de obtener isótopos con vida media adecuada. Se han hecho estudios con Co, Sr, Ca y Cs en leñosos deciduos y Cs en líquenes, musgos y pinos.

Material vegetal marcado con C14 puede usarse para estudiar el turnover de la materia orgánica en el suelo y la descomposición de las raíces en el campo.

D- Respiración.

La evolución del CO₂ del suelo mide la actividad heterotrófica y la respiración de las raíces. Las mediciones en el campo son hechas cubriendo el suelo con un cilindro insertado en el mismo. El CO₂ que sale del suelo puede ser medido por:

- a) Estimación del incremento en el CO₂ del aire encerrado durante el período de análisis, en nuestras pequeñas

extraídas en intervalos..

- b) Absorción continua de CO_2 por un álcali y cálculo de la cantidad absorbida por titulación o gravimétrica.
- c) Circulación continua del aire del cilindro con absorción de CO_2 por la corriente de gas, seguida de estimación de por titulación o gravimetría.

Los métodos recientes incluyen el uso del analizador de gas infrarojo (IRGA) para la determinación del CO_2 en una corriente de aire y la detección del CO_2 absorbido por álcalis mediante métodos conductimétricos. La principal limitación del valor de la evolución del CO_2 de suelo como una medida de la actividad heterotrófica son las salidas de CO_2 de las raíces vivas; no obstante se han propuesto varios métodos para calcularla tales como: uso de biócidias, y el establecimiento de la regresión entre la evolución del CO_2 y la biomasa radical.

Otros métodos miden la captura de CO_2 o la liberación de CO_2 mediante respirómetros de Warburg o Gilson; pero el disturbio causado por el muestreo y la preparación (extracción del material) puede afectar las tasas de respiración, lo cual puede ser superado colocando muestras no disturbadas en el respirómetro.

E- Actividad enzimática.

La investigación del complejo enzimático del suelo ha sido usada para determinar su potencial bioquímico, midiendo la actividad extracelular de las enzimas; por ejemplo, la actividad de la hidrogenasa es medida por su acción sobre la coloración del tetrasodium. Los métodos de investigación se basan en el principio de adición de un sustrato a una muestra de suelo y la medición del producto de la reacción o del sustrato residual después de un período de incubación. El crecimiento microbial es inhibido durante dicha incubación y la enzima libre es medida por el tratamiento inhibitorio probablemente al liberarse alguna enzima intracelular por destrucción de células.

F- Mineralización de nutrientes.

Los métodos anteriores determinan la descomposición de los compuestos de C, pero a veces es necesario determinar las tasas de mineralización o transformación de N-P-S y otros nutrientes. Las entradas de nutrientes son medidas por análisis químicos del mantillo que entra, de la lluvia y del lavado. Los análisis sucesivos mostrarán los cambios en la concentración y forma de los nutrientes en la materia orgánica; sin, embargo muestran los cambios netos ya que las transformaciones no pueden ser detectadas; lo detectado son los cambios en la concentración. Para estimar los cambios

en cantidades absolutas es necesario conocer el peso seco de la muestra y la concentración.

9- Poblaciones de organismos del suelo.

Existen varios métodos para investigar las poblaciones de organismos en el suelo:

- Los animales son colectados y fijados en el campo o extraídos en muestras llevadas al laboratorio. Este método cuantitativo muestra la variación intraespecífica, para determinar la variación estacional es necesario repetir los muestreos a lo largo del tiempo.
- Análisis del complejo enzimático de los animales, el cual indica la capacidad para digerir varios sustratos pero no determina la fuente o cantidad de sustrato.
- El muestreo del cultivo microbial en trampas plásticas.
- La estimación y descripción de las especies con un medio de agar o cebo.

Los últimos métodos tienen problemas como: La identificación de los microorganismos, su tamaño tan pequeño que dificulta el conteo; además, algunos métodos necesitan perfeccionamiento.

De acuerdo a lo expuesto, la producción biológica de los descomponedores es difícil de estudiar por los problemas

que confronta el censar la población microbiana en un suelo.

Según Jackson y Raw (1.974) a menudo se recurre al estudio de la actividad descomponedora como índice de su producción y con este enfoque puede avanzarse en dos direcciones:

- a) Aislamiento de las principales fracciones microbianas por las técnicas específicas y el estudio de su importancia cuantitativa en un período de observación.
- b) Evaluación de una actividad de descomposición de muestras totales de suelo, durante un tiempo.

Esos dos enfoques son complementarios, el primero determina el espectro ecológico de la población microbiana y su capacidad potencial de descomposición; el segundo, determina el peso específico que las distintas funciones de descomposición tienen dentro del dinamismo de un suelo dado.

IV ANTECEDENTES

La Descomposición no es objeto de estudio de una disciplina científica, sino que es abordada por la Ecología, Ciencias del suelo, Microbiología, Fisiología, Bioquímica, Zoología y otras. Swift y Col (1979) reseñan la información aportada por esas disciplinas y proveen una visión coherente del proceso de Descomposición y su rol en los ecosistemas. Ellos tratan de establecer algunos principios básicos para tener una visión global, aclaran muchas situaciones y enfatizan que el entendimiento de este proceso está aún crudo comparado con la bioquímica, fisiología, genética y ecología de las plantas superiores.

Más recientemente el Programa Internacional Biología y Fertilidad del suelo (UNESCO-MAB-IVBS, 1986) se fija como principal objetivo "determinar el manejo óptimo para aumentar la fertilidad de los suelos tropicales a través de la manipulación de los procesos biológicos". Entre los propósitos de ese Programa figuran:

- Preparar y publicar una evaluación de la importancia de los procesos biológicos para el funcionamiento de los ecosistemas naturales y manejados.
- Identificar las lagunas más significativas en este aspecto, al referirse a los suelos tropicales.
- Recomendar prioridades.
- Evaluar los métodos utilizados en las investigaciones y

hacer las debidas recomendaciones para standarizarlos.

El conocimiento de algunos aspectos del proceso Descomposición aún no está claro.

Se reseñarán a continuación algunos de los resultados obtenidos en sabanas, praderas o cultivos, así como en bosques. Además se creyó conveniente separar los resultados experimentales de los trabajos documentales.

1. Investigaciones Experimentales.

a. Sistemas herbáceos

Clark (1977) en una pradera de pastos cortos en Pawnee (Colorado, USA) pretende determinar las tasas de absorción del nitrógeno por las plantas, su movimiento a través del mantillo y del suelo hasta ser nuevamente absorbido por la planta, utilizando como marcador ^{15}N . En una tabla recoge los valores del C orgánico y N-total en los diferentes compartimientos, observa que la distribución de ambos es paralela, de forma tal que el material epigeo contiene 10,80 % del C total y 9 % del N total, la corona y raíces vivas contienen más C y las reservas están principalmente en raíces muertas o en descomposición; no obstante, ese contenido disminuye con la profundidad aunque menos que con la senectud. En cambio, no encontró diferencias en el contenido de N-total del suelo con la profundidad (0-36cm).

El autor sugiere que 1/2 a 1/3 del N de la parte aérea viva se trasloca hacia la parte subterránea, 2/3 pasan de la verde a la aérea muerta, de la cual 5% pasa al suelo. Por lo tanto, llega a la conclusión que las vías más importantes en el reciclado del N en este ecosistema herbáceo son la descomposición aérea y subterránea y la translocación entre vástagos y raíces.

Sinha y Col (1977) miden la dinámica de la mineralización del C y N durante la humificación de algunos agregados orgánicos (Estiércol, terrones, laca o goma, hojas y aserrín en polvo); estimando además la mineralización potencial del C y los cambios en el nivel de las fracciones convencionales de humus producidos por la post-incubación de la materia orgánica. De acuerdo con los resultados obtenidos, concluyen que la adición de enmiendas orgánicas incrementa la mineralización potencial de C, pero la magnitud del incremento es diferente en los distintos suelos para la misma enmienda, debido a: variaciones en el agua disponible, la tasa de restablecimiento del oxígeno, el pH, el nivel de otros nutrientes y la actividad microbial heterotrófica. Por consiguiente, la producción de las nuevas sustancias húmicas depende de la naturaleza de la materia orgánica añadida, de las características fisicoquímicas del suelo y de la síntesis biopotencial de los microorganismos. El nivel de equilibrio de la materia orgánica de los

suelos tropicales puede ser mejorado cuanto mayores sean las enmiendas orgánicas agregadas periódicamente.

Woodmansee y Col (1978) sintetizan e integran la información de varios programas sobre pastizales de Estados Unidos, calculando el balance de nitrógeno a partir de los contenidos determinados en partes muertas reconocibles, partes vivas de plantas, animales y microbios.

Al calcular también la mineralización del mantillo ($2,41 \text{ g N/m}^2$) y los flujos entre los diferentes compartimientos concluyen que:

- Solamente una pequeña cantidad de N es requerida para el crecimiento anual de las plantas, lo cual debe ser tomado en cuenta al agregar fertilizantes.
- La cantidad de microorganismos es alta y son competidores por Nitrógeno. Por esto, el fertilizante no debe aplicarse cuando las condiciones son favorables para el crecimiento de aquellos.
- El conocimiento sobre dinámica radical es mínimo, se sabe que las raíces no suberizadas son muy dinámicas pero no se ha podido cuantificar su importancia en el ciclo del N en los pastizales.
- Las entradas pueden exceder a las salidas en un ecosistema balanceado.

Amato y Ladd (1980) siguen los cambios que acompañan

la descomposición de hojas de *Medicago littoralis* marcadas con C14 y N15. Estiman el N de microorganismos viables y de la arcilla, observan que los tejidos de las hojas marcadas se descomponen rápidamente en los suelos arcillosos, de forma tal que el día siete el NH₄ marcado y el NO₃ estaban presentes en el suelo; pero el día catorce todo el amonio ha desaparecido y el nitrato continuó acumulándose; el día 34, las tasas de descomposición rápida han cesado y 49% del C marcado y 67% del N permanece en el suelo como residuos orgánicos que se mineralizan con una relativa lentitud. Interpretan los resultados de la siguiente manera: la descomposición del C14 y N15 del material de vegetal y la inmovilización de nitrato en el suelo o en los microorganismos se distribuyen de acuerdo al tamaño de las partículas. El C14 orgánico y el N15 asociado con la arcilla fina es son transferidos o descompuestos, su disminución ocurre por el decrecimiento neto en el pool de biomasa y no biomásico de esta fracción.

Amato y Col continúan sus investigaciones y en 1984 comparan la descomposición de varias partes de *Medicago littoralis* y *M. truncatula*. Utilizando C14 y N15, determinan las tasas de descomposición en cortos períodos de incubación y evalúan los efectos de la intermitencia (secado y remojo). Encuentran que las hojas, tallos y raíces se diferencian en la descomposición y el N liberado, lo cual

sugiere que tienen distintas proporciones de los componentes de rápida descomposición. Tal afirmación es corroborada con los datos aportados por la incubación en el laboratorio, los cuales demostraron que todo el material se descompone más rápidamente en las primeras semanas y que la diferencia entre hojas, tallos y raíces se debe a las diferencias en las proporciones de compuestos extractables con agua. Por otra parte, el contenido de nitrógeno junto con el de lignina y carbohidratos interactúan para controlar la tasa de descomposición y los cambios relativos en varios componentes de las plantas. La tasa de descomposición resulta ligeramente más baja en raíces, que en hojas y tallos, siendo para el carbono: 0,58 - 0,57 y 0,48/ año y para el nitrógeno: 0,24 - 0,23 - 0,25 respectivamente.

Es importante que estos resultados concuerdan con los de Jenkinson (1965), Nyhan (1975) y Hernan y Col (1977).

Nakas y Klein (1981) investigan la influencia de la temperatura del suelo y del contenido de agua sobre el proceso de mineralización de glucosa y de una mezcla de aminoácidos; intentando estimar la mineralización potencial. Observan cambios estacionales en el contenido de agua en el suelo: en el periodo extremadamente seco se limita la actividad microbiana y las tasas de turnover son bajas, en el periodo con lluvias, los cambios en el Tt son menores. No obstante, el análisis estadístico indicó relación significa-

tiva entre Tt y la temperatura o el contenido de agua en el suelo al usar la mezcla, no significativa al usar glucosa, por lo que concluyen "la glucosa no es el mejor índice de actividad heterotrófica, especialmente cuando ocurren cambios estacionales en la mineralización potencial, además la mezcla puede detectar los cambios".

Paul y Juma (1981) usan una descripción matemática de la mineralización e inmovilización para obtener el tamaño y "turnover" de la biomasa microbiana. Encuentran que:

- Un 19% del N-total no pudo medirse.
- El 81,2% del N15 aplicado se registró en granos, paja y suelo.
- El 38,8% permaneció en el suelo, distribuido 26,9 en el horizonte A, 11,4 en AB y 0,5 en B.
- El N permaneció en la superficie como orgánico, menos del 1% correspondió a la fracción no intercambiable y mineral.

La mineralización del N15 orgánico en el suelo, la miden en un experimento de incubación-lavado y encuentran que:

- El N15 permanece en el suelo después de una estación.
- Se observa una mineralización curvilínea en el tiempo de incubación.
- La abundancia de Nitrógeno en la biomasa es una parte de la fase orgánica activa y es similar al N mineralizado durante la incubación, lo cual implica que el Nitrógeno

que se mineraliza pasa a través de la biomasa; por consiguiente, está envuelto en el ciclo interno del N. No obstante, el N activo es mineralizado a una tasa más baja que el N de la biomasa (76,8 Vs 24,8 semanas).

Como el objetivo del trabajo era llegar a expresiones matemáticas, describen los procesos y reservas mediante las siguientes ecuaciones:

Torg. N15 en el suelo = $239 e^{-0,0129t}$ donde $t = 53,6$ sem a 28° C y capacidad de campo.

N15 en la biomasa = $71,1 e^{-0,0281t}$ donde $t = 24,7$ sem a 28° C

N15 T org. que permanece en el suelo = $71,1 e^{-0,0281t} + 168,7 e^{-0,070t}$.

Para complementar la investigación, los autores describen las transformaciones del C, N14 y N15 con un modelo de simulación, observando que los valores de N15 org. total que permaneció en el suelo y el CO₂ pronosticados por el modelo fueron más altos que los valores experimentales, el N15 mineral más bajo, las otras salidas similares, las tasas de transferencia brutas son constantes y los tamaños de los reservorios fueron de una magnitud apropiada; por lo tanto concluyen que el uso de trazas y modelos simples es posible, pero la determinación de los pool y las tasas es difícil a que algunos datos coinciden con los experimentales pero otros no.

Marumoto, y Col(1982) obtienen datos cuantitativos sobre la contribución de la biomasa recién muerta al pool de nutrientes móviles; además investigan la influencia del secado-remojo o fumigación sobre la mineralización del C y del N. Observan que un flujo de N mineralizado ocurre en los dos tipos de suelos (Parabrow y Chernozem) durante la primera semana de incubación, siendo mayor en el Chernozem sobre todo en las muestras con cantidades iniciales de biomasa alta. En igual forma, la mineralización de N causada por el secado-remojo fue más alta que la causada por fumigación.

En cuanto al fósforo, observan que en las fumigadas de ambos suelos se incrementó gradualmente hacia el día 28 después de la primera fumigación y decreció después de la segunda; además los suelos con alto contenido de biomasa tenían el doble o más de P disponible. Después de la primera fumigación, el K disponible se incrementó en tres días en el suelo parabrown, hacia los siete días en el Chernozem y como el P, fue mayor en las muestras con alta biomasa. El C de la biomasa microbiana decreció rápidamente la primera semana que siguió a ambos tratamientos; el flujo de N estuvo relacionado con las cantidades iniciales de N en las respectivas biomasas microbiana; por lo tanto la contribución pequeña en las muestras con baja biomasa es consecuencia de las pérdidas previas a la mineralización.

Los resultados, les permiten concluir que en los primeros 12,5 cm de suelo, cerca de 40 Kg de N/Ha son derivados de las células microbianas, así mismo la cantidad de biomasa en el suelo puede ser usada para estimar la movilidad de los nutrientes.

Bernhard-Reversat (1982) estima el impacto de algunos árboles sobre la distribución del Nitrógeno y su ciclaje en una sabana semiárida; observa que la materia orgánica está concentrada en la superficie del suelo y la cantidad de precipitación tiene una fuerte influencia sobre su status así como la presencia de árboles, ya que se enriquece debajo de ellos y se incrementa a lo largo de su ciclo de vida. Al analizar la mineralización, señala que la producción de N mineral decrece en septiembre, antes del final de las lluvias y presenta dos picos relacionados con la precipitación, registrándose el máximo en la estación lluviosa. El N mineral ocurre principalmente como nitrato y los resultados fueron parecidos en los dos años de observación (1976-1977), aunque la precipitación fue 330 y 120 mm respectivamente; en cambio, la variabilidad en la producción de N entre los árboles y entre los sitios fue grande. Los resultados les permiten concluir:

- En el ecosistema semiárido la estimación del balance de nutrientes es difícil debido a la variabilidad espacial e interanual de la cubierta vegetal.

- La acumulación de materia orgánica y nitrógeno es mayor debajo de los árboles pero su origen no está claro.
- Algunos dicen que se debe al efecto de la hojarasca, y otros al microclima.
- La mineralización está controlada por los cambios entre la estación seca y lluviosa.

Whitehead y Dawson (1984) en una siembra de centeno determinan la cantidad de N presente en raíces, tallos y hojas del mantillo y las proporciones de fertilizantes que quedan retenidos en el suelo y mantillo. Encuentran que:

- La cantidad de N es baja en el mantillo y grande en las raíces, en comparación con el N total de la planta.
- Más del 96 % del N total va al suelo, aunque gran parte como N orgánico inmovilizado, pues las cantidades de N inorgánico fueron mínimas.

Reseñan además que las proporciones de fertilizantes inmovilizadas estaban dentro de los rangos obtenidos por otros investigadores, aunque hacia los rangos más bajos debido a que el N marcado, inmovilizado inicialmente sufrieron intercambio con el N de las dos aplicaciones siguientes y al bajo contenido de materia orgánica en el suelo. Señalan que cinco procesos pueden contribuir a las pérdidas de N: lavado, escorrentía superficial, volatilización del amonio del suelo y de la planta, desnitrificación. Las pérdidas por escorrentía son insignificantes, por volatilización

escasas, por desnitrificación aumentan con las condiciones de humedad del suelo y por lavado son las mayores.

House y Col (1984), quienes comparan la dinámica del N, la descomposición del mantillo, y la química del suelo en dos áreas: la primera preparada con arado (CT), la segunda sin arado (NT). Determinaron que: las concentraciones de N en la cosecha fueron más altas en CT, posiblemente el arado estimula la mineralización e incrementa el N disponible; las pérdidas de peso del mantillo fueron más rápidas en invierno y la descomposición en NT es análoga a los ecosistemas naturales. Los efectos del arado son más marcados en el estrato 0-10 cm. donde los niveles de N orgánico fueron más altos en NT, en cambio las diferencias entre NT y CT disminuyen con la profundidad. El nivel más alto de N orgánico en las capas superficiales de NT lo explican por la producción de nitratos al inmovilizarse el N mineral. También detectaron que la concentración de nitratos en el agua del suelo fue más alta en CT, lo cual indica que el lavado es mayor.

Un gran aporte constituye la presentación de cuatro modelos CT y NT de sorgo/arroz y soya/arroz, que demuestran las diferencias en las reservas y transferencias y sugieren que: el tipo de tratamiento juega un papel importante en el ciclaje de nutrientes, el suelo es el principal lugar de almacenamiento de nutrientes, el arado desvía muchos pasos

de la descomposición de la materia orgánica,; es decir, la descomposición ocurre más rápidamente, pero esa rápida mineralización puede exceder la habilidad de captura de las plantas y muchos nutrientes pueden perderse por lavado. En cambio, la descomposición descrita en NT inmoviliza mucho N; por consiguiente, el sistema con arado puede no ser tan eficiente como en NT y si este último se mantiene por varios años se incrementaría la fertilidad del suelo.

Jenkinson (1982) utiliza un experimento a largo plazo para estudiar el ciclo del N en un monocultivo de trigo. En 1968, el experimento fue modificado con prácticas agrícolas modernas, cambiándose la variedad de trigo y el método para el control de plagas, observando un incremento grande en la producción y recuperación del N del fertilizante aplicado. El autor concluye que el ciclo del N está balanceado, pero realiza una serie de críticas:

- Algunos valores son cuestionables ya que se supone que todos los campos reciben la misma cantidad de N (150 Kg/Ha/año), la fijación biológica es considerada despreciable, lo cual no es correcto.

No obstante, el autor señala como necesario para incrementar la eficiencia en el uso de fertilizantes:

- Determinar el tiempo correcto de aplicación con el objeto de evitar o disminuir el lavado; diseñar modelos matemáticos que permitan predecir las cantidades

convenientes; conocer la cantidad de N incorporado en el suelo cada año y la liberada para poder predecir la capacidad de suministro del suelo; tener información sobre las pérdidas gaseosas, las ganancias de la atmósfera, la desnitrificación.

Ahora pasamos a reseñar algunas investigaciones experimentales realizadas en sistemas venezolanos.

Medina (1969) presenta una comparación entre dos comunidades vegetales distintas (Selva nublada de Rancho Grande y bosquesillos de las Sabanas de Trachypogon en Calabozo) en base al curso anual de la respiración edáfica y de la producción de hojarasca.

Para la medición de la respiración edáfica utiliza el método de absorción de Walter empleando una solución de KOH. También hace mediciones aisladas en el Páramo de Mucubají (Edo Mérida), la selva nublada de La Carbonera (Edo Mérida), selva nublada en la cumbre de Choroní (Edo Aragua), Bosque tropical pluvial cercano a Coloncito (Edo Táchira) y zonas semiáridas en las cercanías de San Pablo (Edo Lara).

La comparación entre el bosque nublado y el deciduo revela que:

- Hay diferencias en la temperatura del suelo (50° en la época lluviosa y 110° en la época seca).
- Los suelos de Calabozo presentan una notable deficiencia

de N, los de Rancho Grande en Ca y K.

- La producción de hojarasca es 8,2 Ton/ha x año en Calabozo y 7,2 en Rancho Grande. La tasa de producción de hojarasca en Rancho Grande es casi constante, mientras en Calabozo se observa una periodicidad definida, con las tasas mayores hacia la mitad del periodo seco. Dicha tasa está entre 0,42-0,57 Ton/ha.mes en Rancho Grande y llega a 1,1 Ton/ha.mes en Calabozo.
- La tasa de respiración edáfica durante la época lluviosa es menor en Rancho Grande, lo cual es atribuible a las temperaturas del suelo. Además la curva de Calabozo muestra una periodicidad anual determinada por la distribución temporal de la precipitación, es decir máximos en épocas distintas del año; en cambio la de Rancho Grande no presenta variación marcada.

Las mediciones de respiración edáfica en las otras comunidades vegetales, señalan que:

- Los valores nocturnos son, mayores que los diurnos.
- Existe clara correlación entre respiración edáfica y temperatura del suelo. Sin embargo, los valores de San Pablo no corresponden a lo esperado, debido probablemente a que el bajo contenido de agua del suelo inhibe la actividad de los microorganismos, aunque el valor relativamente alto podría deberse a la respiración radical. Por consiguiente, concluye que la relación entre

temperatura del suelo y respiración edáfica se cumple para diferentes tipos de suelos y diferentes comunidades vegetales, siempre que el contenido de agua del suelo no sea factor limitante.

Anteriormente, Medina 1966, cuantificó la producción de hojarasca, respiración edáfica y productividad vegetal en bosques deciduos de los Llanos Centrales de Venezuela. Utiliza los mismos métodos y encuentra que:

- La respiración edáfica en las Sabanas de Trachypogon, presenta una clara estacionalidad, con los máximos valores durante los meses Junio y/o Agosto ($532 \text{ mg CO}_2/\text{m}^2 \text{ h}$) y valores mínimos en Febrero ($257 \text{ mg CO}_2/\text{m}^2\text{h}$) todo ello concordante con el máximo y mínimo de precipitación de la zona. Estos resultados son coherentes ya que las lluvias favorecen el desarrollo de los microorganismos y la fauna edáfica.
- Los valores diurnos son menores que los nocturnos y esa diferencia disminuye en días nublados. Hasta ahora no se ha conseguido una explicación satisfactoria a este fenómeno. Haber (1958) plantea como la hipótesis más probable que parte del CO_2 de la respiración radical es arrastrado durante el día por la corriente de transpiración, lo cual explicaría por qué los valores obtenidos en días nublados son por lo general mayores que en días soleados. Si esto es cierto, habría una cantidad adicional

de CO_2 utilizable para la fotosíntesis, la cual no proviene del aire que rodea a las hojas, a menos que el CO_2 transportado por la corriente de transpiración pueda difundir y abandonar a la planta a través de las lenticelas del tallo, antes de alcanzar a las hojas. Sin embargo, Medina (1966) propone que de no deberse a esa hipótesis, la diferencia de valores es producto de la condición favorable de humedad en el suelo durante la noche, que incrementa la actividad de los microorganismos presentes.

Bulla, y Col (1980) estudian la producción, descomposición, diversidad y flujo de materia orgánica en un banco del módulo experimental de Mantecal afectado por los diques desde hace seis años. Los resultados revelan que:

- La producción primaria aérea neta anual fue de 890 g/m^2 .
- La descomposición total fue de $681, \text{g/m}^2$, 87% de la misma correspondió al mantillo y sólo 13% al material muerto en pie.
- El comportamiento del mantillo es más moderado que el del material verde, reporta su máximo (632g/m^2) al final de la época seca y su mínimo (265g/m^2) al final del periodo lluvioso.
- La mortalidad también tiene dos picos, desfasados con los de la producción.
- La descomposición en pie es poco importante durante todo el año, no así la descomposición del mantillo que sigue un

comportamiento acorde con las condiciones ambientales ya que es nula al principio del año debido a la intensa sequía, se incrementa en forma paralela a la precipitación hasta el mes de Agosto cuando cae como consecuencia de la inundación que crea condiciones de anaerobiosis sobre el fondo. Cuando el nivel del agua disminuye, vuelve a intensificarse.

- Las raíces parecen ser la porción más estable del sistema; su biomasa presenta dos máximos, el primero en Junio ($467\text{g}/\text{m}^2$) y el segundo en Marzo 77 ($447\text{g}/\text{m}^2$). Los mínimos corresponden a marzo 76 al final de la época seca (330) y al pico de inundación en septiembre ($317\text{g}/\text{m}^2$).
- La diversidad tuvo un comportamiento bimodal, con máximos al comienzo y salidas de lluvias y mínimos en sequía y en el pico de inundación.
- El proceso de modulado parece positivo hasta ese momento, pues ha producido un incremento en la producción primaria y una mejor distribución de la biomasa verde a lo largo del ciclo anual.

Bulla, y Col (1980) estudian la dinámica de una sabana de estero afectada por los módulos de Mantecal.

Los resultados señalan que:

- La máxima biomasa verde fue $1719\text{g}/\text{m}^2$ en Diciembre, de los cuales 473 fueron biomasa aérea y 1229 tallos sumergidos.
- La biomasa muerta tiene máximos en Junio ($1465\text{g}/\text{m}^2$) y

marzo (1625g/m²) y mínimo en diciembre (811g/m²).

- Es un Stand casi puro de *Hymenachne amplexicaulis* con escasa proporción de *Leersia hexandra*; la primera, muestra una densidad constante de 450 individuos por m² durante la época húmeda, con escasa mortalidad.
- El material muerto tiene máximos en Junio y marzo, mínimos en diciembre y esta curva es el resultado de la suma de dos procesos, la mortalidad y la descomposición.
- La descomposición es gradual y casi constante durante todo el año, salvo en el pico de sequía. La mortalidad es periódica y causada por la sequía y en menor grado por la inundación. El sistema se comporta como de aporte periódico, con agregación masiva casi instantánea de material al mantillo seguida de una época prolongada de descomposición.
- La producción de la sabana la estiman en 2815g/m² por el método standing crop y 1097g/m² por suma de incrementos, ambos muestran que es una de las sabanas más ricas, pudiéndose afirmar que el modulado duplicó la producción primaria del sistema y es evidente que dicho modulado puede aumentar considerablemente la capacidad de carga del pastizal, en particular durante la época seca.

San José, y Col (1982) estiman el crecimiento hipógeo y la tasa de desaparición de raíces en una sabana de *Trachypogon* protegida, localizada en los Llanos Centrales

de Venezuela (Calabozo). Establecen comparaciones con los valores obtenidos en dos parcelas quemadas en diferentes momentos de la época seca (al comienzo y al final respectivamente). Los resultados indican que:

- El fuego produce una disminución en el crecimiento hipógeo en las sabanas quemadas al comienzo y final de la época seca (parcela protegida: $194,8\text{g}/\text{m}^2$ año; parcela quemada al inicio 179 y al final $141,2$).
- El peso seco de las raíces en la parcela protegida decrece durante la época seca hasta un mínimo ($70\text{g}/\text{m}^2$ en Mayo), se incrementa gradualmente durante la estación lluviosa hasta $208\text{g}/\text{m}^2$ en Agosto. En cambio, en la parcela quemada al comienzo decrece inmediatamente después de la quema alcanzando $96\text{g}/\text{m}^2$, luego asciende a 192 en julio y desciende en Agosto. En la parcela quemada al final de la estación seca, aumenta desde el inicio de las lluvias hasta Agosto cuando reporta $167\text{g}/\text{m}^2$ y decrece en septiembre.
- La tasa de desaparición fue relativamente más baja al final de la estación seca que durante el período lluvioso, en este último se descompone a una tasa de 1% aproximadamente.
- El test de Kruskal Wallis no arrojó diferencias significativas en las tasas de desaparición en las tres parcelas.
- Los valores del turnover sugieren que el sistema radical en esa sabana puede subsistir en equilibrio por un año. En

consecuencia, hay un equilibrio en el sistema hipógeo, donde el crecimiento anual es igual a la cantidad de materia descompuesta en el suelo.

Hernández (1985) analiza algunos aspectos de la dinámica de la materia orgánica en el suelo cultivado con caña de azúcar, incluyendo los aportes por raíces y hojarasca, así como la pérdida de CO₂ por respiración edáfica. Los resultados obtenidos reflejan que:

- Las concentraciones de N total se encuentran dentro de los valores moderadamente aceptable para el desarrollo del cultivo.
- Las concentraciones de nutrientes en los tejidos vegetales presentan variaciones en el transcurso de su desarrollo como consecuencia del status nutricional, condiciones hídricas y fenología de la planta.
- La curva de los cambios de peso como porcentaje respecto al peso inicial construida para observar la desaparición de raíces se ajusta al modelo exponencial y al final del período de muestreo (245 días) desapareció aproximadamente el 61% del material colocado en las bolsas.
- La mayor pérdida de peso ocurre en los primeros días, lo cual es atribuible al lavado y descomposición de sustancias más lábiles tales como proteínas y aminoácidos solubles. Además, las bolsas durante la época húmeda sufrieron la intensa colonización por parte de la fauna

edáfica que aceleran la degradación del material orgánico. Progresivamente la pérdida de biomasa se hace más lenta, por una menor actividad de los organismos descomponedores, por el avance de la sequía y/o por los cambios en la calidad del material remanente ya que quedan los compuestos celulósicos, hemicelulósicos y ligninas.

- Una disminución en las concentraciones de nutrientes producto del lavado y liberación por microorganismos es concordante con la descomposición; sin embargo, en algunos casos se presentan aumentos o mantenimiento de las concentraciones.
- El modelo exponencial de desaparición se ajustó para la biomasa, N y P, no para el Ca y Mg. El fósforo y la biomasa radical desaparecen con tasas similares de 1,39 y 1,33 años⁻¹, el N se libera más lentamente $K = 0,89$ años⁻¹.
- La alta tasa de desaparición de las raíces las explica por las condiciones favorables de humedad y temperatura, así como de la fertilización y preparación del suelo.
- La contribución de la materia orgánica y nutrientes al suelo por el sistema radical fue de 2,25 Ton/ha, el aporte de fósforo, nitrógeno, calcio, potasio y magnesio, sería: 1,71 - 13,12 - 12,15 - 8,60 y 5,27 kg/ha respectivamente. El sistema radical constituye el mayor aporte de materia orgánica al suelo.
- La mineralización anual de P y N sería de 1,28 y 7,73 kg/ha.

- Las tasas de desaparición de la hojarasca colocadas al final de las lluvias son mayores ($K=0,77$) que las de la época seca ($K= 0,63$) por las condiciones hídricas más favorables.
- Los cambios de las concentraciones en la hojarasca son leves o nulos en P, mayores en K que presenta la mayor disminución debido a su alta movilidad, el Ca tiende a concentrarse. Las cantidades remanentes de N, P, K, Mg, después de 160 días son de la misma magnitud que la hojarasca lo que sugiere un acoplamiento de la descomposición y mineralización de estos nutrientes.
- La respiración edáfica muestra una clara estacionalidad, los máximos valores se registran en junio y agosto (384 - 450 mg CO₂/ m².h y los mínimos en febrero (98 - 112 mg CO₂/m².h.
- Los cursos de respiración edáfica nocturna fueron superiores a los valores diurnos.
- El cultivo de caña de azúcar provoca un empobrecimiento en el contenido de materia orgánica en el suelo, pudiendo éste ser contrarrestado con la adición de restos vegetales provenientes de la cosecha.

Estrada (1989) evalúa el efecto del uso y de las propiedades físicas y químicas del suelo sobre el proceso de mineralización de N. La autora concluye que: "el efecto del cultivo sobre el N mineralizado aparentemente varía con la

textura del suelo y el tiempo sometido a cultivo, pero está influenciado por el PH en tal forma que si otros factores se mantienen constantes habrá mayor mineralización en un suelo neutro que en uno ácido". También detecta como influyente la cantidad y clase de M.O, aunque la incidencia de otros factores puede debilitar el efecto; por ejemplo, la proporción de partículas finas. Esto demuestra de nuevo el efecto beneficioso de la textura liviana sobre la mineralización, ya que la mayor proporción de arena mejora la aereación, lo cual es favorable para los microorganismos responsables de la mineralización.

Bastardo y Rivera (sin publicar) estudian algunos aspectos del proceso de descomposición tales como: la cinética de desaparición de los componentes lignocelulósicos en tres gramíneas que contribuyen a la mayor producción de mantillo en las sabanas inundables de los llanos venezolanos: *Leersia hexandra*, *Panicum laxum* e *Hymenachne amplexicaulis*. Analizan la contribución de los diferentes grupos morfológicos que actúan en el proceso (hongos, bacterias, actinomicetos), su actividad durante la degradación de la materia orgánica. Los resultados permiten conocer cómo se interrelacionan los diferentes grupos de microorganismos y su eficiencia en el proceso.

La dinámica de la desaparición fue analizada en condiciones de laboratorio durante 128 días estudiando la

cinética de las pérdidas de peso y materia orgánica.

Los resultados obtenidos señalan que:

- *Panicum laxum* presenta la mayor tasa de desaparición ($K = -0,0145$) y al final del experimento mantiene un 15,1% del contenido inicial; *Leersia hexandra* es la especie que desaparece más lentamente ($K = -0,0082$) con un 35,1% como remanente e *Hymenachne amplexicaulis* posee una cinética de desaparición intermedia ($K = -0,0102$) con una pérdida de peso seco final del 72,7%.
- *H. amplexicaulis* es la especie que más material particulado aporta al medio durante el experimento, *P. laxum* y *L. hexandra* no presentan mucha diferencia, pero la última pierde más peso particulado durante los primeros 64 días, luego el aporte es mayor por parte de *P. laxum*.
- La fracción orgánica presenta una cinética de pérdida similar a la observada para los pesos secos; *P. laxus* pierde 71,9%, *H. amplexicaulis* 67,1% y *L. hexandra* 62,3%.
- Cada especie presenta una cinética de desaparición particular que parece estar relacionada con su fisiología, composición y concentración de los componentes orgánicos e inorgánicos que la conforman.
- La celulosa es la que presenta mayor contenido inicial (33,6-33,4%), la hemicelulosa fluctúa entre 21,6 y 28%, la lignina entre 12,5 y 13,5%; esta última varía significativamente entre las especies.
- Los componentes pépticos y azúcares reductores desaparecen

totalmente después de la descomposición, la celulosa, hemicelulosa y lignina disminuyen en más del 50%. Además, la especie de la cual desaparecen más rápido sus componentes estructurales es *H. amplexicaulis*.

- Cada componente estructural presenta una cinética de desaparición diferente para cada especie: los azúcares reductores y peptinas desaparecen más rápido, la peptina en menos de un año, los azúcares casi dos años. El siguiente en desaparecer es la celulosa, excepto en *L. hexandra* que es la hemicelulosa. El componente que más lentamente desaparece es la lignina. Por consiguiente, hay selectividad por parte de los organismos descomponedores, lo cual está relacionado con la calidad del sustrato, además, la velocidad con que van a ser utilizados los diferentes componentes depende de la capacidad degradadora de los descomponedores, la disponibilidad y afinidad del sustrato y su complejidad molecular.
- Las bacterias es el grupo morfológico que más rápidamente utiliza el sustrato, luego están los hongos cuyo tamaño mayor, su reproducción por esporas y la presencia de hifas les permiten invadir más efectivamente el sustrato. Además actúan los actinomicetos con alta eficiencia y gran capacidad para la utilización de los componentes estructurales del esqueleto vegetal. El orden de actividades es el siguiente: Las bacterias inician el ataque independientemente que el sustrato sea fácil o no de

degradar, son seguidas por los hongos y luego los actinomicetos.

- El proceso de descomposición está dirigido por factores diferentes al biológico y la velocidad con que el material desaparece dependerá de: la naturaleza del sustrato, actividad de los organismos descomponedores y condiciones físico-químicas del medio donde se desarrolla el proceso.

Swift y Col (1979) caracterizan los principales patrones de descomposición en un barbecho. suelos de bosques maduros; observando el efecto que tiene el período lluvioso sobre el dinamismo del mantillo, al detectar pérdidas por descomposición de 400 g/m^2 , cerca de 10 veces más que en la estación seca. Como usaron bolsas de dos tamaños encontraron diferencias: en las bolsas finas, las pérdidas de peso utilizadas para medir la descomposición del mantillo son menores, a la cuarta semana (17 % Vs 51%); lo mismo sucedió con los resultados de N y P, en cambio, el potasio no varió entre las bolsas. Estos resultados reflejan la necesidad de planificar adecuadamente los experimentos, de acuerdo con lo que se desea investigar. A pesar de dichas diferencias, los autores señalan el siguiente patrón de descomposición: La elevada caída de mantillo y la ausencia de descomposición en la época seca ocasionan acumulación de nutrientes en el mantillo de la superficie del suelo, luego al comienzo de las lluvias, con el inicio de la lixiviación

y descomposición biológica, proporciones significativas de esos nutrientes son movilizadas y liberadas del mantillo al suelo, donde están disponibles para las plantas.

b. Sistemas boscosos

Expuestas algunas investigaciones realizadas en sabanas, praderas, cultivos y barbechos, entraremos en las ejecutadas en bosques.

Ewel (1976) estudia el mantillo en una vegetación tropical en sucesión, dando énfasis a la influencia del tipo de suelo sobre la descomposición de las hojas. Los resultados de la descomposición demostraron que el proceso fue rápido al comienzo (40-50 % de pérdidas de peso en cinco semanas), luego fue muy lento. Las pérdidas de N y P siguieron el patrón de las pérdidas de peso, las de K fueron más rápidas en todos los sitios. No obstante, el comportamiento arrojó diferencias entre las especies: el K se perdió rápidamente en todas las especies, el Ca y Mg fueron variables (por ejemplo Trema perdió cerca del 30% en las primeras 10 semanas, las otras especies no mostraron tendencia clara, su Ca y Mg no decrecieron después de seis meses). El tipo de suelo también influyó la descomposición, los cambios en peso seco fueron idénticos sobre los suelos aluviales y altos, el N se perdió más rápidamente de las hojas en descomposición observándose

diferencias después de 42 y 60 días, el P se perdió más rápido pero hubo diferencias sólo al final de la colección; en cambio, dichas hojas no perdieron cantidades significativas de Ca y el Mg decreció durante las primeras seis semanas pero permaneció lo mismo después. Los resultados permiten afirmar que las especies con contenido inicial de N alto se descomponen más rápidamente, pero los efectos de los termitas y la presencia de lignina son también claves, lo cual indica que las diferencias no se deben a la edad sino a diferencias en el sitio, por ello la descomposición ocurre más lenta en áreas claras que bajo vegetación y es retardada por remoción de la vegetación.

Edwards (1977) estima las tasas de hojarasca y mantillo en descomposición en cuatro sitios de un bosque lluvioso, ubicados a diferentes altitudes y con características contrastantes. Al analizar la descomposición del mantillo detecta que tres especies muestran una disminución en peso seco, *Macaranga* y *Shizomeria* mantenían 63 y 64% del peso después de 325 días y las bolsas con hojas de *Nastus* y *Dacrycarpus* se incrementan en peso después de 131 días, pero al final tenían 56% del inicial; las hojas de *Elaeocarpus* se descomponen muy rápidamente y al final tienen sólo el 15%. Con los resultados infiere que el contenido de nutrientes afecta la tasa de descomposición, así altos niveles de N y P la aceleran.

Anderson, y Col (1983) comparan el proceso de descomposición en cuatro tipos de bosques: Bosque aluvial (BA), B. Dipterocarpio (BD), B. De matorral (BM) y B. Sobre limo (BL). Encuentran diferencias en la composición química de las hojas en los cuatro sitios, presentándose una concentración decreciente de N y P en el siguiente orden: BL > BA > BD > BM y una de Ca y Mg así: BL > BA > BM > BD. También detectan que las pérdidas de peso de las hojas mezcladas en las bolsas, después de 10 meses, fueron 41,3% (BA), 43,6% (BD), 54,8% (BM), las de las hojas de *Parashorea* son similares a las de las hojas mezcladas durante los dos primeros meses, pero después de 10 meses habían perdido 50,56 y 61,6% en BA, BD y BM respectivamente. Las hojas de *Ficus* muestran niveles de descomposición más altos que las de *Parashorea*, pudiendo afirmarse que las pérdidas de peso pueden jerarquizarse así: BM > BD > BA para las hojas mezcladas y de *Parashorea* y BM > BA > BD para las de *Ficus*.

Analizando los cambios en la concentración de elementos químicos observan que el potasio tiene el mayor cambio, con una pérdida de aproximadamente 80 % en los primeros dos meses y con pérdidas menores al 10% en los ocho meses siguientes; el Magnesio muestra pérdidas iniciales rápidas; el nitrógeno y fósforo son conservados en el mantillo independiente de las pérdidas de peso seco, el fósforo muestra un pequeño incremento en dos meses del estudio, el

sodio incrementos significativos a los ocho meses.

Además hacen comparaciones con otros bosques y concluyen que la baja concentración de elementos, la alta concentración de lignina, la baja actividad de la fauna parecen ser factores contribuyentes, pero la dificultad para explicar las diferencias entre algunos bosques sugiere que la interacción de esos factores no está clara, o existen otros mecanismos envueltos; por lo tanto, la descomposición y el ciclo de nutrientes en los ecosistemas terrestres, implican un proceso complejo y a largo plazo, que no puede ser cuantificado con estudios a corto plazo; sin embargo, los resultados proporcionan una base para comparar el proceso de descomposición en diferentes bosques.

Marrs y Col (1.988) investigan si el suministro mineral es limitado en los bosques montanos porque una gran proporción de los nutrientes están secuestrados en el mantillo no descompuesto. Para comprobarlo miden las tasas de mineralización y nitrificación en los suelos bajo bosques lluviosos primarios y maduros, ubicados a lo largo de una transecta. Observan que las tasas de mineralización de N bajo condiciones de campo disminuyen de 38 a 2 ng/n; las tasas de nitrificación decrecen al incrementarse la altitud tanto en el campo como en el laboratorio; las tasas de nitrificación están correlacionadas con las de mineralización y el análisis de varianza no mostró diferencias signi-

ficativas entre ambas tasas en diferentes altitudes, aunque sí entre los tratamientos. También detectan que la cantidad de cationes intercambiables y la concentración total de C y N se incrementan con la altitud, lo cual sugiere que los suelos montanos más jóvenes tienen más elementos para el crecimiento de las plantas; es decir, la M.O y los nutrientes se incrementan con la altitud.

Montagnini y Col (1986) buscan la relación entre Robinia (el algarrobo), la nitrificación potencial y la concentración de nitratos en el suelo; encontrando que dichas concentraciones y la nitrificación potencial son ligeramente más altas en las elevaciones menores; además, las concentraciones de nitratos en el suelo son más altas que en la mezcla de pinos y pueden ocurrir las pérdidas por lavado. Las tasas de mineralización netas son más del doble en el algarrobal durante marzo y julio, indicando que hay rápido turnover; lo mismo sucede con las tasas de nitrificación aunque la actividad nitrificante se desarrolla en los primeros 15 cm. Las tasas de mineralización neta están ajustadas a las de nitrificación. Similares resultados reportan Robertson y Vitousek (1981) quienes encontraron que las tasas de nitrificación están controladas por las tasas de mineralización.

Más tarde Vitousek y Col (1982) señalan la relación directa entre cantidad de N en el mantillo y la proporción

de N mineralizada. Por lo tanto, en el algarrobal las entradas más altas de N (por fijación) pueden ser el factor principal para las altas tasas de mineralización y nitrificación. En ese sitio, puede estar disponible el N mineral y si no hay una utilización suficiente por plantas y bacterias, pueden ser lavadas cantidades significativas

Vitousek y Matson (1985) miden el N mineralizado e inmovilizado, la producción de nitrato y el reservorio de N inorgánico en un bosque, evaluando el efecto de prácticas de manejo (remoción de residuos orgánicos y usos de herbicida) sobre los procesos mencionados. Detectan que:

- En el campo, la mineralización neta sigue un patrón sigmoide, con un pico en la estación de crecimiento (abril a junio) en todas las parcelas y en ambos años.
- La preparación con discos causa mayor mineralización neta tardía en el primer verano y este proceso decreció sustancialmente en las parcelas sin herbicidas.
- La preparación del sitio y el herbicida también afectan la mineralización neta en el laboratorio, la cual fue más alta en los suelos arados, lo contrario de lo observado en las incubaciones insitu.
- La mineralización neta y la producción de nitratos fueron bajas en las mayores profundidades y en el segundo año en las parcelas con mínima preparación y sin herbicidas.
- La cosecha con mínima preparación y sin herbicida causó un

pequeño incremento en los nitratos en octubre del 81 y la primavera del 82, pero después no los elevó; en cambio, la preparación intensiva causó incrementos en dichas concentraciones.

- No hubo diferencias significativas en la inmovilización entre las parcelas control y las cosechadas con un mínimo de preparación y sin herbicida; por el contrario, la preparación intensiva y el tratamiento con herbicida redujo sustancialmente el N inmovilizado.

Los resultados les permiten concluir que la mineralización neta y la producción de nitrato están controlados por la temperatura del suelo y la humedad, más que por las diferencias estacionales en la calidad del sustrato y la práctica de manejo. Lo afirmado lo corroboran porque la mineralización insitu se incrementa de marzo a mayo o junio, cuando el suelo está más húmedo y declina cuando el suelo se seca en el verano. No obstante los autores sostienen que la inmovilización microbiana es el proceso más importante para el control del tamaño de los reservorios y las pérdidas de N, en los bosques de coníferas bajo manejo intensivo debiendo seleccionarse prácticas que aumenten el potencial por inmovilización para así disminuir las pérdidas de N.

En Venezuela, Grimm y Fassbender (1981) evalúan las reservas orgánicas y minerales en el bosque San Eusebio (Edo Mérida), así como las transferencias de algunos elementos

químicos. Comienzan determinando las características químicas de los suelos: PH extremadamente ácido, MO alta en el suelo, baja en el subsuelo, P total bajo, CIC baja, siendo el Al el catión intercambiable mas importante. Posteriormente, miden las reservas orgánicas y minerales encontrando que el N presenta las mayores reservas en el suelo (27.200 Kg/Ha en 120 cm), la cantidad de Ca en la vegetación es baja comparada con la reseñada por otros investigadores, la del suelo está en el promedio; los valores de K, Ca y Mg en la vegetación tambien son bajos, en cambio el de P es el más alto encontrado. Los autores señalan que el régimen hídrico actúa como factor de regulación de las reservas, en los sitios con dosées cerrados sobre laderas de pendiente media-pronunciada y sin hidromorfismo (tipo A) o con pendiente media e hidromorfismo en el subsuelo (tipo B), ya que el N aumenta a 6.055 Kg/ha y 8.900 Kg/Ha respectivamente; por el contrario disminuye a 5.500 en las superficies casi planas con hidromorfismo marcado (tipo D). La M.O alcanza su valor máximo en el tipo B, en cambio el hidromorfismo determina una disminución de las reservas orgánicas y minerales. Concluyen que existen adaptaciones entre el régimen hídrico, las reservas y la vegetación.

Para complementar sus estudios, estos mismos autores en 1981, presentan los resultados de producción de residuos

y descomposición en ese bosque. Señalando que la producción de residuos vegetales alcanzó un total de 6,97 t/Ha distribuida así: hoja 3,88 t/ha (48%), ramas 2,27 t/Ha (33%), flores y frutos 1,09 t/Ha (16%), epífitas 0,23 t/Ha (3%). La producción de hojas es constante durante los meses estudiados, la de flores y frutos presenta pequeñas variaciones debido a las diferencias en la fenología, la de ramas es bastante heterogénea arrojando valores entre 28 y 656 Kg/Ha y la de raíces y tallos es difícil de cuantificar. Las tasas de transferencia de elementos químicos las recogen en varios cuadros, observándose que: los valores mensuales son bastante constantes, los más altos ocurren en mayo; el N tiene la mayor movilidad, el P presenta tasas pequeñas, el Al altas lo cual se explica por la acidez de los suelos y la predominancia del Al en el complejo catiónico.

Indican que las curvas de descomposición para hojas y ramas es lineal existiendo una correlación significativa entre el peso remanente de la muestra y el tiempo de descomposición, lo cual coincide con los resultados de Bernhard Reversat (1982) en la Costa de Marfil pero difiere de otros autores como Tenny y Col (1949) que dicen es exponencial.

Los autores concluyen que las características del suelo y los fenómenos ambientales explican los resultados, pues la intensa lixiviación, la disminución del Ph, el

descenso de la temperatura, disminuyen la actividad de los microorganismos saprófagos del suelo, resultando una disminución en la intensidad de la descomposición.

También en la zona tropical, Tanner (1981) a través de siete experimentos diferentes mide la producción y descomposición de hojarasca para hacer estimaciones de la tasa de descomposición, en cuatro bosques de Jamaica ubicados en una hondonada, una pendiente, sobre una colina con mull y una colina con mor. Obtuvo los siguientes resultados:

- El peso de las hojas de mantillo fue mayor en Julio, más bajo en noviembre y febrero, lo cual sugiere que la cosecha en pie retorna a un valor constante en un tiempo particular del año.
- La tasa de descomposición es más alta en la hondonada (68 %) que en los otros tres sitios (Mor 44% /año, Mull 45% y pendiente 43%), posiblemente debido a la composición del mantillo.
- Las hojas devueltas al sitio de recolección se descompusieron más rápidamente durante el período de mayor precipitación (Ago-Dic); en cambio, la descomposición casi cesó en los meses secos (jun-ago), lo cual pone en evidencia la importancia de la variación en la precipitación.
- Las muestras encerradas en bolsas mostraron una pérdida de peso similar a las colocadas en trampas, lo cual sugiere que el encerramiento no afecta la tasa de descomposición.

El autor concluye que para hacer comparaciones es fundamental tomar en cuenta: las condiciones ambientales (por ejemplo temperatura), las características de las hojas (morfología y contenido mineral); los efectos del sitio que puedan hacer variar los valores y el método utilizado.

Así mismo, Cooper (1.982) estudia el rol del mantillo y de los organismos descomponedores en el flujo de energía en tres comunidades xeromórficas ubicadas a diferentes alturas, al seguir el curso del mantillo que cae y su descomposición en bolsas.

Observa que la caída del mantillo, típica del bosque tropical, es evidente en las tres comunidades, coincidiendo la máxima caída de hojas con el final de la estación seca y la de flores y frutas con la estación lluviosa. En los tres sitios, la pérdida de peso del mantillo en bolsas fue independiente de la medida de la malla por debajo de 15 mm, aunque fue mucho menor en las bolsas de malla mas grande.

El autor señala que no hubo diferencias significativas en las tasas de desaparición del mantillo, pero el porcentaje medio de la pérdida de peso en las bolsas fue mayor en el bosque mixto y la naturaleza abierta de la capa de material xeromórfico puede ser responsable de que la superficie del mantillo se convierta en más seca y, por lo tanto, la tasa de descomposición sea lenta. Esta tasa, en

todos los sitios, se aceleraba al final de la estación lluviosa y se reducía considerablemente después del período inicial de descomposición rápida.

Jordan y Col (1983) analizan la dinámica de los nutrientes en un bosque no disturbado y al ser cortado o quemado para cultivar, en San Carlos del Río Negro observan que la cantidad de N total cambió de 5583 Kg/Ha (antes de la quema) a 4492. La quema causó un marcado incremento en el N del humus superficial, en cambio la cantidad en el suelo varía poco, durante los tres años ya que los troncos y raíces descomponiéndose, reemplazan las pérdidas. Esos niveles en el suelo, después del abandono fueron relativamente altos, no parece que la recuperación a través de la 2da. sucesión estuviese limitada por el escasez de N. También determinaron las pérdidas por cosecha, desnitrificación, lavado (392 Kg/Ha), así como las pérdidas por volatilización de las hojas: 143 Kg/Ha. Esas hojas debían añadir 556 por lo que deducen que la diferencia viene de la volatilización del N de las ramas finas.

Según los autores, hay mucha incertidumbre en las mediciones, especialmente las de fijación y desnitrificación pero los resultados permiten concluir:

El N desaparece por la quema y corte a una tasa de 7% por año, la cantidad de N en el suelo no decreció durante los

tres años de corte y quema porque las pérdidas son compensadas por las entradas de la descomposición de lo cortado; la escasez de N no impide la habilidad del sistema para retornar a bosque primario, sin embargo si la explotación se hace por décadas o más, las pérdidas por desnitrificación, lavado y cosecha podrían afectar las reservas de N en el sistema.

Hendrick y Robinson (1984) también relacionan los eventos que ocurren en el bosque con los procesos de mineralización, obteniendo un modelo basado en estudios de incubación. Detectan que las tasas de mineralización del C en el mantillo no leñoso crecen cuando el tamaño del material es reducido, en cambio las de N fueron más altas en el material que pasa por un tamiz de 2 mm. Dichas tasas declinan de 0-5 cm a 5-10 cm de profundidad coincidiendo con la disminución de la respiración edáfica; además varían en el tiempo, viéndose que al comienzo de la incubación son casi el doble y en muchas muestras declinan hasta un plateau, luego se mantienen.

Los autores reseñan los modelos matemáticos de descomposición: el de Wieder y Lanz y el propuesto por Chase y Gray, señalan las ventajas y desventajas, además plantean el propio que incluye la existencia de un pool orgánico estabilizado y la ecuación para calcular la tasa de descomposición:

$$d \text{ ct}/dt - d \text{ cr}/dt = C_0 K e^{-Kt}$$

donde $d \text{ ct}/dt$: tasa de pérdidas de C en un tiempo t.

$d \text{ cr}/dt$: tasa constante de pérdidas.

C_0 : pool de c/disponible.

K: tasa de descomposición.

Nadelhofer y Col (1.984) estiman el patrón estacional de la mineralización neta, la nitrificación y la captura de N en varios bosques, utilizando incubaciones in situ. Detectan que:

- La variación estacional de la mineralización fue pronunciada: con un pico en junio o mayo, pico secundario en septiembre (en los bosques deciduos) y en agosto (en el bosque de coníferas).
- La dinámica del N fue similar en algunos aspectos; por ejemplo, en cada sitio el pool de amonio fue mayor y más variable que el de nitrato.
- Las tasas netas de amonificación muestran mayor fluctuación estacional que las de nitrificación en OAK1, OAK3 y SM.
- Las tasas de nitrificación fueron estadísticamente significativas y positivas porque el pool inicial de nitrato es pequeño y parte del amonio es oxidado a nitrato en la incubación.
- Los nitratos fue la forma más capturada en la mayoría de los sitios y las tasas mensuales de N capturado varían menos

que las tasas de mineralización.

Los autores concluyen que en los bosques templados, los procesos más importantes son nitrificación y captura de los nitratos y, aunque los costos de captura y asimilación de nitratos pueden ser altos, existen ciertos factores que favorecen su selección: la captura de nitrato estimula la captura de otros cationes (por ejemplo K), la ocurrencia de nitrificación amortigua las fluctuaciones del N disponible, la regulación de la nitrificación minimiza las pérdidas de N por lavado.

Un estudio con enfoque diferente es hecho por Cooper y Col (1.985), al comparar dos técnicas estáticas y una dinámica para medir el flujo de CO₂ e indirectamente la respiración edáfica. Las tres técnicas arrojan resultados similares cuando la temperatura del suelo es menor a 15 ° C (febrero y marzo) pero difieren en los meses más calientes; además, no hay diferencias significativas entre los dos tipos estáticos y las distinciones entre el método de flujo y los estáticos parecen estar asociadas con los movimientos del aire a través de las cámaras, observándose valores más altos con el método dinámico. Los autores concluyen que la variación por heterogeneidad espacial limita la exactitud de las mediciones con cualquier técnica, siendo necesario incrementar el tamaño de la muestra, lo cual sería inoperante con el sistema dinámico. Lo expuesto v la boca

accesibilidad de los equipos permite señalar que lo conveniente es usar uno de los estáticos, pero calibrar los resultados con los obtenidos con IRGA en ese sitio. En nuestro caso se utilizó uno de los estáticos ya que se midió la respiración edáfica con Hidróxido de Sodio.

2. Investigaciones Documentales.

Bolin y Cook (1983) que reco gen información reciente sobre el tamaño de las reservas y flujos de los cuatro mayores ciclos (C-N-P-S). Para cada elemento señalan lo reportado por diferentes autores en cuanto a: distribución en la era preindustrial y después, la magnitud de los flujos, las lagunas en aspectos cualitativos del ciclo y las influencias del hombre con sus posibles consecuencias.

Newbould (1.978) recopila la información de años recientes sobre el ciclo del N, mostrando los avances en: fisiología de la raíz, fijación del N, fraccionamiento de la materia orgánica, lavado de nitratos y efectos de los sistemas agrícolas. Jenkinson y Rayner (1.971) ilustran la variación en el tiempo de residencia de algunas fracciones de materia orgánica: rápidamente descompuestas (0,165 años), residentes (2,31 años), viva (1,69 años), con protección física (49,5 años) y resistentes (1.980 años) aunque hay un continuum de variaciones entre esas categorías.

Roswall (1.982) analiza los procesos individuales del ciclo del N para llegar al diagrama del ciclo global. Explica en forma didáctica por qué el N es un elemento tan interesante y complejo, luego reseña lo investigado sobre asimilación del N, mineralización, nitrificación, desnitrificación y fijación del N. Para la primera, aborda las dos formas accesibles, las diferencias entre asimilación de nitrato y amonio; en la mineralización ¿ Cuándo ocurre? ¿ de qué depende? enfatizando sobre los escasos datos y la dificultad para medirla. En la nitrificación explica la importancia, su acoplamiento, la formación de productos intermedios y el efecto inhibitor del acetileno. Al analizar la fijación del N, detalla los éxitos logrados por investigadores que se espera sean aportes para la agricultura.

Posteriormente, plantea el ciclo del N en los ecosistemas exponiendo las cuatro hipótesis de Haines para explicar el aumento de N disponible al avanzar la sucesión.

Al final, presenta el diagrama del ciclo global y recoge en una tabla las estimaciones de las transferencias aportadas por 13 trabajos de investigación demostrando que sí hay información, pero falta ahondar en ciertos procesos.

Continuando en el mismo sentido, Marrs y Col (1.988) examinan la importancia del N en el desarrollo y funcionamiento de los ecosistemas, demostrando que el

suministro de N es un factor crítico en el desarrollo de estos e influyente en la distribución de las especies; por lo tanto, cuatro principios deben aplicarse para la restauración de un terreno:

- 1- Existe un nivel mínimo de N en el suelo, el cual varía entre los ecosistemas.
- 2- Ese nivel solo se aumenta de manera razonable con el aumento de leguminosas.
- 3- Los fertilizantes deberán usarse sólo si el desarrollo de la vegetación lo amerita, por ejemplo si está moribunda.
- 4- La mineralización está correlacionada con el contenido de N en la vegetación y suelo, si ese contenido es bajo la transferencia será poca y si se aumenta la descomposición de M.O se incrementa dicha transferencia. Por ello, se debe colaborar con los contenidos de N en suelo; una forma es con la siembra de leguminosas, otra es el pastoreo, el cual puede aumentar el pool. Los efectos del corte no están muy claros: en sitios deteriorados pueden ser importante ya que las condiciones del sustrato pueden limitar la descomposición microbial y los procesos de transferencias. Sin embargo, los autores enfatizan en que más trabajos son requeridos.

Coleman y Col (1985) presentan aspectos de la descomposición, producción de materia orgánica y turnover, examinando diferentes regímenes de manejo (arado, rastrojo y

aplicación de herbicidas) para evaluar los efectos sobre el sistema; su intención es presentar los procesos bióticos y abióticos que ejercen impacto sobre la descomposición de la materia orgánica, concluyendo que estos resultados permiten observar los beneficios de las prácticas de cultivo sin arado: aumentos en la concentración de N coordinados con las necesidades de la planta, mayor población de animales y menores cambios en las condiciones físicas. A esto, se debe añadir la menor compactación, reducción de los costos del arado, mantenimiento de la materia orgánica en el suelo, incremento en la eficiencia en el uso de agua y disminución de la erosión. Por consiguiente, el no arado tiene ventajas y se deben buscar prácticas de manejo que tengan como centro la producción y turnover de los microorganismos, pues manejar las poblaciones microbiales mejora el turnover y ocasionará una agricultura más eficiente.

Anderson y Swift (1.983) se trazan tres objetivos al respecto:

- Investigar la validez de las generalizaciones sobre tasas de descomposición en los bosques lluviosos tropicales.
- Considerar las bases para comparar las tasas de descomposición en diferentes ecosistemas e interpretar las variaciones.
- Demostrar la importancia de investigar el proceso de descomposición para entender la dinámica del bosque,

especialmente cuando éste es clareado por la agricultura.

Comienzan con la explicación de los tres métodos utilizados para medir la descomposición del mantillo en los ecosistemas terrestres: 1) Respiración del suelo, 2) cociente mantillo caído/mantillo en pie y 3) mediciones directas de las pérdidas de peso del mantillo en bolsas. Para cada método, señalan los valores obtenidos por diferentes autores, las ventajas y desventajas del método. Seguidamente, reseñan las variaciones en las tasas de descomposición del mantillo en bosques tropicales y templados, explicando la influencia del macroclima, microclima, calidad de recurso y organismo. Los autores concluyen que :

- La descomposición se puede investigar a diferentes escalas, pero en todas se deben considerar las variables organismos, clima y calidad de recurso, pues su interacción determina las características del proceso.
- Los cambios en las tasas de descomposición están determinados por: caída de los árboles, el cultivo o perturbaciones a gran escala que rompen la integración entre planta y subsistema descomposición.
- La información sobre los efectos de la agricultura es poca, siendo necesario investigar técnicas, estudiar dichos efectos y planificar la manipulación de la descomposición y la liberación de nutrientes, objetivos de nuestra investigación.

Como se mencionó en los aspectos teóricos, Swift y Col (1.979) presentan una visión coherente del proceso de descomposición. Demuestran la importancia de dicho proceso para el mantenimiento de los ecosistemas; señalan los efectos de la lixiviación, catabolismo y cominución, procesos responsables de los cambios físicos y/o químicos y explican las dos funciones de la descomposición: la mineralización o conversión de un elemento de forma orgánica a inorgánica y la humificación, o mantenimiento en forma orgánica. En igual forma, analizan las variables que influyen sobre el patrón y la tasa de descomposición: la calidad del recurso, el tamaño del pool disponible de nutrientes, la tasa a la cual pueden ser reemplazados en la solución del suelo y el medio físico-químico. Concluyendo que se puede reconocer que la descomposición es una combinación de tres procesos principales (catabolismo, cominución y lavado) controlada por tres factores (naturaleza de la comunidad de descomponedores, calidad del recurso y medio físico-químico).

Sarmiento (1.978) hace la revisión y análisis crítico de la bibliografía relacionada con la economía de los nutrientes en el ecosistema sabana, examinando el rol del factor nutricional en la presencia de dicho ecosistema y su papel determinante en algunas características morfoecológicas y fisiológicas de especies vegetales.

En un inicio, explica las teorías sobre la existencia de sabanas en el trópico húmedo; una de ellas es: el encontrarse sobre suelos pobres en nutrientes que no permiten una vegetación forestal.

Las dificultades para sustentar esta teoría obliga a analizar el contenido de nutrientes en el suelo y la vegetación, los aportes de las entradas y las salidas; por ello, recoge en una tabla los valores en distintos sitios observándose diferencias que le permiten concluir:

- La economía de los nutrientes es un proceso lábil en las sabanas.
- Los mecanismos adaptativos son divergentes entre selvas y sabanas. Las últimas están relegadas a suelos pobres, ya que sus tasas rápidas de reciclado de M.O excluyen la posibilidad de mantener reservas importantes en la biomasa, por lo que el principal reservorio pasa a ser el suelo.
- El ciclaje del N dentro de la sabana parece ser muy vulnerable; el mayor reservorio está constituido por la materia orgánica en el suelo, la cual se presenta en forma de compuestos húmicos estables, lentamente biodegradables que actúa como mecanismos homeostáticos, conservador del elemento. Además, la cantidad de N mineral que circula cada año es dos veces inferior al N orgánico, de modo que no hay excedente.

- Las transferencias entre los subsistemas están vectorizadas por microorganismos específicos que aseguran la descomposición de la M.D, la mineralización, humificación, etc.
- El K,P y Ca son escasos y deben ser economizados para mantener el funcionamiento de la sabana; son reciclados internamente, lo que minimiza las pérdidas y asegura que puedan ser reutilizados por las plantas.
- Todos los procesos no toleran perturbaciones mayores, por consiguiente deben ser conocidos a plenitud.

En el mismo ambiente (sabanas tropicales), Medina (1.987) discute los datos sobre: diferenciación de la composición, comportamiento nutricional, fotosíntesis, respuestas a la fertilización y fijación simbiótica.

Se plantea 3 hipótesis:

- 1a. La descomposición y diversidad de la sabana está relacionada con la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de las especies para adquirirlos.
- 2a. Las especies dominantes de las sabanas secas tienen un potencial de producción ajustado al suministro bajo de nutrientes, durante su crecimiento.
- 3a. Las sabanas naturales son conservadoras de nutrientes: las pérdidas por fuego y lavado son compensadas por entradas en las lluvias, captura biológica y retención de nutrientes.

Para confrontar esas hipótesis, el autor analiza lo propuesto por diferentes investigadores sobre:

- El contenido mineral de la biomasa epígea explicando el patrón estacional, y las concentraciones de N-P S-Ca.
- La fotosíntesis y nutrición de nitrógeno y fósforo de las gramíneas tropicales, deduciendo que la fotosíntesis está correlacionada con el contenido de N en las hojas y posiblemente las bajas tasas medidas en Venezuela podrían ser explicadas por el bajo contenido de dicho elemento, poniéndose en evidencia el poder del N para limitar la productividad.
- La limitación de los nutrientes para la producción de forraje y las respuesta ante la fertilización. Como en los casos anteriores, establece las comparaciones entre las especies nativas y exóticas (africanas) señalando las diferencias: las primeras, tienen tasas de crecimiento más bajas así como bajos requerimientos.
- La conservación de nutrientes, señalando que la baja disponibilidad de nutrientes obliga a mecanismos de captura y conservación como: altas tasas raíz/tallo, asociación raíz-microorganismos.

Finalmente, el autor presenta el balance de dos sabanas (Africa Vs Venezuela), demostrando que son positivos y concluye que: la revisión llenó lagunas, aportó datos para una visión completa de las sabanas, fundamental en la

planificación del manejo; no obstante, enfatiza sobre los macroproblemas presentes, tales como las deficiencias de nutrientes, los cuales deben ser solucionados seleccionando especies y utilizando otras prácticas de manejo, no con el uso de fertilizantes.

Es posible concluir que se conoce:

- Relativamente poco sobre tasas de descomposición aérea en las sabanas y en las de Venezuela particularmente.
- Insuficiente información sobre tasas de descomposición subterránea.
- Casi nada sobre los efectos del corte (pastoreo simulado).
- Poco sobre nitrificación y respiración edáfica.

V. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

1. Ubicación.

El estudio se llevó a cabo en un área del Jardín Botánico de la Universidad "Ezequiel Zamora" (UNELLEZ) ubicado al noroeste de la ciudad de Barinas, a aproximadamente 8 Km de centro y 5 Km del Aeropuerto. Las coordenadas de Barinas son 8º 36' N y 70º 12' WD.

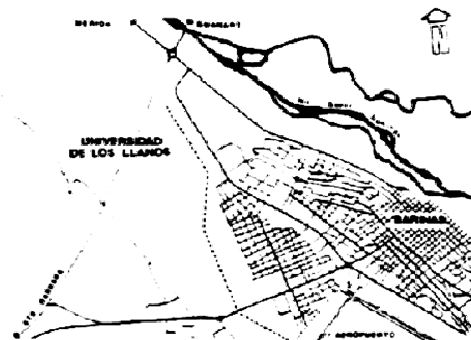
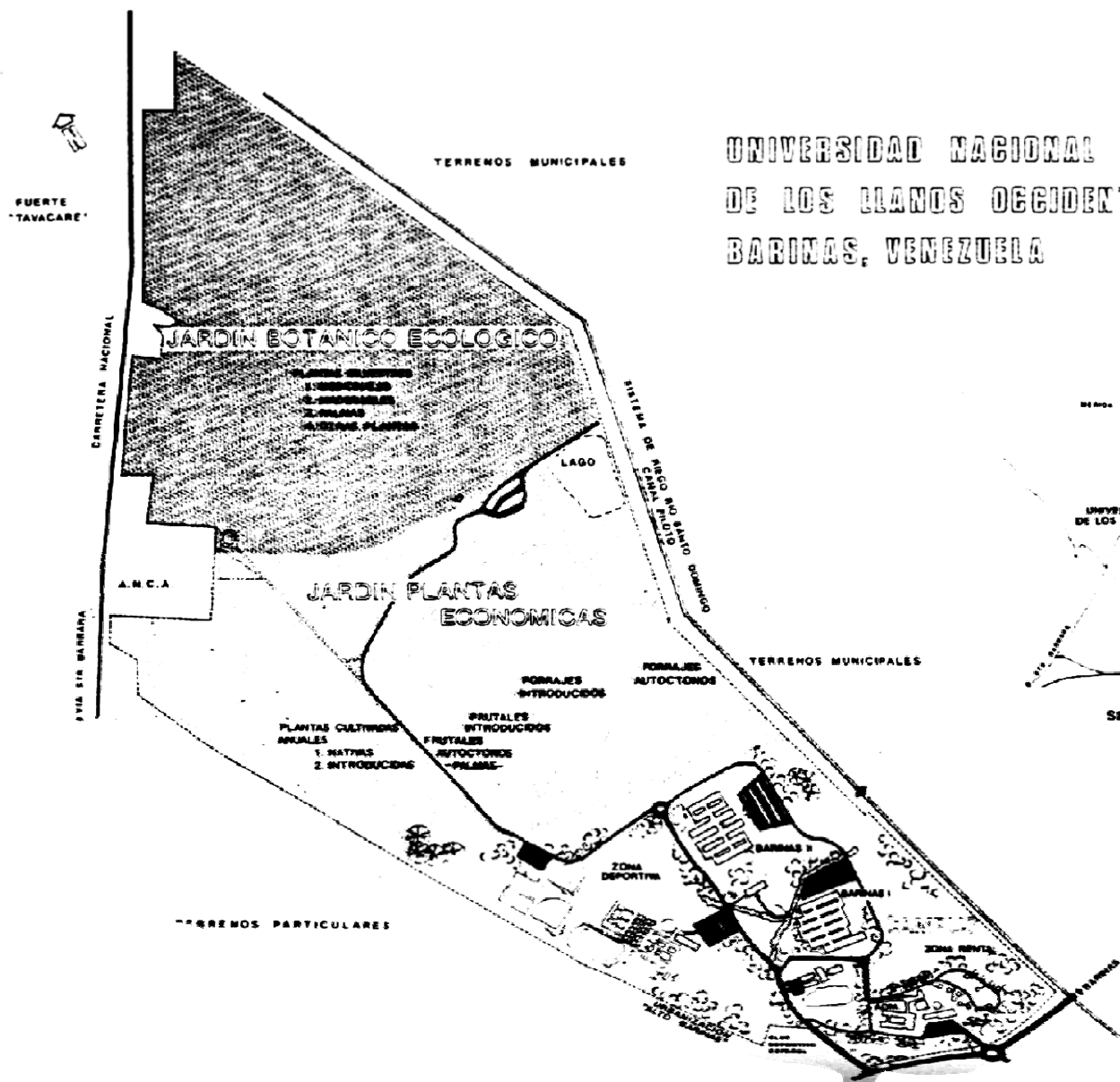
En el interior del Jardín, en un sector de sabanas naturales mantenidas dentro del arboretum, se adelantó el trabajo (Figura Nº 01), en una comunidad sometida a cortes frecuentes pero no cultivada en los últimos años, por lo que presenta un mayor número de especies y se acerca a una sabana natural.

2. Clima.

El clima del área es tropical estacional Aw, con altas temperaturas todo el año y precipitaciones alrededor de 1.700 mm anuales, concentrados en una estación lluviosa de 7 a 8 meses, cayendo sólo un 10% del total anual en los 4 ó 5 meses restantes (Sarmiento y Col 1.971).

Las tablas Nº 01 y 02 muestran los datos climáticos registrados en 1.988 y 89 (años del estudio) por la estación meteorológica Barinas-Aeropuerto del Ministerio de Ambiente, que presenta condiciones similares al sitio del experimento.

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
BARINAS, VENEZUELA



SITUACION RELATIVA A BARRINAS
Escala 1:50000 (aprox.)

CONSULTOR

ING. CARLOS A. GONZALEZ
CALLE BOLIVAR
BARINAS

PROYECTO DE
DISEÑO Y PLANEACION
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"

Estos datos, conjuntamente con los reportados de 1.976-89 fueron utilizados para caracterizar el clima de la región.

a. Precipitación:

La información de 14 años (1976-1989) revela que la precipitación promedio anual es de 1.708,1mm, presentándose variaciones interanuales hasta de 773,3mm entre el año más seco (1.984 con 1.221,1 mm) y el año más húmedo (1.981 con 1.994,1mm). Durante los años del experimento (1.988 y 89), la precipitación total anual fue 1.645,6 y 1.269,9 respectivamente; la lluvia caída durante los meses de la experiencia fue: 1.604,5 mm, aunque es 103,6 mm menos que el promedio está dentro de los valores esperados como año lluvioso.

Esta última afirmación se desprende del análisis de las variaciones interanuales, que permite concluir la presencia de ciclos de cinco años: con tres años húmedos y dos años secos, aunque a veces los ciclos se extienden a: cuatro húmedos, uno seco y dos de transición.

Similar variabilidad se observa a lo largo de año, siendo marcada la estacionalidad ya que ocurre el 87% de las lluvias en el período húmedo, pudiendo definirse para los 14 años el patrón siguiente: siete meses húmedos (abril - octubre), tres meses secos (diciembre - febrero), y dos de transición (marzo - noviembre).

PRECIPITACION

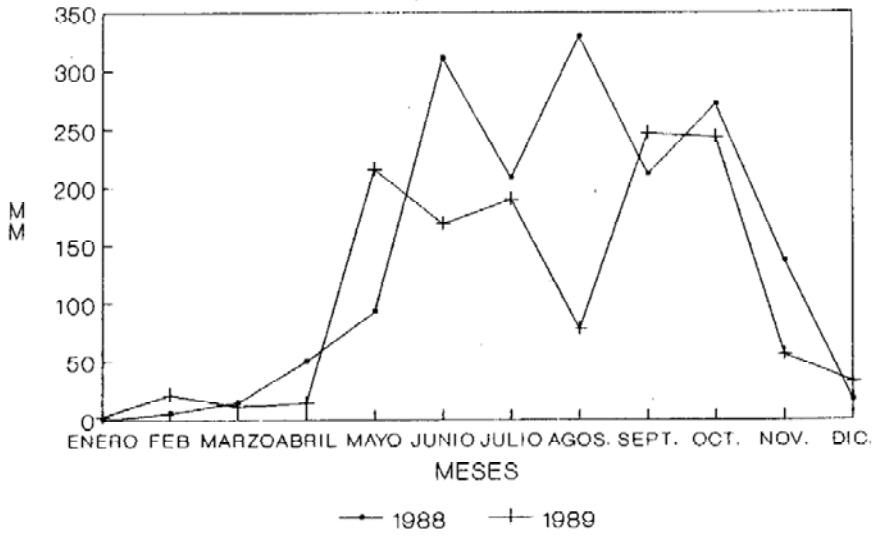


Figura 2: Variaciones mensuales de la precipitación total (mm) en 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

No obstante, entre los meses del período húmedo también se observan diferencias: valores mayores en mayo - junio - julio y septiembre - octubre, menores en agosto donde ocurre un corto verano, en la mayoría de los años.

Durante la experiencia (mayo 88 - mayo 89) la variación mensual fue la siguiente: tres picos con alta precipitación en los meses junio, agosto y octubre con 310,6 - 328,9 y 271,0 mm respectivamente, descensos en julio y septiembre durante el período lluvioso y de noviembre a marzo correspondientes al período seco; por consiguiente, siguió un patrón algo diferente al presentado por los promedios, ya que reportó tres picos y el veranito en julio (ver figura N° 02).

Sin embargo, es posible diferenciar claramente el período de lluvias de mayo a octubre cuando caen el 88,0% del total, cinco meses secos de diciembre a abril (con 4,13%) y uno de transición: noviembre (8,05%), notándose la marcada estacionalidad.

b. Temperatura y radiación solar:

Al contrario de la precipitación, la temperatura muestra pocas variaciones interanuales y a lo largo del año. Las primeras son hasta del orden de 0,80 C en los 14 años observados, ya que la temperatura media anual varió entre 26,3 y 27,10 C en los años 1.978 y 1.980 respectivamente.

TEMPERATURA MEDIA

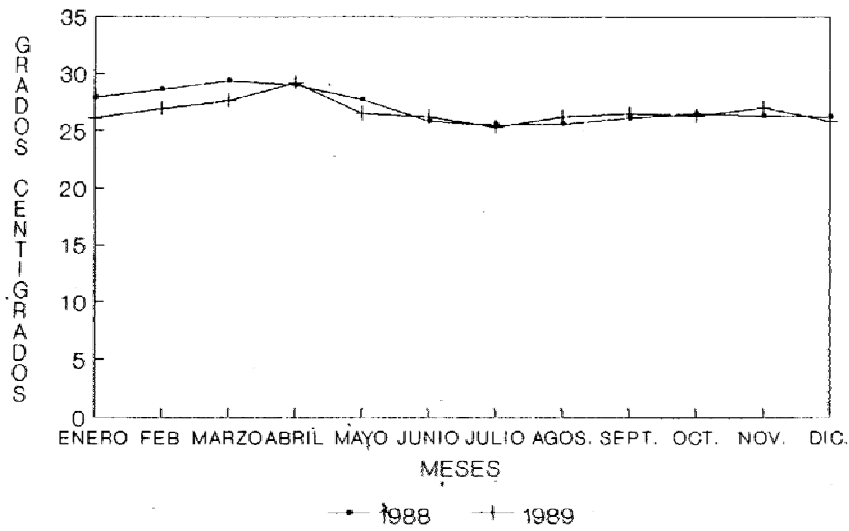


Figura 3: Variaciones mensuales de la temperatura media (°C) en 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

Similar comportamiento reportan las temperaturas medias mensuales, las cuales fluctúan entre 24,39 C (en junio 1.981) y 29,49 C (en marzo 1.989), pudiéndose afirmarse que las medias mensuales no bajan de 249 C, presentan un patrón de isoterminia y registran los mayores valores en el período seco, los menores en el húmedo.

Durante el estudio (ver figura N9 03), la temperatura media mensual fue casi constante, reportándose la máxima en abril del 90 (29,29 C) y la mínima en julio del 88 (25, 59 C); por consiguiente, siguió el mismo patrón de los 14 años considerados para definir el clima.

Situación diferente se observa al analizar las variaciones diarias, ya que éstas sí son importantes, están por encima de 12,49 C en gran parte del año, siendo mayores durante el período seco (hasta de 22,39 C) ya que la baja nubosidad permite una radiación solar intensa durante el día, por consiguiente altas temperaturas y en la noche, una irradiación de calor hacia el espacio elevada, ocurriendo temperaturas relativamente bajas. Durante los meses lluviosos, la radiación diurna se reduce por la elevada nubosidad; además en la noche, esa misma nubosidad ocasiona una irradiación pequeña y la temperatura no baja tanto como en el período seco; por lo tanto, la oscilación diaria es menor. No obstante, ambos tienen gran significado ecológico.

RADIACION SOLAR

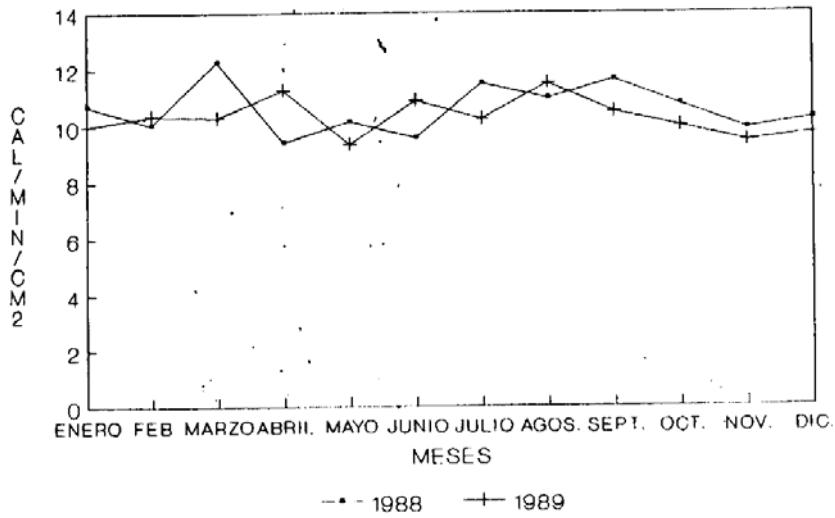


Figura 4: Variaciones mensuales de la Radiación Solar Total (cal/cm²) en los años 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

Como la temperatura, la radiación solar es alta durante todo el año (ver tabla Nº 2); presenta variaciones interanuales, entre 123 Kcal/min/cm² (en 1.989) y 149 Kcal/min/cm² en 1.979. En igual forma, pocas variaciones a lo largo del año registrándose lo máximo en la época seca (enero - febrero - marzo en la mayoría de los años) y lo mínimo en la época lluviosa (comúnmente en mayo o junio). Tal situación se repitió en los meses del estudio: máximo en abril (11260 cal/min/cm² y mínimo en mayo (9332 cal/min/cm²) ver figura Nº04.

c. Evaporación y humedad relativa:

La información evaporimétrica de la tabla Nº 02 señala que la Evaporación promedio anual es de 2.162,6 mm. para el periodo 1.976 - 1.989.

Al igual que la precipitación, presenta variaciones interanuales y a lo largo del año.

Las primeras, fluctúan entre 1.945,4 mm (en 1.982) y 2.338,8 mm (en 1977); las segundas son también significativas, y reportan los valores elevados en el período seco y los más bajos en el lluvioso, notándose de nuevo diferencias entre ambos períodos.

Durante el estudio se observó el mismo patrón: los valores más altos en marzo - abril (234 y 259,2 mm) y los

EVAPORACION

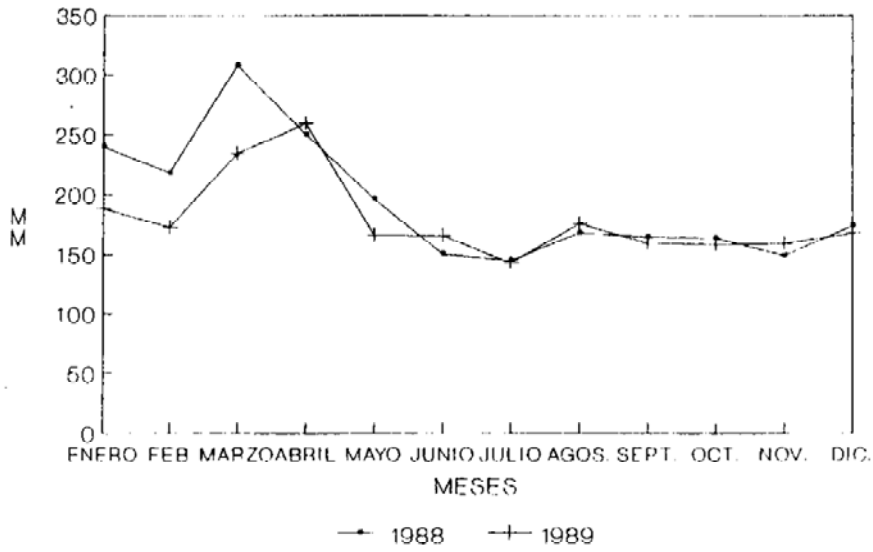


Figura 5: Variaciones mensuales de la Evaporación Total (mm) en los años 1988 y 1989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

HUMEDAD RELATIVA

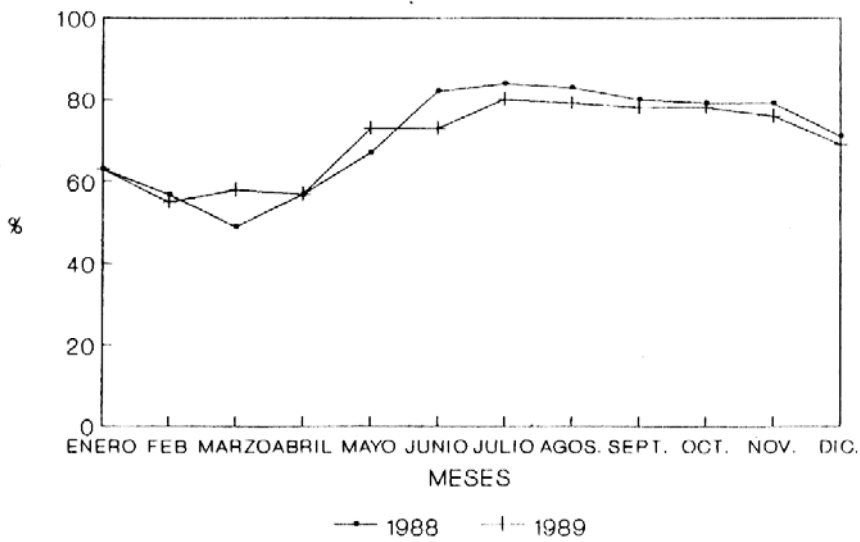


Figura 6: Variaciones mensuales de la Humedad Relativa (%) en los años 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

más bajos en julio (144,5 mm) ocasionados los primeros por las altas radiaciones y altas temperaturas. (ver figura N^o 05).

La humedad relativa media muestra en los 14 años pocas variaciones interanuales: 75% en 1.982 y 70% en 1.985 y 89; en cambio, variaciones importantes a lo largo del año, siendo menor (hasta 50%) y menos variable en el período seco sobre todo de enero a marzo. Durante el período lluvioso fluctúan más y reporta los mayores valores (junio - julio, 85 y 86%).

Similar patrón se registró durante la experiencia: los valores más altos en julio-agosto (84 y 83%) los menores de febrero a abril (55-58-57%, respectivamente), coincidiendo estos últimos con la alta evaporación y alta radiación, mientras que la alta humedad relativa se corresponde con un descenso en la evaporación y radiación solar. (ver fig. N^o 06).

d. Viento:

La velocidad del viento varía con la altura y según la época como lo demuestran los datos expresados en la tabla N^o 02 y la figura N^o 07).

Los valores promedios para los 14 años (1.976 - 89) reflejan que: A 0,65 m/suelo, las medias mayores se registran en la época seca (3,8 Km/h en los meses febrero -

VELOCIDAD DEL VIENTO

MEDIDA A .65M Y A 10 M. DE ALTURA

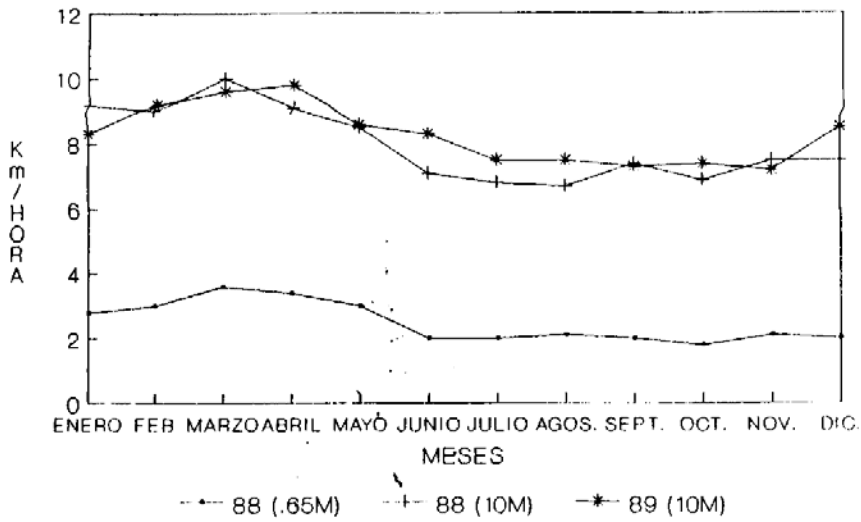


Figura 7: Variaciones mensuales de la velocidad del viento a 0,65 m del suelo en el año 1.988 y a 10 m del suelo en el año 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

marzo - abril), las menores durante la época lluviosa: 1,5 - 1,8 Km/h en agosto - septiembre, pudiendo concluir que las variaciones son escasas a lo largo del año.

A 10 m del suelo ocurren mayores velocidades y mayores fluctuaciones de acuerdo a la época, ya que en la época seca se presentan las velocidades más altas (hasta de 10,7 Km/h en febrero), y en la época lluviosa disminuyen, reportándose hasta de 7,1 Km/h (en junio).

Lo reseñado para los 14 años se observó durante la experiencia y puede ser comprobado en las tablas Nº 01 y 02.

Tomando en consideración lo expuesto, se puede definir el clima de la zona como: llanero, con isoterma anual, predominancia de altas temperaturas y alternancia de una estación lluviosa y otra seca, es decir un régimen pluviométrico dependiente del cinturón intertropical (CIT) los meses de mayo a octubre y de los alisios de diciembre a marzo. Lo expuesto es observable en la figura Nº 8 que reseña el climadiagrama.

Este clima fue definido por Koepen (1.931) y clasificado por Gold - Brunner como: tipo Aw a.m.s: clima tropical de sabana, caracterizado por una temperatura media mensual mayor de 18º C y precipitaciones mayores a los 600 mm anuales.

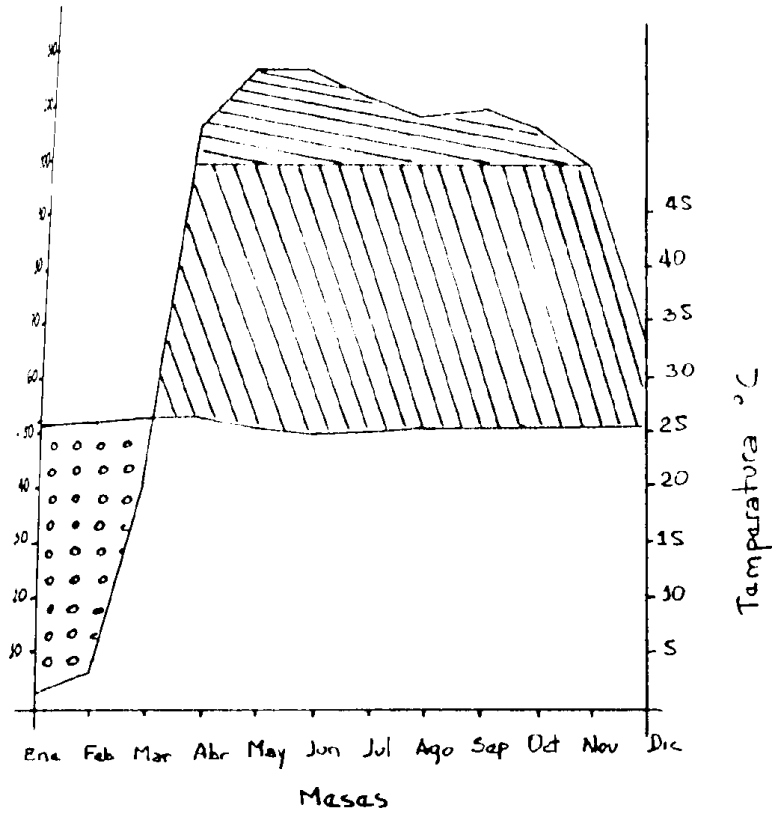


Fig 8 : Climadiagrama de la Estación Barinas-Aeropuerto (Estado Barinas). Valores promedios de 1975 a 1985.

Similares características han sido reportadas para las sabanas tropicales por Silva (1.972) Sarmiento y Monasterio (1.969) Silva (1.982).

3. Geología y Suelo:

Como lo señalan Zing y Stagno (1.966) para entender la forma del relieve es necesario conocer la morfogénesis, por lo tanto se explicará brevemente. Durante el Paleozoico, la cuenca Barinas - Apure no se había individualizado y formaba con las cuencas oriental y occidental una gran depresión ocupada por el mar. A finales del Paleozoico, un primer movimiento orogénico dio origen a la estructura montañosa precursora de los Andes.

Durante el Cretáceo como resultado de un paroxismo, se depositaron sedimentos epicontinentales constituyéndose las formaciones Calderas, Capacho, Colón y Navay.

El Cenozoico representó un periodo complejo caracterizado por: fuerte orogénesis que sobre - elevó la estructura Andina separando las cuencas Apure - Barinas de la de Maracaibo y el retorno de la erosión, recubriéndose el piedemonte andino por un manto de sedimentos de origen continental.

A finales del Plioceno se inició un nuevo levantamiento que continúa todavía, que afectó la Cordillera

Andina y provocó un retorno a la erosión, la cual bajo la influencia de una crisis climática (glaciaciones e interglaciaciones) tomó un carácter más rítmico, depositándose en bordes de los Andes y en los Valles intermontañosos: conos y derrames que forman el piedemonte y los llanos actuales.

De acuerdo a lo expuesto, es probable que la diferencia del paisaje fue determinada en primer lugar por la tectónica pleistocena, fallas paralelas y perpendiculares al eje andino causaron distintos niveles en las deposiciones pleistocenas.

Por consiguiente, la variedad de procesos ocurrentes trajo como consecuencia la diferenciación regional, la cual fue observada por Sarmiento, Monasterio y Silva (1.971), quienes plantean que deben diferenciarse tres unidades geomorfológicas: Una superficie levantada al suroeste del río Santo Domingo con paisajes de sabanas secas al norte y de sabanas húmedas al sur; una superficie deprimida al noroeste del mencionado río con paisajes de bosques o bosques - sabanas y una franja adosada a las colinas del piedemonte, donde alternan relictos de antiguas terrazas y deposiciones torrentosas de distintas cronologías, con predominio de sabanas secas.

En cada unidad geomorfológica, los procesos de modela-

do del relieve han sido distintos, formándose diferentes paisajes que permiten separar 16 sistemas de relieve, en la parte norte del estado Barinas (Silva y Col 1.971).

El sitio de experimentación corresponde a una terraza del sistema de relieve Barinas (ver anexo N° 01), descrito por Silva y col (1.971) como sigue:

Se trata de un gran depósito que en forma de delta de epandaje, se desarrolló en la salida del río Sto Domingo a los llanos durante el Pleistoceno - Riss (t II). Formado por sedimentos heterogéneos que constituyeron un gigantesco abanico, el cual fue posteriormente afectado por movimientos tectónicos, en particular una falla NW-SE que levantó la parte suroccidental y deprimió la opuesta, que en su mayor parte fue posteriormente cortada y fosilizada (Zing y Stagno, 1.966). Según los autores, este sistema no ha sido modelado por corrientes divagantes, sino que el relieve actual es producto del tipo de deposición de los sedimentos a lo largo de ejes de epandaje y del posterior efecto de la erosión hídrica.

El drenaje es esencialmente subterráneo, encontrándose solo 2 ó 3 caños importantes que drenan hacia El Pagüey y cañadas pequeñas que llevan agua solo en la época lluviosa.

El relieve del área también fue descrito por Baptista (1.986) en la forma siguiente:

Está constituido por bancos altos y planos, con pendiente general NW-SE de 0,4% en los primeros 10 Km a partir del piedemonte que pasa a 0,15% hacia El Toreño. Es posible establecer dos unidades topográficas; un sector plano y alto, poco atravesado por bajíos al NW y otro sector de bancos largos y más estrechos que llegan hasta el SE, ocupando la serie Barinas las partes más elevadas y presentando un material parental franco - arenoso, originado por alteración de las texturas medianas del perfil (FAa. - FA).

Esta posición alta favoreció la acción de dos procesos pedogenéticos principales: Rubefacción y lavado. La rubefacción fue el proceso inicial de formación del perfil. La alteración del material parental rico en biotita liberó gran cantidad de hierro que tiñó esos suelos. A medida que profundizaba el perfil por alteración del material parental, se efectuaba una eluviación de elementos finos, favorecida por las altas precipitaciones durante el periodo lluvioso; por lo tanto resultó la formación de un horizonte B argílico enriquecido en coloides minerales (arcilla e hierro complejo) con clay - skins.

Los suelos de la parcela de experimentación son clasificados como Tropoustalf Oxicos, desarrollados sobre materiales ricos en biotita, depositados en las posiciones topográficas más altas, con pendientes de 0,4 a 0,15%,

drenaje interno moderado y externo que varía de muy rápido hasta rápido según la pendiente.

Las características generales del perfil son:

Color rojo, textura franco - arenosa con transición hacia lo franco - arcillo - arenosa, y con proporciones muy bajas de limo. El contenido de arcilla va aumentando progresivamente hasta llegar al material parental; por lo tanto las texturas van de franco arenosa en el horizonte A hasta franco - arcillosa en el horizonte B y vuelve a ser franco - arcillo - arenoso a franco - arenosa en el C. El horizonte B es muy profundo y se encuentra moderadamente micro-agregado. Son suelos muy duros en seco y friables al humedecerlos. Son suelos ácidos, de baja fertilidad natural y las siguientes propiedades químicas: materia orgánica baja a regular, carbonato total regular, nitrógeno total bajo a muy bajo, fósforo muy bajo, potasio muy bajo, calcio medio a bajo magnesio alto, capacidad de intercambio catiónico baja, saturación de bases baja, azufre medio a alto, boro muy bajo, zinc muy bajo, aluminio cambiante muy alto (Baptista 1.986).

A las propiedades físicas mencionadas anteriormente se deben anexar: granulometría uniforme, excelentes condiciones de permeabilidad y aereación, muy buena infiltración (Acevedo, 1.988).

Resultados similares reflejaron los análisis

practicados en el área experimental, reseñados en las tablas
 Nº 03 y 04.

TABLA Nº 03

CALICATA EN EL ARBORETUM (ANTES ESTACION EXPERIMENTAL DE LA
 UNELLEZ), DESCRITA POR R. SCHARGEL Y R. MORALES EN 1.981.

PROFUNDIDAD	X	Y	Z	TEXT:	MAT.	ORG.	CATIONES INTERC.			Pppn.	pH
							UNIDADES				
ca.	Arena	Limo	Arcilla		Z C	X H	Ca.	Mg.	K.	Bray.	Agua
0-9	72	13	15	Fa	1,21	0,10	0,3	0,7	0,7	28	5,5
9-22	70	13	17	Fa	0,86	0,07	0,3	0,5	0,4	16	5,1
22-41	61	12	27	FAa	0,59	0,05	1,2	t	0,2	t	4,4
41-61	57	11	32	FAa	0,43	0,04	1,5	0,5	0,2	nd	4,7
61-90	54	12	34	FAa	0,23	0,02	1,5	0,5	0,1	nd	5,4
90-110	53	10	37	Aa	0,12	0,01	1,7	0,5	0,2	nd	5,6
110-170	51	11	38	Aa	0,05	nd	1,9	1,5	0,3	nd	5,7

t= trazas.
 nd= no determinado.

Horiz. Prof.cm	pH H2O	pH KCl	Dens apar.	Arena %	Limo %	Arcilla %	C %	N %	C/N	C.I.C. meq/100g	Ca id.	Mg id.	K id.	Na Bases id.sat.%			
-----s.total arcilla-----																	
Ap1	0-20	5,6	4	1,41	69	12	18	0,7	0,06	11,7	1,4	7,8	0,44	0,13	0,28	0,03	63%
Ap2	20-30	5,5	4,3	1,68	62	5	33	0,7	0,05	14,0	2,4	7,3	0,7	0,33	0,27	0,02	55%
Bt2	30-60	6	4,6	1,83	53	23	24	0,5	0,04	12,5	2,3	9,6	1,00	0,54	0,29	0,03	81%
Bt3	60-90	6,3	5,1	1,56	51	21	28	0,3	0,03	10,0	3,4	12,1	1,00	0,71	0,45	0,06	65%
B/C1	90-145	6,6	5,3	1,64	48	19	33	0,2	0,03	6,7	3,6	10,9	1,10	0,80	0,41	0,02	65%
C2	145-180	6,5	5,3	1,73	48	15	36	0,1	0,03	3,3	3,6	10,0	1,00	1,17	0,64	0,02	79%
II C	> 180	6,7	4,9	1,66	56	8	36	0,1	0,03	3,3	3,5	9,7	1,10	1,12	0,66	0,04	83%

Tabla ND 4 = Calicata en el Jardín Botánico de la UNELLEZ, descrita por Aldana, Motier, Sarmiento, Amaya Y Burgand. en 1.989.

4. Vegetación

La vegetación del área es una sabana abierta, con elementos arbóreos dispersos y algunos islotes de bosques llamados "matas", localizada sobre un suelo bien drenado y profundo correspondiente a la serie Barinas.

La zona donde se realizó el estudio no ha sido sometida a cultivos agrícolas durante los últimos años, solo a cortes periódicos, por lo que su composición florística se acerca a la de una sabana natural.

Según Sarmiento (1978), la vegetación sobre la serie de suelos Barinas tiene una especie arbórea predominante *Duratella americana* y varias gramíneas dominantes: *Trachypogon vestitus*, *Leptocoryphium lanatum*, *Axonopus purpusii* y *Axonopus canescens*.

En igual forma, Silva y Sarmiento (1976) encontraron la siguiente composición en las sabanas de la serie Barinas: *Axonopus canescens*, *Trachypogon vestitus*, *Leptocoryphium lanatum*, *Andropogon semiberbis* con los valores mayores de cobertura y *Paspalum plicatulum* con los valores más discretos.

En el área de experimentación se detectaron las siguientes especies dominantes: *Hyparrhenia rufa*, *Cenchrus ciliaris*, *Axonopus compressus*, *Paspalum vigatum*, *Cyperus* sp;

además Leguminosas, principalmente *Desmodium* y *Calopogonium*.

En menor frecuencia aparecen: *Paspalum plicatulum*, *Legtocoryphium lanatum*, *Hyptis suaveolens*, *Panicum parvifolium*, *Cenchrus ciliaris* y *Trachypogon* spp.

VI. METODOLOGIA

1. Diseño Experimental:

El estudio se realizó en el Jardín Botánico de la UNELLEZ-Barinas, en una sabana estacional correspondiente a la serie Barinas. El sitio seleccionado es una comunidad alterada por la acción humana pues ha estado sometido a cortes frecuentes durante los últimos años; sin embargo, no ha sido cultivado por lo que se presentan más especies establecidas naturalmente.

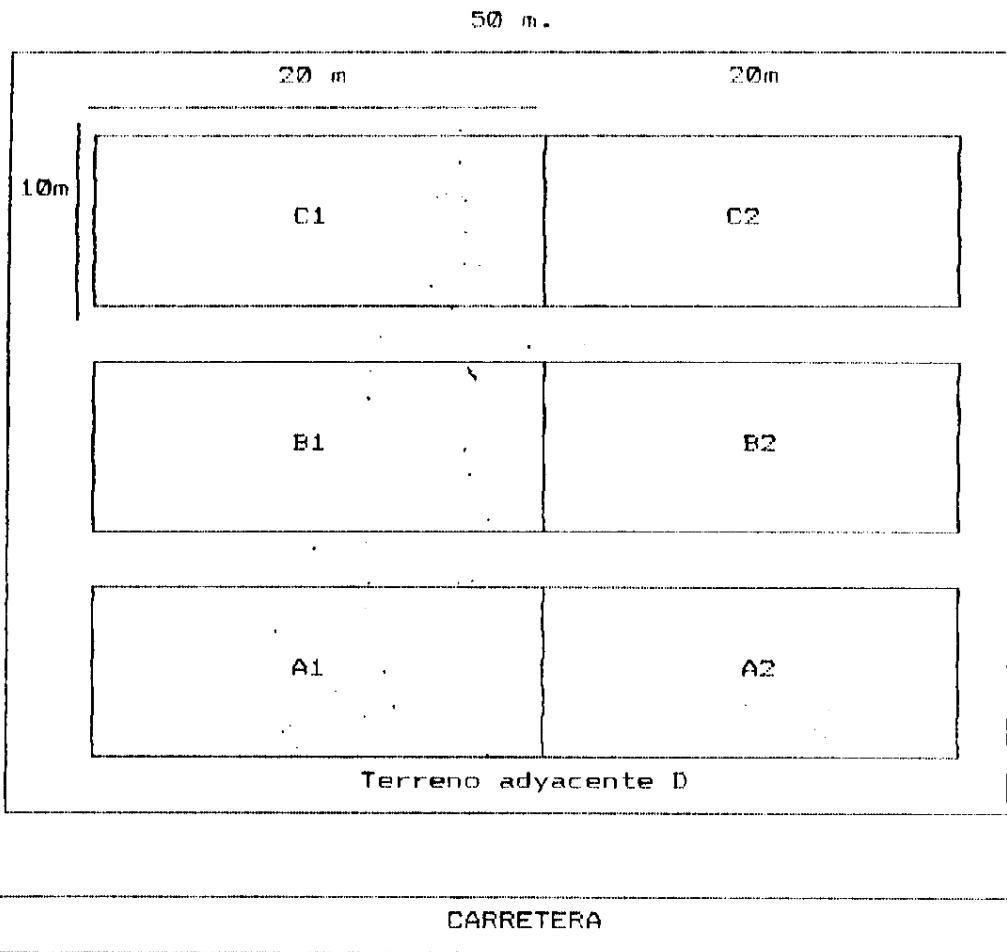
Para evaluar la influencia de diferentes frecuencias de corte (cada 30 días: Simulación de sobrepastoreo, cada 60 días del pastoreo normal) y de la fertilización se establecieron seis (6) parcelas de 20 x 10 m² como lo señala la figura N^o 09.

Calendario:

El trabajo experimental se realizó desde Mayo 88 hasta Julio 89. En Mayo 88 se efectuó el corte y secado de porciones aéreas y subterráneas de *Panicum maximum* (N V: guinea), gramínea frecuente en el área circundante al experimento. Posteriormente, se colocaron 5 gramos de material aéreo en bolsas de malla de 10 x 10 cm (Bolsas A) y 2 gramos de material subterráneo en bolsas de 5 x 5 cm (Bolsas S); ambas con aperturas de 1 mm para retener las

FIGURA Nº 09

Parcelas establecidas en el Jardín Botánico de la
UNELLEZ-Barinas y sometidas a
diferentes tratamientos.



fracciones pequeñas como lo sugieren Swift y Col (1.979).

En Junio 88, las bolsas tipo A se ubicaron sobre el suelo, las S a una profundidad de 5 cm, disponiéndose 60 en cada parcela.

De Julio 88 a Mayo 89 se extrajeron al azar cinco bolsas tipo A y cinco tipo S de cada parcela, se separó el material vegetal, se secó, se pesó y analizó químicamente, determinando los contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Este diseño permitió determinar ¿cuánto se descompone?. ¿A qué velocidad?. ¿cuándo se produce la descomposición?. ¿Qué nutrientes y en qué concentración se liberan?.

En Mayo y Junio del 89 se repitió el experimento pero extrayendo las bolsas los días: 50, 100, 150, 200 y 250 después del corte, con el objeto de observar el desarrollo de la descomposición en la fase rápida.

En Mayo y Junio del 89 se midió la amonificación y nitrificación los días 50, 100, 150 y 200 después del corte, utilizando incubaciones insitu durante 15 días.

En Junio del 89 se midió la respiración edáfica los días 10, 80, 130 y 150 después del corte con el método descrito por Cropper y Col (1985). En las tablas N° 5 y N° 6

se muestra el cronograma detallado de las fechas y actividades realizadas durante la experiencia.

2. Medición de la Descomposición.

a. Trabajo en el campo.

- Selección del material vegetal.

De las áreas próximas al experimento, se extrajeron porciones aéreas (hojas y tallos) y subterráneas (raíces) de Guinea (*Panicum maximum*), se separó el suelo con el lavado; se secaron en la estufa a 85°C hasta peso constante, se trituraron y colocaron en bolsitas de malla: 5 gramos de material aéreo y 2 gramos de material subterráneo.

- Ubicación en el terreno.

Las bolsitas con material aéreo se ubicaron sobre el suelo, las otras (con material subterráneo) a 5 centímetros de profundidad, disponiendo 60 de cada tipo en las diferentes parcelas e identificándolas con una banderita de cabilla y acero.

- Fertilización.

La fertilización se realizó con una fórmula preparada con: urea agrícola como fuente de nitrógeno, superfosfato triple para el fósforo y cloruro de potasio para el potasio. Con el objeto de lograr una proporción 15-10-10 se

utilizaron las siguientes concentraciones 150-100-y 100 Kg de N,P y K por hectárea.

La fertilización se hizo una vez, en Julio 88 y se aplicó solo en las parcelas A2-B2-C2.

Corte o simulación del pastoreo.

Entre julio 88 y junio 89, en las parcelas A1 y A2 se cortaron mensualmente, las B1 y B2 bimensual con el objeto de simular sobrepastoreo y pastoreo normal respectivamente.

El corte se hizo con machete, a una altura media de 5 a 10 cm. sobre el suelo; la biomasa cortada fue extraída de las parcelas como si hubiese sido consumida por los animales.

En la tabla N° 05 se señalan las fechas de corte.

Muestreo de las Bolsas A y S:

Con periodicidad cercana a 30 días en la época lluviosa y a 60 días en la época seca, se extrajeron cinco bolsas tipo A y cinco tipo S de cada parcela, lo cual da un total de 60 bolsas por muestreo. Cada grupo era empacado en bolsas plásticas, etiquetado y transportado al laboratorio.

En la tabla N° 05 se señalan las fechas de muestreo.

TABLA Nº 05
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES EN EL CAMPO, PARA DETERMINAR LA
DESCOMPOSICIÓN.

FECHA	ACTIVIDAD
23 - 5 - 88	Delimitación de las parcelas en el campo.
28 - 5 - 88	Corte de las porciones aéreas y subterráneas de Panicum maximum.
29-5 a 3-6-88	Secado de las partes aéreas y subterráneas.
6-6 a 10-6-88	Trituración y colocación en las bolsas de malla, del material aéreo y subterráneo.
22-6a 25-6-88	Colocación de las bolsas en el terreno, las A sobre el suelo y las S a 5 cm de profundidad.
19 - 7 - 88	1er. corte a las parcelas A1-A2- B1 - B2.
26 - 7 - 88	1ra. extracción de las bolsas de malla.
16 - 8 - 88	2do. corte a las parcelas A1 - A2.
29 - 8 - 88	2da. extracción de las bolsas de malla.
17 - 9 - 88	3er. corte a las parcelas A1-A2 y 2do. a las parcelas B1-B2.
29 - 9 - 88	3ra. extracción de las bolsas de malla.
15 - 10 - 88	4to. corte a las parcelas A1-A2.
28 - 10 - 88	4ta. extracción de las bolsas de malla.
28 - 11 - 88	5to. corte a las parcelas A1-A2 y 3ro. a las parcelas B1-B2.
01 - 12 - 88	5ta. extracción de las bolsas de malla.
20 - 01 - 89	6to. corte a las parcelas A1-A2.
09 - 01 - 89	6ta. extracción de las bolsas de malla.
08 - 03 - 89	7ma. extracción de las bolsas de malla.
21 - 03 - 89	7mo. corte a las parcelas A1 - A2 y 4to. a las parcelas B1 - B2.
25 - 04 - 89	8vo. corte a las parcelas A1-A2.
8 - 05 - 89	8va. extracción de las bolsas de malla.
10 - 05 - 89	9no. corte a las parcelas A1-A2 y 5to. a las parcelas B1 - B2.
07 - 06 - 89	10mo. corte a las parcelas A1 - A2.
12 - 06 - 89	Colocación en el terreno de 20 bolsas con material aéreo y 20 con material subterráneo.
17 - 06 - 89	} Extracción de 5 bolsas tipo A y 5 tipo S, en cada fecha.
22 - 06 - 89	
27 - 06 - 89	
03 - 07 - 89	
09 - 07 - 89	

b. Trabajo en el laboratorio:

- Determinación del Peso Seco:

Después de transportadas las bolsas, se extraía el material vegetal, utilizando pinzas para separar las porciones de tierra u otros residuos. El contenido de cada bolsa se colocó en papel periódico y se secó en la estufa a 850 C hasta peso constante; luego se pesó con una balanza analítica con precisión de $\pm 0,1$ mg.

Los contenidos de las cinco bolsas tipo A se mezclaron y guardaron en frascos herméticamente cerrados. El mismo procedimiento se aplicó a las bolsas tipo S; resultando en cada fecha un total de 6 frascos con material aéreo y 6 con material subterráneo, cuyos contenidos serían utilizados para las determinaciones de las concentraciones de: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

- Cálculos:

Determinados los pesos secos del material contenido en las cinco bolsas extraídas de cada parcela, se calculó la media aritmética (\bar{X}) y el error standard; luego el porcentaje que representa dicha media del valor inicial, siendo este 5 g para el material aéreo (A) y 2 g para el material subterráneo (S).

- Determinación del Nitrógeno:

Para el análisis del nitrógeno, se molió el contenido de cada frasco, se pesaron (3) tres muestras de 0,1 g. A cada muestra se le agregaron 2 ml de la mezcla digestora Acido sulfúrico (1L), selenito de sodio (5 g), sulfato de potasio (25 g), óxido de mercurio (10 g), sulfato de cobre (25 ml). En grupos de seis, se colocaron en los digestores durante 30 minutos las porciones aéreas y 60 minutos las subterráneas; se dejaron enfriar, se agregó aproximadamente 30 ml de agua destilada, se procedió a la destilación y titulación, siguiendo la metodología de **Micro-Kjeldahl**, descrita en TSBF Methods Handbook Pág. 46.

Finalmente, se anotaron los resultados de la titulación; por ejemplo:

PORCION AEREA MES JUNIO 88 PARCELA A1	2,40
	2,50
	2,30

- Determinación del Fósforo, Magnesio, Calcio y Potasio:

Para el análisis del fósforo, se molió el contenido vegetal de cada frasco, se pesó 0,50 g de la muestra (en algunos meses no alcanzó y se anotó dicho peso). A cada muestra se le agregaron 10 ml de mezcla digestora y se dejó reposar durante 24 horas.

En grupos de 6, se colocaron en los digestores hasta que se observaran cristales, se dejaron enfriar un poco y se filtraron con papel de filtro Nº 3 y agua destilada. Posteriormente, se arrasó el balón a 250 ml obteniéndose así el extracto que sería utilizado para determinar: El fósforo con el fotocolorímetro el magnesio y calcio con el espectofotómetro de absorción atómica y el potasio con el fotómetro de llama (modelo Perkin-Elmer).

En cada caso, el aparato arrojó las partes por millón (ppm), las cuales se utilizaron para determinar el % de la biomasa en cada fecha.

- Determinación del desarrollo de la descomposición en la fase rápida.

En vista de que los resultados obtenidos en 1.988 reflejan una fase rápida las primeras semanas, se decide repetir el experimento en 1.989, pero extrayendo cinco (5) bolsas tipo A y 5 tipo S a los 5 - 10 - 15 - 20 días; en consecuencia se colocan en el terreno el 12/6/89 y se retiran el: 17-22-27 de junio, 2 de julio y 9 de Julio. Como en el caso anterior, en cada fecha se determinó el peso seco del material contenido en las bolsas tipo A y tipo S, obteniéndose cinco valores por tipo, los cuales fueron promediados para obtener un solo valor y su error

standard, usando las siguientes ecuaciones:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^5 X_i}{n}$$

Media

$$Es = \frac{\sigma^2}{n-1} \quad n = 5$$

Error Standard

Posteriormente, se calculó el porcentaje que representa esa media del valor inicial.

También se determinó el contenido de nitrógeno fósforo, potasio, calcio y magnesio.

3- Medición de la Amonificación-Nitrificación-Mineralización.

a. Trabajo en el campo.

Para observar el curso de la amonificación y nitrificación después del corte, en la parcela cortada cada 45 días se utilizó la incubación insitu descrita por Anderson e Ingram (1.987 - pág 74) y empleando el siguiente procedimiento: Los días 1ro, 5to, 9no, 14vo y 17vo después del corte, se introdujeron en el suelo hasta 15cm de profundidad, seis (6) tubos de plástico de 5 cm de diámetro y 35 cm de longitud, siendo colocados al azar en la parcela antes mencionada,

Tres de los tubos se removieron inmediatamente con el suelo contenido en los mismos para la determinación del N-inicial y los otros tres se taparon con bolsas de

polietileno, se dejaron en el terreno durante 15 días y luego se llevaron al laboratorio para determinar el contenido de dos formas de nitrógeno: amonio ($N-NH_4$) y nitrato ($N-NO_3$). Así mismo, se determinó el amonio y nitrato del suelo, nueve (9) días antes del corte.

Como las determinaciones se hacían en el laboratorio de suelos (ULA - MERIDA), los corazones de suelo se almacenaron a 40 C por pocos días. En la tabla Nº 6 se señalan las fechas de colocación y extracción.

b. Trabajo en el laboratorio.

Para preparar el extracto, de la muestra se separaron tres submuestras de ≈ 60 g cada una, a las cuales se agregaron 200 cc de solución K CL - 2 M y se colocaron en una agitadora durante seis (6) horas. Transcurrido ese tiempo se ubicaron en la centrifuga durante 10 minutos, se filtraron con papel de filtro Nº 1 y se vaciaron en un frasco de 250 ml. Posteriormente, se agregó 50 ml de K CL para separar el nitrato y amonio que pudo haber quedado en el lodo, se centrifugó y filtró de nuevo. Luego se agregaron dos gotas de H CL para ajustar el PH a 2 e impedir la actividad de las bacterias, se completó con agua destilada hasta 500 cc obteniéndose así el extracto, el cual se guardó en refrigeración durante pocos días.

Paralelamente, se determinó el contenido de humedad,

pesando en una cajita de aluminio 20 g de cada muestra de suelo, secándola en la estufa a 105°C hasta peso constante y pesándola de nuevo.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} \times 100$$

Dicho procedimiento se hizo por duplicado para cada muestra.

Posteriormente, el extracto se sometió a la siguiente destilación:

- En un balón se colocó el extracto, se agregaron 2 g de óxido de magnesio y se destiló durante \approx 15 minutos para obtener " el N-amoniacoal.
- Se dejó reposar el balón \approx 15 min., se agregó 2 g del reactivo Dewarda (AL 10, Cu 45, Zn 5 N=0,010 %), se destiló \approx 15 minutos y se obtuvieron " los nitratos".
- Se tituló con el titulador automático Metter D1-40 obteniéndose las PPM que se utilizaron para determinar: mg de N - NH₄/Kg y mg de N-NO₃/Kg.

Cálculos:

Amonificación neta
durante la incubación: NH₄-N = NH₄-N (final) - NH₄-N inicial

Nitrificación neta
durante la incubación: NO₃-N = NO₃-N (final) - NO₃-N(inicial)

Mineralización neta durante la incubación:
$$N \text{ min} = \text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$$

TABLA Nº 06

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES EN EL CAMPO, PARA LA MEDICION DE AMONIFICACION Y NITRIFICACION.

FECHA	ACTIVIDAD
01 - 05 - 89	Extracción de dos corazones de suelo.
12 - 05 - 89	Introducción de seis tubos plásticos en el suelo. Remoción inmediata de tres para la determinación de N inicial y mantenimiento del resto en el terreno, tapándolos con bolsas de polietileno.
15 - 05 - 89	Idem al 12 de mayo.
19 - 05 - 89	Idem al 12 de mayo.
23 - 05 - 89	Idem al 12 de mayo.
26 - 05 - 89	Idem al 12 de mayo.
	Extracción del resto de tubos colocados el 12 de mayo para la determinación del N final
30 - 05 - 89	Extracción de los tubos colocados el 15 de mayo.
03 - 06 - 89	Extracción de los tubos colocados el 19 de mayo.
07 - 06 - 89	Extracción de los tubos colocados el 23 de mayo.
10 - 06 - 89	Extracción de los tubos colocados el 26 de mayo.

Como en cada fecha se obtenían dos valores para el nitrógeno inicial y final, se promediaron obteniendo un solo valor y su error standard.

4. Medición de la respiración edáfica:

Para observar el curso de la respiración edáfica se utilizó la técnica descrita por Cropper y Col (1.985), los días 10, 50, 80, 130 y 150 después del corte siguiendo este procedimiento: El 2 de Junio de 1.989 se colocaron al azar, en el área de estudio, diez cilindros de plástico de 29 cm de diámetro y 30 cm de altura, introducidos en el suelo hasta una profundidad de 5 cm. La vegetación viva encerrada en el cilindro fue removida. En las fechas antes mencionadas y al anochecer, dentro de cada cilindro se colocó un frasco de vidrio (de 5 cm de alto y 8 cm de diámetro) que contenía hidróxido de sodio en bolitas, el cual había sido secado por 24 horas a 105º y pesado con una balanza analítica.

Después de mantenerse \approx 13 horas en los cilindros tapados, dichos frascos fueron removidos, cubiertos con papel de aluminio, llevados al laboratorio, secados a 105º C durante 24 horas y pesados de nuevo. El peso del CO₂ atrapado es determinado por la ganancia de peso del hidróxido de sodio.

En la tabla N^o 07 se señala: fecha y hora de

colocación, fecha y hora de extracción, tiempo de permanencia en el cilindro y superficie cubierta por el cilindro.

FECHA Y HORA DE COLOCACION	FECHA Y HORA DE EXTRACCION	PERMANENCIA (HORAS)	SUPERFICIE CUBIERTA (cm ²)
9 Junio 89-6:40 pm.	18 Jun 89-7:50 am.	13 h 10'	660,18
13 Junio 89-5:50 pm.	14 Jun 89-7:00 am.	no dio	660,18
16 Junio 89-6:40 pm.	17 Jun 89-7:50 am.	13 h 10'	660,18
21 Junio 89-6:20 pm.	22 Jun 89-7:50 am.	13 h 30'	660,18
25 Junio 89-5:45 pm.	26 Jun 89-7:45 am.	14 h	660,18

Tabla N^o 07: fecha y hora de colocación y extracción de los frascos de vidrio, permanencia en los cilindros y superficie cubierta por el cilindro.

Cálculos:

En cada fecha, se determinó el peso inicial y final del hidróxido de sodio en los frascos de vidrio, la ganancia del peso señala, los gramos de CO₂ atrapados.

Como en cada fecha se obtienen diez (10) valores, se promediaron para obtener un solo valor y su error standard.

Además, para cada muestreo se calculó: g/h/m² utilizando el peso del CO₂, la permanencia en el cilindro y la superficie cubierta por éste.

5. Tratamiento Estadístico.

A pesar de trabajar con material aéreo y subterráneo similar, hojas y raíces de *Panicum maximum* (Guinea) las

variaciones en la superficie y a pocos cm. de profundidad del suelo, la diversidad de especies vegetales y animales puede haber ocasionado diferencia en el material contenido en las bolsas; por ello se seleccionaron cinco bolsas con hojas y cinco bolsas con raíces de cada parcela y en las fechas antes mencionadas.

Para el análisis estadístico se utilizó la media aritmética como medida de tendencia central y el error standard como medida de dispersión.

De manera similar, se procedió en el caso de los análisis químicos:

ELEMENTO	NUMERO DE REPLICACIONES
NITROGENO	3
FOSFORO	2
POTASIO	1
CALCIO	1
MAGNESIO	1

Para determinar la relación entre los parámetros estudiados y los factores ambientales más influyentes (precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación) se realizó un análisis de correlación entre:

PESO SECO	Precipitación Total Mensual (mm)
	Temperatura Promedio (°C)
	Humedad Relativa Media (%)
	Evaporación Total Mensual (mm)

Para la contrastación de los valores de peso seco (gramos en las bolsas de descomposición) se utilizó el test

"Comparación de un conjunto de coeficientes de regresión lineal" (Sokal y Rohlf. 1981).

VII- PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

1. Descomposición a lo largo del año:

Como se explicó en el capítulo Metodología, el método utilizado para medir la descomposición de la materia orgánica, fue la determinación de las pérdidas de peso en un material encerrado en bolsas de malla. Los resultados obtenidos se reseñan en las tablas 8, 9 y en las figuras 10 y 11 donde se observan los cambios en peso seco del mencionado material, a lo largo del experimento y en las seis parcelas sometidas a diferentes tratamientos, representados en g y como % del peso inicial.

a. Porciones Aéreas:

En la parcela A1, (corte cada 30 días sin fertilizantes), las porciones aéreas registran pérdidas de peso hasta el 29 de septiembre; de tal forma, que después de 92 días sólo se mantiene el 18,4% del material inicial; por consiguiente, han ocurrido pérdidas de 81,6%. No obstante, las mayores ocurren las 4 primeras semanas (38%) y son seguidas por las presentadas durante septiembre (26,6%).

Después de esa fecha, se registró un pequeño

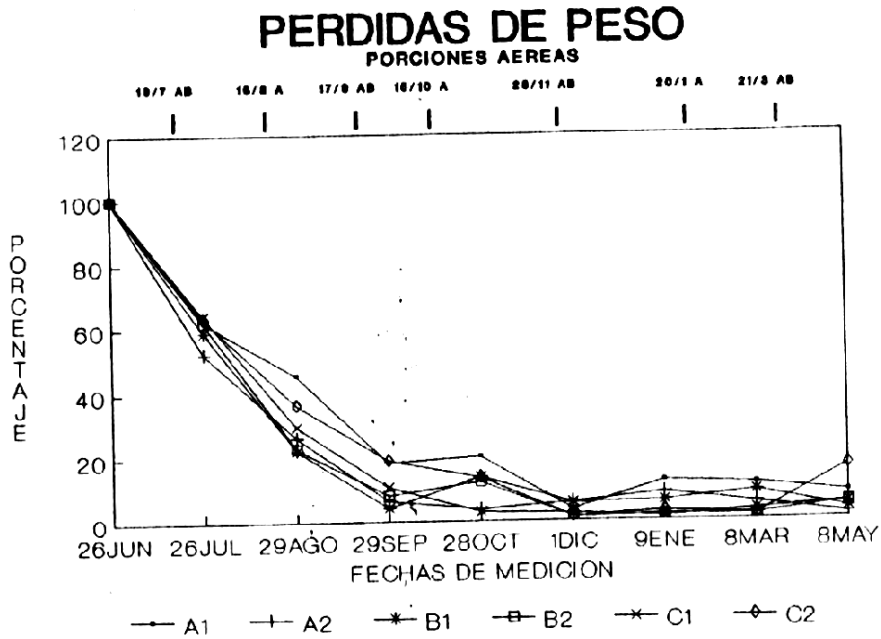


Figura 10: Curso de la descomposición de las porciones aéreas representada como porcentaje remanente del material retenido en las bolsas (ordinal) y las fechas de medición (abcisa) durante un año y en las seis parcelas del estudio.

Los valores indican la media aritmética.

incremento en el peso (18,4 → 20,2%) y posteriormente un descenso hasta finales de noviembre, un nuevo ascenso de diciembre a enero, conservándose a partir de allí, los valores casi constantes (12,4, 11,2, 8,2% del 9 de enero 89 al 9 de mayo).

En la parcela A2 (corte cada 30 días y fertilizada), la situación observada fue la siguiente: pérdidas de peso hasta finales de octubre, pequeño incremento durante noviembre y casi mantenimiento de los valores de diciembre a mayo. Como en la parcela A1, la descomposición mayor ocurrió las cuatro primeras semanas, perdiéndose el 47,8% del material inicial. Durante los dos meses siguientes, la descomposición fue también notoria registrándose pérdidas mensuales de 26 y 19,6% respectivamente.

Estos descensos se aminoran después de esa fecha, notándose escasas variaciones en el periodo restante (1 diciembre 88: 5,8%, 9 enero 89: 8,8 y 8 marzo 89: 5,4%).

En la parcela B1 (corte cada 60 días sin fertilización) y B2 (corte cada 60 días con fertilización) se presenta un patrón similar a la parcela A1: disminuciones en el peso hasta finales de septiembre (41 y 38% el primer mes, 36,8 y 39,4% el segundo, 17,8 y 14,4% el tercero), un pequeño ascenso durante octubre, seguido por un periodo de pocas fluctuaciones. Sin embargo, se repite la descomposi-

ción más rápida en las cuatro primeras semanas, presentándose en las bolsas, al cabo de ese tiempo el 59 y 62% del material inicial.

En la parcela C1, (sin corte y sin fertilización) la descomposición ocurre progresivamente a lo largo del período experimental, siendo alta durante los primeros 60 días, cuando se presentan pérdidas mensuales de 36,4% y 34,2% que dejan solo el 63,8 y 29,60% del material inicial. Después de esa fecha (29 agosto 88), la descomposición continúa pero a tasas menores, sobre todo a partir de finales de octubre donde las variaciones son escasas.

El proceso en la parcela C2 (sin corte y con fertilización) refleja pérdida de peso continuas hasta finales de noviembre, después del cual las fluctuaciones son tan pequeñas que se puede afirmar que el proceso casi se detiene. Como en los casos anteriores, durante la fase de la descomposición se observan diferencias en la intensidad: es más alta el primer mes (pérdidas de 36,6%), mediana el segundo (27,2%) y menos intensa de septiembre a finales de noviembre.

A pesar de que los valores y patrones en las seis parcelas reflejan algunas distinciones, el tratamiento estadístico aplicado no arrojó diferencias significativas entre ellas (ver anexo 2), pudiendo establecer un solo

patrón para todas: Descomposición muy rápida durante las cuatro primeras semanas (Del 26 de Junio al 26 de Julio), de menor intensidad hasta finales de septiembre u octubre (26 de Julio a 29 de septiembre o 28 de octubre) y fluctuaciones muy pequeñas a partir de esas fechas.

En algunas ocasiones, durante la fase de intensidad menor o en el período de casi detención del proceso se registraron pequeños incrementos en el peso, los cuales son de difícil explicación. Edwards (1.977) observó dichos aumentos en bolsas con hojas de *Natus Productus* y los explicó por la inmigración de organismos del suelo ya que al final estas hojas estaban considerablemente descompuestas.

En nuestro caso, esos incrementos se presentaron en las fases de descomposición lenta y pueden deberse a errores cometidos durante el muestreo.

Al analizar el comportamiento en las seis parcelas se observa que en cada caso, los valores se pueden ajustar a una función exponencial (negativa) cuyas ecuaciones se recogen en el anexo N° 1.

Además, la no presencia de diferencias significativas estadísticamente permite el ajuste de todos los datos a una función exponencial (negativa), cuya ecuación es: $y = 2,35e^{-0,34x}$. En su trayectoria se distinguen:

- Una fase de descomposición rápida, (de Junio a Agosto).

- Una fase de descomposición más lenta (de Agosto a Noviem.)
- Una fase de casi detención del proceso (de Dic. a Mayo).

Por consiguiente, la descomposición presentó a lo largo del experimento, variación estacional coincidiendo la fase activa con el período lluvioso y la casi detención del proceso con el período seco.

Esta variación estacional debe interpretarse por la existencia de los dos períodos bien contrastantes lluvioso y seco que ocasiona enormes diferencias en la cantidad de agua caída en la precipitación. Durante el período lluvioso cayeron 1604,5 mm, los cuales aumentaron el contenido de humedad en el suelo y, por consiguiente, aceleraron los procesos responsables de la descomposición: lixiviación, catabolismo y cominución.

Las pérdidas por lixiviación o lavado ocurren en esa época, aunque por la topografía plana, los valores detectados en los llanos son pequeños (Swift y Col, 1981 y Sarmiento 1978); según Mañrs y Col (1988) cuando la vegetación está establecida, las pérdidas por lavado son menores, es decir, dichas pérdidas ocurren cuando la cobertura es escasa y al aumentar y complicarse la vegetación, disminuyen. Sin embargo, las tasas de lavado están relacionadas con la extensión e intensidad de las lluvias, las cuales fueron altas durante la época antes mencionada.

Por consiguiente, a pesar de la cobertura continua, la textura franco-arenosa y el drenaje moderado o rápido, podemos responsabilizar al lavado de un porcentaje de las pérdidas de peso en el período lluvioso.

El catabolismo microbioal debe ser el principal responsable de la descomposición y, por ello en la época lluviosa, cuando ocurre un incremento considerable de los organismos se acelera el proceso.

La cominución posiblemente es escasa debido al tamaño del orificio de las bolsas que excluye grupos de la fauna; de ocurrir, también sería mayor en época lluviosa por el incremento de la fauna.

En consecuencia, las pérdidas de peso son atribuibles a: catabolismo microbioal, lavado del material soluble y cominución; no es posible separar la acción de cada uno, ni distinguir los tres efectos; aunque podríamos concluir que el orden es el siguiente: Catabolismo microbioal > lavado > cominución. Las pérdidas por erosión pueden ser ignoradas por la topografía plana y la desnitrificación es despreciable por ser suelos bien drenados.

Similares conclusiones plantean Smith y Col (1.981), quienes cuantifican la descomposición en un rastrojo de Nigeria, utilizando bolsas con aperturas de 10um (tipo A) y de 125 um (tipo B). Concluyen que en las bolsas tipo B, el

lavado y el catabolismo son los principales responsables de las pérdidas de peso, ya que se excluyen animales.

Según lo expuesto, la descomposición en las seis parcelas no es un proceso continuo, sino que se realiza en etapas dependiendo de los bloqueos que establezca la naturaleza; en nuestro caso, la sequía actúa como un bloqueo y casi detiene al proceso.

Curvas similares, señalan Swift, Smith y Perfect (1.981) en un rastrojo de Nigeria, ya que hay ausencia de descomposición en la época seca y mayores liberaciones en los meses de más alta precipitación. Lo mismo reseñan Bernhard - Reversat (1.982) en una sabana semiárida de Senegal, Edwards (1.977) en un bosque montano bajo de Nueva Guinea, Tanner (1.981) en un bosque montano. Hernández (1985) en un cultivo de caña de azúcar.

Por otra parte Swift y Col (1.981), concluyen que la tasa de descomposición es regulada por: medio físico-químico y la calidad del recurso; para Anderson y Swift (1.983) las variables influyentes en el proceso son: clima > calidad del recurso > organismos actuantes.

Nuestros resultados confirman lo planteado por estos investigadores ya que las diferencias en el contenido de humedad del suelo, evaporación, humedad relativa, precipitación y abundancia de los organismos entre las dos

épocas ocasionan las divergencias en el proceso: En época lluviosa es activa Vs época seca hay casi detención.

Por consiguiente, las variables influyentes son: clima y organismos actuantes, pues el recurso fue idéntico (hojas de *Panicum maximum*); ambos son determinantes en la estacionalidad presentada por la descomposición.

En las sabanas tropicales actúan primero los macroorganismos y factores climáticos, luego los microorganismos, principalmente los basidiomicetos y otros hongos que hacen más rápida la descomposición; por ello, en la época seca si no hay basidiomicetos, bacterias y actinomicetos porque el suelo tiene poca humedad, el proceso se hace sólo por procesos físicos químicos y es más lento (Swift y Col 1.981). En nuestro caso, posiblemente durante la época seca disminuyen o desaparecen gran parte de los organismos que intervienen en el proceso, así como y el agua, responsable de las pérdidas por lavado; por ello, las diferencias entre las dos épocas son tan marcadas.

Parecidas observaciones reseñan varios investigadores; Nakas y Klein (1.981) comprobaron cambios estacionales en el contenido de agua en el suelo: un período extremadamente bajo (De noviembre a marzo), incremento de lluvias (de abril a mayo); baja disponibilidad con precipitaciones eventuales (de junio a diciembre). Durante el primer período, el

contenido de agua limita la actividad microbiana y las tasas de turnover son suaves; en el segundo el turnover es mucho más corto y se acelera la descomposición como consecuencia del incremento de la actividad microbiana. El análisis estadístico indicó relación significativa entre tiempo del turnover (T_t) y contenido de agua, demostrando lo sostenido por los autores.

Anderson y Swift (1983) establecen que en los bosques de Nigeria, durante la estación seca, cantidades de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes se acumulan en el piso del bosque o en el mantillo, pero en cuatro semanas de entrada de lluvias, todo el fósforo acumulado y la mitad del nitrógeno fueron liberados a través de la descomposición del mantillo.

Swift y Col (1981), en un rastrojo de Nigeria observan ausencia de la descomposición en la época seca, que trae como resultado acumulación de nutrientes en el mantillo y suelo; en cambio, al comienzo de las lluvias, con el inicio del lavado y la descomposición biológica proporciones son movilizadas y liberadas, ocurriendo los mayores flujos en marzo, abril y mayo, meses de más alta precipitación.

Bernhard-Reversat (1982), para una sabana semiárida de Senegal, señaló que la producción N mineral decrece en septiembre antes del final de las lluvias y tiene dos picos

relacionados con la precipitación; es decir, la mineralización de nitrógeno y el contenido de N mineral del suelo es alto en las etapas tempranas de la estación lluviosa, decrece a medida que la vegetación se va desarrollando. Concluye que existe relación entre la mineralización y el contenido del agua en el suelo; pero, para tener un conocimiento más preciso, se debe determinar con más exactitud la relación entre: precipitación - duración de la humedad en la superficie del suelo - mineralización. La influencia de la precipitación la confirma al observar el crecimiento de la mineralización en el año más seco.

Edwards (1.977) al monitorear la descomposición en cuatro sitios de un bosque montano bajo en Nueva Guinea, reportó que la descomposición es lenta durante los meses más secos, cuando sólo los organismos descomponedores más duros permanecen activos.

Tanner (1.981), señala estacionalidad en la descomposición en un bosque montano de Jamaica; enfatiza que en tres sitios la descomposición más rápida coincide con el período de más alta precipitación (agosto a diciembre 74), casi cesa durante los meses más secos (junio a agosto), lo cual es una demostración de la importancia de la variación en la precipitación, humedad atmosférica y el hecho de que el contenido de humedad del suelo no fue nunca bajo. El

autor también observó diferencias en la descomposición en los dos años, y las explicó por una mejor distribución de la precipitación, aunque ese año hubo más baja cantidad precipitación total.

Lee y Col (1.979) detectaron la variación estacional en la zonas templadas: el pico de disponibilidad ocurre tarde en el invierno o en la primavera temprana. El pico de la primavera lo atribuyen a la esterilización del suelo durante el invierno; es decir, al llegar el período favorable la mineralización alcanza el pico antes mencionado. Los autores señalan que esa periodicidad se observa también en el trópico, donde el pico está asociado al inicio de las lluvias que sigue a la estación seca. Explican el patrón en 19 sitios de Ghana: durante la época seca, el nitrógeno se acumula; cuando llegan las lluvias, ocurre una rápida producción y liberación de nitratos.

Sarmiento (1978), para una sabana estacional de *Axonopus purpusii*-*Leptocoryphium lanatum*, en Barinas, concluye que la limitada descomposición de la biomasa muerta ocurre en sequía y trae aparejado un aumento de los iones de amonio porque no hay nitrificación; en cambio, al comienzo de las lluvias ocurre una desaparición rápida del amonio y una liberación del nitrato que será asimilado por las plantas en activo crecimiento.

De acuerdo a lo expuesto, nuestros resultados y los de otras investigaciones demuestran la estacionalidad de la descomposición en los sitios con variabilidad climática a lo largo del año, es decir, donde la precipitación, humedad relativa y evaporación, fluctúan ocasionando variaciones en la poblaciones saprófagas y en la intensidad de la descomposición.

Para analizar el efecto de estos elementos climáticos se calculó el coeficiente de correlación, no encontrando correlaciones altas y significativas entre:

- precipitación - peso seco promedio
- temperatura - peso seco promedio
- humedad relativa - peso seco promedio
- Evaporación - peso seco promedio.

Dichos coeficientes varían entre 0,41 y 0,60, (ver tabla Nº 10), muestran pocas diferencias entre las parcelas y no pueden ser utilizados para confirmar los efectos sobre el proceso estudiado; sin embargo, con ellos podríamos especificar el % de responsabilidad que ese elemento climático tiene; por ejemplo, en la parcela A1, la humedad atmosférica es responsable de una parte de la estacionalidad presentada por el proceso a lo largo del año (ver tabla Nº 29: = 0,53). La correlación débil indica que otros factores están debilitando la correlación.

Como se mencionó anteriormente, el tratamiento estadístico no reveló diferencias significativas al comparar las seis parcelas entre sí (ver anexo N°2), sin embargo, la fig. 9 demuestra que durante la fase más rápida, en la parcela A2 (cortada cada 30 días y fertilizada) se registraron las pérdidas mayores de peso (47,8%); en las C1 y C2 (no cortadas) se presentaron las menores. En igual forma, en la fase de descomposición lenta, el proceso fue más acelerado en las parcelas sometidas a cortes más frecuentes.

Similares observaciones se detectan al comparar el proceso en las parcelas cortadas y no cortadas (ver fig.10). Aunque como en el resto de los casos, las diferencias no son significativas estadísticamente.

No obstante, la figura 9 permite puede afirmarse que dicho proceso se acelera en las parcelas cortadas, lo cual podría explicarse por los efectos del aclareo al cortar. Al hacer los cortes, la entrada de luz solar es mayor, se producirán ascensos en la temperatura del suelo que pueden acelerar la actividad microbial y otros procesos físico-químicos responsables de la Descomposición. Tal aseveración es sostenida también por:

- Vitousek y Matson (1.985) quienes determinaron que la mineralización en un suelo boscoso (plantación de pinos) de Carolina del Norte, es controlada primero por la

EFECTOS DEL CORTE

CORTADAS vs. NO CORTADAS

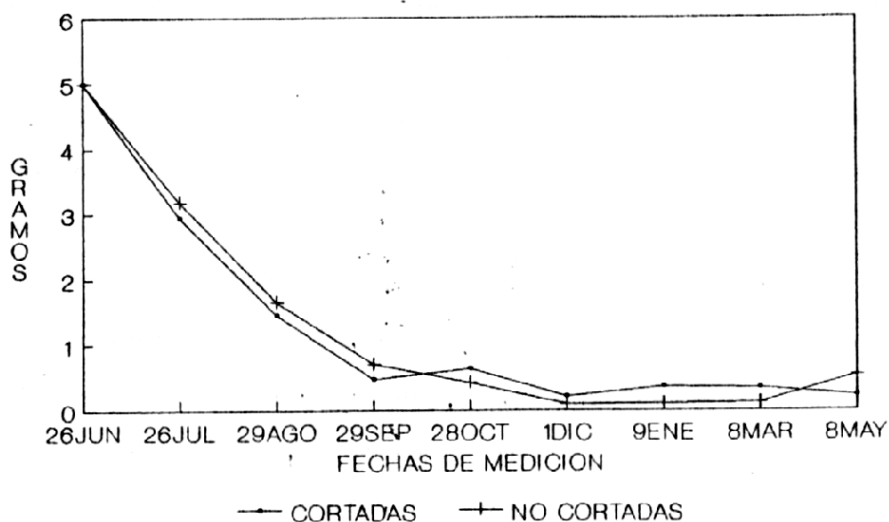


Figura 11: Curso de la Descomposición de las porciones aéreas en las parcelas cortadas (A1,A2,B1,B2) y protegidas (C1,C2), expresada como gramos de material retenido en las bolsas (ordinal) en relación con las fechas de medición (abcisa) durante un año.

Los valores indican el promedio de las medias aritméticas en cada parcela (A1,A2,B1,B2 y C1,C2).

temperatura del suelo, después por la humedad más que por la calidad del recurso; por ello, la mineralización se incrementa de marzo a mayo o junio cuando el suelo está caliente y húmedo y declina cuando el suelo está seco en el verano.

- Marrs y Col (1.988) señalan que el corte y pastoreo pueden ser usados para incrementar las transferencias; el pastoreo muestra un marcado efecto al reducir las partes muertas de material y permitir mayor entrada de luz solar; a pesar de que los efectos del corte no están claros, deben ser parecidos a los del pastoreo, debiendo utilizar éste en aquellos sitios donde el pastoreo no es posible, sobre todo donde la descomposición es limitada.
- Lewis (1.975) señala que la liberación de óxidos de nitrógeno del mantillo o de la materia orgánica del suelo, puede ser una respuesta del incremento de la temperatura.

Pero ese aclareo con el corte, no solo ocasiona aumentos en la temperatura del suelo, sino que también facilita la entrada del agua caída en las lluvias, lo cual redundaría en un aumento en las pérdidas por lavado. Al estar más despejada la superficie del suelo, hay mayor posibilidad de lixiviación, aumento en las pérdidas de N por lavado, aunque éstas no son tan altas si el disturbio es solo corte y el terreno es plano y con drenaje moderado a rápido.

Con otro tipo de disturbio, esas pérdidas son mayores; por ejemplo, House y Col (1.984) realizan observaciones en un sistema con arado (CT) y otro sin arado (ST) y comprueban que la descomposición ocurre más rápida, con menos pasos en el CT, liberándose muchos nutrientes que pueden perderse por lavado.

En igual forma, Jordan y Col (1.983) mostraron los cambios que pueden ocurrir en la descomposición al usar el arado; encontraron que en suelo no arado hay mayor número de microorganismos, mayor diversidad específica, la temperatura es más fría (bajó entre 1,5 y 39 C), la retención de humedad es mayor, lo cual debe ser tomado en consideración al planificar el manejo.

Bernhard-Reversat (1.982) en una sabana semiárida de Senegal, también detecta que el microclima creado por los árboles reduce la evapotranspiración, mejora el crecimiento de las plantas, promueve el crecimiento herbáceo, aumenta la materia orgánica y el nitrógeno en el suelo; este último está inmovilizado en una época y liberado en otra, cuando las plantas lo necesitan y pueden asimilarlo.

Anderson y Swift (1.983) señalan que el aclareo incluye modificaciones en el medio físico-químico y la biota, incrementando las tasas de descomposición y, por consiguiente la liberación de los nutrientes; enfatizan que

dichas tasas pueden ser manipuladas para mejorar la fertilidad del suelo y sustituir el uso de fertilizantes químicos.

Estrada (1.989) encontró que en los suelos de la serie Barinas, el laboreo trajo mayores cantidades de N min. el cual es superior en los cultivos y bajo en los pastos.

Los resultados de nuestro experimento sugieren que en las parcelas sometidas a corte (cada 30 ó 60 días), el ascenso de la temperatura ocasiona mayor actividad microbial y aumentos en otros procesos fisico-químicos que redundan en un aceleramiento de la descomposición; además, la mayor entrada de lluvia al suelo puede aumentar las pérdidas por lavado o acelerar otros procesos también causantes de la descomposición. En consecuencia, son los responsables de las divergencias entre las parcelas cortadas y no cortadas.

No obstante, a lo antes expuesto debemos agregar otros factores observados en las parcelas protegidas (C1 y C2). Allí posiblemente la descomposición es más discreta y no sólo se inmoviliza más N sino que pueden actuar agentes de retención. Sin disturbios, el recurso después de un cierto tiempo va a presentar más resistencia a la descomposición (Swift y Col 1.981).

Esta última afirmación fue detectada por Vitousek y

Matson (1.983), al analizar los efectos de las prácticas de manejo sobre la estructura del suelo, la materia orgánica y el contenido de nutrientes. Encontraron que las pérdidas de N fueron altamente resistentes a perturbaciones cuando los residuos orgánicos permanecían en el sitio y la repoblación ocurría normalmente; en cambio, fueron más amplias al removerlos; así mismo, la mineralización y el tamaño de los reservorios de N disponible decrecieron.

Similares observaciones registran House y Col (1.984) en un cultivo con arado (CT) y sin arado (ST). Sugieren que el ST reduce la pérdidas por lavado, proporciona un sustrato continuo a los descomponedores, la entrada de materia orgánica y la liberación de nutrientes del mantillo es más gradual; por ello, si se sostiene durante varios años se podría incrementar la fertilidad del suelo.

En igual forma, Coleman, Vern Cole y Elliot (1.986) indican los cambios que pueden ocurrir en el patrón de la descomposición, al no usar el arado: mayor número de microorganismos, más diversidad específica, menores temperaturas y mayor retención de humedad, lo cual es causante del incremento en la diversidad específica y densidad animal.

Lo planteado por los investigadores revela que el corte y otros disturbios ocasionan cambios en la

descomposición; en nuestro caso, con la aplicación del corte podemos deducir que en las parcelas protegidas (parcelas C1-C2), el proceso de mineralización es menor y la inmovilización mayor; esta última puede ser atribuida a la no remoción de material aéreo seco, por lo tanto, la no presencia del aclareo ocasionado por el corte que, como ya explicamos, es responsable de las variaciones (aceleración) en el proceso.

De acuerdo a lo expuesto, el proceso en estudio presentó algunas diferencias en las parcelas. Como se mencionó anteriormente, éstas no son significativas estadísticamente lo cual es observable en el Anexo N° 2 donde se solapan gran parte de los intervalos. Sin embargo, al analizar con más detalle la representación es posible concluir que:

- Existen algunas diferencias entre las parcelas sometidas al mismo tratamiento, es decir A1-A2, B1-B2 y C1-C2 siendo más marcadas entre las cortadas cada 30 días.
- Las mayores divergencias se registran entre las A y C, es decir entre las sometidas a los tratamientos más extremos: corte cada treinta días y protegidas.

También se hizo la comparación entre los distintos cortes (parcelas A1+A2 Vs B1+B2), la cual arrojó escasas diferencias en la mayoría de las observaciones, excepto durante el primer mes cuando el proceso fue mayor en las parcelas cortadas cada 30 días (ver fig. 12).

Seguidamente, analizaremos los efectos de la fertilización. En las parcelas cortadas cada 30 días (A1-A2), las pérdidas de peso fueron mayores en la fertilizada durante casi todas las observaciones (ver fig. 10 y tabla 8). En las parcelas cortadas cada 60 días (B1-B2) y en las cortadas (C1-C2), las diferencias son tan escasas que no podría hablarse de efectos del fertilizante sobre el proceso.

Mayores distinciones se observaron al comparar las parcelas con y sin fertilizantes, es decir las A2+B2 Vs A1+B1 ya que la descomposición fue mayor en las fertilizadas a lo largo de todo el año. Las diferencias son tan escasas que no podría hablarse de efectos del fertilizante sobre el proceso, aunque en el anexo Nº 2 es detectable que existe cierta divergencia entre las fertilizadas y sin él: Entre A1-A2, B1-B2, C1-C2.

El efecto de los fertilizantes sobre la descomposición ha sido analizado por varios investigadores. Marrs y Col (1.988) determinan la mineralización del nitrógeno y la nitrificación, en una transecta de un bosque lluvioso tropical; agregan cuatro tipos de fertilizantes ($\text{CO}_3 \text{ Ca}$, $\text{SO}_4 \text{ Ca}$, $\text{NH}_4 \text{ -N, -P}$) y comprueban que a 100 msm las tasas de mineralización y nitrificación se incrementan con dos tratamientos ($\text{CO}_3 \text{ Ca}$ y $\text{SO}_4 \text{ Ca}$), y no hubo efectos al añadir P y $\text{NH}_4 \text{ -N}$; sugieren que ambos procesos están limitados

COMPARACION ENTRE LOS CORTES

30 DIAS vs. 60 DIAS

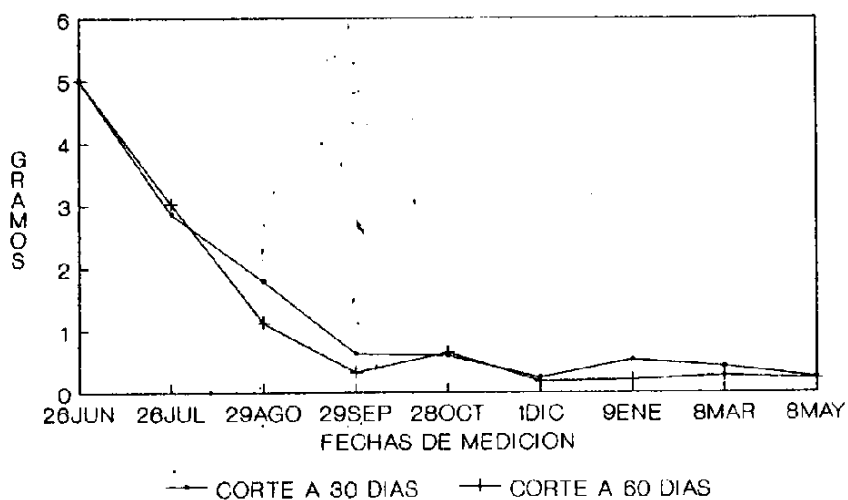


Figura 12: Curso de la Descomposición de las porciones aéreas en las parcelas cortadas cada 30 días (A1,A2) 60 días, (B1,B2) expresada como gramos de material retenido en las bolsas (ordinal) en relación con las fechas de medición (obcisa) durante un año.

Los valores indican el promedio de las medidas aritméticas en cada parcela (A2,B2 y A1,B1).

EFECTOS DEL FERTILIZANTE

CORTADAS Y FERTILIZADAS VS
CORTADAS Y NO FERTILIZADAS

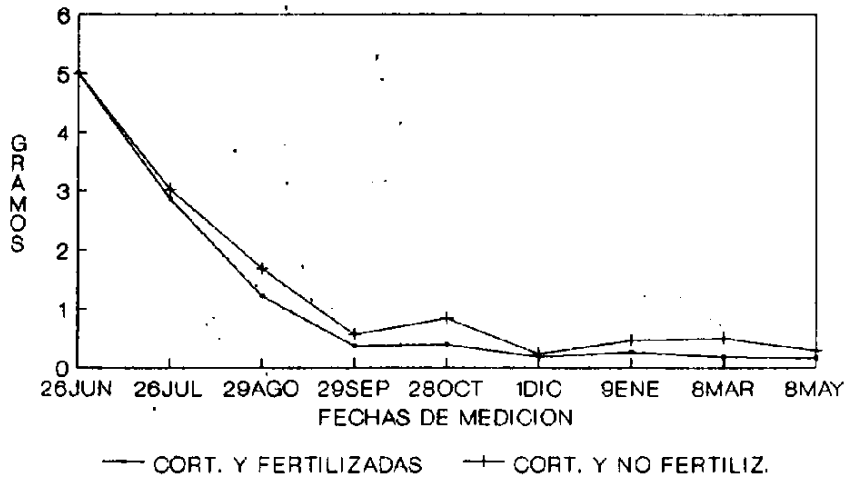


Figura 13: Curso de la Descomposición de las porciones aéreas en las parcelas cortadas, fertilizadas (A2,B2) y sin fertilizar (A1,B1), expresada como gramos de material retenido en las bolsas (ordinal) en relación con las fechas de medición (abcisa) durante un año.

Los valores indican el promedio de las medidas en cada parcela (A2, B2 y A1, B1).

por la disponibilidad del sustrato, por ello se aceleran al añadirlos.

Hornby, Brown y Thomas (1.985) analizan la mineralización en varias parcelas; una regada con aguas fecales y lodo y otra con suelo nativo. La mineralización potencial en este último está por debajo del promedio reportado por Stanford y Smith 178mg/Kg, pero en el rango señalado para 39 suelos de USA: 18 a 358 mg/Kg. Los autores indican que a las dos semanas del tratamiento con lodo, las tasas de mineralización fueron más bajas que en el suelo nativo y continúan siendo bajas, lo cual sugiere que la tasa inicial de mineralización es una característica del suelo y no está influenciada por la añadidura de materia orgánica.

Tanner (1.981) encontró que las hojas de *Lyonia octandra* se descomponen más firmemente después de remojarse en soluciones de KNO_3 y NaH_2PO_4 y las pérdidas de peso fueron:

	Mor	Mull
No tratadas.	29,8%	40,8%
Remojadas en agua.	31,0%	37,4%
Remojadas en sales.	35,6%	47,0%

Woodmansee, Bowman y Clark (1.978) señalan que la cantidad de microorganismos en el suelo es muy alta y ellos no sólo son descomponedores, sino competidores del nitrógeno incorporado en el fertilizante y si este es aplicado cuando

las condiciones son favorables para su crecimiento, las plantas recibirán una fracción muy pequeña de lo aplicado.

Lo reseñado, pone de manifiesto que algunos autores han detectado efectos del fertilizante sobre el proceso de descomposición, otros no; en nuestro caso, solo se observan efectos en la parcela A2 (cortada cada 30 días), donde las mayores pérdidas de peso nos señalan que el proceso es más intenso.

Al conjugar ambos efectos (corte y fertilización), podemos concluir: - la liberación de nutrientes o mineralización es mayor en la parcela sometida a cortes cada 30 días y fertilizada. El orden en el resto de las parcelas es: $A2 > B2 \approx B1 > C2 \approx C1$.

La inmovilización sigue el orden: $C1 \approx C2 > B1 \approx B2 > A1 > A2$; y el manejo se planificará de acuerdo al proceso que interese incrementar o mineralización o inmovilización.

a.a. Comparación con valores en otros ecosistemas:

En la tabla Nº 9 a/b se recopilan las pérdidas de peso expresadas en % del valor inicial y los pesos secos promedios obtenidos en cada muestreo para las diferentes parcelas.

A continuación expondremos los obtenidos en otras investigaciones:

Autor.	Ambiente.	Especie.	% de pérdida de peso
Tanner	Bosque lluvioso de Jamaica a 1550 msnm.	Alchornea latifolia	Colectada en Mor y devuelta en Mor 52,4%
			- Colectada en Mor y devuelta en Mull 68,8%
			- Colectada en Mull y devuelta a Mull 65,6%
			- Colectada en Sap y devuelta a Mull 73,8%
			Duración del experimento 383 días.
		Clethra occidentalis-	Mor Jun 11,0% Sept. 10,5% Feb. 21,8% Mull Jun. 11,2% Sep. 11,1% Feb. 21,0% Gap. Jun. 11,6% Sep. 9,7% Sep. 21,3%
		Clusia have- tioides.	Mor Mull Gap. Junio 16,5 14,0 15,7 Sep. 11,4 13,2 16,9 Feb. 26,2 23,5 26,9
Edwards:	Bosque montano bajo de Nueva Guinea, sobre colinas, pendientes de 10-45 y valles.	Elaeocarpus ptilanthus	No reconocibles a los 325 días y solo 15%
Duración del experimento: 325 días.		Macaranga albescens.	63%
		Schizomeria sp	64%
		Litsea	71%
		Planchonella firma	74%

Autor	Ambiente	Especie	% del peso original	
		Nastus Productus	56%	
		Dacrycarpus cinctus.	57%	
Amato y Ladd.		Medicago littoralis.	se descompone rápidamente hasta el día 34, luego cesa. Vida media: 1,7 años para C14 y 2,3 años para N15.	
Fassbender y Grimm	Bosque san Eusebio. Mérida. (Bosque montano)	Hojas de Podocarpus rospigliosii, Ternstroemia acrodantha, Eugenia sp y Bromeliáceas.	Tasa anual de descomposición 72%.	
			Tasa de desaparición (K)	% del contenido inicial a los 128 días
Bastardo y Rivera.	Sabana inundable de los llanos venezolanos	Panicum laxum	K = -0,0145	15,1%
		Leersia hexandra	K = -0,0082	35,1%
		Hymenachne amplexicaulis	K = -0,0102	27,7%
Hernández I.	Cultivo de caña de azúcar en Venezuela (Edo. Yaracuy)	Caña de azúcar con variedad PR1028	Final de época lluviosa t = 160 días peso inicial 6 g peso final 4,27 g R = 2,12 mg/g día K = 0,77 años	(época seca) t = 62 días peso inicial 6 g peso final 5,39 g R = 1,73 mg/g día K = 0,63 años
			Tasa de desaparición (K)	
Bulla, Miranda y Pacheco	Un banco del módulo experimental de Mantecal	Mezcla de especies	Descomposición total 681,8 g/m ² , 87% corresponde al mantillo y 13% al material muerto en pie.	

Los resultados obtenidos en nuestro caso fueron:

Ambiente	Especie	% de pérdidas de peso a los 317 días
Sabana Tropical, a 180 msnm	<i>Panicum maximum</i>	Parcela A1: 91,8 Parcela A2: 98,6 Parcela B1: 96,8 Parcela B2: 95,0 Parcela C1: 95,2 Parcela C2: 99,18

Al comparar los resultados obtenidos en nuestra fase experimental con los de otras investigaciones, deducimos que son superiores a:

1.- Los de las cuatro especies del bosque lluvioso de Jamaica; debido a las diferencias en altitud y estructura-composición de la hoja.

En dicho bosque, las hojas son más duras, poseen componentes más difícilmente descomponibles; además, la mayor altitud ocasiona descensos en la descomposición.

2.- Los del bosque montano de Nueva Guinea. Lo referido a altitud es también aplicable en este caso por tratarse de un bosque montano, y las hojas de seis especies posiblemente presentan mayor proporción de tejido mecánico, es decir, estructura más difícil de descomponer, prueba de ello es que permanecen reconocibles a los 325 días. Sólo *Elaeocarpus ptilanthus* no es reconocible al cabo de ese tiempo, por consiguiente, su estructura debe ser menos dura, más

fácilmente descompuesta, perdiéndose 85% del material original, por lo que podríamos decir que se acerca a nuestros valores.

3.- A los de *Medicago Littoralis*, cuya diferencia puede explicarse también por variaciones en la estructura y composición de las hojas.

4.- A los obtenidos mezclando hojas de cuatro especies en el bosque de San Eusebio. Como en resto de los casos, la altitud y la estructura y composición de las hojas son las responsables de valores menores en las pérdidas de peso.

Al hacer la comparación con los valores obtenidos por Bastardo y Rivera, se observa que nuestra especie (*Panicum maximum*) presenta valores semejantes a los de *Panicum laxum*, ya que a los 3 o 4 meses el porcentaje del contenido inicial varió en las parcelas entre 10,2 y 20,2%, pero en la mayoría de ellas gira alrededor de 12 o 13%. Por lo tanto, ambas especies posiblemente tienen similar composición y concentración de los componentes orgánicos e inorgánicos, lo cual nos señala la influencia de la calidad del recurso en el proceso Descomposición, ya que en dos ambientes diferentes se registraron valores semejantes.

Al comparar nuestros valores con los reportados por Hernández para caña de azúcar, se observa similitud en la

estacionalidad de la descomposición ya que en ambos casos, las tasas son mayores en la época lluviosa. En cambio, se detectan divergencias en los valores (Guinea < caña de azúcar) debido a las diferencias en la composición química de las hojas y en las condiciones ambientales, pues la zona del cultivo es más húmeda y con una estación seca más corta.

Al llevar a cabo la comparación con lo reseñado por Bulla y Col (1980a) se detectan algunas diferencias en el curso de la descomposición, ya que en Mantecal es nula al principio del año debido a la intensa sequía, se incrementa en forma paralela a la precipitación hasta Agosto cuando cae como consecuencia de la inundación y al disminuir el nivel del agua vuelve a intensificarse. En nuestro caso no ocurre la inundación en Agosto y la descomposición se extiende a lo largo del período lluvioso y disminuye enormemente en la época seca. En ambos casos, sigue un comportamiento acorde con las condiciones ambientales.

Bulla y Col (1980b) en una sabana de estero afectada por los módulos, detectan que la descomposición es gradual y casi constante durante todo el año, salvo en el pico de la sequía; la mortalidad es periódica y causada por la sequía y en menor grado por la inundación y la curva del material muerto es el resultado de la suma de esos dos procesos: mortalidad y descomposición.

Estas comparaciones permiten reafirmar los efectos de: clima, organismos y calidad del recurso sobre el proceso de descomposición; no obstante, el orden o jerarquía de la influencia será variable. En nuestro caso podríamos establecer:

Clima > Organismos > Calidad del recurso.

El clima será determinante para la abundancia y actividad de los organismos y la calidad del recurso en el caso de las porciones aéreas no variará mucho al tratarse de especies herbáceas.

En cambio, en el bosque montano de Nueva Guinea y otros sistemas boscosos posiblemente la calidad del recurso sea más importante.

b. Porciones Subterráneas:

En la figura 14 y la tabla 9 se recopilan las pérdidas de peso en las porciones subterráneas, expresadas en % del valor inicial.

Se observa que:

- En la parcela A1 durante las cuatro primeras semanas ocurre un incremento en el peso (2 → 2,15g) seguido de un descenso en el cual se pierde el 32,5% del material. Desde esa fecha hasta el 29 de septiembre se registra otro

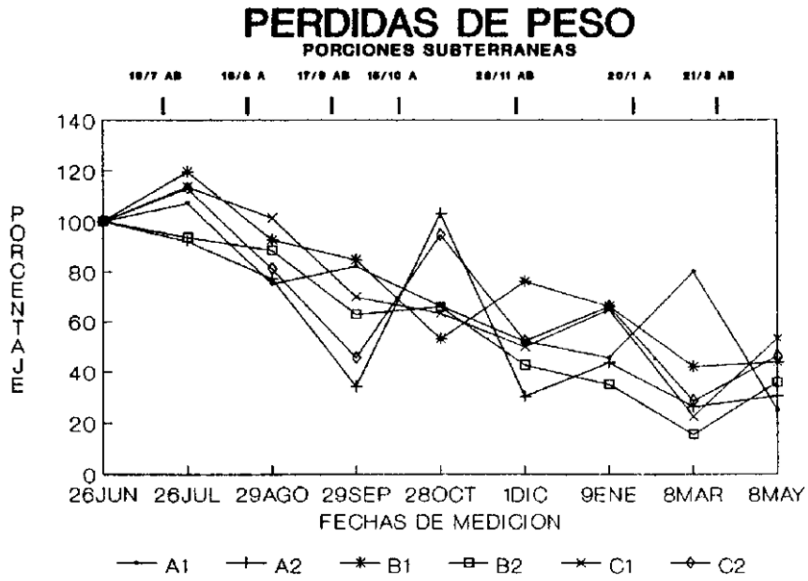


Figura 14: Curso de la descomposición de las porciones subterráneas expresada como porcentaje remanente del material retenido en las bolsas (ordinal) y las fechas de medición (abscisa) durante un año y en las seis parcelas del estudio.

Los valores indican las medias aritméticas.

pequeño incremento (1,50 \rightarrow 1,65 g) y, posteriormente, si comienza la fase de descomposición continua y activa que se extiende hasta el 9 de enero, en forma tal que en 101 días se descompone la mayor porción, registrándose sólo el 46% del peso inicial. Entre esa fecha y el 8 de marzo ocurre un incremento, que antecede a otra fase de desintegración pronunciada donde se pierde un 75% del material.

- En la parcela A2, el proceso presenta en su patrón algunas variantes: durante las ocho primeras semanas ocurren pérdidas del 8 y 23% respectivamente, registrándose al final el 77% del material inicial. A partir de ese momento se observa un incremento en los pesos que se extiende hasta el 28 de octubre, seguido por la fase de descomposición activa, la cual ocurre hasta la culminación de las observaciones; pero es mayor de octubre a diciembre (las pérdidas van de + 3% \rightarrow 69,5%, es decir los pesos disminuyen de 2,06g \rightarrow 0,61g). Durante los meses de diciembre a mayo las diferencias no fueron tan pronunciadas, observándose incluso un pequeño ascenso de diciembre a enero (0,61 \rightarrow 0,88g).
- En la parcela B1, al igual que en la parcela A1, en las primeras cuatro semanas se registró un incremento en los pesos (2 \rightarrow 2,39g), luego si ocurre el proceso de pérdidas de peso que se extiende hasta el 28 de octubre,

presentándose lo más intenso de septiembre a octubre, cuando queda el 53% del material. A partir de esa fecha se observa un pequeño incremento (1,06g \rightarrow 1,53g) que antecede a la segunda fase de descomposición, donde se libera gran parte, registrándose al final de las observaciones el 56% de lo inicial.

- En la parcela B2, el proceso de descomposición siguió un descenso hasta el 8 de marzo, observándose pérdidas de peso continuas, y ocurriendo las mayores en dos períodos: del 29 de agosto al 29 de septiembre (25,5%) y del 28 de octubre al 01 de diciembre (23,5%). Sólo en el último mes se observa un incremento en los pesos (0,08g \rightarrow 0,25 g).
- En la parcela C1, como en las A1 y B1 ocurrió un incremento en los pesos durante las primeras cuatro semanas (2 \rightarrow 2,27g). A partir de esa fecha comienza la fase de descomposición que se extiende hasta el final del experimento, con las siguientes características:
 - Fase lenta hasta el 29 de agosto.
 - Fase más intensa del 29 de agosto al 29 de septiembre (101,5 \rightarrow 70% del material), y del 9 enero al 8 de marzo (65 \rightarrow 22,5%).
 - Un pequeño incremento de diciembre a enero (1 \rightarrow 1,3g). Sin embargo, de junio a mayo, los datos experimentales podrían ajustarse a la función lineal $Y = 2,08 e^{-0,12x}$.

- En la parcela C2, el patrón de la descomposición fue similar al seguido en la parcela C1, salvo las siguientes distinciones: un incremento en el peso del 29 de septiembre al 28 de octubre (0,91 → 1,90); y las mayores pérdidas del 29 de julio al 29 de septiembre (32 y 35,5% respectivamente).

Una vez presentados los resultados, intentaremos su interpretación. En la parcela A1, las pérdidas de peso presentan fluctuaciones: tres incrementos el 1ro, 3ro y 8vo. mes seguidos de descensos pronunciados. Los dos primeros incrementos, pueden explicarse por inmigración de organismos a las bolsas de malla debido a la abundancia que ocurre durante el período de lluvias. Este aumento de organismos posiblemente fue acelerado por el corte, lo cual se corroboró a través del experimento de respiración edáfica, cuyos resultados se reseñan en la página 308. Dicho aumento puede ser atribuido a incrementos en la temperatura del suelo, ocasionados al aclarar o por las lluvias caídas. Los organismos colonizan las bolsas en busca de alimento, comienzan a atacar las porciones subterráneas, pero al inicio no se observan descensos en el peso, pues dichas porciones están constituidas por componentes difícilmente descomponibles (principalmente lignina).

Sin embargo, la inmigración y actividad de dichos organismos continúa y, por ello, se presenta luego una fase

intensa de descomposición, en la cual la acción de los organismos (catabolismo) y la acción de las lluvias caídas ocasionan pérdidas de peso, indicadoras de dicho proceso.

El tercer incremento, registrado el 8 de marzo, posiblemente se debe a errores en el muestreo, frecuentes cuando se utiliza el método de bolsas de malla (Anderson y Swift 1.983).

De acuerdo a lo expuesto, se puede concluir que en esta parcela ocurren incrementos en los pesos que pueden ser atribuibles a la inmigración de organismos, los cuales son continuados por períodos de descensos; menos intensos al comienzo debido a la composición de las porciones subterráneas, pero que luego se aceleran, sobre todo en los meses lluviosos (septiembre - octubre - noviembre), coincidiendo con lo observado en otras investigaciones: Swift, Smith y Perfect (1.981), Nakas y Klein (1.981), Edwards (1.977), Tanner (1.981), Bernhard - Reversat (1.982).

En la parcela A2 no se observó el incremento en las primeras cuatro semanas, lo cual podría interpretarse que cómo se fertiliza, los organismos tienen suficiente alimento y no se ven en la necesidad de recurrir a las bolsas donde se encuentra un material más duro. Posteriormente las atacan, van separando poco a poco los componentes ocasionando

una desaparición lenta debido a la composición de las partes atacadas. Después de ese descenso, que duró dos meses, se registró un primer incremento atribuible a la colonización de organismos del suelo, impulsado por el corte y las lluvias, ya que allí ocurre un pico en las precipitaciones (ver fig. 02) y el corte estaba cerca.

Esta observación, tiene también una prueba: la presencia de un fase intensa de descomposición que se extiende hasta comienzos de diciembre. A partir de allí, las variaciones son pocas, lo cual indica disminuciones en el proceso debido a la presencia de la época seca, cuando las condiciones ambientales reducen el catabolismo y las pérdidas por lavado o lixiviación (principales responsables en el área).

En las parcelas B1 y B2 (cortadas cada 60 días), las fluctuaciones del proceso son mucho menores a las observadas en las cortadas cada 30 días (parcelas A1 - A2), notándose sólo un incremento en los pesos el 1 diciembre en la parcela B1, que puede atribuirse a los efectos del corte del 28 de noviembre.

En la parcela B2, también fertilizada como A2, no se observó el incremento al comienzo, lo que puede servir para reafirmar lo explicado para A2 (efecto del fertilizante).

En el resto de las observaciones, el comportamiento es el reportado en otras investigaciones: Descomposición lenta

al comienzo debido a la composición y estructura del material. En esta fase actúan organismos capaces de atacar la lignina, celulosa, hemicelulosa y suberina, transformar las sustancias complejas en más simples, preparar el terreno para otros descomponedores que actuarán luego ocasionando la descomposición rápida, es decir, que acelerarán el proceso. No obstante, a la acción de los organismos se debe añadir la acción del agua, ya que transcurre la época lluviosa, pudiendo ocurrir la lixiviación, cambios químicos y aceleramiento del catabolismo.

Posteriormente, al entrar la época seca la intensidad del proceso disminuye al descender o detenerse el catabolismo y la lixiviación.

Lo explicado para las parcelas B1 y B2 (cortadas cada 60 días) se ajusta a las parcelas no sometidas a cortes (C1 y C2), ya que las fluctuaciones del proceso son menores a las observadas en las A1 - A2.

Analizando lo planteado para cada parcela, es posible concluir que en las cortadas cada 60 días (B1-B2) y en las no sometidas a corte (C1-C2), el patrón de la descomposición fue similar; no obstante, en algunas fechas, el efecto del corte es notorio. En cambio, en las parcelas cortadas cada 30 días la situación es diferente, porque el proceso presentó fluctuaciones marcadas que confirman las consecuencias de

los cortes frecuentes y que permiten afirmar la posibilidad de la manipulación de dicho proceso en las sabanas.

Explicada e interpretada la variación estacional del proceso, se analizarán algunas características intrínsecas. Como en el caso de las porciones aéreas, la descomposición ocurre por tres procesos: lixiviación, catabolismo y cominución, siendo difícil separar la acción y efecto de cada uno. Sin embargo, el orden podría ser: catabolismo > lixiviación > cominución, sobre todo en la época lluviosa cuando se registra la mayor intensidad.

Sostenemos ese orden porque: la lixiviación puede ser escasa por la topografía plana y el buen drenaje, la cominución escasa porque el tamaño de los orificios excluye animales; por consiguiente, el principal responsable puede ser el catabolismo.

Así mismo, es importante señalar que los resultados demuestran que el proceso está influenciado por: factores climáticos, organismos del suelo y calidad del recurso.

Con el objeto de comprobar estadísticamente la influencia del clima, se realizó un análisis de correlación entre los pesos secos y algunos elementos climáticos: temperatura, precipitación, humedad relativa y evaporación.

Los resultados fueron los siguientes:

- Correlación alta y significativa con la humedad relativa en las parcelas B1,B2,C1,C2 (ver tabla 11).
- Correlación alta significativa con la temperatura en las parcelas B1,B2,C1,C2 (tabla 11).
- Correlación alta con la precipitación en las parcelas A2-B2 - C1.
- Correlación alta con la evaporación en las parcelas B1, B2, C1, C2.

Por consiguiente, estas correlaciones altas permiten reafirmar los efectos del clima sobre el proceso, fácil de comprobar con lo sucedido en las parcelas sometidas a cortes cada 30 días: allí al perturbarlos o modificarlos con el corte, disminuye la correlación.

Otro factor influyente son los organismos del suelo, cuyo efecto a lo largo del año es diferente, pues en la época lluviosa su actividad y densidad es mayor.

Por último, como influyente se debe mencionar la calidad del recurso, la cual limitó o disminuyó el proceso al comienzo debido a la composición y estructura del material, principalmente lignina, celulosa y hemicelulosa. Este comportamiento inicial es diferente en las hojas, donde fue acelerado, poniéndose en evidencia el efecto de la estructura y composición del recurso sobre la Descomposi-

ción.

b.a. Efectos del corte:

Como se discutió en el aparte anterior, las pérdidas de peso en las parcelas cortadas cada 60 días (B1-B2) y en las parcelas no cortadas (C1-C2) presentaron un patrón similar a lo largo del año; aunque en las primeras, fue notorio el cambio ocasionado por el tratamiento en algunos momentos. Por el contrario, en las cortadas cada 30 días, las diferencias en dicho patrón fueron notables, ya que se observaron fluctuaciones importantes, es decir, incrementos en peso seguidos de disminuciones que ponen de manifiesto la posible inmigración de organismos del suelo al producirse el aclareo, y el aceleramiento de su actividad que redundó en una mayor liberación de nutrientes (ver figura 13a).

Por consiguiente, el primer efecto del corte cada 30 días se observa sobre el patrón o trayectoria de la descomposición a lo largo del año. Cuando se aplican cortes con mayores frecuencias se registran cambios importantes en dicho patrón.

Comparemos ahora los valores; durante la primera fase (De Descomposición lenta, la cual abarcó las 8 primeras semanas), las mayores pérdidas ocurren en la parcela A1 (32,5%). En la fase siguiente (De descomposición rápida) la situación es diferente: unas veces es mayor en las parcelas

A, otras en las parcelas B sobre todo cuando en ésta última el corte está próximo a la fecha de observación.

En la fase del período seco, los resultados de las observaciones se invierten, ya que las mayores pérdidas se registran en las parcelas C1-C2, principalmente de Enero a Marzo. Es necesario recordar que en ese período se distancian los cortes (uno se realiza el 20 de Enero y el siguiente el 21 de Marzo), por lo tanto el proceso de descomposición no es sometido a perturbaciones y debe seguir el curso normal. Ahora bien, en las parcelas no cortadas, las porciones subterráneas contenidas en las bolsas de malla se habían descompuesto menos, retenían 65 y 66,5% del material inicial; por consiguiente, representaban un mayor pool y reportaban mayores facilidades para la descomposición; por ello, en ese período, las pérdidas de pesos son mayores que en el resto de las parcelas.

De acuerdo a lo expuesto, las diferencias entre los valores también ponen en evidencia los efectos de los cortes sobre el proceso en estudio. Así mismo, el % de material inicial registrado en las parcelas C1 y C2 (no cortadas) después de 192 días confirma la lentitud del proceso cuando no se practican cortes; la parcela C1 retuvo el 65%; la C2 66,5%; en cambio, las A1 y A2 el 46 y 44% respectivamente. Estos resultados convalidan la hipótesis: "El corte modifica el proceso de Descomposición".

El test aplicado refleja que las diferencias no son estadísticamente significativas y que los intervalos se superponen en gran parte (Ver anexo No 4).

Sin embargo al hacer un análisis de esa representación gráfica, es posible concluir lo siguiente:

- Se observan escasas diferencias entre las dos parcelas sometidas a un mismo régimen de corte, es decir entre: A1-A2 B1-B2, C1-C2, siendo menores en las protegidas.
- La mayor divergencia se nota entre las cortadas cada 30 días, fertilizadas y las protegidas.
- La comparación de las tres parcelas no fertilizadas revela que las distinciones son muy escasas; en cambio, son más resaltantes entre las parcelas fertilizadas.

Por lo tanto, dicho análisis demuestra los efectos del corte y/o la fertilización.

Para comprobar tal afirmación, se llevó a cabo la comparación entre las parcelas cortadas (A1-A2-B1-B2) y las no cortadas (C1-C2) promediando las medias en cada caso. Los resultados se señalan en la figura 14, donde se observa que:

- Las diferencias entre los patrones son escasas durante la época lluviosa y un poco más pronunciadas en la época seca. No obstante, es conveniente recordar que el patrón de las cortadas cada 60 días (B1-B2) es similar al de las

EFECTOS DEL CORTE

CORTADAS vs. NO CORTADAS

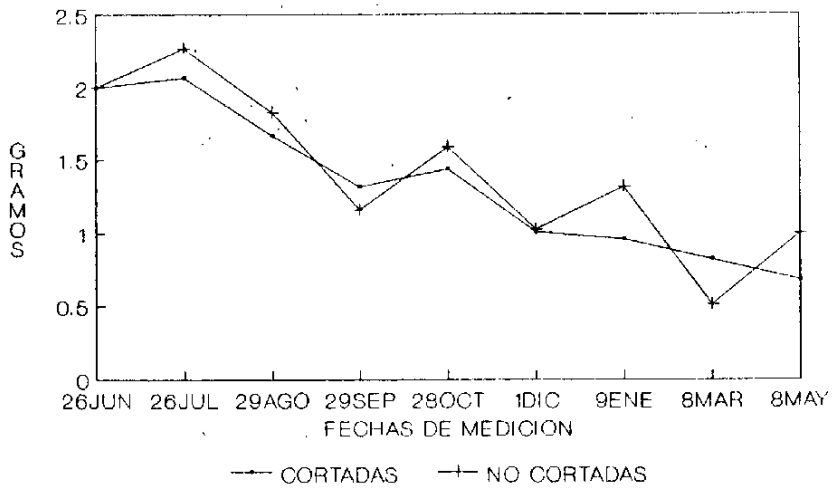


Figura 15: Curso de la descomposición de las porciones subterráneas en las parcelas cortadas (A1,A2,B1,B2) y protegidas (C1,C2), expresada como gramo de material retenido en las bolsas (ordinal) en relación con las fechas de medición (abcisa) durante un año.

Los valores indican el promedio de las medias aritméticas en cada parcela (A1,A2,B1,B2, y C1,C2).

- protegidas (C1-C2), lo que no permite que las diferencias entre cortadas y protegidas sean más marcadas.
- Las pérdidas de peso (cantidades liberadas) son mayores en las cortadas durante gran parte de las observaciones.
 - El porcentaje de material retenido en las bolsas al final del experimento es mayor en las no cortadas (50% Vs 34%).

Ahora bien, las mayores distinciones se observan al hacer la comparación entre los dos tipos de cortes (Ver figura 15). En esta oportunidad, se detectan variaciones en el patrón y aumentos en las cantidades liberadas, siendo posible concluir que el corte cada 30 días ocasiona efectos mayores que el practicado cada 60.

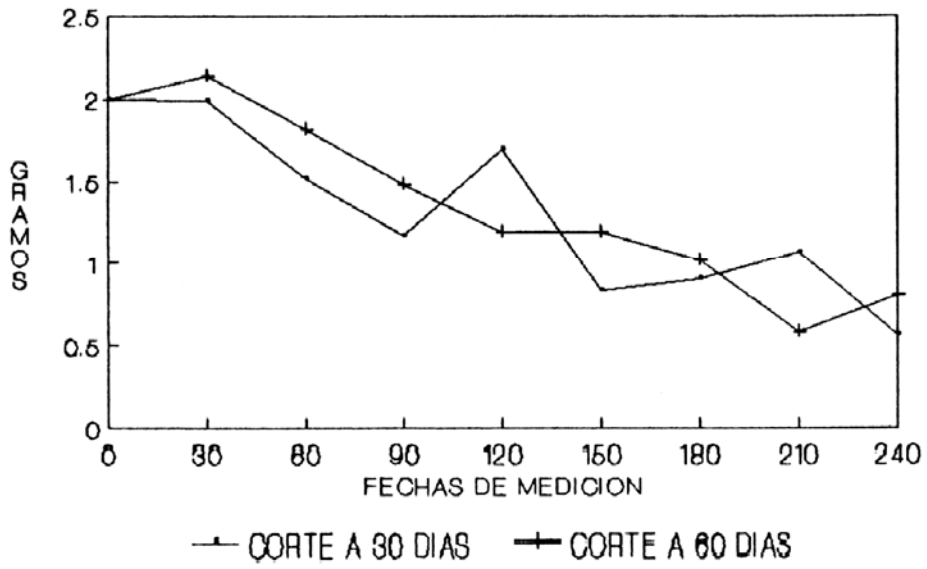
Sin embargo, al analizar la figura 15 vemos que dichos efectos son menos pronunciados en la etapa inicial, se acentúan después del tercer mes cuando las parcelas A1 y A2 han sido sometidas a mayor número de cortes y el material ha sufrido transformaciones en su composición química.

De acuerdo a lo expuesto, se puede mantener la afirmación: "Para el manejo de la sabana es más conveniente el uso de cortes cada 30 días y durante varios meses continuos, pues su influencia sobre la descomposición es mayor después de varias aplicaciones".

Además, gran parte de dichas aplicaciones debe coincidir con a época de crecimiento de las plantas, para

COMPARACION ENTRE LOS CORTES

30 DIAS vs. 60 DIAS



que la captura disminuya las posibles pérdidas de nutrientes. Durante la época seca, cuando la mayoría de las plantas casi detienen su crecimiento, los cortes deben distanciarse para aminorar la liberación de nutrientes, favoreciéndose así la inmovilización.

b.b. Efectos de la fertilización

En la figura 13a se puede comparar la descomposición en las tres parcelas fertilizadas y en las no fertilizadas. Durante el primer mes, en las parcelas A2 y B2 (fertilizadas) no se registró el incremento en los pesos observado en el resto. Posiblemente se deba a que los organismos disponían de suficientes alimentos, no tenían limitaciones, por el contrario, lo tenían fácilmente accesible, en mejores condiciones que las presentadas por las porciones subterráneas encerradas en las bolsas de malla; por ello no recurrían a éstas. Durante esa fase, las pérdidas de peso fueron menores, lo cual permite suponer que lo expuesto tiene validez: "los organismos no están atacando o lo hacen en poca intensidad al material contenido en las bolsas, porque tienen suficiente alimento y compiten con las plantas por el fertilizante". Después de esa fase, en las parcelas A1 y A2, las pérdidas de peso presentan pocas diferencias, excepto en Diciembre y Marzo cuando son mayores en A2. Los valores en las parcelas B1-B2 presentan mayores divergencias, siendo superiores en B2 durante los meses de

Septiembre, Diciembre, Enero, Marzo y Mayo.

Los valores en las parcelas C1-C2 son también parecidos, notándose diferencias más pronunciadas en Septiembre y Mayo, siendo superiores en C2. Los resultados reseñados señalan que en la mayoría de las observaciones, las pérdidas de peso son superiores en las parcelas fertilizadas; sin embargo, el tratamiento estadístico no reveló diferencias significativas, confirmando lo expuesto por investigadores, quienes indican que la descomposición depende principalmente del sustrato original y los fertilizantes la afectan poco.

Para reafirmar lo planteado sobre la influencia del fertilizante en la Descomposición, se hizo la comparación entre las parcelas fertilizadas y cortadas (A2-B2) y las parcelas no fertilizadas y cortadas (A1-B1) promediando las medias en cada caso. Los resultados se reportan en la figura 16 y señalan que:

- Se presentan diferencias en el patrón o curso de la descomposición a lo largo del año, especialmente en la época lluviosa.
- Las cantidades liberadas son mayores en las parcelas fertilizadas, en la mayoría de las observaciones, excepto el 28 de Octubre.

Al conjugar los efectos de ambos tratamientos (corte y

EFFECTOS DEL FERTILIZANTE

CORTADAS Y FERTILIZADAS VS
CORTADAS Y NO FERTILIZADAS

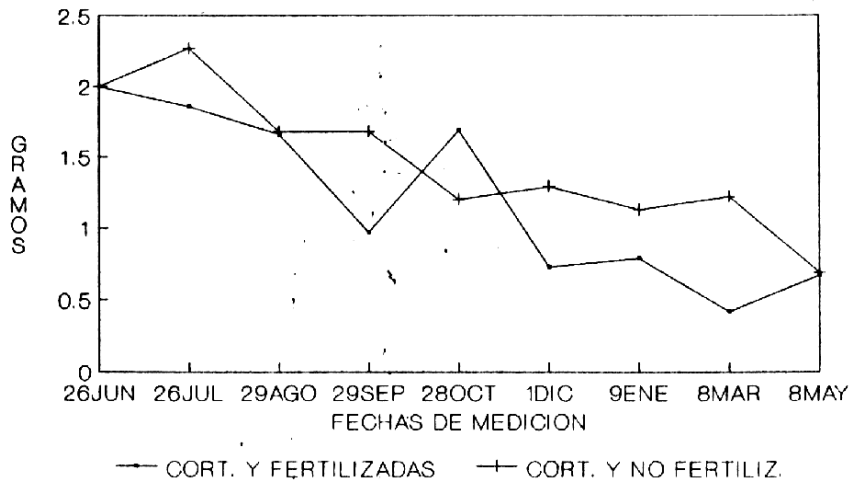


Figura 17: Curso de la descomposición de las porciones subterráneas en las parcelas cortadas, fertilizadas (A2,B2) y sin fertilizar (A1,B1), expresada como gramos de material retenido en las bolsas (ordinal) en relación con las fechas de medición (abcisa) durante un año.

Los valores indican el promedio de las medias en cada parcela (A2,B2 y A1,B1).

fertilización) podríamos concluir que: El primero, empleado con mayores frecuencias (por ejemplo cada 30 días) afecta al proceso de Descomposición de las porciones subterráneas en mayor proporción que el de las porciones aéreas, ya que no sólo ocasiona cambios en el patrón a lo largo del año sino también cambios en los valores registrados. Es causante de incrementos en el peso, seguidos de fases intensas de liberación de nutrientes que, planificadas para la época de crecimiento, redundarían en un aumento de la productividad y limitarían las pérdidas por lavado, pues las plantas los captarán.

Por otra parte, la inmovilización, proceso opuesto a la mineralización, es mayor en las parcelas no cortadas, lo cual indica que durante las fases de "no o escaso crecimiento" deben suspenderse los cortes para favorecer la inmovilización, evitando, así, las pérdidas y contribuyendo a la retención de los nutrientes hasta el momento propicio.

El segundo (la fertilización) no produce efectos tan notables como el corte; a veces acelera las pérdidas de peso, otras las disminuye (por ejemplo al comienzo del experimento en las parcelas A2 y B2), lo cual permite sugerir que su empleo no es tan necesario, ya que podríamos aumentar la fertilidad del suelo con los cortes solamente, escogiendo la frecuencia apropiada y las fechas convenientes de aplicación.

b.c. Comparación con otros valores

Nadelhoffer y Col (1.985) cuantifican la descomposición del mantillo hipógeo asumiendo que la descomposición y producción de biomasa de las raíces finas son iguales.

El experimento lo realizan en un arboretum de la Universidad de Wisconsin y en cuatro sitios diferentes, nominados según el nombre de la especie dominante; por ejemplo, Pino rojo. Encuentran que las diferencias en la biomasa de raíces finas en los cuatro sitios, no fueron significativas. Sin embargo, los sitios con más baja mineralización neta tenían más alta biomasa de raíces finas.

Dicha biomasa y el contenido de nitrógeno no varió significativamente en las fechas y entre los cuatros sitios, fueron relativamente constante a lo largo del gradiente variando alrededor de $201\text{g}/\text{m}^2$, presentando los valores extremos de 180 y $249\text{g}/\text{m}^2$ entre Pino Rojo y Pino Blanco respectivamente. Por consiguiente, si la producción de esa biomasa es equivalente a la descomposición, los valores obtenidos por esos autores son: $180 - 201 - 249\text{g}/\text{m}^2$, los cuales son superiores a los obtenidos en nuestro experimento posiblemente debido a las diferencias en: La calidad del material en descomposición y las condiciones ambientales donde se realizan ambos experimentos.

Hernández (1985) analiza la descomposición de las

raíces en un cultivo de caña de azúcar; encuentra que la cinética de desaparición se ajusta al modelo exponencial y que al final del periodo de muestreo (245 días) desaparece aproximadamente el 61% del material inicial. Además, reporta que las mayores pérdidas de peso ocurren en la época lluviosa, luego de este periodo, dicho proceso se hace más lento.

Estos resultados señalan que existen semejanzas en los valores obtenidos por este investigador y los encontrados en nuestros experimentos (73% de pérdida del material inicial en 270 días).

San José, y Col (1982) estiman la tasa de desaparición del material hipógeo en una sabana de *Trachypogon*. Establecen tres parcelas; una protegida del fuego, una quemada al inicio de la época seca y otra quemada al final.

Las tasas de desaparición no arrojan diferencias significativas entre las tres parcelas y sus valores fueron los siguientes:

Epg de crecimiento	Parcela protegida (g/m ² .mes)	P.quemada al inicio (g/m ² .mes)	P.quemada al final (g/m ² .mes)
Abril	13,4	11,9	10,6
Mayo	17,9	14,2	12,3
Junio	6,3	5,3	6,0
Julio	8,9	8,0	6,7
Agosto	8,0	5,9	5,6
Septiembre	12,9	7,2	8,9

Los resultados indican que dicha tasa es relativamente baja al final de la época seca al compararla con los valores en la época lluviosa. Por lo tanto, existe coincidencia en lo reportado por San José y Col y lo determinado en nuestra fase experimental, es decir, la descomposición muestra estacionalidad.

2. Descomposición en la fase rápida.

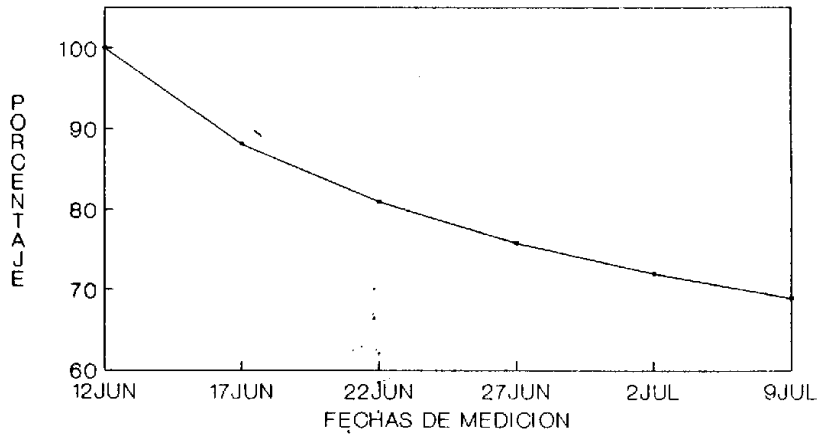
Como se explicó en la metodología en vista de que las porciones aéreas encerradas en las bolsas de malla presentaron grandes pérdidas de peso durante las primeras cuatro semanas, es decir, del 26 de junio al 26 de julio del 88, se decide repetir el experimento en 1.989 extrayendo cinco bolsas cada 5 días, en lugar de hacerlo mensualmente.

Los resultados del estudio de la fase rápida del proceso (Junio-Julio 1.989) se reseñan en la tabla 12 y la figura 17, e indican que: La Descomposición de las porciones aéreas presenta mayor intensidad en las proximidades del corte, registrándose pérdidas de 11,8% durante los primeros cinco días. Estas pérdidas de peso continúan presentándose, aunque son inferiores: 7-5, 2-3,8 y 3% los días 100, 150, y 250 después del corte.

Estos resultados confirman lo planteado para los del año anterior: "El corte acelera el proceso de la descomposición en las porciones aéreas de *Panicum maximum* que se integran al mantillo; por ello vemos mayor intensidad en las proximidades a el.

Las pérdidas de peso en las porciones subterráneas fueron superiores también en las proximidades al corte (7%), luego descendieron en forma tal que del 100 al 150 día sólo se pierde el 5%. A partir de ese día se registró un

PERDIDAS DE PESO PORCIONES AEREAS

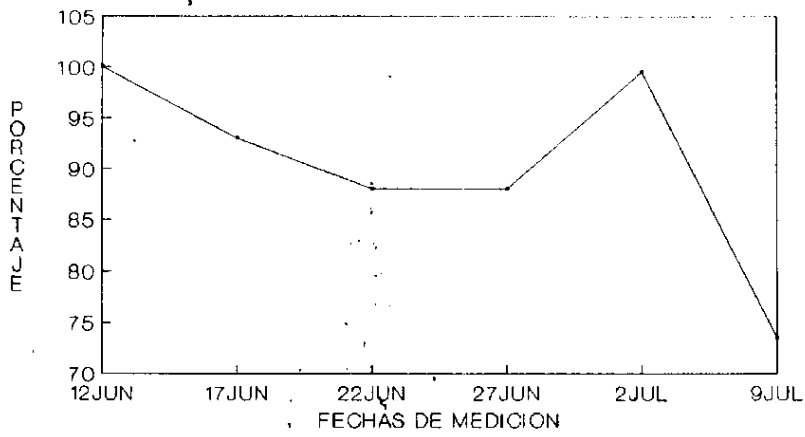


EXTRAIDAS CADA CINCO DIAS

Figura 18: Curso de la Descomposición de las porciones aéreas expresada como porcentaje del remanente en las bolsas (ordinal), en relación con las fechas de medición durante la fase rápida.

Los valores corresponden a la media aritmética.

PERDIDAS DE PESO PORCIONES SUBTERRANEAS



EXTRAIDAS CADA CINCO DIAS

Figura 19: Curso de la descomposición de las porciones subterráneas expresada como porcentaje del remanente en las bolsas (ordinal), en relación con las fechas de medición durante la fase rápida.

Los valores corresponden a la media aritmética.

pequeño incremento en los pesos, continuado por una disminución mucho más pronunciada que los anteriores (26%). Tomando en cuenta la pérdida observada en los primeros 20 días podemos señalar que en las porciones subterráneas, la liberación de nutrientes es lenta al comienzo y se acelera después del día 20, lo cual confirma lo sostenido para el año 88: La composición y estructura del material subterráneo limitan inicialmente el proceso de liberación de nutrientes, debido al predominio de las sustancias complejas y de difícil descomposición (por ejemplo lignina). En cambio, en las porciones aéreas por ser mayormente herbáceas y tener pocos tejidos mecánicos, la liberación de los nutrientes es más fácil, siendo la descomposición más rápida en la fase inicial.

Pero, a la influencia del corte y del tipo de material (calidad del recurso) debemos agregar los efectos de la precipitación. Al analizar la precipitación diaria, durante el período de observaciones (Del 11 de junio al 09 de julio del 89), se detectan diferencias: En las proximidades al 12 de junio y del 27 de junio al 02 de julio caen menos mm (0,2 y 6,2mm respectivamente); del 02 de julio al 7 caen 70,8mm, es decir aumentan las precipitaciones lo cual coincide con las mayores pérdidas de peso, comprobándose de nuevo, la influencia de este factor.

La repetición del experimento permitió enfatizar los

efectos del clima, organismos del suelo y calidad del recurso sobre el proceso de Descomposición. Así como también el efecto indirecto del corte, el cual al modificar algunos elementos climáticos y aumentar el material muerto, ocasiona cambios en la población saprófaga y en los procesos físicos y químicos que redundan en el aceleramiento del proceso de estudio.

3. Dinámica de los elementos químicos: Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio y Fósforo.

Según Sarmiento (1978), una de las explicaciones que se han dado para justificar la existencia de sabanas en el trópico húmedo es el encontrarse sobre suelos pobres en nutrientes que no permiten una vegetación forestal.

Esta teoría es defendida por varios autores: Pull (1906). Lanjouw (1932) en las sabanas de Surinam, Waibel (1948), Alwin y Araujo (1952) y Arens (1958-63) en las sabanas de Brasil.

Sin embargo, la mayoría de los suelos del trópico húmedo son pobres, especialmente los que han sufrido la lixiviación y ferralitización o los formados sobre material sedentario previamente empobrecido, como ocurre frecuentemente en los Llanos.

A ese origen y evolución se agregan las quemadas

frecuentes, que los empobrecen por pérdidas de componentes volátiles durante las quemas, o por el posterior arrastre de las cenizas por el viento, o la escorrentía superficial.

Cualquiera que fuese la causa de la pobreza nutritiva de esos suelos, es necesario estudiar los procesos que allí ocurren para ver, si con un manejo eficiente, podemos disminuir esa pobreza.

Por ello, se estudió la descomposición de hojas y raíces de *Panicum maximum*, determinando no sólo las pérdidas de peso del material contenido en bolsas de malla, sino también su composición química, las concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P), Calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) a lo largo del año, cuyos resultados se presentan y analizan a continuación y están recopilados en las tablas 12-17 figura 13-17.

a. Porciones Aéreas.

Nitrógeno:

La figura 20 y la tabla Nº 13a/b señalan el curso y los valores totales de nitrógeno del material aéreo retenido en las bolsas de descomposición, en las seis parcelas y a lo largo del año.

En todas las parcela se observa una declinación hasta el 29 de Septiembre, es decir, los tres primeros meses;

GRAMOS ELEMENTO NITROGENO PORCION AEREA

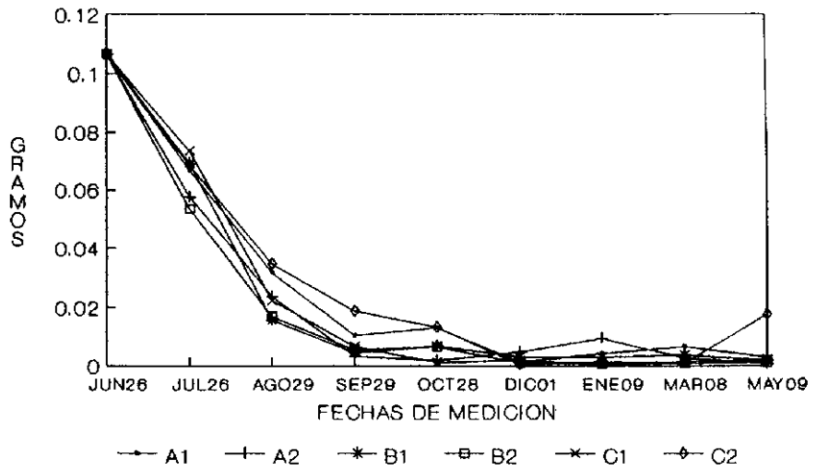


Figura 20: Variaciones en las cantidades totales de nitrógeno del material aéreo, retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

durante el mes siguiente las cantidades permanecen así, manteniéndose esas concentraciones durante el resto de las observaciones en las parcelas B1-B2-C1. Solamente en las parcelas A1-A2-C2 se registran incrementos, ocurriendo el primero en Marzo, el segundo en Enero y el tercero en Mayo. Las declinaciones y descensos coinciden con las de los pesos, los incrementos no.

La fuerte declinación observada en los primeros meses puede atribuirse a que el Nitrógeno es móvil, y un gran porcentaje puede lavarse con el agua caída en las lluvias.

En el mes siguiente mientras el peso seco declina, la cantidad de N permaneció relativamente constante, esto implica que durante ese período el elemento está inmovilizado en el tejido microbial.

Luego se registró un pequeño descenso que coincide con otro mes de precipitación (Noviembre:136,8mm caídos), donde el lavado puede haber afectado la parte inmovilizada y separar lo que se había inmovilizado; además, un corte está muy cerca, el cual como se ha insistido aumenta la actividad microbial y, por consiguiente, el catabolismo que podría también liberar otra parte.

En la época seca, las concentraciones permanecen casi constantes, lo cual señala inmovilización. La excepción observada en A1 y A2 podría deberse al efecto de los cortes

más frecuentes, que al aumentar la actividad microbial podrían aumentar la fijación de N o la colonización o inmigración de organismos a las bolsas que retienen el material.

No obstante, como las diferencias en la fase del 28 de Octubre al 09 de Mayo son tan escasas, podríamos decir que el N presenta un patrón estacional en las seis parcelas: Declinación fuerte en los primeros meses que coincide con la estación lluviosa, luego una fase de inmovilización que a veces es interrumpida por algún factor; pudiéndose atribuir los descensos a lluvias erráticas que caen en la época seca, los ascensos a la colonización de organismos o al aumento de la fijación de N.

Es importante señalar que la fase de liberación coincide con la fase de crecimiento de las plantas, lo cual puede limitar las pérdidas por lavado. Por el contrario, gran parte de la fase de inmovilización se realiza en la época seca cuando casi se detiene el crecimiento, siendo esto favorable porque permite la acumulación de nutrientes que serán separados cuando se inicien las lluvias.

Además de las pequeñas diferencias en el patrón, observadas entre las seis parcelas, se pueden señalar diferencias en las cantidades totales, aunque éstas no fueron estadísticamente significativas. Durante el primer mes,

las cantidades liberadas fueron mayores en B2, menores en C1; el orden observado fue el siguiente: B2 > A2 > C2 A1 > B1 > C1

Es importante señalar que los mayores valores se registraron en las tres parcelas fertilizadas, lo cual sugiere que a mayor concentración de N, mayor será la liberación, como lo señalan también Campbell (1978) y Gasser (1982).

Del 26 de Julio al 29 de Septiembre, todavía en la fase de declinación, las menores cantidades liberadas se registran en las parcelas A1 y C2, el resto presenta valores similares, pero mayores a las otras dos y el orden es el siguiente: B1 > B2 > A2 > C1 > A1 > C2.

En la fase de inmovilización, los valores reportan escasas diferencias, excepto el pico registrado por A2 en Enero, A1 en Marzo y C2 en Mayo; por consiguiente, los antes mencionados serán superiores sólo en esos momentos, y dichas alzas pueden ser atribuidas a los fenómenos explicados anteriormente.

La presencia de aumentos en las cantidades durante la época seca, en las parcelas A1 y A2, podía ser utilizado para señalar la conveniencia del corte cada 30 días. Después de esos aumentos, vendría una mayor cantidad de nitrógeno liberado que redundará en beneficio para las plantas.

La mayor liberación de N en las parcelas fertilizadas podría señalar el beneficio del fertilizante, pero tal beneficio se nota sólo en el primer mes, lo cual no justifica la inversión económica que representa el uso de fertilizantes.

Potasio:

La figura 21 y tabla 14a/b señalan las cantidades de potasio del material aéreo en descomposición, reportadas para las seis parcelas y a lo largo del año.

En las seis parcelas se observa una declinación fuerte hasta el 29 de Agosto, con mayor intensidad en A2-B2-C1; posteriormente una declinación suave durante los dos meses siguientes, hasta el 28 de Octubre; a partir del cual las cantidades permanecen casi constantes.

Por consiguiente, el potasio presenta un patrón estacional y semejante en todas las parcelas: declinación hasta octubre coincidiendo con la época lluviosa, y estabilización el resto del período de observaciones que cubre la época seca. Dicho patrón coincide en algunos momentos con el de los pesos.

Como en el caso de nitrógeno, la declinación se debe a la movilidad del elemento que hace sea lavado fácilmente por las precipitaciones, la inmovilización por su incorporación

GRAMOS DEL ELEMENTO POTASIO

PORCION AEREA

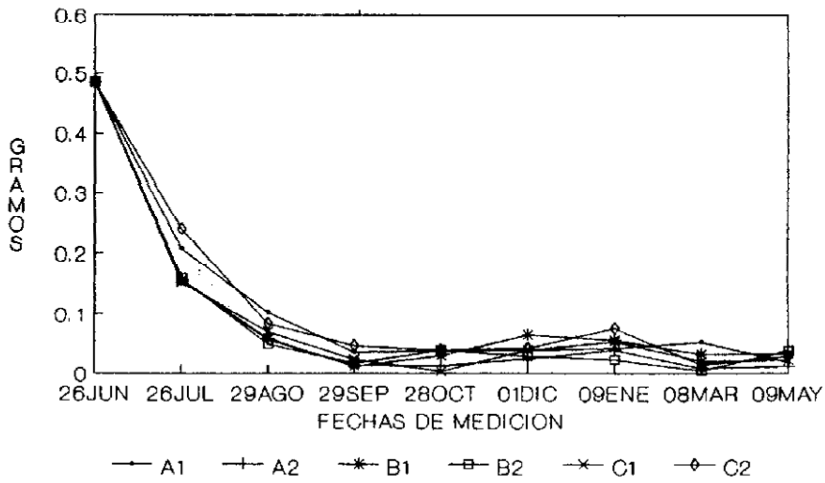


Figura 21: Variaciones en las cantidades totales de potasio del material aéreo retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética

al tejido microbial. Esa inmovilización sirve para la acumulación en la época de escaso crecimiento de las plantas, que luego será liberado y utilizado por éstas durante su fase intensa de crecimiento, en el periodo lluvioso.

Por consiguiente, en las seis parcelas, el potasio presenta similar patrón a lo largo del año. Situación algo parecida se refleja al comparar las concentraciones (ppm y g/g de la biomasa); durante los dos primeros meses, las cantidades liberadas son similares en las parcelas C2-A1, siendo superior en las primeras.

A partir del 29 de Agosto, no se observan diferencias en las concentraciones, pudiendo concluir que no hay diferencias entre las parcelas.

Calcio:

En la figura 22 y tabla 15a/b se señalan los valores de las cantidades de calcio en las porciones aéreas encerradas en las bolsas de descomposición; se reseñan para las seis parcelas y todos los meses de observación.

Analizaremos primero el patrón a lo largo del año. Dicho patrón refleja algunas diferencias: En las parcelas B1 y B2 se registra un ascenso en las concentraciones durante el primer mes, luego una fase de declinación hasta el 28 de

GRAMOS DEL ELEMENTO CALCIO PORCION AEREA

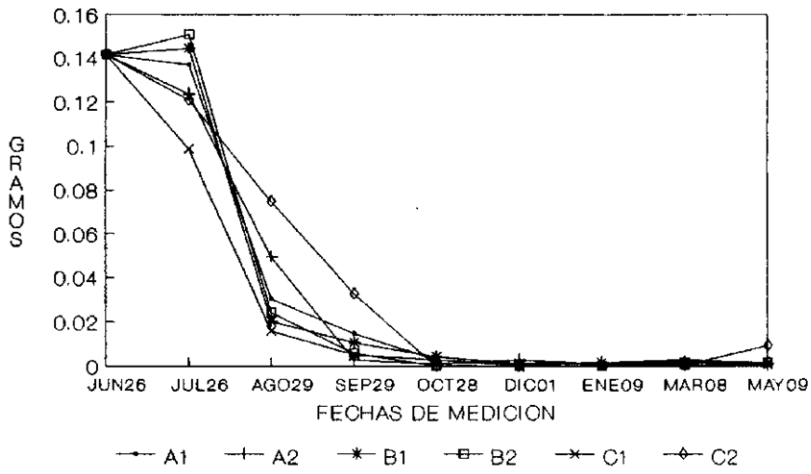


Figura 22: Variaciones en las cantidades totales de calcio del material aéreo, retenido en las bolsas de descomposición, expresada como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

Octubre y una de estabilización hasta el final de las observaciones. Solo la declinación y estabilización coinciden con el comportamiento de los pesos.

En la parcela A1, el patrón es el siguiente: declinación suave el primer mes, fuerte los dos meses siguientes (hasta el 29 de Agosto), donde vuelve a disminuir la intensidad. A partir del 28 de Octubre, las cantidades permanecen casi constantes. Una parte del periodo de estabilización y declinación coinciden con el patrón de los pesos.

En las parcelas A2 y C2 el patrón es similar; un descenso suave al comienzo, intenso después, presentándose la fase de estabilización a partir del 29 de Septiembre en la parcela A2 y del 28 de Octubre en la C2, de la cual sólo una parte coincide con el comportamiento de los pesos.

En la parcela C1, el calcio presenta una declinación hasta el 29 de septiembre, aunque la intensidad varía en los meses, es decir, la intensidad es diferente en los tres meses. Después del 29 de Septiembre, las concentraciones son casi constantes, entrando en la fase de inmovilización. La declinación y fase inmovilización también se presentan en los pesos.

De acuerdo a lo expuesto, podemos concluir lo siguiente: En las parcelas B1 y B2 hay un incremento de las

cantidades en el primer mes, posteriormente una declinación que es seguida por una fase de estabilización.

En el resto de las parcelas no se presenta el incremento inicial, sino una declinación desde el comienzo, cuya intensidad es variable entre las parcelas y es continuada por una fase de estabilización.

La fase de declinación como en el caso de N y K coincide con el período lluvioso, pero su origen se explica principalmente por la acción de los descomponedores, según Swift, Russell-Smith y Perfect (1981); por lo tanto, será mayor en ese período porque la actividad de esos organismos es mayor.

El incremento de las concentraciones durante el mes inicial, fue observado también por Swift y Col (1981) y explicado por la captura de las hifas fúngicas.

La fase de inmovilización coincidió con la época seca, donde baja la actividad de los descomponedores y a esto se agrega que puede ser incorporado a los tejidos microbiales o al resto de los tejidos.

Salvo ese incremento inicial observado en las parcelas B1 y B2, podemos decir que el patrón del calcio es: una declinación hasta el 29 de Septiembre o 28 de Octubre, y luego una fase de estabilización, pudiéndose decir también que el Calcio presenta un patrón estacional.

Seguidamente discutiremos los valores de las cantidades traciones, sus diferencias y semejanzas a lo largo del año y entre las seis parcelas. Durante el primer mes se observan diferencias en el comportamiento del elemento; en unas parcelas (B1 y B2) se incrementó, en el resto disminuyó. En las primeras B2 > B1 y en el resto, el orden de la cantidad liberada es: C1 > C2 > A2 > A1.

Las parcelas A1-A2-B1-B2 habían sido cortadas el día 19 de Julio y las diferencias en el comportamiento del elemento no permiten afirmar qué tipo de efecto tendría el corte; en ambas produjo efectos contrarios.

Las parcelas A2-B2-C2 fueron fertilizadas en ese período y las diferencias, antes explicadas, tampoco permiten deducir algún efecto común del fertilizante.

En las mediciones del 29 de Agosto, el orden de las cantidades liberadas fue el siguiente: C1 > B1 > B2 > A1 > A2 > C2, en cambio, el 29 de Septiembre fue: A2 > C1 > B2 > B1 > A1 > C2.

Por consiguiente, al final del período de declinación donde se registraron las mayores liberaciones fue en A2; para ese momento, dicha parcela era la única que había sido cortada cuatro veces y fertilizada. A pesar de que las diferencias no son estadísticamente significativas, podríamos pensar que esa mayor liberación está influenciada

por los dos factores en conjunto (cortes frecuentes y fertilización). Como se explicó anteriormente, el calcio depende principalmente de los descomponedores y la acción de corte y fertilización pudo haber aumentado la actividad de ellos, incrementándose así las cantidades liberadas.

Del 28 de Octubre hasta el final de las observaciones, los valores de las cantidades totales son similares, no reportan diferencias, excepto en la parcela C2, al final, es cuando se observa un ascenso, pero muy pequeño.

Magnesio:

En la figura 23 y tabla 16a/b se presentan el curso del magnesio y los valores registrados a lo largo del año en las bolsas de descomposición y en las seis parcelas objeto de estudio.

En la Figura, se observa que el patrón en las seis parcelas reporta algunas diferencias: En la parcela A1, se registra durante el primer mes, un incremento en las cantidades, luego una declinación hasta el 29 de Septiembre, una fase de estabilización durante el mes de Octubre, una nueva declinación en Noviembre, un nuevo incremento en Diciembre seguido de un descenso hasta el final de las observaciones. El incremento al inicio y en Diciembre, una parte del período de declinación se observa también en el patrón de los pesos secos del material; lo restante es diferente.

GRAMOS DEL ELEMENTO MAGNESIO PORCION AEREA

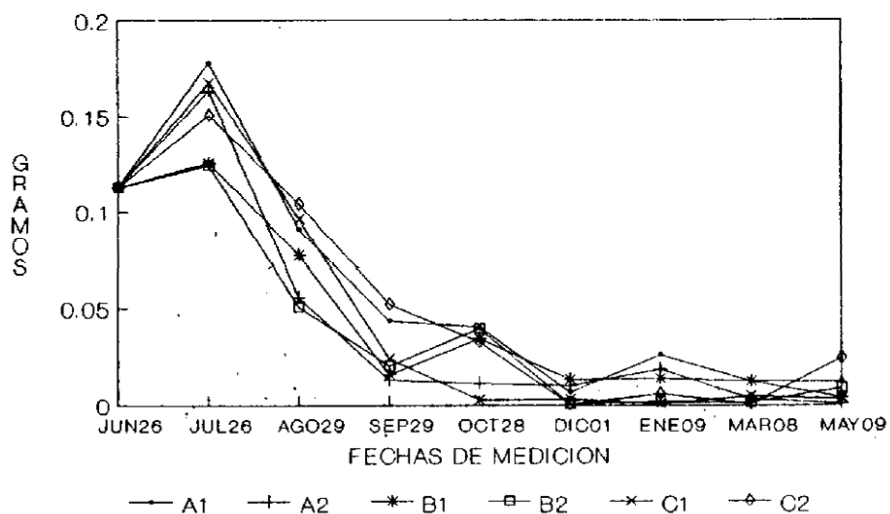


Figura 23: Variaciones en las cantidades totales de magnesio del material aéreo, retenido en las bolsas de descomposición, expresada como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

En la parcela A2 se registra el mismo incremento inicial, seguido de un descenso hasta el 28 de Octubre, luego un período de concentraciones casi constantes hasta el 19 de Diciembre, y un nuevo incremento en Diciembre que es continuado por otro descenso.

Este patrón coincide en algunos momentos con el de los pesos secos: en el descenso y el incremento de Diciembre; en cambio, dichos pesos no presentan el incremento inicial reportado por el Magnesio; además, durante los meses finales presentan valores casi constantes.

En la parcela B1, se observó el incremento durante el primer mes, una declinación hasta el 29 de Septiembre y otro pico en Octubre que desciende en Noviembre para estabilizarse hasta el 09 de Marzo cuando desciende de nuevo. Al comparar ese patrón con el de los pesos secos, se encuentra coincidencia entre: la declinación hasta Septiembre y el pico en Octubre, el resto es diferente.

En la parcela B2, se nota el ascenso inicial, el descenso hasta el 29 de Septiembre, un segundo pico en el mes siguiente, un descenso durante Noviembre, y el período de estabilización a partir de ese momento. El patrón seguido por el magnesio coincide poco con el de los pesos del material, sólo en: el ascenso inicial, el descenso hasta Septiembre y una parte del período de estabilización.

En la parcela C1 se presenta el ascenso durante el primer mes, la disminución de allí al 28 de Octubre y la fase de valores casi constantes entre esa fecha y el final de las observaciones. En solo el ascenso inicial difieren este patrón y el seguido por los pesos secos del material.

En la parcela C2, como en el resto, se registra un ascenso inicial hasta el 26 de Julio, un descenso hasta el primero de Diciembre, pero pequeños incrementos en Enero y Marzo separados por deflexiones. Sólo una parte del descenso largo se presenta en el patrón de los pesos secos, el resto del comportamiento es diferente.

Por consiguiente, el magnesio en las seis parcelas a lo largo del año presenta algunas diferencias en su patrón; sin embargo, podemos concluir que: En todas registra un incremento durante el primer mes, seguido de un descenso fuerte que se extiende por 3 ó 4 meses, coincide con la época lluviosa y es continuado por pequeñas fluctuaciones en las parcelas A1-B1-A2-B2, o por algunas fases de estabilización cortas o largas, registrándose éstas últimas más frecuentemente en las parcelas C1 y C2.

Las fases de incremento pueden ser atribuidos a su adhesión a la materia orgánica o la captura por las hifas fúngicas u otro organismo microbial. Según Swift y Col (1981), este elemento en gran parte del periodo está sujeto

a la materia orgánica y no está presente en cantidades limitadas. Según estos autores, el magnesio sigue el patrón de los pesos secos; nuestros resultados confirman lo planteado en algunos momentos y en algunas parcelas, como se puede observar en la explicación y comparación de ambos patrones. A veces los patrones son diferentes; por ejemplo, ascensos en el magnesio no coinciden con ascensos en los pesos secos.

Las fases de declinación se explican por la movilidad causada por el lavado, observándose que las mayores ocurren principalmente en la época lluviosa (Del 26 de julio al 26 de Septiembre o 28 de Octubre).

Las fases de inmovilización son mucho mas escasas que en los otros elementos, y están sujetas a las pocas variaciones en peso que reportó el material vegetal.

Comparados los diferentes patrones, podemos concluir que en las seis parcelas, durante la fase primera, no se registran diferencias en el patrón (Del 26 de Julio al 29 de Septiembre); posteriormente sí, notándose que en las parcelas sometidas a cortes se presentan fluctuaciones, ascensos y descensos favorables para la vegetación, ya que los primeros retienen el elemento, los segundos lo liberan y lo ponen a disposición de las antes mencionadas.

Por consiguiente, según nuestros resultados, los

cortes cada 30 ó 60 días pueden producir cambios en el patrón del magnesio y disminuyen los largos periodos de inmovilización.

Además, de esas diferencias en el patrón a largo del año, también se observan distinciones entre los valores de las cantidades; por ejemplo: Durante el primer mes, las concentraciones mayores se registran en la parcela A1, la menores en B2 y B1, el orden es el siguiente: $A1 > C1 > A2 > C2 > B2 \approx B1$; en el segundo mes, las mayores cantidades liberadas se reportaron en la parcela B2, las menores en C2 y el orden fue: $B2 > A2 > A1 > C1$, en el siguiente el orden varió muy poco: $A2 > B1 > B2 > C1 > A1 > C2$. En ambos meses vemos que en la mayoría de las parcelas sometidas a cortes, las cantidades liberadas son mayores, pudiéndose pensar en efectos del corte sobre dicha liberación.

En la medición del 28 de Octubre, las concentraciones de magnesio en el material retenido en las bolsas coinciden en las parcelas A1 y B2, en C2 y B1, el orden fue el siguiente: $A1 = B2 > C2 = B1 > A2 > C1$. Es conveniente recordar que en algunas parcelas dicho contenido se incrementó y en otras declinó. A partir del primero de Diciembre, las diferencias en las cantidades son escasas, sólo difieren el 9 de Enero, cuando en las parcelas A1, A2 y B1 se registran valores un poco superiores, lo cual pudiese sugerirnos efectos del corte en esas parcelas sometidas a dicho trata-

miento, como se explicó anteriormente. Sin embargo, se debe insistir en que las diferencias son muy escasas y no significativas estadísticamente, por lo que no es muy acertado señalar esas distinciones como efectos de los cortes.

Fósforo:

El curso de los contenidos de fósforo en el material encerrado en las bolsas de malla se señala en la figura 24, los valores en las tabla 17a/b.

El patrón o curso a lo largo del año presenta algunas diferencias en las seis parcelas: En la parcela A1 se observa una declinación de las cantidades hasta el primero de Diciembre, luego un ascenso muy pequeño seguido por una nueva declinación que se extiende hasta el final del periodo de observaciones. Este patrón coincide, en algunos aspectos, con el del peso seco del material hipógeo en descomposición: el pequeño ascenso el primero de Diciembre y una parte de la declinación.

En la parcela A2, el comportamiento el primer mes es diferente de A1, las concentraciones sufren un ascenso que es continuado por: una fuerte declinación el mes siguiente, un ascenso durante Septiembre, un descenso en Octubre y, a partir de allí, una fase de valores casi constantes.

Al comparar este patrón con el de los pesos secos

GRAMOS DEL ELEMENTO FOSFORO

PORCION AEREA

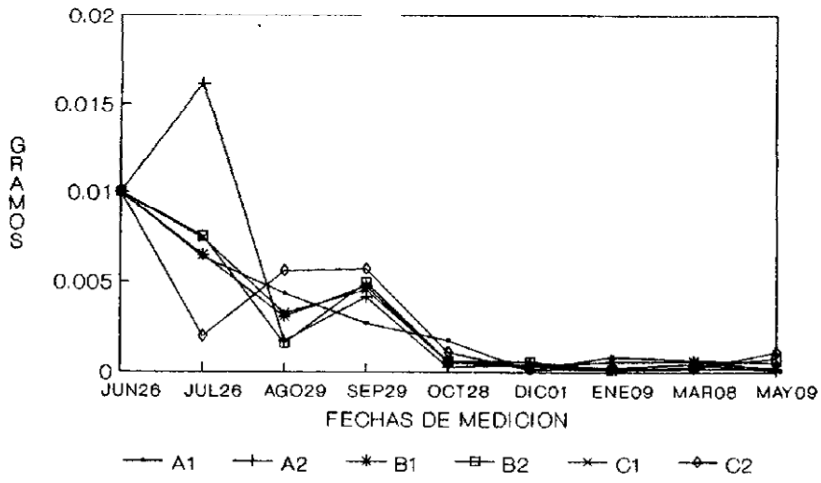


Figura 24: Variaciones en las cantidades totales de fósforo del material aéreo retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

notamos pocas similitudes, sólo una parte de la primera declinación y una parte del período de valores casi constantes registran coincidencia.

En la **parcela B1**, se presenta la fase de declinación de las cantidades totales durante los dos primeros meses, un incremento durante Septiembre seguido de un descenso hasta el 28 de Octubre y una fase de estabilización de Octubre a Mayo. El patrón del fósforo en esta parcela coincide con el de los pesos del material en: la declinación inicial, aunque ésta es más extensa en los pesos secos y en una parte de la fase de estabilización; el resto es diferente.

En la **parcela B2**, también se presenta la fase de disminución de las cantidades en los dos primeros meses, luego un aumento el mes siguiente hasta el 29 de Septiembre, que decae durante Octubre y se estabiliza durante los meses siguientes. Este patrón coincide con el de los pesos secos en la disminución inicial, pero sólo durante dos meses y la fase final de estabilización.

En la **parcela C1**, sufre, también las disminuciones durante los primeros meses, seguidas de un ascenso en Septiembre, un descenso en Octubre y una fase de estabilización a partir de ese momento. Dicho patrón, en algunos meses, coinciden con el de los pesos secos del material, sobre todo en las disminuciones de los dos prime-

ros meses y de Octubre, así como en la fase de estabilización.

En la parcela C2, se registra la declinación inicial, pero un solo mes (Del 20 de Junio al 20 de Julio),

Luego se presenta un incremento durante un mes, cuyo valor se mantiene en el siguiente, aunque posteriormente desciende. No obstante, ese descenso se observa solo un mes (29 Sep- 28 Oct.), ya que en el resto de las observaciones las concentraciones son casi constantes.

descensos) del 26 de Julio al 28 de Octubre; el de los pesos solo presenta una declinación en este período; por lo tanto, ambos patrones coinciden plenamente sólo en fase de estabilización.

De acuerdo a lo expuesto, el fósforo en las parcelas B1-B2-C1 presenta el patrón a lo largo del año semejante; en el resto de las parcelas se observan las siguientes diferencias: En A1, la declinación se extiende desde el comienzo hasta el primero de Diciembre, ocurre durante cinco

Este patrón presenta varias fluctuaciones (ascenso y

por las lluvias; además, ascensos atribuibles a la captura de las hifas fúngicas o de cualquier microorganismo capaz de hacerlo. En cambio, durante la época seca se registra una fase de estabilización, como consecuencia de la inmovilización del elemento en los tejidos.

Esta inmovilización se corresponde con la fase de escaso crecimiento de las plantas superiores, pero al llegar las lluvias el fósforo será atacado separándolo para que pueda ser utilizado en la fase de crecimiento activo.

Es conveniente, resaltar de nuevo que el patrón del fósforo siguió el de los pesos secos sólo en algunas oportunidades; por lo tanto, no podemos afirmar que los incrementos en las concentraciones de P se deben a incrementos en los pesos solamente, sino que pueden existir otros causantes como los explicados anteriormente.

Presentaremos ahora las diferencias y semejanzas en las concentraciones. . . Durante el primer mes, las mayores concentraciones de fósforo en el material aéreo en descomposición, se presentan en la parcela A2, las menores en C2 y el orden es el siguiente: $A2 > B2 > C1 > A1 > B1 > C2$. En el mes siguiente las diferencias se acortan enormemente y el orden observado es: $C2 > A1 > B1 > C1 > A2 > B2$, parecido al del 29 de Septiembre que fue: $C2 > B2 > C1 > B1 > A2 > A1$; por consiguiente, debemos referir que las

mayores cantidades liberadas se registraron en B2-A2-C1 y B1 durante el primero, en A1-A2, durante el segundo, lo cual podría indicarnos que los cortes más frecuentes (cada 30 días) pueden ocasionar pequeños cambios en las cantidades liberadas.

Del 28 de Octubre al 09 de Mayo, las cantidades totales son casi semejantes, reportándose sólo las de la parcela A1, ligeramente superiores en algunos momentos.

Una vez discutida la situación de cada elemento en las seis parcelas se comparan los elementos entre sí;

- La cantidad de nitrógeno en todas las parcelas declina durante los 3 ó 4 primeros meses, luego permanece relativamente constante. Con el potasio sucede algo parecido, excepto que la declinación dura sólo dos meses.

Los otros elementos no tienen ese comportamiento ya que el magnesio se incrementa primero, luego declina por 2-4 meses y después se estabiliza; el calcio en unas parcelas (B1-B2) sufre un incremento inicial seguido de un descenso de los tres meses siguientes y en otras, desciende de una vez; sin embargo, en todas las parcelas se observa la fase de inmovilización a partir del 28 de Octubre. El fósforo, en dos parcelas tiene comportamiento diferente al resto; en A2 reporta un incremento inicial, seguido de un descenso pronunciado, un nuevo incremento y otra disminución; la fase de estabilización también comienza el

28 de octubre. En C2, declina un mes, asciende el siguiente, se estabiliza durante septiembre y luego desciende para estabilizarse a partir del 28 de octubre. En el resto de las parcelas el descenso inicial del fósforo, se extiende por dos meses y es seguido por un pequeño incremento y disminución antes de que ocurra la fase de estabilización. De acuerdo a lo expuesto, los elementos N y K presentan escasas diferencias en el patrón y éste es similar en las seis parcelas. Magnesio y Calcio presentan algunas similitudes, pero también diferencias; las cuales se observan además entre las parcelas. El fósforo reporta el patrón más diferente y las mayores distinciones entre las parcelas.

- Todos los elementos presentan patrón estacional, los períodos de declinación coinciden con la época lluviosa los de inmovilización en gran parte con la época seca. La fuerte declinación observada en los primeros meses se puede atribuir en N, P y Mg. a su movilidad, un gran porcentaje puede lavarse con el agua caída en las lluvias; en los otros elementos y una parte de la liberación en los antes mencionados, también puede atribuirse a la acción de los microorganismos (catabolismo), sobre todo en aquellas oportunidades donde el corte está cerca.
- Es importante que en todos los elementos, la fase de declinación fuerte coincide con la época de crecimiento de las plantas, pudiéndose presentar la captura y

minimizar las pérdidas por lavado.

- Todos los elementos presentan fase (s) de declinación e inmovilización, algunos fases de incremento.

En todos, las fases de valores casi constantes, se puede explicar por la inmovilización del elemento en el tejido o célula. Dicha fase representa una acumulación durante la época donde el crecimiento de las plantas superiores casi se detiene, pero se romperá al llegar las lluvias. Esta fase en el N a veces es interrumpida, aunque escasamente, pudiéndose deber a lluvias erráticas que caen en la época seca o aumentos en la actividad microbial.

- El Magnesio en todas las parcelas, el calcio en algunas (B2, B1, A1), el fósforo en A2 registran incrementos iniciales, el resto de los elementos no los presenta. Estos incrementos se repiten a lo largo del período de observaciones, del 26 de septiembre al 28 de octubre en magnesio, del 29 de agosto al 29 de septiembre en fósforo; en los otros elementos no se registran. Estos incrementos pueden atribuirse a la inmigración de organismos, y mayor captura por parte de éstos.
- El fósforo, que registra las mayores fluctuaciones, las reporta en los cuatro primeros meses, coincidiendo con el período lluvioso.

El patrón de las cantidades de N, Ca, K, coincide en gran parte con el patrón de los pesos del material epigeo

en descomposición; el de Mg y P en las parcelas A1-A2-B1-B2-C1-C2 presentan pocas coincidencias, es decir, siguió el de los pesos secos sólo en algunas oportunidades.

- El rango de la concentraciones es:

Elemento	de	a
Nitrógeno.	ppm 2,34-	ppm 0,47-
Magnesio.	7,25-	1,00
Calcio.	4,90	0,01
Potasio.	9,70	Trazas.
Fósforo.	0,620	0,063

Por consiguiente, el que registra mayores concentraciones es: potasio, las mayores variaciones: potasio, las menores concentraciones: fósforo.

Especificados por parcelas dichos rangos serían para cada elemento, los siguientes:

Parcela	Nitrógeno ppm.		Fósforo. ppm.		Potasio. ppm.		Calcio. ppm.		Magnesio. ppm.	
	de	a	de	a	de	a	de	a	de	a
A1	2,15	0,68	0,205	0,070	9,70	3,77	4,42	0,24	5,75	2,2
A2	2,21	0,95	0,620	0,058	9,70	2,80	4,74	0,25	6,25	1,0
B1	2,34	0,84	0,278	0,083	9,70	4,10	4,90	0,46	7,25	2,5
B2	1,72	0,47	0,248	0,098	9,70	2,00	4,87	0,03	6,50	1,2
C1	2,30	0,73	0,233	0,100	9,70	Traza	3,10	0,01	6,50	1,2
C2	2,16	0,81	0,310	0,063	9,70	Traza	4,14	0,01	5,75	1,2

* Los valores están expresados en ppm.

- Los flujos mayores ocurrieron en:

Elementos	Flujos mayores en el (os) meses.
Nitrógeno.	26 de junio al 29 de ago. ó 29 sep.
Fósforo	En 3 parcelas: 26 jun. al 29 ago. En A2: 26 jul- 29 ago. En C2: 26 jun- 26 jul y 29 sep- 28 oct.
Potasio	26 jun- al 29 ago.
Calcio	26 de jul - a; 29 sep.
Magnesio	26 jul al 29 sep.

- Las pérdidas máximas fueron:

Elemento	Pérdidas.
Nitrógeno.	79,92%
Fósforo.	89,84%
Potasio.	99,99%
Magnesio.	86,21%
Calcio.	99,79%

En el caso del K, Ca, Mg, P, las cantidades liberadas fueron superiores (en la mayoría de las observaciones) en las parcelas sometidas a cortes periódicos.

- Para N-Ca-Mg, en las primeras observaciones, las mayores cantidades liberadas se registran en las parcelas fertilizadas, lo cual podría atribuirse a beneficios del fertilizante; sin embargo, como esta superioridad se extiende para C2, solo los primeros meses no se justifica

la inversión.

- El aumento de las concentraciones de N seguidas de liberaciones durante la época seca, observado en las parcelas A1, A2 (cortadas cada 30 días) podía ser utilizado para señalar la conveniencia de este tratamiento. Dicha conveniencia se refuerza con la presencia de fluctuaciones en el patrón de Mg y con la ocurrencia de mayores cantidades liberadas de K, Ca, Mg, P.

b. Porciones Subterráneas

Nitrógeno:

En la figura 25 se presenta el curso del nitrógeno en las porciones subterráneas en descomposición, y en las tablas 18a/b los valores para referencia. Dicho curso, reporta diferencias entre las seis parcelas, por ello se describirá para cada una:

En la parcela A1, se observa un incremento durante el primer mes, seguido de un descenso en los dos meses siguientes y dos picos en Octubre y Marzo respectivamente, separados por un período de deflexión. Coincidiendo los incrementos con aumentos en los pesos secos del material hipógeo.

En la parcela A2, se repite el incremento inicial, el descenso los dos meses siguientes y los dos picos sucesivos;

GRAMOS ELEMENTO NITROGENO PORCION SUBTERRANEA

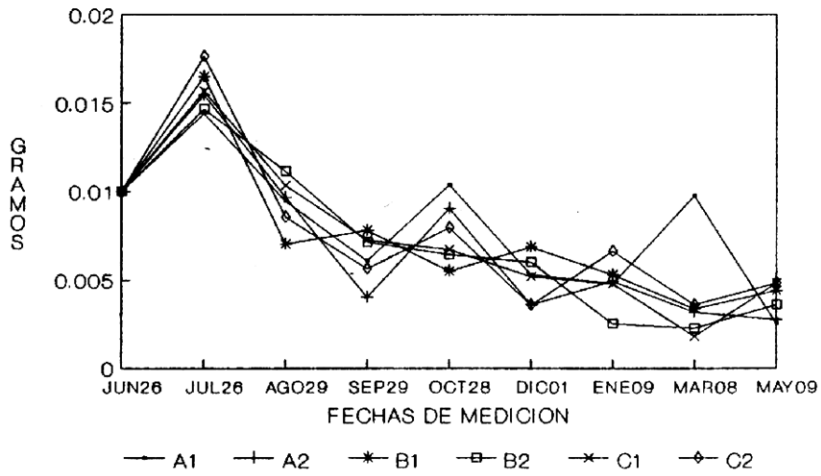


Figura 25: Variaciones en las cantidades totales de nitrógeno del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

pero éstos se registran en Octubre y Enero, y se corresponden, en igual forma, con los observados en el peso seco del material.

En la parcela B1, comienza el curso con un incremento el primer mes, que continua con un descenso el mes siguiente, tres picos en Septiembre, Diciembre y Mayo separados por periodos de disminución. Los picos de Julio, Diciembre y Mayo coinciden con los de peso seco del material.

En la parcela B2, se observa también el ascenso inicial, pero la declinación que lo sigue se extiende hasta el 8 de Marzo, aunque con diferentes intensidades a lo largo de ese periodo. A partir del 8 de Marzo se registra un nuevo ascenso, pero de menor proporción.

En la parcela C1, vuelve a observarse el incremento durante el primer mes y la declinación sucesiva, la cual se extiende hasta el 8 de marzo, pero como en el caso de la parcela B2 su intensidad es variable entre los meses. En la fase final también se presenta un nuevo incremento; sin embargo, sólo el inicial se corresponde con aumentos del peso del material.

En la parcela C2, como en el resto, se repite el incremento en el primer mes y la declinación posterior que abarca los dos meses siguientes, seguida por tres picos,

cada uno en Octubre, Enero y Mayo, separados por períodos de disminuciones. Sólo el 1er incremento y el de Octubre coinciden con aumentos en el peso del material.

En consecuencia, en las parcelas B2 y C1, el nitrógeno presenta similar patrón a lo largo del año; en el resto, se registran diferencias, a veces en el número de picos, otras en la duración del descenso y otras en el mes en que se presentan los picos; no pudiéndose hablar de un sólo patrón en las seis parcelas.

Sin embargo, se observaron algunas cosas comunes:

- 1- En la seis parcelas se presenta el incremento inicial, el cual se puede explicar por la inmigración de organismos del suelo a las bolsas de malla; algunos organismos posiblemente sean fijadores de N aumentándose así la concentración. Esta explicación también se dió para dicho incremento en los pesos secos al comienzo del experimento.
- 2- En todas las parcelas se observa una fase de declinación del 26 de Julio en adelante, cuya extensión es variable: hasta el 29 de Septiembre en las parcelas A1-A2-C2, el 29 de Agosto en B1 y el 8 de Marzo en B2 y C1. Esta fase coincide con el período lluvioso y es atribuida a la alta movilidad del elemento que puede ser lavado fácilmente por las lluvias. Sin embargo, a esa liberación por lixiviación se debe agregar la actividad de los

microorganismos; después de la colonización inicial, dicha actividad se incrementa, pudiendo separar parte del material por catabolismo.

- 3- En las parcelas A1-A2-B1-C2, después de la primera fase de declinación, se presentan 2 ó 3 picos separados por períodos de descenso en las concentraciones. Los primeros (los picos) pueden ser explicados por la inmigración a las bolsas o aumentos en la actividad de bacterias fijadoras de nitrógeno o de las hifas fúngicas, lo cual puede comprobarse con la declinación sucesiva, que indicará la ocurrencia de una mayor actividad, que redundó en una mayor separación del elemento.

Es importante señalar que los picos de Octubre, Diciembre y Enero estaban cercanos al corte y pueden ser una respuesta del incremento en la actividad y cantidad de los organismos del suelo. En oportunidades anteriores se ha discutido que el corte puede incrementar la temperatura del suelo y el contenido de humedad, lo cual ocasiona incrementos en la actividad y abundancia microbial. Lo planteado se comprobó con el experimento de respiración edáfica, poniendo de manifiesto los beneficios que puede traer el manejo de la sabana, al utilizar cortes o pastoreo con la frecuencia adecuada.

Además, de esas diferencias en el patrón se observan distinciones en la concentraciones: Durante el primer mes la

microorganismos; después de la colonización inicial, dicha actividad se incrementa, pudiendo separar parte del material por catabolismo.

- 3- En las parcelas A1-A2-B1-C2, después de la primera fase de declinación, se presentan 2 ó 3 picos separados por períodos de descenso en las concentraciones. Los primeros (los picos) pueden ser explicados por la inmigración a las bolsas o aumentos en la actividad de bacterias fijadoras de nitrógeno o de las hifas fúngicas, lo cual puede comprobarse con la declinación sucesiva, que indicará la ocurrencia de una mayor actividad, que redundó en una mayor separación del elemento.

Es importante señalar que los picos de Octubre, Diciembre y Enero estaban cercanos al corte y pueden ser una respuesta del incremento en la actividad y cantidad de los organismos del suelo. En oportunidades anteriores se ha discutido que el corte puede incrementar la temperatura del suelo y el contenido de humedad, lo cual ocasiona incrementos en la actividad y abundancia microbial. Lo planteado se comprobó con el experimento de respiración edáfica, poniendo de manifiesto los beneficios que puede traer el manejo de la sabana, al utilizar cortes o pastoreo con la frecuencia adecuada.

Además, de esas diferencias en el patrón se observan distinciones en la concentraciones: Durante el primer mes la

de manejar la sabana utilizando el corte con determinada frecuencia, ya que se podría incrementar la concentración en algunos momentos y disminuirla en otros, al producirse la liberación del material. Lo importante sería coordinar esa liberación con la captura por las plantas superiores, para aminorar las pérdidas por lavado, no debiendo olvidar que el N es altamente móvil.

Potasio:

En la figura 26 se presenta el patrón del potasio a lo largo del año y en las seis parcelas objeto de la investigación. En la tabla 19a/b se señalan los valores de las cantidades totales en las porciones subterráneas retenidas en las bolsas de descomposición.

El patrón reporta diferencias en las seis parcelas:

En la parcela A1, sufre un incremento durante el primer mes, un descenso hasta el primero de Diciembre, un nuevo incremento hasta el 8 de Marzo seguido de un descenso; por lo tanto, dos picos, uno en Julio y otro en Marzo aunque de mucha menos intensidad. El incremento inicial y el de marzo, coinciden con aumentos en el peso del material hipógeo en descomposición.

En la parcela A2, se repite el incremento inicial y el descenso siguiente; pero este último, se extiende sólo dos

GRAMOS DEL ELEMENTO POTASIO PORCION SUBTERRANEA

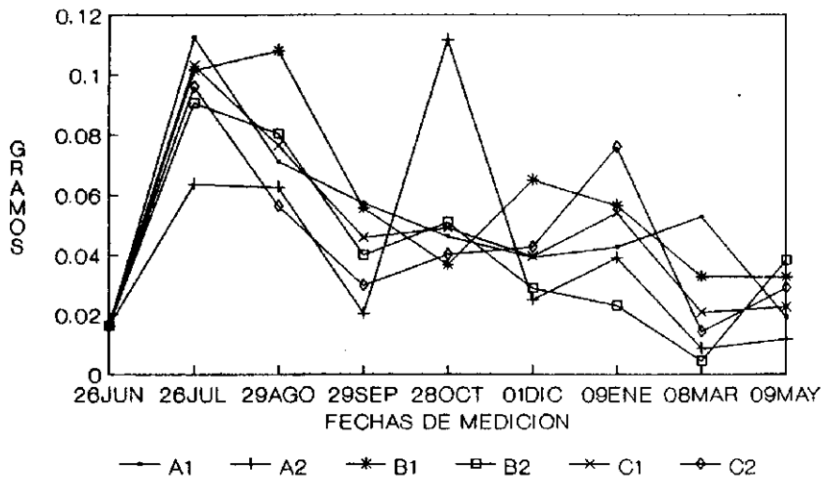


Figura 26: Variaciones en las cantidades totales de potasio del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abscisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

meses, ya que a partir del 29 de Septiembre presenta tres picos, cada uno en Octubre, Diciembre y Mayo, aunque las intensidades son diferentes: Octubre>Enero>Mayo. Estos tres picos están separados por períodos de disminución. Como en la parcela A1, el pico inicial y el de Octubre se corresponde con aumentos del peso en el material hipógeo.

En la parcela B1, se presenta en igual manera el incremento inicial, pero éste abarca dos meses; luego se registra un descenso hasta el 28 de Octubre, un nuevo aumento hasta el 1ro de Diciembre, seguido de un descenso hasta el final de las observaciones. Ambos ascensos coinciden con los del peso en el material en descomposición.

En la parcela B2, se observa el aumento durante el primer mes, el descenso los dos meses siguiente, es decir, hasta el 29 de Septiembre. A partir de esa fecha ocurre un nuevo incremento, que es continuado por un descenso durante los tres meses siguientes, y un ascenso al final.

En la parcela C1, se repite el aumento inicial, el descenso siguiente y los picos en Octubre, Enero y Mayo, separados por períodos de disminución y con proporciones diferentes: Ene> Oct>Mayo. En la parcela C2 ocurre el incremento inicial, el descenso sucesivo hasta el 29 de Septiembre, y luego un ascenso durante los tres meses siguientes, seguido de un nuevo período de disminución.

Entre el 8 de Marzo y el 09 de Mayo se registra otro ascenso aunque menor al anterior. Por lo tanto, en la parcela C2, el potasio presenta tres picos y los descensos respectivos, pero sólo el pico inicial coincide con aumentos en el peso del material subterráneo sujeto a descomposición.

De acuerdo a lo expuesto, sólo las parcelas A2 y C1 presentan patrones similares, en el resto se observan diferencias: o en el número de picos, o en la fecha de ocurrencia de esos picos o en la extensión del período de deflexión; por ello, no se puede decir que las concentraciones de potasio siguen algún patrón fijo según sea el tratamiento aplicado. Tampoco se puede deducir sobre el efecto de los cortes en el patrón; se observa que dichos cortes en Junio, Octubre, Enero y Marzo pueden haber influido para el aumento de las concentraciones y el posterior descenso; sin embargo, la presencia de ese mismo comportamiento en las parcelas no cortadas señala que pueden deberse a otros factores.

Por otra parte, como se demostró al plantear el patrón en cada parcela, no siempre el incremento en las concentraciones de potasio coinciden con aumentos en el peso seco del material subterráneo en descomposición. Cuando existe coincidencia podemos utilizarlos para interpretación, pero la presencia de "la no coincidencia" en algunas oportunidades, nos señala que debe haber otro causante; por

ejemplo, mayor captura por parte de las hifas fúngicas u otros organismos.

A pesar de esas diferencias en el patrón, podemos reseñar algunas cosas en común:

- 1- Todas las parcelas presentan el incremento inicial, el cual puede ser explicado por la mayor captura o colonización de las hifas fúngicas y bacterias.
- 2- En las seis parcelas se observa luego una fase de declinación que coincide con la época lluviosa, y pudo deberse al mayor lavado del elemento. Sin embargo, debemos considerar también la actividad microbial, lo cual puede haber separado una parte del elemento.
- 3- Entre el 29 de Septiembre y el 9 de Mayo se registran picos y deflexiones, cuyo número y época de ocurrencia es distinto en algunas parcelas, pero que pone de manifiesto mayores cambios en la actividad microbial, o en el efecto del lavado en las parcelas sometidas a corte. Allí los ascensos y descensos son mayores.

Al igual que los patrones, las cantidades totales reportan diferencias.

En vista de que la predominancia de una cantidad u otra es muy variable en cada fecha de observación, se presentará el orden respectivo en el cuadro siguiente:

ejemplo, mayor captura por parte de las hifas fúngicas u otros organismos.

A pesar de esas diferencias en el patrón, podemos reseñar algunas cosas en común:

- 1- Todas las parcelas presentan el incremento inicial, el cual puede ser explicado por la mayor captura o colonización de las hifas fúngicas y bacterias.
- 2- En las seis parcelas se observa luego una fase de declinación que coincide con la época lluviosa, y pudo deberse al mayor lavado del elemento. Sin embargo, debemos considerar también la actividad microbial, lo cual puede haber separado una parte del elemento.
- 3- Entre el 29 de Septiembre y el 9 de Mayo se registran picos y deflexiones, cuyo número y época de ocurrencia es distinto en algunas parcelas, pero que pone de manifiesto mayores cambios en la actividad microbial, o en el efecto del lavado en las parcelas sometidas a corte. Allí los ascensos y descensos son mayores.

Al igual que los patrones, las cantidades totales reportan diferencias.

En vista de que la predominancia de una cantidad u otra es muy variable en cada fecha de observación, se presentará el orden respectivo en el cuadro siguiente:

que en A2-B2 y C2 se presentan las mayores cantidades liberadas durante varios meses (los tres meses iniciales). La presencia de C2 entre los mayores, sin haber sido sometida a corte, podría responder al uso del fertilizante. No obstante, el hecho de que en las siguientes observaciones se presentan A1 y B1 entre las mayores, nos puede indicar que el mencionado efecto se extiende sólo durante el periodo inicial y es menor que el causado por los cortes, lo cual justificaría la selección de los cortes frecuentes para el manejo de la sabana.

Calcio:

La figura 27 reseña el patrón del calcio en las porciones subterráneas retenidas en las bolsas de descomposición, a lo largo del año y en las seis parcelas del estudio. Las tablas 20a/b registra los valores.

Presentaremos el patrón en cada parcela: En la **parcela A1** se observa un descenso hasta el 28 de Octubre, es decir, durante cinco meses, luego un ascenso el mes siguiente y un periodo de estabilización (1ero Diciembre - 9 Ene), seguido de un nuevo ascenso hasta el 8 de Marzo. Al final una disminución. Sólo el incremento en Marzo coincide con aumentos en el peso del material hipógeo.

En la **parcela A2**, la disminución se extiende del 26 de Junio al 29 de Octubre, es continuada por un ascenso hasta

GRAMOS DEL ELEMENTO CALCIO PORCION SUBTERRANEA

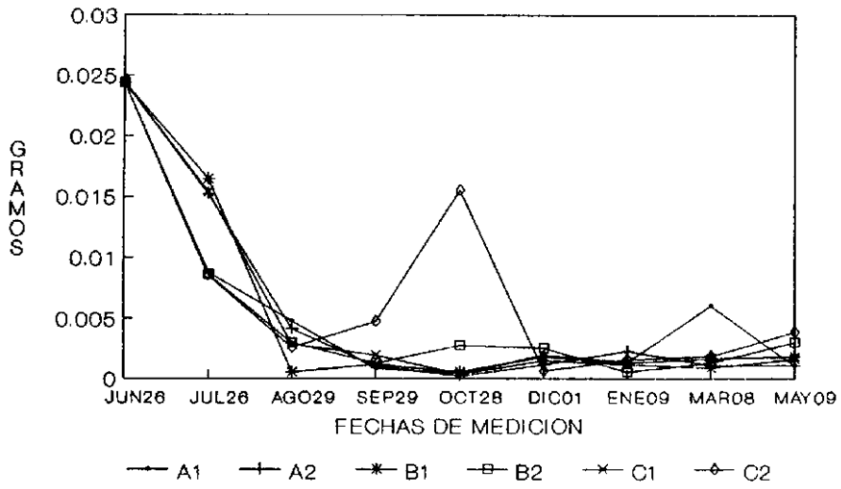


Figura 27: Variaciones en las cantidades totales de calcio del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

el nueve de Enero, un descenso durante los dos meses siguientes y un periodo de estabilización.

En la **parcela B1**, se registra una declinación hasta el 29 de Agosto, pequeños picos en Septiembre y Noviembre separados por un periodo de deflexión y seguidos por otro de estabilización que abarca las observaciones siguientes. El incremento en Noviembre coincide con un pequeño ascenso en el peso del material en descomposición, los otros picos no.

En la **parcela B2**, la declinación ocurre durante los tres primeros meses, es continuada por un ascenso hasta el 28 de Octubre, cuyo valor es semejante al del 1ro de Diciembre, lo cual indica que durante ese mes no hubo modificaciones. A partir de esa fecha, se observa un descenso hasta el 9 de Enero y ascenso hasta el 09 de Mayo. Este último ascenso es el único que se corresponde con ascenso en el peso del material subterráneo en descomposición.

En la **parcela C1**, también se presenta la fase de declinación inicial, la cual se extiende hasta el 28 de Octubre, es seguida por un pequeño ascenso durante el mes siguiente y una fase de valores casi constantes. El ascenso reportado durante Noviembre se corresponde con los registrados por los pesos del material hipógeo.

En la **parcela C2**, se repite la declinación pero ocurre

hasta el 29 de Agosto; posteriormente se registra un fuerte incremento durante los dos meses siguientes y un descenso hasta el primero de Diciembre, seguido de un ascenso que se extiende hasta el final de las observaciones. De esos ascensos, sólo el de Diciembre se corresponde con el del peso seco del material en descomposición.

De acuerdo a lo expuesto y lo reflejado por la Figura 20, las seis parcelas presentan escasas diferencias en el patrón, las cuales serán discutidas a continuación:

- 1- Las seis presentan la fase de deflexión los meses iniciales, lo variable es la extensión: cuatro meses en A1-A2-C1, tres meses en B2 y 2 en C2.
- 2- Después de esa fase de declinación, en algunas parcelas se presentan picos que difieren en el número y la época de ocurrencia, resaltando sólo el de C2 en Octubre y el de A1 en Marzo, ya que el resto son muy pequeños.
- 3- En las parcelas A1-A2-B1-B2-C1 se presentan fases de estabilización (fases donde los valores son casi constantes), variando solo el momento de la presencia; en A1 y B2 ocurren del 1ro Dic. -9 Ene. y 28 Oct- 1ro Dic respectivamente; en el resto de las parcelas se presentan los últimos meses.

La fase inicial de declinación observada en todas las parcelas coincide con la época húmeda, y puede atribuirse al lavado del elemento por las lluvias. Los picos en Octubre y

hasta el 29 de Agosto; posteriormente se registra un fuerte incremento durante los dos meses siguientes y un descenso hasta el primero de Diciembre, seguido de un ascenso que se extiende hasta el final de las observaciones. De esos ascensos, sólo el de Diciembre se corresponde con el del peso seco del material en descomposición.

De acuerdo a lo expuesto y lo reflejado por la Figura 20, las seis parcelas presentan escasas diferencias en el patrón, las cuales serán discutidas a continuación:

- 1- Las seis presentan la fase de deflexión los meses iniciales, lo variable es la extensión: cuatro meses en A1-A2-C1, tres meses en B2 y 2 en C2.
- 2- Después de esa fase de declinación, en algunas parcelas se presentan picos que difieren en el número y la época de ocurrencia, resaltando sólo el de C2 en Octubre y el de A1 en Marzo, ya que el resto son muy pequeños.
- 3- En las parcelas A1-A2-B1-B2-C1 se presentan fases de estabilización (fases donde los valores son casi constantes), variando solo el momento de la presencia; en A1 y B2 ocurren del 1ro Dic. -9 Ene. y 28 Oct- 1ro Dic respectivamente; en el resto de las parcelas se presentan los últimos meses.

La fase inicial de declinación observada en todas las parcelas coincide con la época húmeda, y puede atribuirse al lavado del elemento por las lluvias. Los picos en Octubre y

continuación:

FECHA	ORDEN DECRECIENTE DE CANTIDADES TOTALES
26 Jun - 26 Jul	B1 > C1 ≈ A2 > A1 ≈ B2 ≈ C2
26 Jul - 29 Ago	A1 > A2 > B2 ≈ C2 ≈ C1 > B1
29 Ago - 29 Sep	C2 > C1 > B2 ≈ B1 ≈ A1 ≈ A2
29 Sep - 28 Oct	B2 > B1 ≈ C1 ≈ C2 ≈ A1 ≈ A2
08 Mar - 09 May	C2 > B2 > B1 ≈ C1 > A1 ≈ A2

Como el decrecimiento de las concentraciones se corresponde con aumentos en las cantidades liberadas, podemos concluir que dichas cantidades fueron más altas, aunque con escasas diferencias, en varias oportunidades, en las parcelas cortadas, sobre todo en las sometidas a cortes cada 30 días; sin embargo, las parcelas B2 y C2 aparecen en algunas observaciones, entre las superiores, lo cual podría interpretarse como un efecto del fertilizante.

Pero quizás, lo más importante en las parcelas cortadas cada 30 días sea la presencia de mayores fluctuaciones del elemento que puede ser usado por las plantas en crecimiento.

Magnesio:

En la figura 28 se señala el patrón del magnesio en las porciones subterráneas sujetas a descomposición y en parcelas sometidas a diferentes tratamientos. Las tablas 21a/b recopila los valores para referencia.

El patrón a lo largo del año es diferente en las seis

continuación:

FECHA	ORDEN DECRECIENTE DE CANTIDADES TOTALES
26 Jun - 26 Jul	B1 > C1 ≈ A2 > A1 ≈ B2 ≈ C2
26 Jul - 29 Ago	A1 > A2 > B2 ≈ C2 ≈ C1 > B1
29 Ago - 29 Sep	C2 > C1 > B2 ≈ B1 ≈ A1 ≈ A2
29 Sep - 28 Oct	B2 > B1 ≈ C1 ≈ C2 ≈ A1 ≈ A2
08 Mar - 09 May	C2 > B2 > B1 ≈ C1 > A1 ≈ A2

Como el decrecimiento de las concentraciones se corresponde con aumentos en las cantidades liberadas, podemos concluir que dichas cantidades fueron más altas, aunque con escasas diferencias, en varias oportunidades, en las parcelas cortadas, sobre todo en las sometidas a cortes cada 30 días; sin embargo, las parcelas B2 y C2 aparecen en algunas observaciones, entre las superiores, lo cual podría interpretarse como un efecto del fertilizante.

Fero quizás, lo más importante en las parcelas cortadas cada 30 días sea la presencia de mayores fluctuaciones del elemento que puede ser usado por las plantas en crecimiento.

Magnesio:

En la figura 28 se señala el patrón del magnesio en las porciones subterráneas sujetas a descomposición y en parcelas sometidas a diferentes tratamientos. Las tablas 21a/b recopila los valores para referencia.

El patrón a lo largo del año es diferente en las seis

continuación:

FECHA	ORDEN DECRECIENTE DE CANTIDADES TOTALES
26 Jun - 26 Jul	B1 > C1 ≈ A2 > A1 ≈ B2 ≈ C2
26 Jul - 29 Ago	A1 > A2 > B2 ≈ C2 ≈ C1 > B1
29 Ago - 29 Sep	C2 > C1 > B2 ≈ B1 ≈ A1 ≈ A2
29 Sep - 28 Oct	B2 > B1 ≈ C1 ≈ C2 ≈ A1 ≈ A2
08 Mar - 09 May	C2 > B2 > B1 ≈ C1 > A1 ≈ A2

Como el decrecimiento de las concentraciones se corresponde con aumentos en las cantidades liberadas, podemos concluir que dichas cantidades fueron más altas, aunque con escasas diferencias, en varias oportunidades, en las parcelas cortadas, sobre todo en las sometidas a cortes cada 30 días; sin embargo, las parcelas B2 y C2 aparecen en algunas observaciones, entre las superiores, lo cual podría interpretarse como un efecto del fertilizante.

Fero quizás, lo más importante en las parcelas cortadas cada 30 días sea la presencia de mayores fluctuaciones del elemento que puede ser usado por las plantas en crecimiento.

Magnesio:

En la figura 28 se señala el patrón del magnesio en las porciones subterráneas sujetas a descomposición y en parcelas sometidas a diferentes tratamientos. Las tablas 21a/b recopila los valores para referencia.

El patrón a lo largo del año es diferente en las seis

deflexiones. Sólo el ascenso final coincide con ascensos en el peso seco del material en descomposición.

En la parcela C1, ocurre lo mismo al comienzo, un ascenso durante los primeros dos meses. Este es seguido de una disminución y tres picos reportados en Octubre, Enero y Mayo, y separados por períodos de disminución. El ascenso inicial y el de Enero coinciden con ascensos en peso del material hipógeo, aunque el primero, en este caso, se extiende sólo un mes.

En la parcela C2, el ascenso inicial dura sólo un mes, después ocurre un descenso hasta el 29 de Septiembre, un ascenso hasta el 9 de Enero, y otra disminución y ascenso al final; por lo tanto, se presentan cuatro picos separados por períodos de declinaciones que tienen diferentes duraciones (1 ó 2 meses). El ascenso inicial y el ocurrido en Enero coinciden con ascensos en los pesos del material.

Tomando en consideración lo expuesto para cada parcela, podemos concluir que el magnesio en las parcelas C1, C2, B2, A2 presentó patrones parecidos, que sólo se diferencian en la duración del incremento inicial (1 ó 2 meses). No sucede lo mismo en las parcelas A1 - B1 cuyo patrón presenta mayores divergencias.

La similitud en el patrón en esas 4 parcelas sometidas a diferentes tratamientos, no permite concluir que un tipo

de tratamiento ocasiona un determinado patrón, ni si el corte realiza algún efecto sobre el patrón; sobre todo porque en A1 y A2 son diferentes.

Por consiguiente, el magnesio en esas partes subterráneas sometidas a tratamientos diferentes, no sigue un patrón estacional. Por el contrario, reporta fluctuaciones que ponen en evidencia los períodos de incrementos del elemento, debido a la incorporación a los tejidos o a aumentos en los organismos del suelo, que van seguidos de declinaciones, donde se libera el elemento para que quede disponible a las plantas superiores; lo importante es que en esto último, coincida con las etapas de crecimiento de dichas plantas, para así minimizar las pérdidas por lavado y aumentar la captura.

Según Swift y Col (1981) el patrón del magnesio es paralelo a las pérdidas del peso total; en nuestro caso, en varias oportunidades esto no se cumplió como lo demuestra la explicación del patrón en cada parcela.

En los valores de las concentraciones, también se notan diferencias; por ello, el orden decreciente en cada fecha de observación será presentado a continuación:

FECHA	ORDEN DECRECIENTE DE LAS CANTIDADES TOTALES
26 Jun - 26 Jul	A1 > C1 > C2 > B1 > B2 > A2
26 Jul - 29 Ago	B1 > C1 > B2 > C2 > A2 > A1
29 Ago - 29 Sep	B1 > C1 > A1 > B2 > C2 > A2
29 Sep - 28 Oct	A2 > C1 > B2 > A1 > C2 > B1
28 Oct - 01 Dic	B1 > A1 > C2 > C1 > B2 ≈ A2
01 Dic - 09 Ene	C2 ≈ A1 ≈ C1 > B1 > A2 > B2
09 Ene - 08 Mar	A1 ≈ B1 ≈ C1 ≈ C2 > B2 ≈ A2
08 Mar - 09 May	C1 > C2 > B2 ≈ A2 > B1 > A1

Si los valores de las cantidades totales son inversos a las cantidades liberadas, podemos observar en el cuadro anterior que las mayores cantidades liberadas se presentan en las parcelas sometidas a cortes, en la mayoría de las fechas de observación. En este caso, se notan, en ambas, las cortadas cada 30 y cada sesenta días (A1-A2-B1-B2).

También es notable que las cantidades liberadas en la parcela C2 aparecen entre las superiores, en varias observaciones; sobre todo en las iniciales, por lo cual podría pensarse en algún efecto del fertilizante. Posiblemente ese factor ocasionó aumento en esas cantidades, ya que pudo haber aumentado la población microbial o pudo haber favorecido el efecto de la lixiviación. Algunos autores sostienen que el fertilizante puede causar aumentos en dichas cantidades.

Fósforo:

En la figura 29 se presenta el patrón del fósforo en la porciones subterráneas en descomposición, seguido en

GRAMOS DEL ELEMENTO FOSFORO PORCION SUBTERRANEA

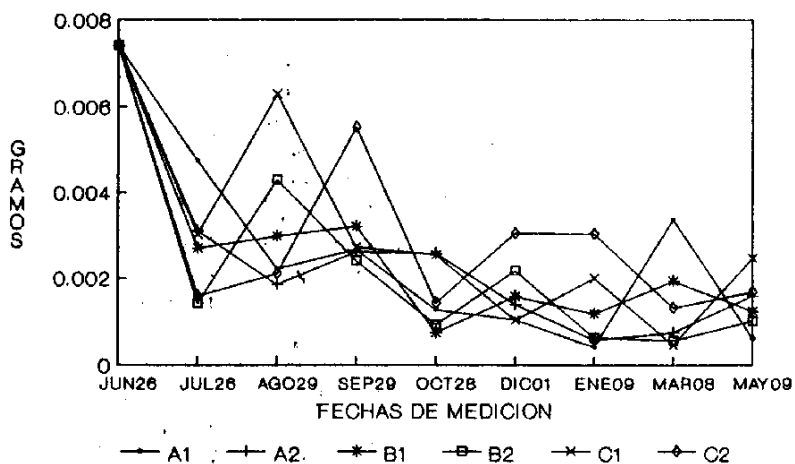


Figura 29: Variaciones en las cantidades totales de fósforo del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

cada una de las parcelas del estudio y a lo largo del año. En las tablas 22a/b se presentan los valores en las concentraciones, en ppm y g de la biomasa.

La figura nos indica que el patrón es diferente en cada parcela. En la **parcela A1**, las cantidades totales sufren una declinación del 26 de Jun al 29 de Agosto, luego un ascenso el mes siguiente, un descenso hasta el 09 de Enero que es seguido de otro ascenso y disminución. Por consiguiente, el patrón del fósforo en esta parcela tiene coincidencias con el de los pesos del material; pues coinciden en una parte de la primera declinación, en los incrementos de Septiembre y Marzo Mayo, y en el descenso hasta el 09 de Enero.

En la **parcela A2**, las cantidades totales también descienden durante los dos primeros meses, ascienden en el siguiente, y se mantiene casi constantes hasta el 28 de Octubre; a partir del cual descienden de nuevo durante dos meses y ascienden los restantes. Como en la parcela A1, presentan algunas coincidencias con el patrón de los pesos secos: Los descensos de los primeros dos meses y de Noviembre, y los ascensos en Agosto.

En la **parcela B1**, dichas cantidades declinan durante el primer mes, ascienden los dos siguientes, descienden de nuevo hasta el 28 de Octubre, a partir del cual se incrementan, extendiéndose éste tres meses. Al final reportan un

cada una de las parcelas del estudio y a lo largo del año. En las tablas 22a/b se presentan los valores en las concentraciones en ppm y g de la biomasa.

La figura nos indica que el patrón es diferente en cada parcela. En la parcela A1, las cantidades totales sufren una declinación del 26 de Jun al 29 de Agosto, luego un ascenso el mes siguiente, un descenso hasta el 09 de Enero que es seguido de otro ascenso y disminución. Por consiguiente, el patrón del fósforo en esta parcela tiene coincidencias con el de los pesos del material; pues coinciden en una parte de la primera declinación, en los incrementos de Septiembre y Marzo Mayo, y en el descenso hasta el 09 de Enero.

En la parcela A2, las cantidades totales también descienden durante los dos primeros meses, ascienden en el siguiente, y se mantiene casi constantes hasta el 28 de Octubre; a partir del cual descienden de nuevo durante dos meses y ascienden los restantes. Como en la parcela A1, presentan algunas coincidencias con el patrón de los pesos secos: Los descensos de los primeros dos meses y de Noviembre, y los ascensos en Agosto.

En la parcela B1, dichas cantidades declinan durante el primer mes, ascienden los dos siguientes, descienden de nuevo hasta el 28 de Octubre, a partir del cual se incrementan, extendiéndose éste tres meses. Al final reportan un

En la parcela C2, se registra el descenso de las cantidades totales en el mes inicial; el cual es continuado por tres picos que ocurren en meses diferentes: el primero en Septiembre, el segundo del 1 Diciembre al 9 de Enero y el tercero el 9 de Mayo. Estos picos están separados por periodos de descensos en las concentraciones. Como en las parcelas restantes, el patrón del fósforo tiene coincidencias con el reportado por los pesos del material; ellas son: los incrementos en Septiembre y del 1ro de Diciembre al 09 de Enero, además el periodo de descenso que los separan.

De acuerdo a lo expuesto, las cantidades de fósforo no siguen el mismo patrón en las seis parcelas, aunque presentan algunas características en común:

- 1- La declinación inicial de las concentraciones, que se extiende 1 mes en las parcelas B1-B2-C1-C2 y dos meses en las parcelas A1-A2, lo cual podría atribuirse al efecto de los dos cortes en estas últimas. Las A1-A2 fueron sometidas a cortes en dos oportunidades durante ese periodo, las B1-B2 a uno sólo, las C1-C2 no se cortaron; por consiguiente, la liberación del elemento más larga (2 meses) podría ser una consecuencia del corte más frecuente.
- 2- La presencia de picos que se diferencian en el número y fecha de ocurrencia; éstas fueron:

FARCELA	NUMERO DE PICOS	FECHAS DE OCURENCIAS.
A1	Dos (2)	29 Sep y Marzo 8
A2	Dos (2)	29 Sep y Mar a Mayo
B1	Dos (2)	29 Sep y Mayo 9
B2	Tres(3)	29 Ago y 1 Dic y 9 May
C1	Tres(3)	29 Ago, 9 Ene y 9 May
C2	Tres(3)	29 Sep. 1 Dic-9Ene y 9 de Mayo.

3- La presencia de periodos de estabilización, los cuales se presentan en A2 del 29 de Septiembre al 28 de Octubre, en C2 del 01 de Diciembre al 09 de Enero.

Como se puede observar, el patrón del fósforo en las parcelas A1-A2 reporta escasas diferencias; lo mismo se puede decir para C1-C2; en cambio, entre B1 y B2 las diferencias son más notables, siendo difícil afirmar que un tipo de tratamiento causa determinado patrón, pero si podemos decir que el tratamiento ocasiona diferencias en el patrón.

Explicaremos ahora, las posibles causas de esos ascensos y descensos en las cantidades de fósforo de las porciones subterráneas en descomposición:

- La fase inicial de declinación se atribuye a la movilidad del elemento, el cual puede ser separado por las lluvias; no obstante, debemos agregar también el efecto microbial (catabolismo), sobre todo en las parcelas A1-A2.
- Los picos pueden atribuirse a la colonización de organismos o mayor captura del elemento, y la presencia de

una fuerte declinación inmediata, sirve para reforzar este planteamiento. Es conveniente recordar que esa inmigración y mayor captura pudieron haber sido aceleradas por el corte, y las coincidencias con el incremento de los pesos es prueba de ello. Pero, en esos descensos, también intervienen las lluvias; esto se sostiene sobre todo para Agosto, Septiembre, Octubre (meses del período lluvioso).

- Las fases de estabilización indican que hubo inmovilización del elemento, es decir, incorporación a los tejidos o células. Sin embargo, son escasas y poco frecuente, lo cual no es muy conveniente para las plantas, pues, deben registrarse período (s) de inmovilización que serán seguidos por período (s) de liberación, encargados de colocar el elemento en la forma disponible para las plantas. Este período de liberación debe coincidir con la fase de crecimiento activo de las plantas, para que se minimicen las pérdidas por lavado. En el caso del fósforo, hay períodos de incremento de las concentraciones seguidos por liberaciones, pero éstas a veces no coinciden con el crecimiento activo de las plantas. Para el manejo de la sabana, debemos tomar en cuenta tal afirmación.

Además, de las diferencias en el patrón, se observan distinciones entre las cantidades de fósforo. En vista de que la dominación de una u otra parcela varía a lo largo del año, se reseñará el orden decreciente de las

concentraciones en las fechas de observación:

FECHAS	ORDEN DECRECIENTE DE LAS CONCENTRACIONES
26 Jun - 26 Jul	A1 > A2 > C1 > B1 > C2 > B2
26 Jul - 29 Ago	C1 > B2 > B1 > A1 > C2 > A2
29 Ago - 29 Sep	C2 > B1 > C1 > A1 > A2 > B2
29 Sep - 28 Oct	A1 > C1 > C2 > A1 > B2 > B1
28 Oct - 01 Dic	C2 > B2 > B1 > A2 > A1 > C1
01 Dic - 09 Ene	C2 > C1 > B1 > B2 > A2 > A1
09 Ene - 08 Mar	A1 > B1 > C2 > A2 > B2 > C1
08 Mar - 09 May	C1 > C2 > A2 > B1 > B2 > A1

Si el orden decreciente de las cantidades liberadas es el inverso de lo señalado para las concentraciones, las cantidades liberadas de fósforo son mayores en las parcelas cortadas que en las parcelas protegidas (no cortadas), en la mayoría de las observaciones. Solamente en dos: de Enero a Marzo y Octubre a Diciembre, aparece una de las protegidas (C1) entre las superiores y en las dos primeras observaciones, aparece la otra (C2); pero esa es la parcela fertilizada, por lo tanto, ese valor alto puede ser atribuido al fertilizante químico.

La presencia de mayores cantidades liberadas en las parcelas sometidas a cortes frecuentes, y la posibilidad de ocasionar cambios en el patrón que puedan favorecer a las plantas, permiten sugerir que la presencia de cortes en la sabana sería conveniente para incrementar y hacer más disponible el fósforo, elemento tan limitante en ese ecosistema.

Discutido el comportamiento y las cantidades de cada elemento en las seis parcelas, se realizará la comparación

entre los elementos.

- El patrón de las concentraciones de N, es similar en las parcelas B2 y C1, diferente en el resto, presentando las seis en común: El incremento del primer mes, una fase de declinación del 26 de julio en adelante, pero que tiene duración variable entre las parcelas y presencia de 2 ó 3 picos separados por período de disminución.
- El patrón del Ca en las seis parcelas reporta escasas diferencias, ya que en todas se presenta la fase de deflexión inicial, cuya extensión es variable; luego ocurren picos que difieren a veces en el número y época de ocurrencia. En las parcelas A1, A2, B1, B2, C1, se presentan fases (s) de estabilización.
- El magnesio, en las parcelas C1, C2, B2, A2 presenta patrones parecidos que solo difieren en la duración del incremento inicial; no sucede lo mismo en las parcelas A1, B1 cuyos patrones presentan ascensos seguidos de descensos, es decir muchas fluctuaciones y muy pocas fases de estabilización.
- Las cantidades de fósforo no siguen el mismo patrón en las seis parcelas, presentando en común sólo: la declinación inicial, cuya duración es variable entre las parcelas (Uno o dos meses), la presencia de picos que difieren en el número y mes de ocurrencia, y la presencia de períodos de estabilización en A2 y C2; no obstante,

dicho patrón reporta escasas diferencias entre A1, A2 y C1- C2.

- El potasio presenta patrón similar en las parcelas A1-C1, en las otras parcelas es diferente, aunque presentan en común: El incremento inicial seguido de una fase de declinación, y a partir del 29 de Septiembre picos y deflexiones cuyo número y mes de ocurrencia es variable entre algunas parcelas. Por consiguiente, los elementos N, Ca, Mg, P, K tienen patrones con diferencias entre sí y, algunas veces, entre las parcelas.
- El K, Mg, P y N no presentan patrón estacional, el Ca tampoco en la parcela C2, pero en el resto de las parcelas podría hablarse de un patrón estacional.
- Los patrones de dichos elementos químicos no coinciden plenamente con los patrones del peso del material hipógeo en descomposición; en el caso del N, K, Ca, Mg, P tienen pocas coincidencias y, a veces, incrementos en el peso no se corresponden con incrementos en las cantidades, lo que nos sugiere la presencia de otras causas.
- El N, P, K, Mg presentan varias fases de incrementos y descenso, muy pocas fases estacionarias y de corta duración. El Ca en 4 parcelas presenta una fase de declinación, un pequeño incremento, y una fase estacionaria de mayor duración que en el resto de los elementos.
- Las fases de incremento en N, Mg, K, P ocurren en las

épocas lluviosas y seca, pero en la primera son de mayor intensidad. Su presencia puede atribuirse a mayor captura del elemento por parte de los organismos o una inmigración de éstos.

- Las fases de descensos ocurren en N, K, Mg y P también en ambas épocas, aunque en N, K y P son mayores durante el período lluvioso, lo cual podría sugerirnos el efecto de las lluvias que facilitan el lavado o aumentan la actividad microbial (catabolismo). En el Ca, en cinco parcelas, la declinación ocurre principalmente en el período lluvioso.
- En N, K, Mg y P, las fases de estabilización son muy escasas y de corta duración; en N: una en una parcela, y de un mes; en Mg: una en dos parcelas, y en un mes; en K: una en una parcela, y de un mes; y en P: una en dos parcelas, y de un mes. En el Ca, la situación es diferente, dicha fase se presenta en 4 parcelas y con una duración de tres meses. Estas fases son atribuidas a la inmovilización de los elementos en los tejidos; en el caso del calcio que es la única larga, coincide con la estación de escaso crecimiento de las plantas superiores, y antecede a la fase de crecimiento activo. En el resto de los elementos, la fecha de ocurrencia es diferente: En el potasio (8 Mar-9May), en Magnesio (28 Oct-01 Dic), en nitrógeno (09 Ene-8 Mar), en fósforo (del 29 Sep-28 Oct y 09 Ene- 08 Mar).

- Para todos los elementos, algunos picos seguidos de descensos se presentan cercanos a los cortes, lo cual nos señala que dichos tratamientos ocasionan cambios en el patrón, y pueden ser utilizados para producir ascensos y descensos.
- El rango de las concentraciones es:

ELEMENTO	MAXIMA ppm.	MINIMA ppm.
NITROGENO	0,84	0,44
MAGNESIO	6,25	1,00
CALCIO	0,83	0,03
POTASIO	5,81	1,40
FOSFORO	0,310	0,045

Por consiguiente, el elemento que registra mayores valores es: magnesio, el que registran menores es fósforo, y el orden decreciente sería: Mg > K > N > Ca > P.

- Al analizar las variaciones a lo largo del año, se concluye que los que presentan mayores fluctuaciones son: potasio, nitrógeno, magnesio y fósforo.
- Los rangos de los elementos en las diferentes parcelas son:

PARCELA	NITROGENO ppm		FOSFORO ppm		POTASIO ppm		CALCIO ppm		MAGNESIO ppm	
	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A
A1	0,78	0,37	0,220	0,045	5,22	3,30	0,41	0,05	6,25	1,25
A2	0,84	0,44	0,260	0,064	5,42	1,60	0,83	0,03	5,25	1,00
B1	0,69	0,38	0,230	0,070	5,81	3,28	0,69	0,01	4,50	1,25
B2	0,78	0,36	0,255	0,075	5,30	1,40	0,46	0,05	4,00	1,50
C1	0,69	0,37	0,310	0,100	4,60	2,10	0,68	0,09	5,50	3,00
C2	0,78	0,34	0,290	0,075	5,71	2,12	0,52	0,03	4,50	2,75

* Los valores están expresados en ppm.

- Los flujos mayores ocurrieron en:

ELEMENTO	MESES
NITROGENO	Ago - Sep - Nov (A1+Mar-Abr)
MAGNESIO	Ago - Sep - Oct-Feb (A2+Nov)
CALCIO	De 29 Jun - 29 Ago ó 29 Sep.
POTASIO	Ago - Sep - Nov (A2)-Ene-Feb.
FOSFORO	Jul - Sep - Oct (A1+Mar-A2)

- Las pérdidas máximas fueron:

ELEMENTO	PERDIDA (%)
NITROGENO	47,62
MAGNESIO	84,00
CALCIO	96,38
POTASIO	75,90
FOSFORO	85,48

Por consiguiente, las mayores cantidades liberadas fueron de calcio, las menores de nitrógeno y el orden decreciente fue: Ca > P > Mg > K > N.

- En el caso de N, K, Ca, Mg, P las mayores cantidades liberadas (en varias observaciones), se registran en las parcelas cortadas; pero lo más importante es que los cortes producen ascensos de las concentraciones, seguidos de descensos que pueden ser coordinados con la fase de captura máxima, para, así, minimizar las pérdidas por lavado.

- El efecto de los fertilizantes se observa para potasio, calcio, magnesio y fósforo, ya que en los dos o tres

meses iniciales se reportan las mayores cantidades liberadas en las parcelas fertilizadas (A2-B2-C2), pero dicho efecto se mantiene sólo los primeros meses; por lo tanto, no se justifica la inversión.

La presencia de mayores cantidades de elementos químicos liberados en las parcelas sometidas a cortes periódicos, la posibilidad de modificar el patrón de algunos elementos (N-P-K-Ca), la posibilidad de producir incrementos y luego intensas fases de liberación, permiten recomendar el uso de los cortes (sobre todo cada 30 días) para el manejo de la sabana, ya que pueden ocasionar ascensos en las concentraciones de los nutrientes, continuados por liberaciones que los pondrán disponibles para las plantas, mejorando, así la fertilidad de la sabana, su producción y productividad.

- El efecto de los cortes periódicos sobre el patrón y valor de las concentraciones de los elementos químicos, es mucho mayor en las porciones subterráneas (hipógeas) que en las aéreas (epígeas); tal situación en la sabana es favorable, ya que éstas últimas en dicho ecosistema son eliminadas o comidas por el pastoreo, corte y/o se mueren durante la época seca, manteniéndose las subterráneas o hipógeas; por consiguiente, éstas porciones realizan un gran papel en el reciclaje de los nutrientes y su descomposición es más importante.

Los resultados señalan que el corte modifica el proceso de la descomposición subterránea, pues demuestran cómo se modifica la acumulación y liberación de algunos elementos químicos.

c. Comparación con la dinámica de los elementos químicos en otros ecosistemas.

Expondremos inicialmente los resultados en otros ecosistemas y luego se hará la comparación con los obtenidos en nuestra experiencia.

Fassbender y Grimm (1981) analizaron las tasas de transferencias de elementos químicos de la vegetación al suelo, en el bosque San Eusebio, Mérida-Venezuela.

Los resultados indican que:

- Las concentraciones son bastante constantes, y las variaciones provienen de las cantidades mensuales. Los valores de transferencia más altos se observan en Mayo.
- El N tiene la mayor movilidad, se transfirieron 69Kg/Ha de la vegetación al suelo.
- El P presenta una tasa de transferencia bastante pequeña, llegando sólo a 4Kg/Ha por año.
- El Ca, K, Mg, Na registraron: 43,33, 14 y 0,27Kg/Ha/año.
- El Al alcanza una tasa bastante alta (9,3). Esto se explica por la acidez de los suelos y el predominio del Al en el complejo de intercambio catiónico.
- Las hojas presentan la mayor participación, porque tienen

ye la actividad de los microorganismos saprófagos del suelo, resultando una disminución de la intensidad de la descomposición de los residuos vegetales.

Swift, Russell-Smith y Perfect (1981) determinaron la descomposición y la dinámica de los nutrientes minerales del mantillo, en un rastrojo de una zona subhúmeda tropical de Nigeria.

Los resultados obtenidos fueron: El análisis de varianza (parcela y tiempo) de la concentración de los nutrientes en el mantillo caído y en pie, es decir retenido en la planta para el periodo Noviembre 1.973 - Noviembre 1.974, mostró que no hubo diferencias significativas entre las parcelas, sí entre el tiempo. Las fluctuaciones en la concentración no mostraron un patrón estacional en el mantillo en pie, atribuible a la heterogeneidad en la ocurrencia en el tiempo. En cambio, en el mantillo caído, las muestras de la estación seca mostraron rangos más bajos en la concentración; por ejemplo, el rango de N (por unidad de peso seco) de Noviembre a Marzo fue 0,68-1,94%, y de Abril a Octubre 1,60-2,35% el rango del Ca fue 1,44-2,50 y 1,50-3,05%.

En la siguiente tabla se presentan los valores de las entradas anuales de cinco elementos en el mantillo caído y en pie; además, el coeficiente del turnover para cada

nutriente:

	N	P	K	Ca	Mg
MANTILLO CAIDO (g/m ²)	9,2	0,60	3,0	14,0	2,7
MANTILLO EN PIE (g/m ²)	6,7	0,43	1,6	9,7	1,4
TURNOVER	1,37	1,40	1,38	1,44	1,93

El gráfico de los nutrientes muestra que hay contraste en el patrón de los diferentes elementos, lo cual sugiere la interacción de diferentes procesos en la descomposición. En las bolsas finas, el N, P y Mg declinan durante las primeras dos semanas, pudiendo atribuirse a que esos pool son móviles y un gran porcentaje se lava. En las 10 semanas siguientes, mientras el peso seco declina, la cantidad de N y P permanece relativamente constante, esto implica que durante este período estos elementos están inmovilizados en el tejido microbial. Las tasas de pérdidas de Mg estaban más sujetas a la materia orgánica, indicando que no está presente en cantidades limitadas; además, no hay evidencia de un período de inmovilización, y el patrón de ese elemento es paralelo a la pérdida de peso total.

Los patrones de K y Ca mostraron marcado contraste con los de N, P y Mg; el potasio es altamente móvil, fácilmente lavable, ocurriendo a veces en cantidades que exceden la demanda. Las tasas de pérdida de K son rápidas en ambas

nutrientes:

	N	P	K	Ca	Mg
MANTILLO CAIDO (g/m ²)	9,2	0,60	3,0	14,0	2,7
MANTILLO EN PIE (g/m ²)	6,7	0,43	1,6	9,7	1,4
TURNOVER	1,37	1,40	1,38	1,44	1,93

El gráfico de los nutrientes muestra que hay contraste en el patrón de los diferentes elementos, lo cual sugiere la interacción de diferentes procesos en la descomposición. En las bolsas finas, el N, P y Mg declinan durante las primeras dos semanas, pudiendo atribuirse a que esos pool son móviles y un gran porcentaje se lava. En las 10 semanas siguientes, mientras el peso seco declina, la cantidad de N y P permanece relativamente constante, esto implica que durante este período estos elementos están inmovilizados en el tejido microbial. Las tasas de pérdidas de Mg estaban más sujetas a la materia orgánica, indicando que no está presente en cantidades limitadas; además, no hay evidencia de un período de inmovilización, y el patrón de ese elemento es paralelo a la pérdida de peso total.

Los patrones de K y Ca mostraron marcado contraste con los de N, P y Mg; el potasio es altamente móvil, fácilmente lavable, ocurriendo a veces en cantidades que exceden la demanda. Las tasas de pérdida de K son rápidas en ambas

Cuando esas cantidades son comparadas con las entradas, puede verse que la mayor parte de los nutrientes que se acumulan durante el año son removidos en las 4 primeras semanas; por ello, la liberación baja después, y la presencia de partes más resistentes (ramas) debe ocurrir, para estabilizar el sistema, sobre todo en la parte final de la estación lluviosa.

Edwards (1977) estima las tasas de mantillo, cayendo y en descomposición, en un bosque montano bajo de Nueva Guinea, haciendo las determinaciones en cuatro sitios diferentes: un valle, una pendiente, una colina y una abertura producida al caer un árbol, los cuales tenían parecida composición florística. Los resultados revelan que aunque no hubo diferencias significativas en la cantidad de mantillo producido, hubo notables diferencias en la cantidad que persiste en el suelo; las mayores cantidades en la colina sugieren condiciones más secas. Otro factor importante es la composición del mantillo, es decir, el tipo de especie; en dos sitios hubo más hojas de *Planchonella firma* con hojas rígidas que se descomponen lentamente, en los otros dos abunda *Dacrycarpus cinctus* que se descompone rápidamente. El autor encuentra que el contenido de nutrientes del mantillo puede afectar la tasa de descomposición, altos niveles de nutrientes, especialmente N y P tienden a acelerarla. Los análisis químicos mostraron

Cuando esas cantidades son comparadas con las entradas, puede verse que la mayor parte de los nutrientes que se acumulan durante el año son removidos en las 4 primeras semanas; por ello, la liberación baja después, y la presencia de partes más resistentes (ramas) debe ocurrir, para estabilizar el sistema, sobre todo en la parte final de la estación lluviosa.

Edwards (1977) estima las tasas de mantillo, cayendo y en descomposición, en un bosque montano bajo de Nueva Guinea, haciendo las determinaciones en cuatro sitios diferentes: un valle, una pendiente, una colina y una abertura producida al caer un árbol, los cuales tenían parecida composición florística. Los resultados revelan que aunque no hubo diferencias significativas en la cantidad de mantillo producido, hubo notables diferencias en la cantidad que persiste en el suelo; las mayores cantidades en la colina sugieren condiciones más secas. Otro factor importante es la composición del mantillo, es decir, el tipo de especie; en dos sitios hubo más hojas de *Planchonella firma* con hojas rígidas que se descomponen lentamente, en los otros dos abunda *Dacrycarpus cinctus* que se descompone rápidamente. El autor encuentra que el contenido de nutrientes del mantillo puede afectar la tasa de descomposición, altos niveles de nutrientes, especialmente N y P tienden a acelerarla. Los análisis químicos mostraron

factores intrínsecos; las hojas con más alta calidad serán las fácilmente descomponibles. Enfatizan que la calidad del recurso estará determinada, principalmente, por la composición química y, por ello, varía dentro y entre los bosques; por ejemplo, en cuatro sitios de un bosque lluvioso en Mulú se observó que el N, P, K y Ca mostraron un decrecimiento en las concentraciones; en cambio, la lignina y los polifenoles mostraron lo contrario en tres sitios. Como la concentración de ambos depende la calidad, las hojas del bosque sobre calizas tendrán alta calidad, excepto en lo referido a lignina.

Los autores reportan que la mayoría de las hojas en bosques tropicales y templados son similares a las de Mulú, excepto por el alto contenido de lignina. Esas que posean lignina tendrán más larga vida y constituyen la diferencia entre bosques estacional y siempre verde.

Concluyen que no se ha encontrado una correlación que señalara que el N es un indicador de la calidad del recurso; los datos son insuficientes y deben realizarse más análisis.

Los autores también analizan los efectos de los siguientes disturbios: Caída de un árbol y cultivo. Concluyen que con el primero ocurren cambios porque entran más nutrientes al caer las hojas, aunque el árbol al caer deposita material lignificado que es de baja calidad y sus

tasas de descomposición serán más lentas; sin embargo, esa parte leñosa al principio es una fuente pobre, pero después se enriquecerá, por consiguiente, habrá un periodo de inmovilización, pero al final los nutrientes se liberarán.

El arado produce cambios en la estructura, medio físico y biota; incrementa la descomposición, acelera la liberación de nutrientes. Uno de los cambios mayores es la calidad y cantidad de la hojarasca, lo cual afecta el ciclaje de los nutrientes; ese decrecimiento en la cantidad y calidad del recurso trae la desincronización, por ello, el tiempo de entrada de la hojarasca en un sistema agrícola está dictado por la práctica de manejo (corte y arado). A veces la descomposición se inicia antes de que las semillas se implanten, la máxima liberación de nutrientes ocurre cuando el cultivo no está suficientemente establecido y los nutrientes pueden lavarse y perderse. Por consiguiente, es de gran importancia la planificación del manejo, para que no ocurran dichas pérdidas.

En nuestro caso, la selección de la frecuencia del corte y de la fechas de aplicación es clave para mantener la sincronización entre liberación y captura, y establecer la época de inmovilización.

Lo observado en la sabana estacional del Jardín Botánico, y lo reportado por Anderson y Swift, permiten

concluir que en el proceso de descomposición deben considerarse los organismos, el clima y la calidad del recurso, ya que su interacción determina las características del proceso; además, se debe tener presente que las prácticas como agricultura, corte, caída de un árbol, ocasionan cambios que pueden ser utilizados para un manejo adecuado.

Como nosotros, los autores enfatizan que el uso de fertilizantes puede sustituirse por la manipulación de la descomposición y liberación de nutrientes, pero los procesos deben ser conocidos.

Montes y San José (1985) estudian el flujo de los nutrientes en un bosque de la sabana de *Trachypogon* de los Llanos del Orinoco. Estudian el flujo por precipitación y lavado foliar. Los resultados indican que la cantidad de N inorgánico aportado al sistema no balancea las pérdidas de ese elemento.

- Las tasas de incorporación parecen ocurrir en dos patrones, el primero donde la tasa mayor es al inicio de las lluvias ($\text{NO}_3\text{-N}$ y $\text{PO}_4\text{-P}$) y otro, donde los máximos ocurren en la mitad de la temporada húmeda ($\text{NH}_4\text{-N}$, SO_4^{+} , Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+}); estos máximos podrían atribuirse a la abundancia de precipitación durante el mes de Julio. Al final de la época lluviosa se observa una disminución en la

- cantidad de nutrientes incorporados, excepto el amonio.
- Las posibles fuentes de estos nutrientes son: actividades inducidas por el hombre (quema), reciclaje local, procesos biológicos y contaminación atmosférica proveniente de áreas agrícolas y/o industriales. Una de las fuentes principales es la descomposición de la fitomasa durante las primeras semanas del inicio de las lluvias. Durante ese proceso de descomposición puede liberarse amoníaco a la atmósfera, pero también puede ser transformado e incorporado a la superficie terrestre como parte del reciclaje local.
 - En el contenido de nutrientes del lavado foliar se observa variación intra e interanual, un aumento de Mg, K, y Na durante la época lluviosa, y una disminución al final; en cambio, el $\text{NH}_4\text{-N}$, Ca, P, SO_4 y $\text{NO}_3\text{-N}$ fueron irregulares y mostraron una tendencia decreciente hacia el final del período lluvioso. El aumento de Na, K y Mg es atribuible a cambios en las concentraciones en las hojas, ejemplo por consumo de herbívoros. Las concentraciones de N, P y K disminuyen a medida que las hojas senescen, el Ca y Mg aumentan. La proporción de nutrientes en el lavado foliar da una idea sobre la intensidad del lavado de nutrientes, los iones de P, K Mg son más lavables y pueden enriquecer el suelo.

Ese lavado puede repetirse en el suelo, y si a él

agregamos las pérdidas por volatilización (11,5Kg/Ha para N y aproximadamente 3,2Kg/Ha para azufre), podemos concluir que la situación en las sabanas es peligrosa: las pérdidas o salidas exceden a las entradas siendo necesaria una planificación adecuada para promover un equilibrio. Lo que demuestra la necesidad de aumentar el conocimiento de los procesos para poder implementar un manejo adecuado que controle las entradas y salidas.

Esa misma situación fue observada por Jordan y Col (1983) al estudiar la dinámica del N durante la conversión de un bosque primario lluvioso del Amazonas, mediante cortes y quemas agrícolas. Los autores plantean la investigación, porque piensan que la deflexión de los nutrientes en esos bosques es por la baja capacidad de retención del suelo. Estudian la cantidad de N, los flujos y la productividad de las plantas y encontraron que:

- Las entradas de N por la precipitación parecen ser la principal forma de entrada de amonio; pero las quemas del bosque pueden ser otra causa.
- Las tasas de pérdidas de N por lavado en un ecosistema disturbado, pueden no ser tan altas, si el disturbio es sólo corte o corte y transporte de los trozos; pero si el corte es seguido por quema, herbicida u otro disturbio, las pérdidas pueden ser más altas, como se puede ver en la tabla siguiente:

Kg/ Ha/ AÑO						
SISTEMA DISTURBADO	ENTRADA POR LLUVIA			SALIDA POR LAVADO		
	NO ₃	NH ₄	Σ	NO ₃	NH ₄	Σ
Rastrojo del Amazonas, seguido por quema.	0,19	11,26	11,45	20,76	22,58	43,34
Bosque del Amazonas no disturbado	0,19	11,26	11,45	5,66	8,36	14,02

En ese lugar las pérdidas por lavado fueron altas porque el corte fue seguido por la quema, y están entre los valores más altos reseñados para los ecosistemas terrestres disturbados.

Los autores también encontraron que el N desaparece con la quema y corte agrícola, a una tasa de 7% del original; la cantidad de N en el suelo no decreció durante los tres años de corte y quema, porque las pérdidas del suelo son compensadas con las entradas por la descomposición de lo cortado; sin embargo, si la explotación se hubiese llevado por décadas ó más, las pérdidas de N por desnitrificación, lavado y cosecha podrían afectar seriamente las reservas de N en el sistema.

Este trabajo como los anteriores demuestran la importancia de utilizar una técnica adecuada para la conservación del suelo.

Sarmiento (1978) también analiza las salidas de nitrógeno en una sabana estacional de *Axonopus purpusii* y *Leptocoryphium lanatum*, en Barinas. Concluye que las pérdidas por lavado a través del drenaje o de infiltración profunda, y por escorrentía superficial, son aproximadamente 2Kg/Ha/año, lo cual es considerado muy pequeño; por desnitrificación bacteriana son importantes en los ambientes anaeróbicos, pero despreciables en los suelos bien drenados. Por otra parte, lo inmovilizado o acumulado en consumidores primarios o secundarios, parece ser varias veces mayor en las sabanas manejadas (se estiman en 20Kg/Ha).

Además, de las salidas analiza las entradas: Al secarse los órganos aéreos durante la estación seca, parte importante del N es traslocado hacia los órganos hipógeos perennes, y otra queda en la biomasa en pie. De esa, una fracción es arrastrada por el pluviolavado (25%); y de la biomasa hipógea, un 25% se recicla cada año por descomposición. Por lo tanto, 10Kg/Ha de N pasan por vía de la microflora y microfauna al suelo. Así mismo, las raíces absorben anualmente 30Kg/Ha de N mineral del suelo, de los cuales unos 20 son reencaminados hacia los órganos aéreos, y otros 10 quedarán en los subterráneos.

Si la vegetación absorbe anualmente 30Kg/Ha del N del suelo, debe haber aportes que equilibren las entradas y salidas. Estos son: el aporte pluvial, el N orgánico

acumulado en el humus que alcanza 5.680 Kg/ha y se mineraliza 10 Kg/ha/año con los procesos de amonificación y nitrificación; la fijación de N atmosférico que puede llegar a 1,5Kg/ha/día para la biomasa radical de 5T/ha. Según esos resultados, en las sabanas tropicales la nitrificación parecer ser insignificante, y la fijación de N importante.

El autor también examina el contenido de nutrientes en el suelo y la vegetación, para apreciar cuáles son los elementos críticos. Concluye que en las sabanas estacionales (Barinas y Boconoíto), el P se divide en partes iguales entre el disponible en el suelo y el que se acumula en la vegetación; en cambio, el Ca, Mg, K presentan diferencias, siendo más pobres en Boconoíto, y la relación suelo/plantas es: 4 y 23 para Ca, 3 y 47 para Mg, 4 y 17 para K; por lo tanto, el P es un elemento crítico para el desarrollo de la vegetación y el Ca, Mg, K, aunque existen en el suelo en cantidades mayores que en la vegetación, pueden llegar a niveles críticos en los suelos pobres como Boconoíto.

En las sabanas hiperestacionales, el balance es más crítico, ya que el P y K son muy limitantes, el Ca y Mg pueden llegar a críticos sobre todo en el caso de exportación masiva de nutrientes por cosecha o consumo.

En la tabla siguiente se presentan los contenidos de

los nutrientes en las sabanas de Barinas, Boconoíto y Jaboncillo.

SABANA g/m ² En los Prime- ros 100cm de suelo	N. TOTAL	P. SOLUBLE	Ca INTER- CAMBIABLE	Mg INTER- CAMBIABLE	K INTER- CAMBIA- BLE
BARINAS	586	1,12	101	58	71
JABONCILLO	597	1,39	1101	641	71
BOCONOITO	531	2,12	23	13	31
En la Biomasa E- pígea e Hipógea.	N	P	Ca	Mg	K
BARINAS	E 6 H 4	E 1,16 H 0,70	E 7 H 4	E 3 H 1	E 6 H 2
JABONCILLO	E 6 H 6	E 1,42 H 0,70	E 6 H 3	E 2 H 1	E 12 H 1
BOCONOITO	E 3 H 9	E 0,48 H 1,68	E 2 H 3	E 3 H 1	E 3 H 3

El autor concluye que en la sabana estacional el suelo es el principal reservorio de N, el cual se recicla internamente entre diferentes compartimientos, proviene del pluvio-lavado, fijación y mineralización del humus. Las pérdidas más importantes se producen por volatización en el momento de las quemas, sólo una pequeña fracción del N del suelo está en forma mineral asimilable por la vegetación; además, una gran parte se renueva anualmente, lo que hace dudar si en verdad existe más N disponible. Todas estas afirmaciones le permiten concluir que el N es un elemento crítico para la productividad de estos ecosistemas, lo mismo el P y K en los hiperestacionales y a veces en los estacionales sobre todo

en los más pobres.

Una vez más queda demostrado la necesidad de conocer y cuantificar los procesos que ocurren en la sabana, para mantener el equilibrio y, al mismo tiempo, lograr aumentos en la producción y productividad.

Swift y Col (1981) reseñan el proceso de descomposición de las hojas amarillas de abedul en un bosque de Hubbard Brook. La tasa C/N inicial fue 62:1 durante los primeros ocho meses porque el N fue inmovilizado por fuentes externas, pero una vez que la tasa C/N bajó a 30:1 en Junio o Julio, ocurrieron las pérdidas de N. Los patrones de S y P fueron similares a los de N, presentándose las limitaciones en las hojas frescas; en cambio, K, Mg y Ca se comportan de diferentes maneras: el K, elemento muy móvil, se pierde muy rápidamente de las hojas, de tal manera que en Abril había solo el 20% del contenido original. Este contenido permaneció constante; sin embargo, a veces mostró un ligero incremento, que sugiere que la tasa c/k crítica para los organismos descomponedores ha sido alcanzada, y que la inmovilización excede a la mineralización en las fases tardías.

Los autores plantean que el proceso de reemplazamiento es diferente para cada elemento: Ca, Mg, K pueden ser altamente reemplazados en corto tiempo por el fenómeno de

Intercambio Catiónico; los aniones de N-P y S son dependientes del modelo biológico; por ejemplo, de los descomponedores. La principal fuente para N-P y Ca es el mantillo caído; K y Mg muestran mayor movilidad, pero pueden ser más fácilmente lavados.

Estos autores nos reportan observaciones que van a ser comparados, y que señalan lo frágil del ciclaje de nutrientes en todos los ecosistemas.

Hernández (1985) determina la concentración de los macroelementos en la hojarasca y raíces en descomposición de un cultivo de caña de azúcar y consigue que:

- En las raíces, el modelo exponencial de desaparición se ajustó para nitrógeno y fósforo, no para calcio y magnesio.
- El fósforo desaparece a una tasa de $1,33 \text{ años}^{-1}$, con un tiempo de recambio de 27 meses, lo que podría indicar que su mineralización es mediada por los mismos mecanismos que operan en la degradación del material orgánico.
- El nitrógeno se libera más lentamente, con un tiempo de residencia de 3 años ($K = 0,89 \text{ años}^{-1}$).
- Las constantes de desaparición (K), el tiempo de vida medio ($t/2$) y el tiempo de recambio (95%) para los nutrientes fueron:

ELEMENTO	K	t/2	95%	
P	-1,39	0,49	2,16	
N	-0,89	0,78	3,37	
Mg	-0,48	—	—	*
Ca	-0,12	—	—	*
* No existe correlación ($P < 0,05$)				

En la hojarasca, los cambios de concentración son leves o nulos para el fósforo, debido a la colocación de las bolsas al final de la época lluviosa, lo cual ocasiona ausencia de un proceso de fuerte lavado.

- El potasio presenta la mayor disminución en concentración al igual que en cantidad neta, de acuerdo a su alta movilidad.
- El calcio tiende a concentrarse como sucedió en las raíces.
- Las cantidades remanentes de N, P, K y Mg después de 160 días son de la misma magnitud que la hojarasca, lo cual sugiere un acoplamiento entre la descomposición y la mineralización de estos nutrientes.
- El calcio se libera más lentamente pero no presenta el incremento inicial observado en raíces.
- Debido al escaso tiempo que permanece la hojarasca en el suelo, la descomposición no suministraría más del 40% de la cantidad inicial nutrientes, por tanto la quema procura una mineralización más rápida de éstos, exceptuando el nitrógeno que se volatiliza en altas temperaturas.

Los valores obtenidos por Hernández fueron:

NUTRIENTE	conc. inicial	conc. final	cant. inicial	cant. final	% rem
	mg	gps	mg		
P	0,93	0,93	0,56	0,40	71,0
N	3,43	3,37	20,58	14,35	69,8
K	1,33	1,21	7,98	5,15	64,6
Ca	4,52	5,24	27,12	22,32	82,3
Mg	0,66	0,62	3,96	2,64	66,7

Por último, presentaremos lo planteado por Chapin (1980) sobre los nutrientes, en varios aspectos y en situaciones de stress. Empieza por la tasa de absorción para cada elemento: la tasa de absorción del P dependerá de la capacidad de absorción, y de los niveles de concentración en la solución del suelo; un incremento de esa concentración es importante. En cambio, el Ca y Mg se mueven más rápidamente por movimiento de masa y difusión, y se acumulan alrededor de las raíces cuando el suministro excede a la absorción. Aquellos elementos que limitan el crecimiento de las plantas son bajos en la concentración de la solución del suelo. Lo expuesto demuestra que la situación es diferente para algunos elementos.

Luego, discute que una alta eficiencia en el uso del nutriente podría ser una adaptación para soportar el stress por escasez de nutrientes. Esta eficiencia está definida por la cantidad de materia seca producida por gramo de nutrien-

te. Por lo tanto, las especies con crecimiento lento tienen altas concentraciones en los tejidos y baja eficiencia. En cambio, las de crecimiento rápido tienen bajas concentraciones y alta eficiencia; a esto se agrega la respiración reducida, capacidad de absorción de la raíz reducida, reducida fotosíntesis y mayor morbilidad, para responder al stress. A estas estrategias, las plantas pueden anexar otras para minimizar las pérdidas de nutrientes por lavado o por retranslocación hacia las hojas senescentes, tales como pubescencia y cutícula gruesa; por ejemplo, las hojas escleróticas son una respuesta para disminuir el lavado y vivir en ambientes pobres. El lavado afecta a los nutrientes en este orden $K > N > P$, pero ese lavado ocurre más rápidamente si la concentración es más alta; por ello, las plantas que crecen en suelos infértiles tienen menores concentraciones y, por lo tanto, menos pérdidas por lavado.

Según el autor, el comportamiento de los elementos es diferente: El N y P son traslocados de las hojas a otra parte de la planta, el K se pierde más por lavado, el Ca es inamovible.

En vista de estas diferencias observadas por Chapín, y otras planteadas por otros investigadores, se creyó conveniente determinar el camino de los elementos a lo largo del proceso de descomposición, sus patrones, concentraciones, cuyos resultados se expusieron anteriormente y se

compararán a continuación.

VA- LO- RES	FASSBENDER Y GRIMM (BOSQUE SAN EUSEBIO)	SWIFR YCOL (RASTRÓJO SUBHUMEDO TROPICAL)	SARMIENTO (SABANA DE SERIE BARINAS)	MALDONADO (SABANA DE SERIE BARINAS)
N	69 Kg/ha	56g/m ²	10 Kg/Ha	Reseñados
P	4	6,2	-----	en la ta-
K	33	35,0	-----	bla N° 13
Ca	43	59,0	-----	14-15-16-
Mg	14	17,0	-----	17-18-19-
				20-21-22

Las diferencias se deben a las divergencias en los sitios:

- a) San Eusebio está a mayor altitud; por lo tanto la temperatura será menor, lo cual ocasionará disminución en la actividad de los organismos saprófagos y por consiguiente descenso en la descomposición de residuos vegetales. Además, es un bosque con una composición florística diferente a la sabana. Así mismo la topografía es inclinada y dominará la lixiviación. A esto debemos agregar la abundancia de aluminio. Por consiguiente, los ambientes presentan enormes divergencias que se reflejan en el proceso de descomposición.
- b) El rastrojo del Subhúmedo tropical tendrá mayor cantidad de precipitación, lo cual deberá aumentar la lixiviación; además, tendrá un tipo de vegetación más dura (predominio de leñosas), y las hojas deben ser de composición química y estructura diferente a las de *Panicum maximum*.

Los valores de porcentaje en el remanente son

parecidos a los reportados por Hernández para Ca y N; los de Mg, K y P son un poco menores y las divergencias se pueden atribuir a diferencias en la composición química del material (caña de azúcar Vs Guinea), las condiciones ambientales y el tipo de tratamiento.

Seguidamente se comparará lo expuesto para los patrones de los elementos.

AUTOR	PATRONES
SWIFT Y COL	Los patrones de P-N son similares, los de K-Ca-Mg se comportan de diferentes maneras. El K es un elemento muy móvil y se pierde muy rápido, a veces sufre hasta incrementos.
SWIFT Y COL	Encontraron contrastes en el patrón de los elementos; el N, P y Mg declinan durante las primeras semanas y permanecen constantes el resto. El Mg tiene un patrón paralelo a las pérdidas de peso, y está más sujeto a la materia orgánica. El K es altamente móvil, lavable y se separa rápido; el Ca presenta periodos de acumulación al comienzo.
MONTE Y SAN JOSE	La tasa de incorporación parece ocurrir en dos patrones: el primero, donde las mayores entradas son al inicio de las lluvias ($\text{NO}_3\text{-N}$ y P) y, el otro, donde ocurre en la mitad de la temporada lluviosa ($\text{NH}_4\text{-N}$, Ca, Mg, K). Al final de la época lluviosa se observa una disminución en la cantidad de nutrientes incorporados. Entre las posibles fuentes de entrada, figura como de gran importancia, la descomposición de la fitomasa durante las primeras semanas de lluvias.

Mg, K y Na aumentan al inicio de las lluvias y disminuyen al final.

NH₄-N, Ca, P, NO₃-N y SO₄ fueron irregulares, mostraron una tendencia decreciente hacia el final de las lluvias.

HERNANDEZ

En las raíces, sólo la desaparición de N y P se ajustó al modelo exponencial, no el Ca y Mg. El N se libera más lentamente. En la hojarasca los cambios de concentración en el P son leves o nulos, el K presenta la mayor disminución en concentración, el Ca tiende a concentrarse y se libera más lentamente.

MALDONADO

El patrón del N es: declinación durante los 3 ó 4 primeros meses, luego permanece casi constante; el del potasio es similar al del N, sólo que la declinación inicial se extiende dos meses; el Mg se incrementa primero, luego declina por 2-4 meses y después se estabiliza; el Ca en unas parcelas (B1-B2) sufre un incremento inicial seguido de un descenso los tres meses siguientes; en las otras parcelas desciende de una vez. En todas las parcelas se observa la fase de inmovilización a partir del 28 de Octubre. El P en dos parcelas tiene comportamiento diferente, ya que en A2 reporta un incremento inicial seguido de un descenso pronunciado, un nuevo incremento otra disminución, y la fase de estabilización; en el resto de las parcelas presenta: el descenso inicial por 2 meses, un pequeño incremento seguido de una disminución, y una fase de estabilización. Por lo tanto, K-N presentan escasas diferencias en el patrón, Mg y Ca similitudes y diferencias, el P registra el patrón más distinto.

Como se puede observar Swift y Col (1981) encontraron patrones similares para N y P, nosotros no; luego en 1981b encontraron contrastes entre los patrones, coincidiendo en parte con nuestros resultados. Ellos señalan que el Mg tiene un paralelo con las pérdidas de peso, en nuestro caso se observó paralelismo en algunas oportunidades, ya que se registraron pocas coincidencias. También enfatizan que el Mg no reporta fases de inmovilización, lo contrario a lo observado en nuestro caso; por lo tanto, el patrón del Mg es diferente. Otra diferencia es que el Ca no presenta períodos de acumulación al comienzo en todas las parcelas (sólo en A1-B2); en cambio, el Mg sí y el P en la parcela A2. En consecuencia, nuestros patrones y los señalados por Swift y Col presentan algunas diferencias en el caso de P, Mg, Ca (en cuatro parcelas). Estas diferencias pueden explicarse por las divergencias climáticas entre los dos lugares (mayor lluviosidad en los sitios de Swift), y a la composición química de las hojas.

Las coincidencias serían:

- 1) El N disminuye y después permanece casi constante, pero el tiempo de declinación es más corto (2 semanas); por lo tanto sería el mismo patrón.
- 2) El K es altamente móvil y se lava rápidamente.
- 3) Hay contraste en el patrón de los elementos.
- 4) No se observan diferencias estadísticamente significati-

vas entre las parcelas.

Según Montes y San José, las tasas de incorporación siguen dos patrones; el primero, con mayores entradas al inicio de las lluvias (N-NO₃ y P); el otro, en la mitad (NH₄-N, Ca, Mg, K). Como se empezó el experimento en Junio no se pueden hacer comparaciones; sin embargo, se observan las mayores entradas los 2 ó 3 primeros meses.

Con Anderson y Swift, las coincidencias son: el arado cambia la descomposición; en nuestro caso, el corte cambia la descomposición.

Al comparar la movilidad, vemos que según Fassbender, el que tiene mayor movilidad es el N, el de más pequeña movilidad el fósforo; según Swift y Col el K y Mg tienen la mayor movilidad, pero pueden ser más fácilmente lavados. Según Chapín el orden para el lavado es el siguiente: K > N > P; en nuestro caso el orden es: K > Ca > P > Mg > N; y aunque es difícil separar el efecto del lavado y catabolismo; debemos recordar que por la topografía plana el lavado puede ser menor.

Según Fassbender, las mayores transferencias ocurren en Mayo. De nuevo enfatizamos que el experimento se comenzó en Junio y, por ello, no se pueden establecer comparaciones en este aspecto.

Al comparar el porcentaje de las pérdidas vemos:

ELEMENTO	SWIFT Y COL	MALDONADO
NITROGENO	60%	79,92%
FOSFORO	67%	89,84%
POTASIO	95%	99,99%
CALCIO	35%	99,79%
MAGNESIO	67%	86,21%

Es conveniente recordar que las mayores pérdidas en N, Ca, Mg, K y P, en nuestro caso, ocurrieron los 2-3 primeros meses; en el caso de Swift y Col N, P y Mg durante dos semanas, el K un poco más y el Ca después de sufrir una acumulación inicial comienza la declinación. Por consiguiente, las diferencias se explican por la mayor pluviosidad que causa más lavado y mayor actividad de los organismos saprófagos.

Los resultados obtenidos presentan semejanzas en algunos aspectos y diferencias en otros. Estas últimas causadas, principalmente, por las distinciones en el clima, la estructura y composición química del material vegetal sujeto a descomposición y los organismos saprófagos. Todo esto permite reiterar que el proceso de descomposición depende del clima, organismos y calidad del recurso.

4. Amonificación - Nitrificación - Mineralización.

Con el objeto de tener más argumentos para insistir

sobre el efecto del corte en la liberación de nutrientes, se realizó la determinación de las concentraciones de amonio ($N-NH_4$) y nitrato ($N-NO_3$) en el suelo durante un proceso de incubación insitu. Dichas incubaciones se inician el día 2do - 5to - 9no - 13vo y 16vo después del corte tienen una duración de 15 días cada una. Además, se determinó las concentraciones de NH_4 y NO_3 en el suelo antes del corte (el 01/05/89).

Los resultados se presentan en la tabla 22 y las figuras 23 a 25.

a. Concentraciones iniciales de amonio y nitrato.

La figura 30 y tabla 23 señalan que antes del corte (el 01/05/89) la concentración de amonio en el suelo era 1,436 mg/kg; una vez aplicado el corte (el 10/05/89) dicha concentración se incrementó registrándose el día 12/05/89: 6,211mg/kg; en los días siguientes declinó llegando a 0,913mg/kg, el día 16 después del corte (26/05/89).

La concentración de nitrato inicial tuvo un comportamiento diferente: Antes del corte era 1,594mg/kg, dos días después 2,314, lo cual pone de manifiesto el efecto del corte sobre dicha concentración. Este efecto es mayor sobre los nitratos, los cuales no declinan en el tiempo, sino que por el contrario ascienden reportándose al final del experimento 11,616mg/kg.

CONCENTRACIONES INICIALES AMONIO Y NITRATO

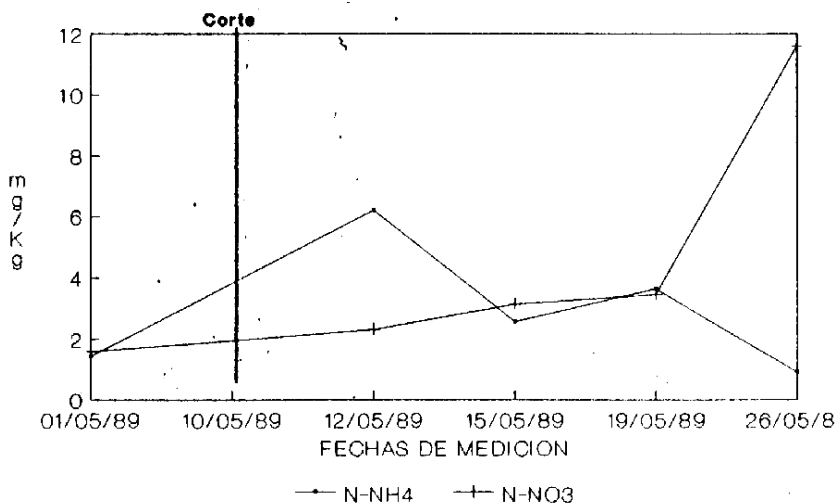


Figura 30: Variaciones de las concentraciones iniciales (ordinal) de amonio (mg de N-NH₄/Kg) y nitrato (mg de N-NO₃/Kg), en relación con las fechas de medición (abcisa) antes del corte y en los días subsiguientes.

Los valores representan la media aritmética.

La declinación de la concentración de amonio a lo largo del tiempo y el incremento de los nitratos indica la ocurrencia de transformación de amonio en nitrato, lo cual está a cargo de las bacterias nitrificantes; sin embargo, las concentraciones mayores del día 26/05/90 pudiesen indicar que también se libera nitrógeno en forma de nitrato al someter a la sabana a cortes, pero con separación o extracción del material.

Para reforzar esta afirmación se analizó el comportamiento de los elementos climáticos (temperatura y precipitación), durante el período de observaciones.

Las temperaturas medias atmosféricas durante dicho período fueron:

10/05/89	-	23,19 C
12/05/89	-	25,29 C
15/05/89	-	26,60 C
19/05/89	-	28,19 C
23/05/89	-	27,19 C
26/05/89	-	24,19 C

Las temperaturas del suelo no se midieron, pero según Anderson y Swift (1.983), Coleman y Col (1.986), Vitousek y Matson (1.985), éstas aumentan de 1,5 a 30 C con el aclareo; por consiguiente, las mayores temperaturas coincidieron con incrementos en las concentraciones de amonio y nitrato, lo que podría ser una prueba de los aumentos en la actividad microbial. Los resultados del experimento Respiración Edáfica que se presentan en la página 308 demuestran lo

planteado: "El corte ocasiona aumentos en la Respiración Edáfica, observables un día después del corte, pero que desciende en los días siguientes".

La precipitación caída durante el periodo de observaciones fue la siguiente:

Del 05	al	12	de	Mayo:	3,7mm
Del 12	al	15	de	Mayo:	0,0mm
Del 15	al	19	de	Mayo:	4,0mm
Del 19	al	23	de	Mayo:	22,5mm
Del 23	al	29	de	Mayo:	11,7mm

Al comparar los mm. de agua caídos y las concentraciones de nitrato, se observa que las mayores ocurren en los periodos de máxima precipitación (11,7mm 19,092mg/kg), lo cual señala que los nitratos pueden ser liberados también a través de la lixiviación y en mayor proporción que el amonio.

En consecuencia, los resultados demuestran que el corte puede ocasionar cambios en el catabolismo y la lixiviación, procesos responsables de la Descomposición. Como se discutió en las partes anteriores, al cortar y retirar el material, se produce un aclareo que permite mayor entrada de luz solar y, por consiguiente, aumentos en la temperatura del suelo que ocasionan incrementos en la actividad de la población saprófaga; por lo tanto, del catabolismo. Además, permite mayor entrada del agua caída en las lluvias, aumentándose la humedad del suelo que

también influye sobre la actividad microbial, pero que principalmente puede aumentar la lixiviación.

b. Concentraciones finales de amonio y nitrato.

En la figura 31 y la tabla 23 se presentan las concentraciones de amonio y nitratos al final de cada periodo de incubación, observándose lo siguiente:

Las concentraciones finales de amonio eran tan bajas que no fueron detectadas en la mayoría de las observaciones. Sólo los días 5º y 9º es cuando se registran 2,900 y 1,991g/kg lo que permite suponer que durante la incubación el amonio es escaso, pues este en gran parte se transforma en nitrato.

La situación de las concentraciones finales de nitrato fue diferente, ya que aumentaron durante todas las incubaciones, registrándose 8,443mg/kg el día 2º después del corte y 19,092 el día 16º.

c. Amonificación neta, Nitrificación neta, Mineralización neta

Al sustraer las concentraciones finales e iniciales de amonio en cada periodo de incubación se determina la amonificación neta durante la incubación, cuyo curso se observa en la figura 32, notándose un ascenso del 2º al 18º día (-6,211 — 0,344mg/kg), un descenso hasta el día 7 de junio y luego un nuevo incremento. Sin embargo, como se

CONCENTRACIONES FINALES

AMONIO Y NITRATO

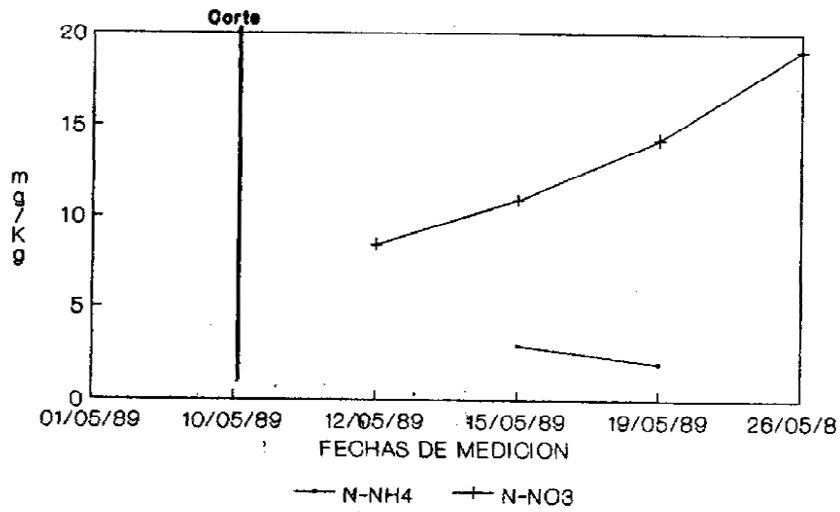


Figura 31: Variaciones de las concentraciones finales (ordinal) de amonio (mg de N-NH₄/Kg) y nitrato (mg de N-NO₃/Kg), en relación con las fechas de medición (abcisa) antes del corte y en los días subsiguientes.

Los valores representan la media aritmética.

mencionó anteriormente las concentraciones tan bajas impidieron su detección en la mayoría de las observaciones, pudiendo concluir que la amonificación es muy escasa durante las incubaciones, sobre todo al alejarse del corte.

En igual forma, la sustracción de las concentraciones de nitratos al final e inicio de la incubación se utiliza para la determinación de la nitrificación neta, cuya evolución se presenta en la figura 33 y revela un ascenso hasta el día 21° después del corte (6,129 → 10,808mg/kg) y posteriormente un descenso, llegando a 7,476mg/kg al final de las observaciones, comprobándose de nuevo el efecto del corte.

La sumatoria de los incrementos por amonificación neta y nitrificación neta aporta la mineralización neta durante cada período de observación. En la figura 33 se reseña su curso a lo largo de las observaciones, comprobándose que asciende en los días inmediatos al corte hasta aproximadamente el día 21vo: 3 Junio (6,129 → 10,808mg/kg), luego registra un descenso, pudiéndose dar a esas variaciones la siguiente interpretación: El ascenso responde al efecto del corte, refleja una mayor actividad microbial que acelera y aumenta la mineralización; el descenso confirma una disminución de dicha actividad, por consiguiente, desaceleramiento del proceso "mineralización". Los resultados permiten concluir que el mencionado proceso,

AMONIFICACION

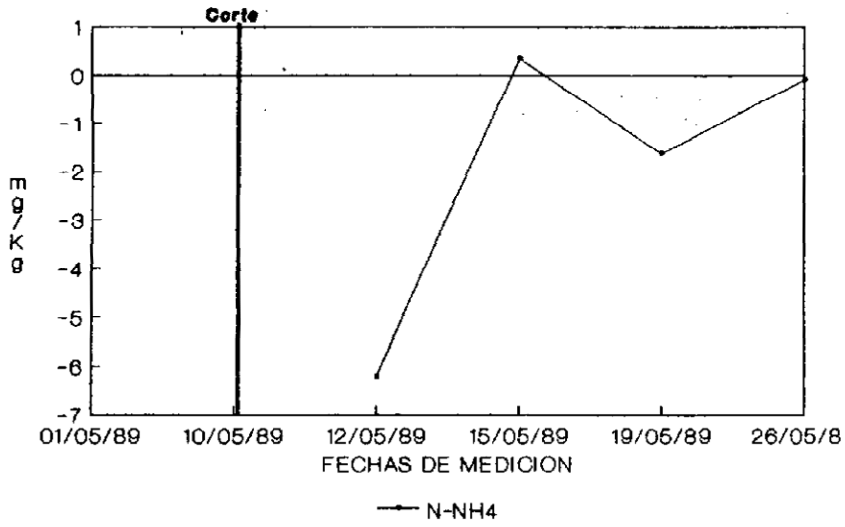


Figura 32: Variaciones de la amonificación neta antes del corte y en los días subsiguientes, expresada como mg de N-NH₄/Kg (ordinal) en las fechas de medición (abcisa).

Los valores representan la media aritmética.

MINERALIZACION Y NITRIFICACION

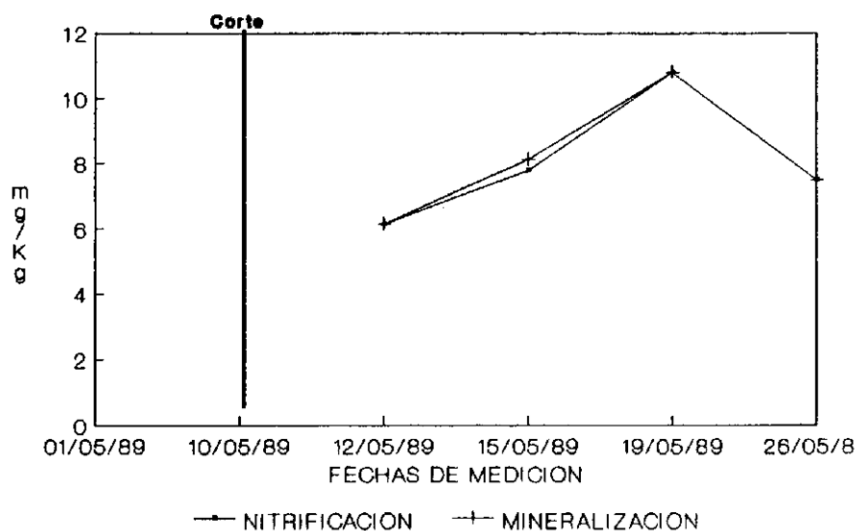


Figura 33: Variaciones de la nitrificación neta y mineralización neta antes del corte y en los días subsiguientes, expresadas como mg de $N-NH_4/Kg$ y $N-NO_3/Kg$ (ordinal) en las fechas de medición (abcisa).

Los valores representan la media aritmética.

presenta una variación pronunciada a lo largo del período de estudio: Del día 29 al 40^o después del corte (12 de Mayo a 10 de Junio).

Por otra parte, del análisis del patrón seguido por las concentraciones iniciales y finales de amonio y nitrato, la amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta antes y después del corte de la sabana, es necesario resaltar algunas características:

- Antes del corte, las concentraciones de amonio y nitrato son parecidas: 1,436 y 1,594mg/kg respectivamente.
- Las concentraciones iniciales de amonio son mayores que las de nitrato sólo en los días más próximos al corte (19 y 29) y el día 13^{vo}. Dichas concentraciones disminuyen al alejarse del corte, mientras las de nitrato aumentan, registrándose diferencias muy marcadas el día 16^{vo} (NH_4^+ : 0,913 Vs NO_3^- : 11,616), lo cual permite señalar que en un comienzo las concentraciones de amonio son superiores, pero luego se invierte la situación.
- La amonificación neta fue negativa en la mayoría de los períodos de incubación o cercana a cero, porque la concentración inicial fue mayor. Las concentraciones finales de amonio fueron tan bajas que se detectaron sólo en el segundo y tercer período de incubación.
- La nitrificación neta fue positiva durante todas las incubaciones, porque las concentraciones iniciales de nitrato

- fueron pequeñas y porque el amonio fue oxidado a nitrato.
- Las concentraciones de nitrato fueron aumentando, coincidiendo esos ascensos con el crecimiento activo de las plantas, lo cual es favorable porque pueden ser captadas disminuyéndose las pérdidas por lixiviación.
 - La mineralización neta presenta ascenso continuos después del corte, lo cual es favorable para las plantas que están en crecimiento activo, estableciéndose una regulación para minimizar las pérdidas por lavado.
 - El N mineral en esa sabana estacional puede estar disponible en el suelo como amonio o como nitrato; en las proximidades al corte, el amonio es superior, al alejarse son los nitratos. Las plantas de la sabana pueden captar alguno de los dos o ambos, pero el hecho de que el amonio es mucho menor varios días después del corte y que la amonificación neta es tan escasa, se podría concluir que la nitrificación es más frecuente.
 - Según Nadelhoffer y Col (1.985 a y b), Montagnini y Col (1986), Marrs y Col (1.988), las tasas de mineralización y nitrificación en los suelos incubados son iguales a los de los suelos cercanos no incubados, por lo tanto nuestros resultados pueden extenderse a la sabana estacional de la Serie Barinas y ponen de manifiesto que el corte puede ser utilizado para el manejo de la sabana, ya que incrementa la nitrificación neta, mineralización neta y las concentraciones de amonio y

nitrate en el suelo.

d. Comparación con la mineralización, nitrificación y amonificación en otros ecosistemas.

Se presentarán inicialmente los resultados de otras investigaciones; luego, se harán las comparaciones con los obtenidos en nuestra fase experimental.

Nadelhoffer, Aber y Melillo (1.985a), cuantifican la mineralización neta de N en un arboretum de la Universidad de Wisconsin, utilizando incubaciones insitu, en sitios diferentes y a distintas profundidades, a lo largo de dos años.

La mineralización neta anual en la capa de 0-10 cm, varió de 3,2 a 11,1g/m²/año en los 9 sitios muestreados durante el primer año; y de 5,2 a 10,1 para los 5 sitios muestreados en el segundo año.

En la capa de 10-20cm de profundidad, varió de 0,6 en el Roble blanco hasta 5,1 en el Roble rojo; esta gran variación con la profundidad fue debida a diferencias en la distribución de la materia orgánica, ya que el horizonte A1 en esos dos sitios fue de 6 y 14 cm respectivamente.

Las diferencias en las tasas anuales de 0-10cm fueron pequeñas.

Los autores señalan que las incubaciones insitu proveen del índice relativo de nitrógeno disponible en el sitio, los errores en la medición de la mineralización en los suelos incubados son pequeños y las tasas de mineralización en incubados son similares a las tasas en suelo cercanos.

Westermann y Crothers (1.980), muestran evidencias que las tasas de mineralización neta en suelos incubados se acercan a las tasas en los sitios circundantes; sus mediciones de la mineralización neta están entre 3 y 30g/cm²/año, en los bosques donde se llevó a cabo el experimento.

Nadelhoffer, y Col (1.985b), estiman el patrón estacional de la mineralización neta, nitrificación y captura del nitrógeno por la vegetación en el arboretum de la Universidad de Wisconsin, empleando incubaciones en bolsas de polietileno insitu. Señalan que:

- La variación estacional de la mineralización fue pronunciada, con un pico en Junio (ocasionalmente en Mayo) y un pico secundario en Septiembre (en los sitios deciduos) o en Agosto en los bosques de coníferas.
- El pool de amonio es mayor (3-30kg/ha) y más variable que el pool de nitrato (< 4kg/ha), observándose considerables variaciones mensuales en el pool de amonio entre algunos sitios.

- Las tasas netas de amonificación muestran mayores fluctuaciones estacionales que las de nitrificación. Esto fue verdad en los sitios OAK1, OAK3 y SM.
- La amonificación neta negativa en las incubaciones puede ocurrir cuando la tasa de nitrificación excede la tasa a la cual el Nitrógeno orgánico es mineralizado hasta amonio, se presentó cuando el pool de amonio al inicio de la incubación fue grande.
- Las tasas de nitrificación fueron significativas y positivas, porque los pool iniciales de nitrato fueron pequeños, y porque algún amonio fue oxidado a nitrato en la incubación.
- Las tasas de amonificación neta fueron positivas, y los pool de amonio fueron más grandes al final de la incubación; aunque en algunos meses fueron negativas ya que los pool decrecieron durante el intervalo. Las mayores amonificaciones netas en los suelos incubados ocurrieron en Junio; en cambio, en Julio y Septiembre fue cercana a cero.
- Los cambios en los pool de nitrato fueron pequeños.
- El nitrato fue la forma mayor capturada en la mayoría de los sitios, así las tasas mensuales de N capturado varían menos que las tasas de mineralización; por ejemplo, el nitrato capturado en OAK1 fue 10kg/ha de Mayo a Noviembre y la mineralización neta fue cercana a cero en Mayo y Agosto.

- Los valores de amonio capturados fueron pequeños; sin embargo, el amonio capturado fue más importante en los bosques de coníferas que en los deciduos, pero el nitrato fue el dominante en tres de los cuatro sitios. Por lo tanto, el nitrato es la forma más capturada.
- La fuerte correlación entre amonificación en los suelos incubados y los pool de amonio sugiere que los cambios en los pool de amonio no son debidos a la captura de las plantas, sino a la nitrificación. En esos sitios las bacterias nitrificantes compiten con los árboles por amonio.
- Las tasas de mineralización y nitrificación en los suelos incubados son equivalentes a las de suelos no incubados próximos.
- La nitrificación y la captura de nitratos son los procesos más importantes en los bosques templados, aunque los nitratos no sean la forma dominante.
- A pesar de que los costos de captura y asimilación de nitrato pueden ser altos, ciertos factores podrían favorecer su selección; por ejemplo: La captura de nitratos estimula la captura de cationes (k^+), mientras que la captura de amonio la disminuye.
- Los nitratos fueron suministrados y a la vez capturados, sirviendo esta regulación para minimizar las pérdidas por lavado.

El estudio concluye que el N mineral puede hacerse disponible para los árboles como nitrato y amonio. Unas especies prefieren nitrato, otras amonio, otras pueden usar uno u otro.

Montagnini y Col (1.986), reportan el control de la nitrificación en un ecosistema dominado por *Robinia pseudoacacia*; buscan la relación entre dicha especie, la nitrificación potencial y la concentración de nitratos en el suelo, a lo largo de una sucesión. La mineralización del nitrógeno y la nitrificación potencial fueron medidas por incubación aeróbica de 30 días en el laboratorio.

Para detectar la presencia de sustancias inhibitoras de la nitrificación, las incubaciones "insitu" se hicieron en los suelos de algarrobal negro y en el roblar.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Las concentraciones de nitrato en el suelo del algarrobal fueron más altas que en las mezclas de pino y maderas duras, a tres profundidades (Roble: 0,26 - Algarrobo: 4,45 - Pino: 1,98mg/kg).
- La concentración de amonio en la solución del suelo no fue detectada en los tres sitios.
- Las tasas de mineralización neta fueron más del doble en el algarrobal que en el pinal, en Marzo y Julio. Esto significa que hay rápido turnover del N.

TASA DE MINERALIZACION	ALGARROBO	PINO	ROBLE
mg/kg/30 días 0-15cm de Prof.	34,94	12,02	4,41.

- Las tasas de nitrificación potencial, de 0-15cm de profundidad, fueron el doble o más en el algarrobal en Marzo y Julio.
- Las tasas de mineralización neta están ajustadas a las de nitrificación, en el pinal y algarrobal; las últimas fueron menores sólo en Marzo en el pinal.
- En el bosque de roble, las tasas de nitrificación neta fueron sólo 7 y 37% de las tasas de mineralización en Marzo y Julio respectivamente. Aparentemente las tasas bajas de nitrificación no son el resultado de la presencia de sustancias inhibidoras, lo que fue demostrado por el experimento de incubaciones in situ.
- Las tasas de nitrificación durante la incubación in situ, alcanzaron, en el algarrobal, a 19,98mg/kg/14 días. En el bosque más viejo fueron indetectables.

Los autores plantean los factores que controlan la nitrificación:

- Las tasas de mineralización en las sucesiones primarias y secundarias (según Vitousek y Robertson 1.981).
- La disponibilidad de amonio en la mayoría de las sucesiones primarias y en algunas secundarias (según

Robertson 1.982).

- La textura y composición química de los suelos (según Montes y Christensen 1.979).
- La presencia de sustancias inhibidoras en la sucesión tardía (según Rice y Pancholy 1.973).
- La cantidad de nitrógeno en el mantillo caído anualmente y la proporción de N mineralizado (según Vitousek y Col 1.982).

Concluyen que en la sucesión temprana del área estudiada, las tasas de amonificación parecen ser el principal factor controlador de la nitrificación; que las altas tasas de nitrificación pueden estar relacionadas con la historia del área, es decir hay más altos contenidos de nutrientes que resultan del encalado o fertilización. En el algarrobal, las entradas más altas de N como resultado de la fijación, pueden ser el factor principal de las altas tasas de mineralización y nitrificación.

Enfatizan que las diferencias en el incremento de N no detectados de 0-15 ó 16-30cm de profundidad se deben a: turnover de N ligero, lavado del N orgánico del suelo o acrecentamiento lento, ocurriendo sólo a poca profundidad.

Finalmente, plantean que la ausencia de una utilización eficiente redundaría en el lavado del suelo de cantidades significativas de nitrato, demostrando así la

necesidad de una utilización adecuada.

Paul y Juma (1.981), usan una descripción matemática de los procesos de mineralización e inmovilización para obtener información sobre el tamaño y turnover de la biomasa microbial, combinando experimentos de campo y laboratorio. La mineralización neta fue medida en un experimento de incubación utilizando N15 como marcador

El análisis matemático de la curva para el N15 total que permaneció en el suelo mostró que la mineralización siguió el 1er orden cinético y podría describirse como:

$$\begin{aligned} \text{N15 Total org. que permaneció en el suelo.} &= 239 e^{-0,0129t} \\ t_{1/2} &= 53,6 \text{ semanas a } 28^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

En igual forma, el análisis matemático mostró que el N15 de la biomasa fue mineralizado al 1er orden y puede describirse así:

$$\begin{aligned} \text{N15 que permanece en la biomasa.} &= 71,1 e^{-0,0281t} \\ t_{1/2} &= 24,7 \text{ semanas a } 28^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N15 que permanece activo.} &= 168,7 e^{-0,0090t} \\ t_{1/2} &= 76,8 \text{ semanas a } 28^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

El N activo es mineralizado a tasas más lentas que el N de la biomasa ($t_{1/2} = 24,8$ semanas).

El N15 Total orgánico que permanece en el suelo podría describirse con la siguiente sumatoria:

$$\begin{array}{l} \text{N15 Total org.} \\ \text{que permanece} \\ \text{en el suelo.} \end{array} = \begin{array}{l} \text{N15 que permanece} \\ \text{en la biomasa} \end{array} + \begin{array}{l} \text{N15 que permanece} \\ \text{como N activo.} \end{array}$$

Lee, Harmer e Ignaciuk (1.979) analizan la variación estacional de la mineralización del N: En las zonas templadas, observan que el pico de disponibilidad ocurre tarde en el invierno o en la primavera temprana, debido a la esterilización del suelo durante el invierno. En las zonas tropicales el pico está asociado al inicio de las lluvias que sigue a la estación seca. Sostienen que:

- Los procesos de amonización y nitrificación son afectados en formas diferentes por los factores ambientales: Las bajas temperaturas, alta acidez y anaerobiosis disminuyen la nitrificación, en mayor grado que la amonificación; sin embargo, trabajos recientes han mostrado que los nitratos son usados en algunos suelos ácidos y fríos y que la nitrificación no es inhibida en todos los ecosistemas climax.
- En los habitats tropicales, el nitrato es la forma predominante y, en algunos suelos, el amonio no es detectable; sin embargo, en las sabanas, las concentraciones de nitratos son más bajas comparadas con el amonio.

Hendrickson y Robinson (1.984) describen un modelo del proceso de mineralización, basándose en estudios de incubación en el laboratorio y relacionándolos con eventos que ocurren en el bosque.

Los resultados obtenidos fueron:

- Las tasas de mineralización de C en el mantillo no leñoso, decrecen cuando el tamaño de las partículas es reducido; en cambio, las de N fueron más altas.
- Las tasas medias de producción de N mineral fueron 14,4 ppm N/día en el mantillo (302 ppm en 21 días), 07 ppm en el suelo mineral.
- En el mantillo las tasas de mineralización declinan con la profundidad.
- Las tasas de mineralización del C al comienzo de la incubación son casi el doble de las finales, pero en otros casos ocurren pequeños cambios. En muchas muestras las tasas de mineralización declinan hasta un "plateau"; en cambio, las tasas de producción de N mineral declinan gradualmente permaneciendo constantes o incrementándose suavemente durante los primeros dos muestreos. Las tasas iniciales de mineralización de N son altamente variables.

Como el propósito de la investigación era describir un modelo, obtienen un modelo exponencial, que expresado en forma matemática sería:

$$d C_t/dt - d C_r/dt = C_0 e^{-kt}$$

Donde: $-d C_t/dt$, es la tasa de pérdidas de carbono en un tiempo t .
- $d C_r/dt$, es la tasa constante de pérdidas.
- C_0 = pool de C disponible.
- k = Tasa de descomposición.

Esta ecuación puede linearizarse así:

$$\ln (d C_t/dt - d C_r/dt) = \ln C_0 k - kt$$

Resolviendo la ecuación, se obtiene el pool de C disponible.

Bernhard-Reversat (1982) estimó el impacto de algunos árboles sobre la disminución del N, el ciclaje, mineralización y captura en una sabana semiárida utilizando incubaciones in situ. Los resultados fueron los siguientes:

- La producción de N mineral decrece en Septiembre, antes del final de las lluvias; presenta dos picos relacionados con la distribución de la precipitación. Este N mineral ocurre principalmente como nitrato.
- El N mineral producido fue $3,7g/m^2$ bajo los árboles y $1,7$ en la zona abierta.
- La mineralización, expresada como % del total de N, es $5,1$ para las dunas y $8,2$ para las laderas. Cuando en la estación seca ocurre una lluvia, la mineralización se realiza y se producen $1,4$ y $5g/m^2$ de N mineral.
- Por el comportamiento de la mineralización y captura a lo largo del año, el contenido de N mineral en el suelo es alto en las etapas tempranas de la estación lluviosa y va decreciendo a medida que la vegetación se desarrolla.

- La ocurrencia de árboles incrementa la magnitud de los flujos entre suelo y vegetación, resultando una mayor acumulación de materia orgánica y N en el suelo, cuyo origen no está claro. Hay dos posibles causas:

1ra. Se debe al efecto de la hojarasca.

2da. El microclima creado que reduce las tasas de evapotranspiración puede mejorar el crecimiento de las plantas.

Marrs y Col (1.988) determinan los cambios de la mineralización del N y la nitrificación en una transecta en un bosque lluvioso tropical de Costa Rica, utilizando incubaciones en el campo y en el laboratorio. Los resultados fueron los siguientes:

- Las tasas de mineralización bajo condiciones de campo, declinaron con la altitud (De 38ug/g/14 días a 2).

- Las tasas de nitrificación decrecen con el incremento de la altitud en el campo y el laboratorio; las primeras de 21,8 a 3ug/g/14 días entre 100 y 2600m, las segundas de 8,2 a 1,0ug/g/14 días.

- Los factores químicos que controlan las tasas de mineralización y nitrificación son: N Total, C Total, PH, Cu extractable, Magnesio, Sodio, Zn y Manganeso, con los cuales se obtuvieron correlaciones parcialmente significativas.

- Las tasas de nitrificación muestran correlaciones

positivas con las de mineralización.

- Los factores limitantes de la mineralización y nitrificación son: climáticos y calidad del recurso; no obstante los resultados indican que: los cambios de temperatura no incrementan las tasas; la aereación y estructura del suelo pueden ser limitantes en la mineralización del N en los bosques montanos; allí, hay mucha humedad y se incrementa la desnitrificación. Por otra parte, la nitrificación puede ser limitada por el sustrato y cambiará de acuerdo a su composición química.

Concluyen que los resultados pueden usarse para el manejo del bosque, el cual es muy vulnerable a la erosión y lavado después de la explotación; algún manejo puede aumentar la mineralización para que los minerales sean suficientes.

Sarmiento (1.978) en una sabana estacional de **Axonopus Purpusii** - **Leptocoryphium lanatum** en la Serie Barinas determinó que el N org. acumulado en el humus alcanza entre 0-100cm de profundidad 5.680kg/Ha, mineralizándose 10 kg/ha/año por los procesos de amonización y nitrificación. Esta cifra es superior a la reportada por Rham (1.973) en la sabana estacional de Costa de Marfil, debido posiblemente a la falta de bacterias nitrificantes.

Además, plantea que la limitada descomposición de la

biomasa muerta ocurre en sequía y trae aparejado un aumento de los iones de amonio porque no hay nitrificación; en cambio, al comienzo de las lluvias ocurre una desaparición rápida del amonio y una liberación del nitrato que será asimilado por las plantas en el activo crecimiento. Por otra parte, los procesos de transferencia están vectorizados por microorganismos que aseguran la descomposición de la materia orgánica, la mineralización, humificación, fijación, desnitrificación; que depende de las condiciones del contorno, no toleran perturbaciones mayores y deben ser conocidos a plenitud.

Seguidamente se presentan los resultados de la comparación entre los diferentes valores:

- Nuestros valores de mineralización neta son menores a los obtenidos por: Nadelhoffer y Col, Montagnini y Col, Lee, Harmer e Ignaciuk, Hendrickson y Robinson, Marrs y Col, Westermann y Crothers, Paul y Juma, Aber y Col; debido posiblemente a las diferencias en el contenido de materia orgánica en el suelo (sabana Vs bosques). Por el contrario, son mayores a los obtenidos por Bernhard Reversat en una sabana semiárida, lo cual confirma lo planteado: "La mineralización estará influenciada por el contenido de materia orgánica en el suelo".
- Nuestras concentraciones de amonio son menores que las de nitrato la mayor parte del período de observaciones y

menos variable; resultados similares reportan Montagnini y Col, contrarios Nadelhoffer y Col, lo cual pone de manifiesto lo planteado para la zona templada: "son mayores las concentraciones de amonio que las de nitrato".

- Las tasas de amonificación negativa son frecuentes en nuestro caso, escasas en los estudios de Nadelhoffer y Col; por consiguiente la amonificación es menos importante y menos frecuente en la sabana estudiada.
- Nuestras concentraciones de amonio al final de las incubaciones fueron tan bajas que no son detectables; lo mismo reportó Montagnini y Col, lo contrario Nadelhoffer y Col.
- Los cambios en las concentraciones de nuestros nitratos fueron pronunciados; Nadelhoffer y Col, Montagnini y Col reportan lo contrario.
- El aumento de la temperatura del suelo incrementó la amonificación, nitrificación y mineralización; Marrs y Col indican que los cambios de temperatura no incrementan las tasas.

Una vez expresadas las diferencias, se discutirán las semejanzas:

- La nitrificación es el proceso más importante, a pesar de que el amonio sea más frecuente antes del corte.
- Las tasas de mineralización están ajustadas a las de nitrificación.

- Ocurren cambios en el patrón, la mineralización es más alta en las etapas tempranas de modo que el N mineral es aprovechado por las plantas en crecimiento, luego decrece a medida que la vegetación se desarrolla.
- En habitats tropicales, el nitrato es la forma predominante, el amonio es escaso o no detectable. Algunos sostienen que en la sabana sucede lo contrario, nuestros resultados señalan que son los nitratos, por lo menos en la época lluviosa.
- Las tasas de mineralización dependen del contenido de N total.
- En la sabana, al comienzo de las lluvias ocurre una desaparición rápida del amonio y una liberación del nitrato; coincidiendo nuestra observación con Sarmiento (1.978).

5. Respiración Edáfica

a. Presentación e interpretación de los resultados.

La producción biológica de los descomponedores es difícil de estudiar por los problemas que confronta el censar la población microbiana de un suelo; por ello, se recurre al estudio de su actividad descomponedora como índice de su producción. En nuestro caso, la evaluación de la descomposición en material encerrado en bolsas de malla y a lo largo de un año, nos señala las variaciones de su actividad durante ese tiempo, pero dicha observación fue

completada evaluando la actividad microbiana mediante el balance del CO_2 producido en un ciclo de observaciones. Este método es de gran utilidad para obtener una estimación global del metabolismo del suelo, aunque existe una interferencia por la respiración de las raíces.

A pesar de esa interferencia, el método da una visión de la actividad de todos los organismos en el suelo.

Como se explicó en la metodología, se midió la cantidad de CO_2 desprendida, siendo el valor obtenido una medida de la respiración total o intensidad respiratoria del suelo. Es una indicación poco aproximada del número de organismos, pero da una buena indicación de la actividad total.

Las determinaciones se hicieron los días 12, 89, 132, y 152 después del corte; los resultados se reseñan en las figuras 34 y 35 y tabla 24 y se observa lo siguiente: los valores más altos se registran el 1er día donde se alcanzó 6,5g en 13h10' y 660,18 cm^2 ; después de esta fecha, los valores declinan reportándose 2,44g en 13h10' y 660,18 cm^2 y 1,2618g en 13h30' y 660,18 cm^2 . Al transformar esos valores en $\text{mg de CO}_2/\text{m}^2 \text{ h}$, la situación se repite y es recogida en la figura 34, donde se pone de manifiesto que la intensidad respiratoria es mayor en la cercanía al corte (560 $\text{mg CO}_2/\text{m}^2 \text{ h}$) y después declina hasta 104 $\text{mg CO}_2/\text{m}^2 \text{ h}$;

RESPIRACION EDAFICA

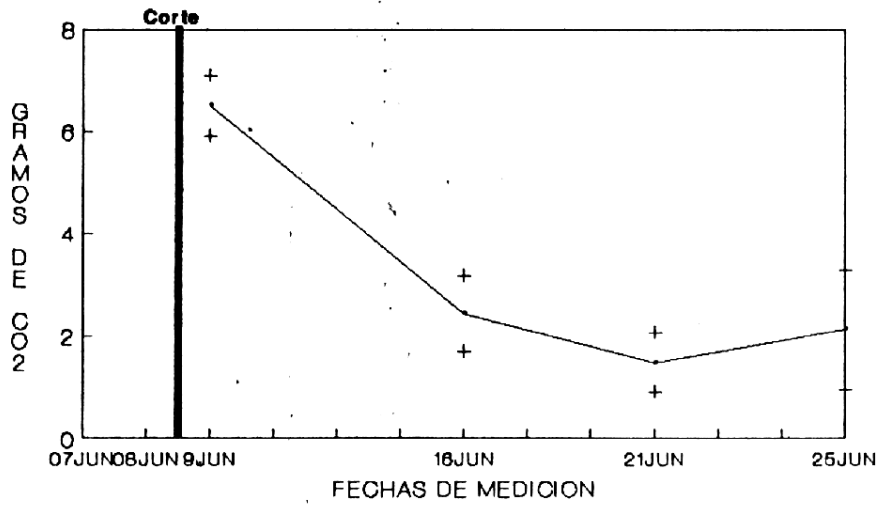


Figura 34: Variaciones de la respiración edáfica en los días subsiguientes al corte, expresadas como gramos de CO₂ absorbidos (ordinal) en las diferentes fechas de medición (abcisa).

Los valores representan la media aritmética.

RESPIRACION EDAFICA

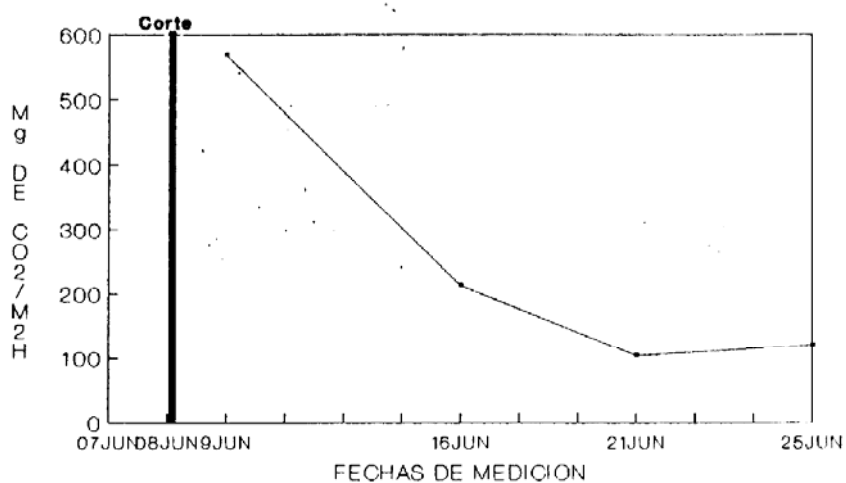


Figura 35: Variaciones de la respiración edáfica en los días subsiguientes al corte, expresada como mg de CO₂/m².h (ordinal) en las diferentes fechas de medición (abcisa).

por lo tanto se puede deducir que la actividad de los organismos del suelo y/o la respiración radicular se incrementan con el corte, comprobándose así lo sostenido en los apartes anteriores. La interpretación de ese incremento ha sido explicada anteriormente.

La respiración edáfica se midió sólo durante la noche, no pudiéndose comparar con los valores diurnos; sin embargo Walter (1.960), Haber (1.958), Medina (1.966) señalan que los valores nocturnos son superiores, aunque establecen diferencias en el origen. Según Medina, la condición favorable de humedad en el suelo incrementa la actividad de los microorganismos presentes; según Haber se debe a la alta transpiración y según Walter a la mayor respiración radical debido al transporte de asimilados. Aunque se cuantificó solo durante la noche, se pudo constatar la hipótesis planteada "El corte incrementa la respiración edáfica, lo cual refleja un aumento en la actividad microbial que redundará en una mayor liberación de nutrientes".

b. Comparaciones con otras investigaciones.

Anderson y Swift (1.983) analizan los tres métodos para medir la descomposición de la hojarasca en los ecosistemas terrestres: La respiración del suelo, el cociente mantillo cayendo/ en pie y mediciones de la pérdidas de peso del mantillo en bolsas. Explican que la

respiración del suelo es derivada de la respiración de la comunidad heterotrófica, principalmente hongos y bacterias, además de la respiración de raíces vivas. Dicha respiración es muy variable y los valores obtenidos han sido: 21% en Pasoh en Malasia, 67-82% en los bosques de Amazonas; valores similares se han registrado para bosques templados.

Los autores señalan que la respiración del suelo puede ser un indicador del flujo de carbono a través del sistema suelo, pero no es una medición del turnover del carbono por organismos heterótrofos. Sin embargo, puede aportar datos de los efectos temporales o estacionales de la temperatura y humedad sobre la actividad heterotrófica, a diferentes profundidades del suelo y en el mantillo.

Por consiguiente, en nuestro caso, cuando queremos demostrar el incremento de la actividad microbial al aplicarse el corte, este experimento se ajusta, ya que nos señala las variaciones de dicha actividad.

A esto debemos agregar que Cropper y Col (1.985) compararon dos técnicas estáticas y una dinámica para medir la evolución del CO_2 . En las técnicas estáticas utilizan KOH y una mezcla de $Ca(OH)_2$, NaOH y CaO granulado y en la técnica dinámica el sistema IRGA. Midieron las tasas de evolución de CO_2 una vez al mes por seis meses, con el IRGA y la mezcla; durante tres meses usaron KOH. No obtuvieron

diferencias significativas estadísticamente entre las tres técnicas.

Ambos absorbentes midieron menos CO_2 que el IRGA, pero los coeficientes de variación fueron muy bajos y las diferencias entre el IRGA y los métodos estáticos parecen estar asociados con los movimientos de aire en la cámara.

Los autores concluyen que las estimaciones obtenidas con los métodos estáticos muestran menos variación que con el método dinámico; además con los estáticos se pueden hacer más repeticiones para disminuir el efecto de la heterogeneidad del terreno, con el IRGA sería inoperante y difícil de hacer.

Por consiguiente, los métodos estáticos son más convenientes, aunque los resultados deben ser calibrados con los del IRGA en el sitio de estudio.

Lo expuesto y demostrado por esos autores, justifica aún más el haber seleccionado el método de la respiración edáfica utilizando Na OH ; en nuestro caso se hicieron 10 repeticiones en cada observación.

Hendrickson y Robinson (1.984) en un bosque de Ontario, emplearon las mediciones de la respiración edáfica para complementar los resultados obtenidos en las incubaciones. Dichas incubaciones tenían como finalidad la

cuantificación de la nitrificación, amonificación y mineralización, en períodos de 21 días. Usaron dos métodos para medir la respiración: el directo, es decir, las salidas de CO₂ de las raíces disecadas, del suelo y del mantillo y otro, el de absorción del CO₂ con Na OH.

Los resultados del primer método sugieren que menos del 20% de la respiración total es atribuida a las raíces; los del segundo señalan que es 43%. Por consiguiente, ambos métodos concluyen en una fracción notable, pero que lo aportado por los descomponedores es mayor.

Los resultados obtenidos indican que las tasas de respiración declinan con la profundidad y el tamaño del material, como se ve en el cuadro siguiente:

FRACCIÓN DE SUELO	CO ₂ ug/g/día	EVOLUCIONADO ug/g/día
MANTILLO		(libre de ceniza)
>4 mm	2442	2872
2,0-4,0 mm	1608	1960
1,0-2,0 mm	1229	1619
0,5-1,0 mm	927	1624
0,25-0,5 mm	645	1644
<0,25mm	775	2281
SUELO MINERAL		
>1,0 mm	ND	ND
0,5-1,0 mm	27,4	364
0,25-0,5 mm	14,4	369
0,10-0,05mm	17,8	391
0,05-0,1 mm	24,9	356
<0,05mm	ND	ND

FRACCION DE SUELO	CO ₂ , ug/g/día	EVOLUCIONADO ug/g/día
MEDIAS ANUALES		
MANTILLO MEZCLADO	868	1372
SUELO MINERAL (0-5cm)	30,1	667
SUELO MINERAL (5-10cm)	19,2	531

Los autores concluyen que el método de la respiración edáfica puede ser usado para determinar el patrón de la descomposición.

Nuestros resultados y los de otras investigaciones, indican que la medición de la respiración edáfica utilizando el NaOH como medio de absorción, es una forma de determinar características del proceso "Descomposición". En nuestro caso cumplió el objetivo previsto; "Demostrar cómo la respiración edáfica es mayor en las proximidades posteriores al corte, para poder suponer que es mayor la actividad microbial".

Medina (1.966, 1.969) mide la respiración edáfica en diferentes comunidades vegetales: bosque nublado de Rancho Grande (Estado Aragua), bosquesillos de las sabanas de Trachypogon (Estado Calabozo), Férreo de Mucubají (Estado Mérida), selva nublada de la Carbonera (Estado Mérida), selva nublada en la cumbre de Choroni (Estado Aragua), Bosques tropical pluvial cercano a Coloncito (Estado Táchira), zonas semiáridas en las cercanías a San Pablo

(Estado Lara), sabanas de Trachypogon. Utiliza el método de absorción de Walter y obtiene los siguientes resultados:

- Existe clara correlación entre la respiración edáfica y temperatura del suelo, siempre que el contenido de agua del suelo no sea factor limitante.
- En algunas comunidades la curva de respiración edáfica muestra clara estacionalidad, determinada por la distribución temporal de la precipitación, es decir registra máximas en distintas épocas del año. En otras, no se observa variación marcada; por consiguiente, el curso anual de la respiración edáfica guarda relación con el regimen pluviométrico de la zona.
- Los valores diurnos son menores que los nocturnos sobre todo en los días soleados. Esa diferencia disminuye en días nublados y hasta ahora existen varias hipótesis para explicar este fenómeno, el cual amerita estudios futuros.
- Los valores de respiración edáfica cuantificados en diferentes comunidades vegetales son:

Localidad	Respiración edáfica (mgCO ₂ /m ² h)			
	Prom.	Máx.	min.	
Páramo de Mucubají 3550 m sn m	36	60	24	Noche
	72	97	51	Día
Selva nublada (a Carbonera) 2300 m sn m	123	245	64	Noche
	84	196	35	Día
Selva nublada Rancho Grande 1000 m sn m	111	248	65	Noche
	140	244	70	Día

Localidad	Respiración edáfica (mgCO ₂ /m ² h)			
Selva nublada Choroni 1040 m sn m	206	378	91	Noche
	235	439	109	Día
Bosque Tropical pluvial cerca de Coloncito. 100 m sn m	453	583	360	Noche
	285	520	189	Día
Bosquecillo en Calabozo 100 m sn m	440	545	325	Noche
	127	156	71	Día
Z. semiárida en San Pablo 850 m sn m	101	141	65	Noche

- Las tasas a lo largo del año, varían según el tipo de comunidad en la forma siguiente:

Ecosistema	Tasa (mgCO ₂ /m ² h)		
Bosque lluvioso	234-511		
Bosque siempreverde	50-222		
Bosque semiárido	68-148		
Sabanas de Trachypogon	257-532		
Selva nublada	m	176-M 450	- P 224
Bosquecillo en sabanas de Trachypogon	m	246-M 826	- P 246

Como se mencionó anteriormente, en nuestra fase experimental se cuantificó la respiración edáfica sólo durante la noche, del 8 al 25 de Junio de 1.989. En este periodo la precipitación total fue de 168,6 mm y la temperatura media 26,20 C. Los valores obtenidos fueron:

Fecha de medición	(mgCO ₂ /m ² h)
9 de Junio (19 día después del corte)	569
16 de Junio (89 día después del corte)	213
21 de Junio (139 día después del corte)	104
25 de Junio (179 día después del corte)	120

Por lo tanto, el valor en el primer día después del corte se acerca al máximo reportado por Medina para las sabanas de Trachypogon (532 mg CO₂/m²h). En los días siguientes este valor disminuye siendo menor al mínimo señalado para ese ecosistema (104 Vs 257), lo cual sugiere que sin el corte, la actividad de los microorganismos y fauna del suelo es menor, así como también la respiración radical y por consiguiente, es posible concluir que el empleo del corte sería favorable para el manejo de la sabana pues incrementaría la actividad y por ende la liberación de los nutrientes.

Hernández (1.985) cuantifica la respiración edáfica en un cultivo de caña de azúcar, utilizando el método del cilindro invertido propuesto por Walter y Haber (1.957) y una solución de KOH para la fijación del CO₂. Detecta:

- Una clara estacionalidad en la respiración edáfica ya que los máximos valores se registran en Junio y Agosto (384 - 450 mg CO₂/m²h) y los mínimos en Febrero (98 - 112 mg CO₂/m²h), todo ello concordante con el máximo y mínimo de precipitación de la zona.

- Los cursos de respiración edáfica nocturna fueron superiores a los valores diurnos, lo cual puede ser explicado por una mayor respiración radical debido al transporte de asimilados según Walter (1.960) o por una alta transpiración según Haber (1.958) o por la condición favorable de humedad en el suelo durante la noche, que incrementa la actividad de los microorganismos presentes (Medina 1.966). Los valores reportados por Hernández (1.985) son superiores a los nuestros, excepto el primer día después del corte (569 Vs 450). La superioridad de nuestros valores en este momento señala un incremento en la actividad, ocasionado por el corte. En cambio, a partir del 2do día los valores declinan y son inferiores a los del cultivo, lo cual puede atribuirse a:

- Una mayor contribución de la respiración radical en el caso del cultivo, debido a un mayor grado de desarrollo y una mayor densidad radicular. Además, algunos autores apuntan que los suelos bajo explotación tienen mayor respiración edáfica que los suelos no cultivados porque el desarrollo vegetativo de los cultivos se sustenta en una alta actividad metabólica y absorción de nutrientes por parte de las raíces, en consecuencia la respiración radical es mayor. Por consiguiente, los resultados obtenidos de esta comparación ponen de nuevo en evidencia que el corte produce incrementos en la actividad de los organismos del suelo, favorece la difusión más rápida del

CO₂ hacia la atmosfera y la liberación de nutrientes, lo cual redundará en aumentos en la fertilidad del suelo.

VIII CONCLUSIONES

Se cuantificó la descomposición de la materia orgánica en una sabana estacional de Barinas, determinándose los efectos de algunas prácticas de manejo: Pastoreo simulado con el corte y fertilización.

Para dicha cuantificación se utilizó el método de las bolsas de malla, el cual se complementó con determinaciones de la amonificación, nitrificación, mineralización y respiración edáfica, con el objeto de poner en evidencia el efecto del corte sobre la población saprófaga.

En vista de que se usaron diferentes experimentos, las conclusiones se presentarán por separado:

Descomposición en las bolsas de malla

En Porciones Aéreas

A pesar de que los patrones de las pérdidas de peso en las seis parcelas reflejaron algunas diferencias, el tratamiento estadístico no arrojó diferencias significativas entre ellas, pudiendo establecerse el siguiente patrón; Descomposición muy rápida durante las primeras cuatro semanas, de menor intensidad hasta finales de Septiembre u Octubre y fluctuaciones muy pequeñas a partir de esa fecha. En algunos casos, se observaron incrementos en el peso, los cuales pueden ser atribuidos a la inmigración de organismos.

Por consiguiente, la descomposición presentó un patrón estacional coincidiendo la fase activa con la época lluviosa y la de casi detención del proceso con la época seca.

La primera fase posiblemente es producida en gran parte por catabolismo y lixiviación pues el tamaño de los orificios de las bolsas disminuye o impide la cominación.

No es posible separar la acción y efectos de los otros dos aunque podríamos concluir que el orden es el siguiente: Catabolismo>lixiviación>cominación; debido a que la topografía del terreno y el buen drenaje disminuyen las pérdidas por lixiviación.

Esa tasa de descomposición es regulada por: clima, organismos y calidad del recurso; en nuestro caso la estación alternante (lluvia y sequía) afecta la actividad de los organismos, produce cambios en la lixiviación y por consiguiente, ocasiona las variaciones del proceso en ambas épocas.

Además, de las pequeñas diferencias registradas en el patrón a lo largo del año, la Descomposición reportó distinciones en las intensidades, comprobándose que el proceso fue más acelerado en las parcelas cortadas (las pérdidas mayores), lo cual podría explicarse por los efectos del aclareo al cortar: ascensos en la temperatura y en el agua que cae, lo cual redundaría en una mayor actividad de los organismos

del suelo y un aumento de las pérdidas por lixiviación.

El efecto del fertilizante sólo se reflejó sobre la parcela A2 (fertilizada y cortada cada 30 días) ya que las pérdidas de peso fueron mayores, lo cual nos señala que el proceso fue más intenso.

Al conjugar ambos efectos (corte y fertilización) podemos concluir que la mineralización es mayor en las sometidas a cortes cada 30 días y fertilizadas; en el resto, el orden decreciente es: $A2 > B1 > B2 > C2 > C1$; además, la inmovilización sigue este orden: $C1 > C2 > B1 > B2 > A2 > A1$ y el manejo se planificará de acuerdo a la fase que se desee incrementar: Mineralización o Inmovilización.

En Porciones Subterráneas

En las parcelas cortadas cada 60 días (B1-B2) y en las parcelas no sometidas a cortes (C1-C2), el patrón de la pérdidas de peso seco presenta escasas diferencias; ocurre un incremento durante las primeras cuatro semanas, luego se presenta la fase de descomposición aunque con diferentes intensidades en los meses; a veces se observan pequeños incrementos. En cambio, en las parcelas cortadas cada 30 días, la situación es diferente, el proceso presenta fluctuaciones marcadas que confirman las consecuencias de los cortes frecuentes.

Como en el caso de las porciones aéreas, el proceso ocurre por: catabolismo, lixiviación y cominución y su intensidad está determinada por el clima y los organismos, encontrándose en este caso altas correlaciones con precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación que permiten reafirmar el efecto del clima.

Además de los cambios en el patrón, los cortes producen modificaciones en la intensidad del proceso, siendo mayor en las A1-A2 y menor en las C1-C2, en forma tal que las parcelas presentan al final el siguiente % de la biomasa inicial: C1-65%, C2-66,5%, A1-46% y A2-44%.

Los efectos del fertilizante son pocos, las pérdidas de peso en su mayoría no aumentaron en las parcelas fertilizadas, lo cual confirma lo que sostienen algunos investigadores "La Descomposición depende principalmente del sustrato original y los fertilizantes lo afectan poco".

Al conjugar los dos efectos diríamos: el corte empleado con mayor frecuencia modifica la descomposición, ocasiona cambios en el patrón e incrementa las cantidades liberadas; el fertilizante no produce efectos tan notables como el corte, a veces acelera las pérdidas otras no, lo cual permite sugerir que su empleo no es tan necesario ya que podríamos aumentar la fertilidad del suelo sólo con los cortes.

Los efectos del corte son mayores sobre las porciones subterráneas.

Descomposición en la fase rápida

En vista de que las porciones aéreas presentaron grandes pérdidas de peso durante las primeras cuatro semanas, se repite el experimento pero extrayendo las bolsas cada cinco días y los resultados permiten concluir que:

- El corte acelera el proceso de descomposición de las porciones aéreas, presentándose la mayor intensidad en las cercanías al corte (5to día-11,8% Vs 20vo día-38%).
- Lo mismo sucede con las porciones subterráneas: 5o día-7% Vs 10o-15o-5%. Pero a partir de ese día el descenso es lento.

En ambos casos (aéreas y subterráneas), esa mayor intensidad en las pérdidas de peso es el reflejo de una mayor actividad de los organismos, la cual es causada por el corte.

- En las porciones aéreas el proceso es más rápido por la composición química y estructura, existen menos tejidos mecánicos, menos lignina, lo cual nos refleja la importancia de la calidad del sustrato, factor determinante en el proceso de Descomposición.
- A la influencia del corte sobre los organismos y a la

calidad del recurso se agregan los efectos de la precipitación; se observa que en los días que se recibe mayor precipitación se acelera el proceso, poniéndose en evidencia el efecto del clima.

Con la repetición del experimento de las bolsas de descomposición se confirmaron los efectos del clima, organismos del suelo y calidad del recurso sobre el proceso Descomposición.

Dinámica de los elementos químicos

Al analizar la dinámica de los elementos químicos en las porciones aéreas en descomposición se observa:

- El **nitrógeno** y el **potasio** en las seis parcelas declinan los primeros meses (3 ó 4 y 2 respectivamente), luego permanecen relativamente constantes. El **magnesio** se incrementa primero, luego declina por 2-4 meses y se estabiliza. El **calcio** en B1-B2 sufre un incremento inicial, en las otras desciende de una vez. El **fósforo**, tiene comportamiento diferente en A2 y C2; en la primera se incrementa al comienzo, desciende el mes siguiente, luego asciende de nuevo para descender y estabilizarse; en C2, declina un mes, asciende el siguiente, se estabiliza durante Septiembre y luego desciende para estabilizarse a partir del 28 de Octubre. En el resto de las parcelas, el descenso inicial se extiende dos meses, es seguido por un

pequeño incremento y una disminución antes de entrar en el período de valores casi constantes.

- Todos los elementos tienen patrón estacional, períodos de declinación que coinciden con la época lluviosa y de inmovilización que se extienden a lo largo de la época seca. La declinación puede atribuirse al lavado por las lluvias y al aumento de la actividad de la población saprófaga. La inmovilización, a la incorporación del elemento a tejidos. El magnesio en las parcelas B2-B1-A1 y el fósforo en A2 presentaron incrementos que se explican por la mayor captura de las hifas fúngicas u otros organismos.
- Los rangos nos señalan que el elemento que registró mayores concentraciones fue el potasio, las menores el fósforo y el orden decreciente sería: $K > Mg > Ca > N > P$.
- Las pérdidas máximas fueron para N: 79,92%, fósforo: 89,94%, Nitrógeno 89,84%, potasio 99,99%, magnesio 86,21% y calcio 99,79%.
- Las cantidades liberadas ocurrieron más en las parcelas sometidas a cortes, lo cual unido a la presencia de fluctuaciones en el patrón de Mg que pueden ser favorables para las plantas, permite señalar la conveniencia del corte cada 30 días.
- Para N-Ca-Mg, se observaron los efectos positivos del fertilizante, pues las cantidades liberadas fueron mayores en las parcelas fertilizadas; sin embargo, como esta

superioridad en C2 (parcela no cortada y fertilizada) se extiende sólo los primeros meses, podríamos decir que no se justifica la inversión, el corte cada 30 días sería suficiente.

Las conclusiones para las porciones subterráneas serían: El patrón de N es similar en las parcelas B2-C1, diferente en el resto presentando en común: el incremento inicial, una fase de declinación y la presencia de dos ó tres picos, separados por fases de disminución. El Ca reporta escasas diferencias entre las parcelas y una fase de deflexión inicial seguida de picos que difieren en número y mes de ocurrencia; el Mg en C1-C2-A2-B2 presenta patrones parecidos, en las otras diferentes, en todas se presentan muchas fluctuaciones y muy pocas fases de estabilización. El P no sigue el mismo patrón en las seis parcelas, presenta común solo: la declinación inicial, los picos que difieren en número y mes de ocurrencia. El K registra similar patrón en A1-C1 y lo común entre todos es: el incremento inicial, la fase de declinación y los picos separados por deflexiones. Por consiguiente, los elementos en las porciones subterráneas en descomposición reportan diferencias entre si y algunas veces entre las parcelas. Además, no se puede hablar de un patrón estacional.

- Los elementos presentan fases de deflexiones atribuibles al lavado o aumento del catabolismo, además incrementos

producidos por la mayor captura por parte de organismos y muy pocas fases de estabilización.

- Los rangos nos señalan que el elemento que registra las mayores concentraciones es: Mg, las menores: P y el orden decreciente sería $Mg > K > N > Ca > P$.
- Las pérdidas máximas fueron: para nitrógeno 47,62%; magnesio 84%, nitrógeno 96,38%, potasio 75,90% y fósforo 85,48%.
- La presencia de mayores cantidades liberadas en las parcelas sometidas a cortes periódicos, la posibilidad de cambiar el patrón del elemento para favorecer a las plantas, permiten recomendar este tipo de tratamiento para el manejo de la sabana. El efecto del fertilizante se observó para K, Ca, Mg y P pero en los meses iniciales, lo cual no justificaría la inversión.
- El efecto de los cortes periódicos en el patrón y concentración de los elementos químicos fue mucho mayor sobre las porciones subterráneas, lo cual es favorable en la sabana ya que allí las porciones aéreas son comidas, eliminadas por el corte o se muere durante la época seca, quedando sólo las subterráneas que realizarán un gran papel en el reciclaje de nutrientes.

Amonificación - Nitrificación - Mineralización

Con el objeto de tener más argumentos para insistir en los beneficios del corte periódico, se realizaron las

determinaciones de amonificación, nitrificación y mineralización el 2do, 5to, 9no, 13vo y 16vo día después del corte, con incubaciones in situ. Los resultados permiten concluir:

- Antes del corte las concentraciones de amonio y nitrato eran parecidas; 1,436 y 1,594mg/kg.
- Después del corte, las concentraciones iniciales de amonio son mayores que las de nitrato, aunque sólo los días más próximos al corte (19 y 20), ya que luego disminuyen al alejarse del mismo; mientras que las de nitratos aumentan; por lo tanto es posible concluir que en un comienzo las concentraciones de amonio son superiores, pero luego se invierte la situación.

Estos ascensos pueden atribuirse a efectos del corte sobre la actividad de los organismos del suelo que acelera y aumenta las concentraciones, el descenso después confirma una disminución de dicha actividad.

- La amonificación neta se incrementó del 20 al 18vo día después del corte y luego descendió; las concentraciones finales de amonio fueron tan bajas que no se detectaron en la mayoría de las observaciones, pudiéndose concluir que la amonificación es muy escasa en las incubaciones, sobre todo al alejarse del corte; además, la amonificación neta fue negativa o cercana a cero en la mayoría de los periodos de incubación.

- La **Nitrificación neta** fue positiva durante todas las incubaciones, porque las concentraciones iniciales fueron pequeñas y porque gran parte del amonio fue oxidado a nitrato. No obstante, dicha nitrificación ascendió hasta el día 21vo después del corte y luego descendió.
- La **mineralización neta** presentó ascensos continuos después del corte lo cual es favorable para las plantas que están en crecimiento activo, estableciéndose una regulación para minimizar las pérdidas por lavado.
- El N mineral en esa sabana, puede estar disponible como amonio o nitrato, pero el hecho de que el amonio es mucho menor varios días después del corte y la amonificación neta es tan escasa, es posible concluir que la nitrificación es más frecuente. Los resultados de los suelos incubados pueden extenderse a los suelos cercanos no incubados y ponen de manifiesto que el corte puede ser utilizado para el manejo de la sabana, ya que incrementa las concentraciones de amonio y nitrato en el suelo, la nitrificación neta y mineralización neta, lo cual redundaría en un aumento de la fertilidad.

Respiración Edáfica

Con el objeto de demostrar como la actividad de los organismos del suelo es mayor en las proximidades del corte, se determinó la **respiración edáfica** los días 10, 50, 80,

139 y 159 después del corte, observándose que los valores más altos se registran el primer día donde alcanzó 6,5g en 13h10' y 660cm²; después declinó llegando hasta 1,2618 mg en 13h30' y 660 cm²; lo cual pone de manifiesto que la actividad microbial es mayor en la cercanía al corte y después declina, es decir se incrementa con el corte.

Los resultados obtenidos permiten recomendar para el manejo de la sabana, el corte cada 30 días, debido a que al aplicarlo:

- Las pérdidas de peso en las porciones aéreas y subterráneas son mayores, lo cual señala mayores cantidades de nutrientes liberadas.
- Ocasiona cambios en el patrón de los pesos de las porciones subterráneas (hipógeas), que pueden ser utilizados en beneficio de las plantas.
- Las cantidades liberadas de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio son mayores, en las porciones aéreas y subterráneas sometidas a este tratamiento. Además, se pueden producir cambios en los patrones de estos elementos en las porciones subterráneas, los cuales son favorables para las plantas.
- La concentración de amonio y nitrato, la nitrificación, amonificación y mineralización se incrementaron después del corte y posteriormente declinaron.
- La respiración edáfica se incrementó en las proximidades

al corte y luego disminuyó, poniéndose en evidencia el aumento de la actividad de la población saprófaga al aplicar el corte, lo cual redundaría en una mayor descomposición, principalmente en una mayor liberación de nutrientes. Además, esa liberación estaría coordinada con la fase de crecimiento activo de las plantas, favoreciéndose la captura de nutrientes y disminuyéndose las pérdidas por lavado.

En algunas oportunidades se observaron efectos positivos del fertilizante químico agregado; sin embargo, como se manifestaron solamente en las observaciones iniciales (aproximadamente hasta la segunda o tercera) se podría concluir que no se justifica la inversión. Si a esto anexamos el aumento de los costos y los problemas ecológicos causados por su uso, no quedan dudas sobre la conveniencia de seleccionar el corte frecuente o pastoreo simulado para el manejo de la sabana, teniendo como objetivo principal el aumento de la fertilidad.

IX BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, D. 1988. Economía hídrica de dos agroecosistemas tropicales; una pastura permanente y un cultivo de maíz, Tesis de grado, Fac. de Ciencias, ULA - Mérida.
- ALDANA, T, HETIER, J, SARMIENTO, G, AMAYA, I y BURBAUD, J. 1989. Suelo de sabana: Presente y futuro del desarrollo agrícola Venezolano. Destino del fertilizante nitrogenado en dos cultivos de maíz y pasto permanente sobre un alfisol de sabana. Trabajo presentado en el X Congreso Venezolano de la Ciencia del suelo. 16p Maturín.
- AMATO, N & LADD, J. 1980. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils - V. Formation and Distribution of Isotope - Labelled biomass during decomposition of ¹⁴C and ¹⁵N Labelled plant material. Soil Biol. Biochem. 12: 405-411.
- AMATO, M, JACKSON, R, BUTLER, H, & LADD, J. 1984. Descomposición of Plant Material in Australian Soil, II Residual Organic ¹⁴C and ¹⁵N from Legume Plant Parts Decomposing under Field and Laboratory Conditions, Aust. J. Soil Res 22: 331-341.
- ANDERSON, J; PROCTOR, J & VALLACK, H. 1983. Ecological Studies in four contrasting lowland rain forest in Gunung Mulu National Park, Sarawak, III Descomposición processes and nutrient losses from leaf litter, Journal of Ecology 71: 503-527.
- ANDERSON, J & SWIFT, M. 1983. Descomposición in tropical rain forests. En S.L. Sutton, A.C. Chadwick y T.C Whitmore (eds). Tropical Rain Forest: Ecology and Management 287-309 Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp.287-309.
- BAPTISTA, A. 1986. Relaciones entre las características y propiedades del suelo con la frecuencia de diferentes especies leguminosas precisando su amplitud ecológica en el Estado Barinas, Universidad Nacional Experimental de los

Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora". Barinas. 116 p.

- BASTARDO, H y RIVERA C. El Proceso de Descomposición y su importancia agro-ecológica en las Sabanas inundables de los Llanos Venezolanos. Revisión sobre el proceso descomposición U.C.V. Caracas 101 pp. (sin publicar).
- BERNHARD,- REVERSAT, F. 1982. Biogeochemical cycle of nitrogen in a Semiarid Savanna, Oikos 38:321-332.
- BLACK, C. 1968. Soil plant-relationship, John Wiley & Sons, Inc, New York, 712 pp.
- BOLIN, B, CRUTZEN, P, VITOUSEK, P, WOODMANSEE, R, GOLDBERG, E & COOK, R. 1983. Interactions of biogeochemical cycles. En the Major Biogeochemical Cycles and their Interactions, Ed. by B. Bolin & R.B. Cook. Scope 1-39.
- BOLIN, B ROSWALL, T, RICHEY, & J FRENEY, J. 1983. C,N,P and S Cycles: Major Reservoirs and fluxes, En The Major Biogeochemical cycles and their interactions, Ed by Bolin & R.B. Cooke, SCOPE 41-65.
- BULLA, L, MIRANDA, R. y PACHECO, J. 1980. Producción, Descomposición, flujo de materia orgánica y Diversidad en una sabana de banco del Módulo Experimental de Mantecal (Estado Apure, Venezuela). Acta Científica Venezolana 31: 331-338.
- BULLA, L, PACHECO, J y MIRANDA, R. 1980. Ciclo Estacional de la biomasa verde, muerta y raíces en una sabana inundada de estero en Mantecal (Venezuela). Acta Científica Venezolana 31: 339-344.
- BUNNELL, F & SCOLLAR, K. 1975. Abisko II. A computer simulation model of carbon flux in tundra ecosystems. In Structure and function of tundra ecosystems Ed. T. Roswall, Ecol Bull 20: 425 - 448.
- BURGEN, JAND W. 1984. Pritchett. Effects of clearfelling and site preparation on nitrogen mineralization in a Southern Pine Stand, Soil Sci. Soc. Am J. 48:1432-1437.
- CAMPBELL, C. 1978. Soil organic carbon, nitrogen and fertili

- ty, In M. Schnitzer y S.U Khan, Soil organic matter, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam 271 p.
- CLARK, F. 1977. Internal Cycling of Nitrogen in Shortgrass - Prairie, *Ecology* 58: 1322 - 1333.
- COLEMAN, D, REID, C & COLE, E. 1983. Biological Strategies of Nutrient Cycling in Soil Systems, In Nutrient Strategies in Soil Systems Ed By Coleman et al. pp. 1-44,
- COLEMAN, D.C. 1984. Descomposición, orgánico matter turnover, and nutrient dynamics in agroecosystems. En R. Lowrance, B. Stinner & G.J. House. *Agricultural Ecosystems* 83-104.
- COOPER, A. 1982. Litter fall and Descomposición in Tropical Xeromorphic Woodland and Shrub, *Tropical Ecology* 23(2): 193-207.
- CROPPER, A, CARTER, K & RAICH, J. 1985. The measurement of soil CO₂ evolution in situ, *Pedobiología*, 28: 35-40.
- CHAIROJ, P, KIMURAM, WADA, H & TAKAI, Y. 1985. Nitrogen dynamics in the uppermost part of submerged paddy soils in temperate and tropical regions, *Soil Sci, plant, Nutr.* 31 (2), 175-187.
- EDWARDS, P. 1977. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea, II the production and disappearance of litter, *J. Ecol.* 65: 971-992.
- ESTRADA, T. 1989. Mineralización de Nitrógeno en Suelos Cultivados y con Bosques Naturales de los Estados Barinas y Portuguesa. Trabajo de Grado para optar al título Magister Scientiarum. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas. 149 pp.
- EWEL, J. 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala, *Journal of Ecology* 64: 293-308.
- FASSBENDER, H y GRIMM, U. 1981. Ciclos Biogeoquímicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II Producción y descomposición de los residuos vegetales.

Turrialba 31(1): 39-47.

- FLOATE, M. 1970. Mineralisation of nitrogen and phosphorus from organic materials of plant and animal origin and its significance in the nutrient cycle of grazed upland and hill soil. *J. Br. Grassland Soc* 25: 295-302.
- FLOATE, M. 1970. Descomposición of organic materials from hill soil and pastures. II Comparative Studies of the mineralisation of carbon, nitrogen and phosphorus from plant and sheep faeces. *Soil Biol. Biochem* 2: 173-185.
- GASSER, J. 1982. Agricultural productivity and the nitrogen cycle, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 296:303-314.
- GORHAM, & VITOUSEK, W. 1979. The Regulation of Chemical Budgets Over The Course of Terrestrial Ecosystem Succession; *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10: 53-84.
- GRIMM, V. & FASSBENDER, H.W. 1981. Ciclos Bioquímicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I Inventario de las Reservas Orgánicas y Minerales (N,P,K,C,A,Mg,Mn,Fe,Al,Na) *Turrialba* 31(1): 27-37.
- GRIMM, V. & FASSBENDER, H.W. 1981. Ciclos Biogeoquímicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. III Ciclo Hidrológico y Traslocación de Elementos Químicos con el Agua. *Turrialba*. 31(2): 89-99.
- HABER, W. 1958. Okologische untersuchung der Bodenatmung. *Flora* 196: 109-157.
- HAINES, B. 1977. Nitrogen Uptake Apparent pattern during old field Succession in Southeastern, U.S, *Oecol* 26: 295-303.
- HENDRICKSON, O & Robinson, J. 1984. Effects of roots and litter on mineralization processes in forest soil, *Plant and Soil* 80, 391-405.
- HERNANDEZ, I. 1985. Contribución al estudio del balance de carbono en el suelo, en un cultivo de caña de azúcar: Desaparición de raíces, desaparición de hojarasca y respiración edáfica. Trabajo Especial de Grado.

Universidad Central de Venezuela. Caracas
91p.

- HORNBY, W, BROWN, K & THOMAS, J. 1985. Nitrogen Mineralization Potentials of Revegetated Lignite Overburden in the Texas Gulf Coast, Soil Sci. Soc. Am. J: 50: 1.484 - 1.489.
- HOUSE, G.J, STINNER, B.R. CROSSLEY, D.A. & ODUM E.P. 1984. Nitrogen Cycling in Conventional and No-Tillage Agro-Ecosystems: Analysis of Pathways and Processes. Journal of Applied Ecology 21: 991- 1012.
- ISHAQUE, M & A. CORNFIELD. 1972. Nitrogen Mineralization & Nitrification during incubation of East Pakistan Soils in relation to pH, Plant Soil, 37: 91-95.
- JACKSON, R y RAW, F. 1974. La vida en el suelo, Cuadernos de Biología, Ediciones Omega, España, 70 pp,
- JENKINSON, D.S. 1982. The Nitrogen Cycle in long-Term Field Experiments Phil Trans. R. Soc. Lond. B 296: 563-571.
- JORDAN, C. 1982. The Nutrient balance of an Amazonian Rain Forest, Ecology 63(2): 647-654.
- JORDAN, C, CASKEY, W, ESCALANTE, G, HERRERA, R, MONTAGNINI, F, TODD, R, & UHL, C. 1983. Nitrogen dynamics during conversion of primary Amazonian rain forest to slash and burn agriculture, Oikos, 40: 131-139.
- KARLOVSKY, J. 1931. Cycling of nutrients and their utilisation by plant in agricultural ecosystems, Agroecosystems 7: 127-144.
- KOEPEN, W. 1931. Climatología, con un Estudio de los Climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica, México, Buenos Aires.
- LADD, J OADES, J & AMATO, M. 1981. Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soils sown to wheat in the field, Soil Biol, Biochem. 13: 251-256.
- LEE, J. HARMER, R & IGNACIUK, R. 1983. Nitrogen as a limiting factor in plant communities, In Nitrogen as an Ecological factor. Ed Lee. J et

at, 95-112. Blackwell.

- MARRS, R, ROBERTS, R & SKEFFINGTON, R. 1981. Nitrogen and the development of Ecosystems, *Journal of Ecology* 69: 113-136.
- MARRS, R.H. PROCTOR, J. HEANEY A. y MOUNTFORD, M.D. 1988. Changes in soil nitrogen-mineralization and nitrification along an altitudinal transect in tropical rain forest in Costa Rica, *Journal of Ecology*, 76: 466-482.
- MATSON, P & R, BOONE. 1984. Natural disturbance and nitrogen mineralization: wave - form dieback of mountain hemlock in the oregon cascades, *Ecology* 65 (5): 1511-1516.
- MARUMOTO, T ANDERSON, J & DOMSCH, K. 1982. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. In *Soil Biol. Biochem* 14: 469-475.
- MEDINA, E. 1966. Producción de hojarasca, respiración edáfica y productividad vegetal en bosques deciduos de los Llanos Centrales de Venezuela. En programa Biol. del suelo. Monografía I. Centro Coop. Cient. UNESCO Amer. Lat. E. A. Rapport (Ed) Montevideo pp:97-108.
- MEDINA, E. 1969. Respiración edáfica de algunas comunidades tropicales. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 28 (115/115): 211-230.
- MEDINA, E. 1987. Nutrients: Requirements, conservation and cycles in the herbaceous layer, In *Determinants of Savannas* Walker, B. (ed): IUBS Monographs Series 3: 39-65.
- MONTAGNINI, F HAINES, B, BORING, L, SWANK, W. 1986. Nitrification potentials in early successional black locust and in mixed hardwood forest stand in the southern Appalachians.
- NADELHOFFER, K y MELILLO, J. 1984. Seasonal patterns of ammonium and nitrate uptake in nine temperate forest ecosystems, *Plant and Soil* 80: 321-334.
- NADELHOFFER, K. ABER, J y MELILLO J. 1985. Fine roots, net primary production and soil nitrogen availability: a New hypothesis, *Ecology* 66(4): 1377-1390.

- NAKAS, J.P y KLEIN, D.A. 1981. Use of an amino acid mixture to estimate the mineralization capacity of grassland soils. *Soil. Biol. Biochem.* 13: 427-428.
- NEWBOULD, P. 1978. Terrestrial Nitrogen Cycles: problems present Knowledge and future research needs. *Terrestrial Nitrogen Cycles*. 671-690. Ed Clark F & Roswall, T.
- PAUL, E y JUNA, N. 1981. Mineralization and immobilization of soil nitrogen by microorganisms. In *Terrestrial Nitrogen Cycles* (eds) Clark, F & Roswall, T. *Ecol. Bull.* 33: 179-195.
- FOWLSON, D. 1980. Effect of cultivation on the mineralization of nitrogen in soil, *Plant Soil* 57: 151-153.
- ROBERTSON, G & VITOUSEK, P. 1981. Nitrification in primary and secondary succession. *Ecology* 62: 376-386.
- ROSSWALL, T. 1982. The Biogeochemical Nitrogen Cycle, In *Some perspectives of the major biogeochemical cycles*. Ed by E. Likens Scope 25-49.
- SAN JOSE, J, BERRADES, F & RAMIREZ, J. 1982. Seasonal changes of growth, mortality and disappearance of belowground root biomass in the Trachypogon Savanna grass. *Oecol. Plant* 17(4): 347-358.
- SARMIENTO, G. 1978. Estructura y funcionamiento de sabanas neotropicales. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela pp 242-324.
- SARMIENTO, G & MONASTERIO, M. 1969. Studies on the Savanna Vegetation of the Venezuelan Llanos I. The Use of Association - Analysis. *J. Ecol* 57(3).
- SHEN, S PRUDEN, G & JENKINSON, D. 1984. Mineralization and immobilization of nitrogen in fumigated soil and the measurement of microbial biomass nitrogen, *Soil Biol. Biochem.* 16: 437-444.
- SINHA, M.K. SINHA, D. AND SINHA, H. 1977. Organic Matter Transformation in Soils V. Kinetics of Carbon and Nitrogen Mineralization in Soils Amended With Different Organic Materials:

- SILVA, J MONASTERIO, M y SARMIENTO, G. 1971. Reconocimiento Ecológico de los Llanos Occidentales II. El Norte del Estado Barinas, Acta científica Venezolana, 22: 61-71.
- SILVA, J. 1972. Influencia de los Procesos Pedogenéticos en la diferenciación de Comunidades y en el comportamiento de las Especies en los Llanos Occidentales de Venezuela. Universidad de los Andes, Mérida, 53 p.
- SILVA, J. 1982. Fenología, Estrategias Reproductivas y Coexistencia en Especies de gramíneas de una Sabana Tropical. Universidad de los Andes, Mérida.
- SOKAL, R & ROHLF, J. Biometry. 1981. The principles and practice of statistics in Biological Research. WH Freeman and Company San Francisco 859 pp.
- SWIFT, M, HEAL, O & ANDERSON, J. 1979. Descomposición in terrestrial ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 371 pp.
- SWIFT, M, RUSSELL, M, SMITH, A y PERFECT, T. 1981. Descomposición and Mineral Nutrient Dynamics of Plant Litter in a Regenerating Bush - Fallow in Sub Humid Tropical Nigeria. Journal of Ecology 69:981-995.
- SWIFT, M.J. 1984. Soil Biological Processes and Tropical Soil Fertility: A proposal for a collaborative Programme of Research. The International Union of Biological Sciences News Magazine, special ISSUE-5 Biology International Lancaster, United Kingdom.
- TANNER, E. 1981. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forest. Journal of Ecology 69: 263-275.
- UNESCO MAB - IUBS. 1986. Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). Inter-Regional Research planning Workshop. Ed by M.J Swift, Biology International - Special ISSUE - 13.
- VITOUSEK, P, GOSZ, J, GRIER, C, MELILLO, J, & REINERS, W. 1982. A comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest

ecosystems. *Ecological Monographs* 52: 155-177.

- VITOUSEK, P & MATSON, P. 1985. Disturbance, Nitrogen availability, and Nitrogen losses in an intensively managed loblolly pine plantation, *Ecology* 66(4): 1360-1376.
- VORONEY, R, & PAUL, E. 1981. Organic C Dynamics in grassland soils. 2 Model validation and simulation of the longterm effects of cultivation and rain fall erosion, *Can J. Soil, Sci.* 61: 211-224.
- WALTER, H. 1960. Standortlerhe (Phytologie III/1). Ed Ulmer Verlag. Stuttgart.
- WARING, S & BREMNER, J. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability, *Nature* 201: 951-952.
- WHITEHEAD, D & DAWSON, K. 1984. Nitrogen including 15-N-labelled fertilizer nitrogen, in components of a grass sward, *Journal of Applied Ecology*, 21: 983-989.
- WOODMANSEE, R DODD, R, BOWMAN, R, CLARK, F, DICKINSON, C. 1978. Nitrogen Budget of a Shortgrass Prairie Ecosystem. *Becologia* 34: 363-376.
- ZINK, A y STAGNO, P. 1966. Estudio Edafológico de la zona Río Santo Domingo - Río Paquey, Estado Barinas; Ministerio de Obras Públicas. Guanare.

TABLAS

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
PRECIPITACION (mm)												
AÑO 88	0,0	5,7	14,8	49,8	92,7	310,6	207,8	328,9	211,0	271,0	136,3	16,5
AÑO 89	2,9	21,4	11,2	14,3	215,6	168,6	189,3	77,7	246,1	243,1	55,5	32,2
RADIACION SOLAR (cal/min/cm ²)												
AÑO 88	10.698	10.050	12.259	9.415	10.164	9.564	11.482	10.955	11.615	10.747	9.888	10.207
AÑO 89	10.002	10.340	10.290	11.260	9.332	10.084	10.235	11.477	10.483	9.986	9.432	9.692
TEMPERATURA MEDIA (°C)												
AÑO 88	27,9	28,6	29,4	29,0	27,7	25,8	25,5	25,6	26,1	26,5	26,3	26,2
AÑO 89	26,1	26,9	27,6	29,2	26,5	26,2	25,3	26,2	26,5	26,3	27,0	25,8

Tabla Nº 1 = Valores mensuales de Precipitación Total (mm), Radiación Solar Total (cal/min/cm²) y Temperatura Media (°C), de la Estación Barinas-Aeropuerto.

Evap.Tot. mm	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.988	239,8	218,0	308,2	249,9	195,8	150,5	144,5	167,8	164,7	163,7	148,8	173,7
1.989	188,6	172,6	234,0	259,2	166,2	165,8	143,0	175,5	159,2	158,1	159,0	163,7
Hum.Rel %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.988	63	57	49	57	67	82	84	83	80	79	79	71
1.989	63	55	58	57	73	73	80	79	78	78	76	69
Viento Km/h	Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.988	2,8	3,0	3,6	3,4	3,0	2,0	2,0	2,1	2,0	1,8	2,1	2,0

Tabla Nº 2 = Valores mensuales de Evaporacion Total (mm),
Humedad Relativa Media (%) y Radiacion Solar
(cal/min/cm2), de la Estacion Barinas-Aeropuerto.

Parcela	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	5,0 ± 0	3,10 ± 0,06	2,27 ± 0,30	0,92 ± 0,19	1,01 ± 0,25	0,18 ± 0,03	0,62 ± 0,14	0,56 ± 0,23	0,41 ± 0,09
A2	5,0 ± 0	2,61 ± 0,13	1,31 ± 0,23	0,33 ± 0,12	0,19 ± 0,07	0,29 ± 0,18	0,44 ± 0,10	0,27 ± 0,05	0,06 ± 0,01
B1	5,0 ± 0	2,95 ± 0,12	1,11 ± 0,33	0,22 ± 0,06	0,69 ± 0,39	0,28 ± 0,18	0,31 ± 0,03	0,45 ± 0,20	0,16 ± 0,07
B2	5,0 ± 0	3,10 ± 0,25	1,14 ± 0,31	0,41 ± 0,09	0,61 ± 0,18	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,03	0,08 ± 0,04	0,25 ± 0,10
C1	5,0 ± 0	3,19 ± 0,18	1,48 ± 0,27	0,54 ± 0,07	0,14 ± 0,04	0,12 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,16 ± 0,08	0,24 ± 0,05
C2	5,0 ± 0	3,17 ± 0,29	1,81 ± 0,08	0,95 ± 0,20	0,69 ± 0,25	0,06 ± 0,04	0,14 ± 0,04	0,07 ± 0,02	0,02 ± 0,14

Tabla Nº 8a = Valores de los pesos secos del material aéreo retenido en las bolsas de descomposición, expresados en gramos. Las cantidades representan las medias aritméticas y los errores standard.

Parcela	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	100	62,0	45,4	18,4	20,2	3,4	12,4	11,2	8,2
A2	100	52,2	26,2	6,6	3,8	5,8	8,8	5,4	1,4
B1	100	59,0	22,2	4,4	13,8	5,6	6,2	9,0	3,2
B2	100	62,0	22,6	8,2	12,2	1,2	1,6	1,6	5,0
C1	100	63,8	29,6	10,8	2,8	2,4	1,2	3,0	4,8
C2	100	63,4	36,2	19,0	13,8	1,0	3,0	1,4	0,8

Tabla Nº 8b = Valores de los pesos secos del material aéreo en descomposición, expresados en porcentaje de la biomasa inicial. Las cantidades representan las medias aritméticas.

Parcela	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	2,0 ± 0	2,15 ± 0,17	1,50 ± 0,36	1,65 ± 0,24	1,33 ± 0,18	1,04 ± 0,04	0,92 ± 0,23	1,68 ± 0,15	0,50 ± 0,02
A2	2,0 ± 0	1,84 ± 0,14	1,54 ± 0,10	0,68 ± 0,06	2,06 ± 0,04	0,61 ± 0,17	0,88 ± 0,22	0,53 ± 0,15	0,61 ± 0,13
B1	2,0 ± 0	2,39 ± 0,12	1,86 ± 0,28	1,70 ± 0,19	1,06 ± 0,16	1,53 ± 0,18	1,33 ± 0,23	0,84 ± 0,18	0,88 ± 0,28
B2	2,0 ± 0	1,80 ± 0,22	1,77 ± 0,07	1,26 ± 0,22	1,32 ± 0,14	0,85 ± 0,31	0,70 ± 0,20	0,31 ± 0,06	0,72 ± 0,17
C1	2,0 ± 0	2,27 ± 0,07	2,03 ± 0,31	1,40 ± 0,25	1,27 ± 0,31	1,00 ± 0,17	1,30 ± 0,21	0,45 ± 0,13	1,07 ± 0,21
C2	2,0 ± 0	2,26 ± 0,22	1,62 ± 0,23	0,91 ± 0,13	1,90 ± 0,17	1,05 ± 0,11	1,33 ± 0,36	0,57 ± 0,17	0,93 ± 0,08

Tabla Nº 9a = Valores de los pesos secos del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición, expresados en gramos. Las cantidades representan las medias aritméticas y los errores standard.

Parcela	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	100	107,5	75,0	82,5	66,5	52,0	46,0	80,0	25,0
A2	100	92,0	77,0	84,0	103,0	30,5	44,0	26,5	30,5
B1	100	119,5	93,0	85,0	53,0	76,5	66,5	42,0	44,0
B2	100	94,0	88,5	63,0	66,0	42,5	35,0	15,5	36,0
C1	100	113,5	101,5	70,0	63,5	50,0	65,0	22,5	53,5
C2	100	113,0	81,0	45,5	95,0	52,5	66,5	28,5	46,5

Tabla Nº 9b = Valores de los pesos secos del material subterráneo en descomposición, expresados como porcentaje de la biomasa inicial. Las cantidades representan las medias aritméticas.

	Hum.Relativa	Temperatura	Precipitación	Evaporación
Hoja - A1	+ 0,533 *	- 0,591 *	+ 0,582 *	- 0,423 *
Hoja - A2	+ 0,455 *	- 0,534 *	+ 0,466 *	- 0,413 *
Hoja - B1	+ 0,459 *	- 0,493 *	+ 0,471 *	- 0,416 *
Hoja - B2	+ 0,523 *	- 0,548 *	+ 0,531 *	- 0,475 *
Hoja - C1	+ 0,527 *	- 0,576 *	+ 0,524 *	- 0,461 *
Hoja - C2	+ 0,586 *	- 0,609 *	+ 0,622 *	- 0,509 *

Tabla Nº 10 = Coeficientes de correlación simple entre los pesos secos del material aéreo en descomposición y los elementos climáticos: Humedad relativa (%), temperatura media (°C), precipitación total (mm), evaporación total (mm), en los periodos de observaciones.

* No significativas a un nivel de probabilidad del 95%.

	Hum.Relativa	Temperatura	Precipitación	Evaporación
Raiz - A1	+ 0,394 °	- 0,321 °	+ 0,301 °	- 0,147 °
Raiz - A2	+ 0,599 °	- 0,547 °	+ 0,663 °	- 0,484 °
Raiz - B1	+ 0,718 *	- 0,853 *	+ 0,453 °	- 0,646 °
Raiz - B2	+ 0,856 *	- 0,827 *	+ 0,813 *	- 0,706 *
Raiz - C1	+ 0,763 *	- 0,931 *	+ 0,667 °	- 0,685 °
Raiz - C2	+ 0,649 °	- 0,722 *	+ 0,579 °	- 0,630 °

Tabla Nº 11 = Coeficientes de correlación simple entre los pesos del material subterráneo en descomposición y los elementos climáticos: Humedad relativa (%), temperatura media (°C), precipitación total (mm), evaporación total (mm), en los periodos de observaciones.

- * Significativas a un nivel de probabilidad del 95%.
- ° No significativas a un nivel de probabilidad del 95%.

Porción	Día cero 12 Jun 89	Día 5to 17 Jun 89	Día 10mo 22 Jun 89	Día 15vo 27 Jun 89	Día 20vo 2 Jul 89	Día 25vo 9 Jul 89
Subte- rránea	2 ± 0	1,87 ± 0,03	1,76 ± 0,03	1,77 ± 0,05	1,87 ± 0,04	1,47 ± 0,02
Aérea	5 ± 0	4,41 ± 0,08	4,05 ± 0,12	3,79 ± 0,17	3,60 ± 0,08	3,45 ± 0,18

Tabla Nº 12a = Valores de los pesos de las porciones subterráneas y aéreas en descomposición, extraídas cada cinco días y en la fase rápida. Las cantidades representan la media aritmética y el error standard.

Porción	Día cero 12 Jun 89	Día 5to 17 Jun 89	Día 10mo 22 Jun 89	Día 15vo 27 Jun 89	Día 20vo 2 Jul 89	Día 25vo 9 Jul 89
Subte- rránea	100%	93,5%	88,0%	88,5%	93,5%	73,5%
Aérea	100%	88,2%	81,0%	75,8%	72,0%	69,0%

Tabla Nº 12b = Valores de los pesos de las porciones subterráneas y aéreas en descomposición, extraídas cada cinco días y en la fase rápida. Las cantidades están expresadas como porcentaje de la biomasa inicial.

Nitróg.	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	2,13 ± 0	2,15 ± 0,001	1,40 ± 0,001	1,14 ± 0,002	1,29 ± 0,001	0,74 ± 0,001	0,68 ± 0,003	1,20 ± 0,15	0,120 ± 0,08
A2	2,13 ± 0	2,21 ± 0,002	1,81 ± 0,001	1,11 ± 0,001	0,99 ± 0,000	1,62 ± 0,001	0,71 ± 0,000	1,00 ± 0,02	0,260 ± 0,02
B1	2,13 ± 0	2,34 ± 0,0002	1,41 ± 0,0001	2,12 ± 0,0001	0,98 ± 0,000	1,10 ± 0,000	0,96 ± 0,002	0,84 ± 0,01	0,140 ± 0,02
B2	2,13 ± 0	1,72 ± 0,001	1,48 ± 0,001	1,35 ± 0,001	1,07 ± 0,001	1,61 ± 0,000	0,70 ± 0,000	1,12 ± 0,03	0,140 ± 0,02
C1	2,13 ± 0	2,30 ± 0,001	1,50 ± 0,001	1,22 ± 0,002	0,85 ± 0,000	1,50 ± 0,004	0,73 ± 0,00	0,87 ± 0,03	0,230 ± 0,03
C2	2,13 ± 0	2,16 ± 0,003	1,91 ± 0,001	1,96 ± 0,001	1,90 ± 0,001	1,05 ± 0,000	0,84 ± 0,00	1,50 ± 0,02	0,180 ± 0,02

Tabla Nº 13a = Valores de la cantidad de Nitrógeno en las porciones aéreas en descomposición, expresada en ppm. Los valores representan la media aritmética y el error standard.

Nitróg.	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,1065	0,06665	0,03178	0,010488	0,013029	0,001258	0,004216	0,00672	0,00287
A2	0,1065	0,057681	0,023711	0,003333	0,001881	0,004698	0,009372	0,0027	0,000665
B1	0,1065	0,06903	0,015651	0,004664	0,006762	0,00308	0,002976	0,00378	0,00192
B2	0,1065	0,05332	0,016724	0,005535	0,006527	0,000966	0,00056	0,000896	0,001175
C1	0,1065	0,07337	0,0222	0,006588	0,00119	0,0018	0,000438	0,001305	0,002088
C2	0,1065	0,068472	0,034571	0,01862	0,01311	0,000525	0,00126	0,00105	0,017466

Tabla Nº 13b = Valores de la cantidad total de Nitrógeno en las porciones aéreas en descomposición, expresada en g. Los valores representan la media aritmética.

Potasio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	9,70	6,70	4,54	3,86	3,77	3,57	5,32	4,70	5,40
A2	9,70	5,87	4,35	4,16	6,68	3,28	4,35	2,80	4,90
B1	9,70	5,28	5,32	5,42	4,35	4,25	4,64	5,50	4,10
B2	9,70	5,13	4,35	4,16	6,39	2,00	2,12	3,00	5,60
C1	9,70	4,79	4,74	4,45	2,12	2,50	Trazas	5,50	5,30
C2	9,70	7,56	4,64	4,93	5,71	Trazas	5,03	3,80	4,40

Tabla Nº 14a = Valores de la cantidad de Potasio en las porciones aéreas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Potasio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	4,850	0,2078	0,103058	0,035512	0,038077	0,006069	0,032984	0,02632	0,02214
A2	4,850	0,1532	0,056985	0,013728	0,012692	0,009512	0,01914	0,00756	0,00343
B1	4,850	0,1557	0,059052	0,011924	0,030015	0,0119	0,014384	0,02475	0,00656
B2	4,850	0,1589	0,049155	0,017056	0,038979	0,0012	0,001696	0,0024	0,014
C1	4,850	0,1528	0,070152	0,02403	0,002968	0,003	ERR	0,00825	0,01272
C2	4,850	0,2397	0,083984	0,046835	0,039399	0,0000	0,007545	0,00266	0,03608

Tabla 14b = Valores de la cantidad total de Potasio en las porciones aéreas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Calcio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	2,83	4,42	1,34	1,60	0,82	0,46	0,24	0,55	0,32
A2	2,83	4,74	3,77	0,87	0,28	0,98	0,26	0,28	0,25
B1	2,83	4,90	1,82	4,87	0,62	0,46	0,58	0,46	0,81
B2	2,83	4,87	2,14	1,46	0,63	0,03	0,10	0,54	0,58
C1	2,83	3,10	1,08	0,97	0,01	0,23	0,03	1,12	0,20
C2	2,83	3,82	4,14	3,44	2,10	0,01	0,26	0,77	1,13

Tabla Nº 15a = Valores de la cantidad de Calcio en las porciones aéreas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Calcio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,1415	0,13702	0,030418	0,01472	0,002828	0,000782	0,001488	0,00308	0,001312
A2	0,1415	0,123714	0,049387	0,002871	0,001178	0,002842	0,001144	0,000756	0,000175
B1	0,1415	0,14455	0,020202	0,010714	0,004347	0,001288	0,001798	0,00207	0,001296
B2	0,1415	0,15097	0,024182	0,005986	0,000061	0,000018	0,00008	0,000432	0,00145
C1	0,1415	0,09889	0,015984	0,005238	0,00294	0,000276	0,000018	0,00168	0,00048
C2	0,1415	0,121094	0,074934	0,03268	0,0000	0,000005	0,00039	0,000539	0,009266

Tabla Nº 15b = Valores de la cantidad de Calcio en las porciones aéreas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Magne sio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 2,25	ppm 5,75	ppm 4,00	ppm 4,75	ppm 4,00	ppm 4,00	ppm 4,25	ppm 2,25	ppm 3,00
A2	2,25	6,25	4,25	4,00	6,00	3,50	4,25	1,25	1,00
B1	2,25	4,25	7,00	7,25	5,00	4,75	4,50	2,75	2,50
B2	2,25	4,00	4,50	5,00	6,50	1,25	2,50	1,75	3,50
C1	2,25	5,25	6,50	4,50	2,00	2,50	1,25	3,25	1,25
C2	2,25	4,75	5,75	5,50	4,75	1,25	4,00	1,25	3,00

Tabla Nº 16a = Valores de la cantidad de Magnesio en las porciones aéreas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Magne sio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,045	0,17825	0,0908	0,0437	0,0404	0,0068	0,02635	0,0126	0,0123
A2	0,045	0,163125	0,055675	0,0132	0,0114	0,01015	0,0187	0,003375	0,0007
B1	0,045	0,125375	0,0777	0,01595	0,0345	0,0133	0,01395	0,012375	0,004
B2	0,045	0,124	0,05085	0,0205	0,03965	0,00075	0,002	0,0014	0,00875
C1	0,045	0,167475	0,0962	0,0243	0,0028	0,003	0,00075	0,004875	0,003
C2	0,045	0,150575	0,104075	0,05225	0,032775	0,000625	0,006	0,000875	0,0246

Tabla 16b = Valores de la cantidad de Magnesio en las porciones aéreas expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Fósforo	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 0,200 ± 0	ppm 0,205 ± 0,00	ppm 0,193 ± 0,03	ppm 0,135 ± 0,05	ppm 0,175 ± 0,05	ppm 0,070 ± 0,03	ppm 0,140 ± 0,04	ppm 0,120 ± 0,00	ppm 0,130 ± 0,02
A2	0,200 ± 0	0,620 ± 0,07	0,133 ± 0,03	0,208 ± 0,01	0,140 ± 0,01	0,143 ± 0,01	0,058 ± 0,02	0,180 ± 0,02	0,110 ± 0,02
B1	0,200 ± 0	0,220 ± 0,04	0,278 ± 0,04	0,238 ± 0,11	0,083 ± 0,20	0,120 ± 0,03	0,195 ± 0,07	0,140 ± 0,02	0,120 ± 0,03
B2	0,200 ± 0	0,243 ± 0,05	0,140 ± 0,01	0,248 ± 0,01	0,098 ± 0,03	1,000 ± 0,02	0,113 ± 0,01	0,380 ± 0,01	0,320 ± 0,02
C1	0,200 ± 0	0,233 ± 0,03	0,220 ± 0,02	0,278 ± 0,03	0,415 ± 0,03	0,296 ± 0,07	0,190 ± 0,01	0,120 ± 0,03	0,180 ± 0,03
C2	0,200 ± 0	0,063 ± 0,01	0,310 ± 0,05	0,285 ± 0,03	0,160 ± 0,04	0,270 ± 0,05	0,135 ± 0,04	0,300 ± 0,03	0,140 ± 0,02

Tabla Nº 17a = Valores de la cantidad de Fósforo en las porciones aéreas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética y el error standard.

Fósforo	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,01	0,006355	0,004381	0,0027	0,001767	0,000119	0,000868	0,000672	0,000533
A2	0,01	0,016192	0,001742	0,00416	0,000266	0,000414	0,000255	0,000486	0,000077
B1	0,01	0,00649	0,003085	0,00476	0,000572	0,000336	0,000604	0,00063	0,000192
B2	0,01	0,007533	0,001582	0,00496	0,000597	0,0006	0,000090	0,000304	0,0008
C1	0,01	0,007432	0,003256	0,00456	0,000581	0,000355	0,000114	0,00018	0,00024
C2	0,01	0,001997	0,005611	0,0057	0,001104	0,000135	0,000202	0,00021	0,001148

Tabla Nº 17b = Valores de la cantidad de Fósforo en las porciones aéreas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Potasio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 8,0	ppm 5,22	ppm 4,74	ppm 3,48	ppm 3,48	ppm 3,77	ppm 4,64	ppm 3,30	ppm 3,80
A2	8,0	3,77	4,06	3,00	5,42	4,06	4,45	1,60	1,90
B1	8,0	4,25	5,81	3,28	3,48	4,25	4,25	3,90	3,70
B2	8,0	4,83	4,54	3,18	3,86	3,38	3,28	1,40	5,30
C1	8,0	4,54	3,77	3,28	3,86	3,96	4,16	4,60	2,10
C2	8,0	4,25	3,48	3,28	2,12	4,96	5,71	2,50	3,10

Tabla Nº 19a = Valores de la cantidad de potasio en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Potasio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,016	0,11223	0,0711	0,05742	0,046284	0,039208	0,042688	0,0528	0,019
A2	0,016	0,069368	0,062524	0,0204	0,111652	0,024766	0,03916	0,00848	0,01159
B1	0,016	0,101575	0,108066	0,05576	0,036888	0,065025	0,056525	0,03276	0,03256
B2	0,016	0,090804	0,080358	0,040068	0,050952	0,02873	0,02296	0,00434	0,03816
C1	0,016	0,103058	0,076531	0,04592	0,049022	0,0396	0,05408	0,0207	0,02247
C2	0,016	0,09605	0,056376	0,029848	0,04028	0,04263	0,075943	0,01425	0,02883

Tabla 19b = Valores de la cantidad de Potasio en las porciones subterráneas expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Calcio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 1,22	ppm 0,41	ppm 0,32	ppm 0,05	ppm 0,28	ppm 0,19	ppm 0,15	ppm 0,38	ppm 0,21
A2	1,22	0,83	0,27	0,15	0,03	0,19	0,26	0,21	0,18
B1	1,22	0,69	0,03	0,07	0,01	0,12	0,10	0,20	0,21
B2	1,22	0,46	0,17	0,10	0,05	0,30	0,08	0,42	0,42
C1	1,22	0,68	0,14	0,14	0,21	0,15	0,09	0,20	0,15
C2	1,22	0,38	0,16	0,52	0,03	0,06	0,12	0,33	0,42

Tabla Nº 20a = Valores de la cantidad de calcio en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Calcio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,0244	0,008815	0,0048	0,000825	0,000399	0,001976	0,00138	0,00608	0,0015
A2	0,0244	0,015272	0,004158	0,00102	0,000206	0,001159	0,002288	0,001113	0,001098
B1	0,0244	0,016491	0,000558	0,00119	0,00053	0,001836	0,00133	0,00168	0,001848
B2	0,0244	0,008648	0,003009	0,00126	0,002772	0,00255	0,00056	0,001302	0,003024
C1	0,0244	0,015436	0,002842	0,00196	0,000381	0,0015	0,00117	0,0009	0,001605
C2	0,0244	0,008588	0,002592	0,004732	0,01558	0,00063	0,001596	0,001881	0,003906

Tabla 20b = Valores de la cantidad de Calcio de las porciones subterráneas expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Magnes.	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 1,25	ppm 3,25	ppm 3,00	ppm 3,75	ppm 3,50	ppm 4,25	ppm 6,25	ppm 1,25	ppm 1,75
A2	1,25	2,75	3,00	3,00	5,25	3,50	4,75	1,00	2,75
B1	1,25	2,50	4,50	4,00	3,75	3,00	3,75	1,75	1,25
B2	1,25	3,00	3,25	3,00	4,00	2,50	4,00	1,50	2,50
C1	1,25	3,00	3,75	4,50	5,50	3,25	4,50	3,00	3,50
C2	1,25	2,75	3,00	3,50	2,25	4,00	4,50	2,75	2,75

Tabla Nº 21a = Valores de la cantidad de Magnesio en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades son las medias aritméticas.

Magnes.	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,025	0,069875	0,045	0,061875	0,04655	0,0442	0,0575	0,02	0,00875
A2	0,025	0,0506	0,0462	0,0204	0,10815	0,02135	0,0418	0,0053	0,016775
B1	0,025	0,05975	0,0837	0,068	0,03975	0,0459	0,049875	0,0147	0,011
B2	0,025	0,0564	0,057525	0,0378	0,0528	0,02125	0,028	0,00465	0,018
C1	0,025	0,0681	0,076125	0,063	0,06985	0,0325	0,0585	0,0135	0,03745
C2	0,025	0,06215	0,0486	0,03185	0,04275	0,042	0,05985	0,015675	0,025575

Tabla 21b = Valores de la cantidad de Magnesio en las porciones subterráneas expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Fósforo	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 0,370 ± 0	ppm 0,220 ± 0,015	ppm 0,148 ± 0,07	ppm 0,133 ± 0,06	ppm 0,095 ± 0,05	ppm 0,100 ± 0,04	ppm 0,045 ± 0,02	ppm 0,210 ± 0,15	ppm 0,120 ± 0,08
A2	0,370 ± 0	0,168 ± 0,04	0,120 ± 0,03	0,130 ± 0,03	0,125 ± 0,03	0,228 ± 0,02	0,064 ± 0,05	0,140 ± 0,02	0,260 ± 0,02
B1	0,370 ± 0	0,113 ± 0,04	0,160 ± 0,06	0,160 ± 0,02	0,070 ± 0,02	0,103 ± 0,02	0,088 ± 0,01	0,230 ± 0,01	0,140 ± 0,02
B2	0,370 ± 0	0,075 ± 0,02	0,243 ± 0,05	0,120 ± 0,02	0,070 ± 0,05	0,255 ± 0,02	0,090 ± 0,04	0,180 ± 0,03	0,140 ± 0,02
C1	0,370 ± 0	0,133 ± 0,03	0,310 ± 0,04	0,136 ± 0,07	0,200 ± 0,01	0,103 ± 0,03	0,154 ± 0,05	0,100 ± 0,03	0,230 ± 0,03
C2	0,370 ± 0	0,070 ± 0,02	0,130 ± 0,00	0,276 ± 0,07	0,075 ± 0,03	0,290 ± 0,03	0,228 ± 0,07	0,230 ± 0,02	0,180 ± 0,02

Tabla Nº 22a = Valores de la cantidad de Fósforo en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética y el error standard.

Fósforo	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,0074	0,00473	0,00222	0,00266	0,001263	0,00104	0,000414	0,00336	0,0006
A2	0,0074	0,003091	0,001848	0,0026	0,002575	0,001390	0,000563	0,000742	0,001586
B1	0,0074	0,002700	0,002976	0,0032	0,000742	0,001575	0,001170	0,001932	0,001232
B2	0,0074	0,00141	0,004301	0,0024	0,000924	0,002167	0,00063	0,000558	0,001008
C1	0,0074	0,003019	0,006293	0,00272	0,00254	0,00103	0,002002	0,00045	0,002461
C2	0,0074	0,001582	0,002106	0,00552	0,001425	0,003045	0,003032	0,001311	0,001674

Tabla Nº 22b = Valores de la cantidad de Fósforo en las porciones subterráneas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Fecha	N-NH4 (fin) mg/kg	N-NH4(in) mg/kg	Amonifi- cación	N-NO3(fin) mg/kg	N-N3 (in) mg/kg	Nitrifi- cación mg/kg	Mineraliza- ción Neta mg/kg	
	(Final)	(Inicial)	/\ --	(Final)	(Inicial)	/\ --	Min. N.	(Fecha final)
Antes 1/5/89 corte	No deter- mino	1,436		No deter- mino	1,594			
Corte 5 Mayo								
29Dia 12/5	---	6,211	-6,211	8,443	2,314	6,129	6,129	26 / 5
59Dia 15/5	2,900	2,566	0,344	10,924	3,141	7,783	8,127	30 / 5
99Dia 19/5	1,991	3,626	-1,635	14,259	3,451	10,808	10,808	3 / 6
169Dia 26/5	---	0,913	-0,913	19,092	11,616	7,476	7,476	10 / 6

Tabla 23 = Valores de las concentraciones iniciales y finales de amonio y nitrato, amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta, expresados en mg/kg.

Día 10 despues del corte		Día 50 despues del corte		Día 80 despues del corte		Día 130 despues del corte		Día 150 despues del corte		
Fecha y hora de colocación y extracción	Colocación	Extracción	Colocación	Extracción	Colocación	Extracción	Colocación	Extracción	Colocación	Extracción
	9 Junio	10 Junio	13 Junio	14 Junio	16 Junio	17 Junio	21 Junio	22 Junio	22 Junio	26 Junio
	6:40 p.m	7:50 a.m	5:50 p.m	7:00 a.m	6:40 p.m	7:50 a.m	6:20 p.m	7:50 a.m	5:45 p.m	7:45 a.m
Permanencia (horas)	13 h 10'		13 h 10'		13 h 10'		13 h 30'		14 h 00'	
g de CO2 fijados	6,5054		no dió		2,4398		1,2618		1,5569	
mg CO2/m2h	569		no dió		213		104		120	

Tabla Nº 24 = Valores de la respiración edáfica, expresados como mg de CO2 absorbidos, en el tiempo especificado y en 660,18 cm², además como mg CO2/m²h.

ANEXOS

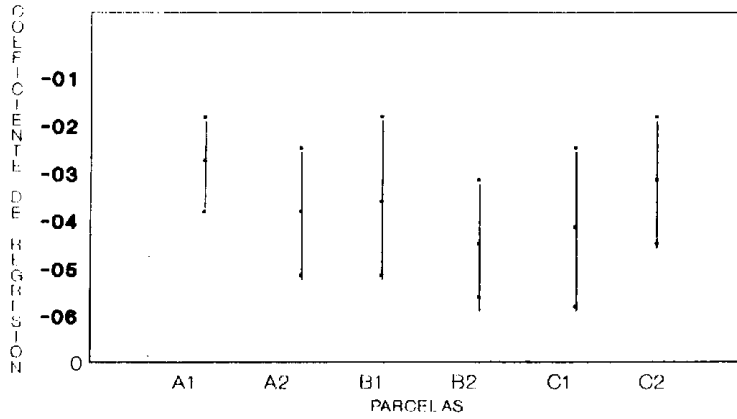
Parcela	Ecuación
A1	$y = 2,93 e^{-0,26x}$
A2	$y = 2,13 e^{-0,36x}$
B1	$y = 2,08 e^{-0,32x}$
B2	$y = 2,28 e^{-0,41x}$
C1	$y = 2,12 e^{-0,38x}$
C2	$y = 2,64 e^{-0,31x}$

Ecuación resultante del ajuste $y = 2,35 e^{-0,34x}$.

Anexo Nº 1. Ecuaciones de la función en las seis parcelas, correspondientes a las porciones aéreas.

PORCION AEREA

HOJA



Anexo Nº 2. Comparación de los coeficientes de regresión lineal, correspondientes a las porciones aéreas.

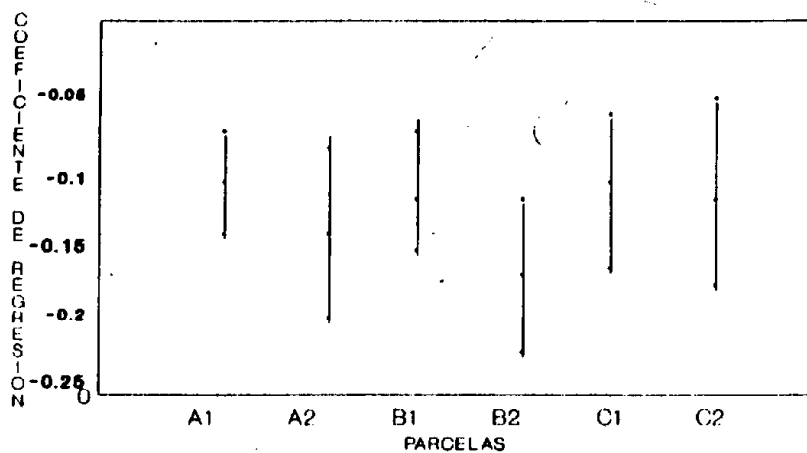
Parcela	Ecuación
A1	$y = 2,06 e^{-0,11x}$
A2	$y = 1,85 e^{-0,15x}$
B1	$y = 2,27 e^{-0,12x}$
B2	$y = 2,06 e^{-0,17x}$
C1	$y = 2,08 e^{-0,12x}$
C2	$y = 1,96 e^{-0,12x}$

Ecuación resultante del ajuste $y = 2,05 e^{-0,13x}$.

Anexo Nº 3. Ecuaciones de la función en las seis parcelas, correspondientes a las porciones subterráneas.

PORCION SUBTERRANEA

RAIZ



Anexo N^o 4. Comparación de los coeficientes de regresión lineal, correspondientes a las porciones subterráneas.