

S596.7  
M355

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

*Adquirido por donación*

Fecha: 06 MAYO 1992

SERVICIOS BIBLIOTECARIOS GENERALES  
"TULIO FEBRES CORDERO"  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
MERIDA - VENEZUELA

**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**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**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**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**Tesis para optar al Título de Doctor  
en Ecología Tropical**

**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**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

**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

## INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA	PAGINA
01 Ubicación del Area de Estudio .....	80
02 Variación Mensual de la Precipitación total (mm) en el Período de las Observaciones .....	82
03 Variaciones de la Temperatura Media Mensuales (°C) en el Período de Observaciones .....	84
04 Variaciones de la Radiación Solar Total (cal/cm <sup>2</sup> ) en el Período de Observaciones .....	86
05 Variaciones de la Evaporación Total (mm) en el Período de Observaciones .....	88
06 Variaciones de la Humedad Relativa (%) en el Período de Observaciones .....	89
07 Variaciones de la Velocidad del viento (m/seg) durante el Período de Estudio .....	91
08 Climadiagrama de la estación Barinas-Aeropuerto (Edo. Barinas) .....	93
09 Localización de las Parcelas Establecidas en el Jardín Botánico .....	104
10 Variaciones de las pérdidas de Peso del material aéreo en descomposición .....	121
11 Variaciones de la Descomposición de las porciones aéreas en las parcelas cortadas y protegidas .....	134
12 Variaciones de la Descomposición de las porciones aéreas en las parcelas cortadas cada 30 y 60 días .....	141
13 Variaciones de la Descomposición de las porciones aéreas en las parcelas cortadas, fertilizadas y sin fertilizar .....	142
14 Variaciones en las Pérdidas de Peso del Material Subterráneo en Descomposición .....	151

15	Variaciones de la Descomposición de las porciones subterráneas en las parcelas cortadas y protegidas .....	163
16	Variaciones de la Descomposición de las porciones subterráneas en las parcelas cortadas cada 30 y 60 días .....	165
17	Variaciones de la Descomposición de las porciones subterráneas en las parcelas cortadas, fertilizadas y sin fertilizar .....	168
18	Variaciones de las Pérdidas de Peso del Material Aéreo en Descomposición, en la Fase Rápida .....	174
19	Variaciones de las pérdidas de Peso del material Subterráneo en Descomposición, en la Fase Rápida .....	175
20	Variaciones de las cantidades totales de Nitrógeno en las porciones aéreas en Descomposición .....	179
21	Variaciones de las cantidades totales de Potasio en las Porciones Aéreas en Descomposición .....	184
22	Variaciones de las cantidades totales de Calcio en las porciones Aéreas en Descomposición .....	186
23	Variaciones de las Cantidades totales de Magnesio en las Porciones Aéreas en Descomposición .....	191
24	Variaciones de las Cantidades totales de Fósforo en las Porciones Aéreas en Descomposición .....	197
25	Variaciones de las Cantidades totales de Nitrógeno en las porciones Subterráneas en Descomposición .....	207
26	Variaciones de las Cantidades totales de Potasio en las Porciones Subterráneas en Descomposición .....	213
27	Variaciones de las Cantidades totales de Calcio en las porciones Subterráneas en Descomposición .....	219

28	Variaciones de las Cantidades totales de Magnesio en las Porciones Subterráneas en Descomposición .....	224
29	Variaciones de las Cantidades totales de Fósforo en las Porciones Subterráneas en Descomposición .....	229
30	Variaciones de las Cantidades totales Iniciales de Amonio y Nitrato durante las Incubaciones .....	270
31	Variaciones de las Concentraciones Finales de Amonio y nitrato durante las incubaciones .....	274
32	Variaciones de la Amonificación Neta .....	276
33	Variaciones de la Nitrificación Neta y Mineralización Neta .....	277
34	Variaciones de la respiración edáfica expresada como g de CO <sub>2</sub> absorbidos .....	297
35	Variaciones de la respiración edáfica expresada como mg de CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .h .....	298

TABLA	PAGINA
01 Datos climáticos de la Estación Barinas Aeropuerto. Precip-Temperat-Radiación Solar .....	331
02 Datos climáticos de la Estación Barinas Aeropuerto. Evapora-Humed. Relat-Viento .....	332
03 Valores obtenidos en la Calicata en el Arboterum del Jardín Botánico (1981) .....	99
04 Valores obtenidos en la Calicata en el Arboterum del Jardín Botánico (1989) .....	100
05 Cronograma de actividades en el campo, para determinar la Descomposición .....	108
06 Cronograma de actividades en el campo, para la medición de Amonificación y Ni- trificación .....	115
07 Fecha y hora de Colocación y Extracción del NaOH, Tiempo de Permanencia, Super- ficie Cubierta por el Cilindro y gramos de CO <sub>2</sub> fijado .....	117
08a/b Valores de los Pesos Secos de las Porciones Aéreas en Descomposición .....	333
09a/b Valores de los Pesos Secos de las Porciones Subterráneas .....	334
10 Coeficiente de Correlación Entre el Peso Seco de las Porciones Aéreas y los Ele- mentos Climáticos .....	335
11 Coeficiente de Correlación entre el Peso Seco de las Porciones Subterráneas y los Elementos Climáticos .....	336
12a/b Valores de los Pesos Secos de las Porciones Aéreas y Subterráneas en las proximidades del Corte .....	337
13a/b Valores de las Cantidades totales de Nitró- geno en las Porciones Aéreas en Descom- posición .....	338
14a/b Valores de las Cantidades totales de Pota- sio en las Porciones Aéreas en Descompo-	

sición .....	339
15a/b Valores de las Cantidades totales de Calcio en las Porciones Aéreas en Descomposición.....	340
16a/b Valores de las Cantidades totales de Magnesio en las Porciones Aéreas en Descomposición.....	341
17a/b Valores de las Cantidades totales de Fósforo en las Porciones Aéreas en Descomposición.....	342
18a/b Valores de las Cantidades totales de Nitrógeno en las Porciones Subterráneas en Descomposición .....	343
19a/b Valores de las Cantidades totales de Potasio en las Porciones Subterráneas en Descomposición .....	344
20a/b Valores de las Cantidades totales de Calcio en las Porciones Subterráneas en Descomposición .....	345
21a/b Valores de las Cantidades totales de Magnesio en las Porciones Subterráneas en Descomposición .....	346
22a/b Valores de las Cantidades totales de Fósforo en las Porciones Subterráneas en Descomposición .....	347
23 Valores de las Concentraciones Iniciales y Finales de Amonio y Nitrato, Amonificación Neta, Nitrificación Neta y Mineralización Neta .....	348
24 Valores de la Respiración Edáfica .....	349

**Dedico a..**

**Marcos, Marquito, Titina y Mariflor  
mis razones para continuar luchando  
Mis viejas Olga y Machao  
Yaya, mi otra hija.**

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## AGRADECIMIENTO

Al Dr. Guillermo Sarmiento tutor, dispuesto a brindar siempre sus conocimientos y clara evidencia de que la sabiduría debe estar unida a la humildad.

A los siguientes compañeros de la UNELLEZ, que colaboraron en la realización: Ana Teresa Rangel, Antonieta Reyes, Ismeldo Paiva, Facó López, Carmen de Ordóñez, Elis Linares, María Chacón, Carlos Carlino, Cauro Caraciolo.

Al personal del Laboratorio de Suelos en la ULA: Jorge Pereira, Luis Sosa y en UNELLEZ Guanare Francisco Jiménez.

Al personal del Jardín Botánico, de manera especial a Martín Salazar y Adrián López.

A Maribel Monzont y Sr. Félix Colmenares Autores del mecanografiado.

A Mirián de Medina y Zuly de Yusti apoyos en todo momento.

## 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  $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$ , 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  $\text{NH}_4$  y  $\text{NO}_3$  en el suelo antes del corte eran parecidas, uno o dos días después son mayores las de  $\text{NH}_4$ , luego las de  $\text{NO}_3$ . Las concentraciones finales de  $\text{NH}_4$  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  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$  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 períodos 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  $\text{CO}_2$ . 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 ciclaje 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 período 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 períodos 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 físico-químico y la calidad del recurso. El medio físico-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 quemas, 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;  $>F_{2000}$  u;  $>F_{200}$  u;  $>F_{50}$  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

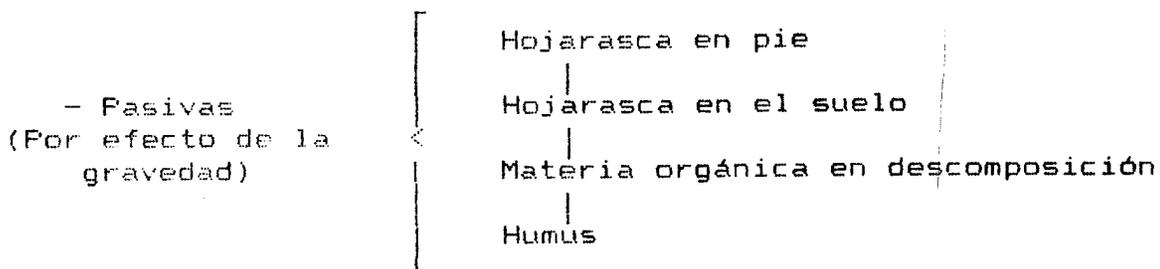
lixiviados de hojarasca (ejemplo: carbohidratos que entran al suelo directamente), los exudados de las raíces y el moco de las lombrices de tierra.

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.

**Raices.** 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:

$$K = I / X$$

Peró 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 replicaciones son necesarias para minimizar el error. Las bolsas son muy usadas 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 regímenes 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 cominución; 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> que sale del suelo puede ser medido por:

- a) Estimación del incremento en el CO<sub>2</sub> del aire encerrado durante el período de análisis, en nuestras pequeñas

extraídas en intervalos.

- b) Absorción continua de  $\text{CO}_2$  por un álcali y cálculo de la cantidad absorbida por titulación o gravimétrica.
- c) Circulación continua del aire del cilindro con absorción de  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  en una corriente de aire y la detección del  $\text{CO}_2$  absorbido por álcalis mediante métodos conductimétricos. La principal limitación del valor de la evolución del  $\text{CO}_2$  de suelo como una medida de la actividad heterotrófica son las salidas de  $\text{CO}_2$  de las raíces vivas; no obstante se han propuesto varios métodos para calcularla tales como: uso de biocidas, y el establecimiento de la regresión entre la evolución del  $\text{CO}_2$  y la biomasa radical.

Otros métodos miden la captura de  $\text{CO}_2$  o la liberación de  $\text{CO}_2$  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.

#### G- 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-MAR-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  $^{15}\text{N}$ . 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 microbiana 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 NH<sub>4</sub> marcado y el NO<sub>3</sub> 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.

Agato 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 periodos 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 período extremadamente seco se limita la actividad microbiana y las tasas de turnover son bajas, en el período 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  $28^{\circ}C$  y capacidad de campo.

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

N15 T org. que permanece en el suelo =  $71,1 e^{-0,0281t} + 168,7 e^{-0,090t}$ .

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  $CO_2$  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 sufre 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 bosquecillos 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 (59 en la época lluviosa y 119 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 período 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  utilizable para la fotosíntesis, la cual no proviene del aire que rodea a las hojas, a menos que el  $\text{CO}_2$  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  $890 \text{ g/m}^2$ .
- 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 ( $632 \text{g/m}^2$ ) al final de la época seca y su mínimo ( $265 \text{g/m}^2$ ) al final del período 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 ( $467\text{g/m}^2$ ) y el segundo en Marzo 77 ( $447\text{g/m}^2$ ). Los mínimos corresponden a marzo 76 al final de la época seca (330) y al pico de inundación en septiembre ( $317\text{g/m}^2$ ).
- 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  $1719\text{g/m}^2$  en Diciembre, de los cuales 473 fueron biomasa aérea y 1229 tallos sumergidos.
- La biomasa muerta tiene máximos en Junio ( $1465\text{g/m}^2$ ) y

marzo (1625g/m<sup>2</sup>) y mínimo en diciembre (811g/m<sup>2</sup>).

- Es un Stand casi puro de *Hymenachne amplexicaulis* con escasa proporción de *Leersia hexandra*; la primera, muestra una densidad constante de 450 individuos por m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup> por el método standing crop y 1097g/m<sup>2</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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 periodo 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<sup>-1</sup>, el N se libera más lentamente  $K = 0,89$  años<sup>-1</sup>.
- 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  $CO_2/ m^2.h$ ) y los mínimos en febrero (98 - 112 mg  $CO_2/m^2.h$ ).
- 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. laxum** 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  $400 \text{ g/m}^2$ , 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 termites 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.

Morris y Col (1988) investigan si el suministro mineral es limitado en los bosques montañosos 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 abas<sub>2</sub> lasas 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 microbial es el proceso más importante para el control del tamaño de los reservorios y las pérdidas de  $N_2$  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 (1.984) 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 decíduos) 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 CO<sub>2</sub> 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 y la poca

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 recogen 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 (1978) 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 (1971) 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 (1.987) 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.O, 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 respuestas 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.

www.bdigital.ula.ve

## 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 89° 36' N y 70° 12' WO.

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.



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

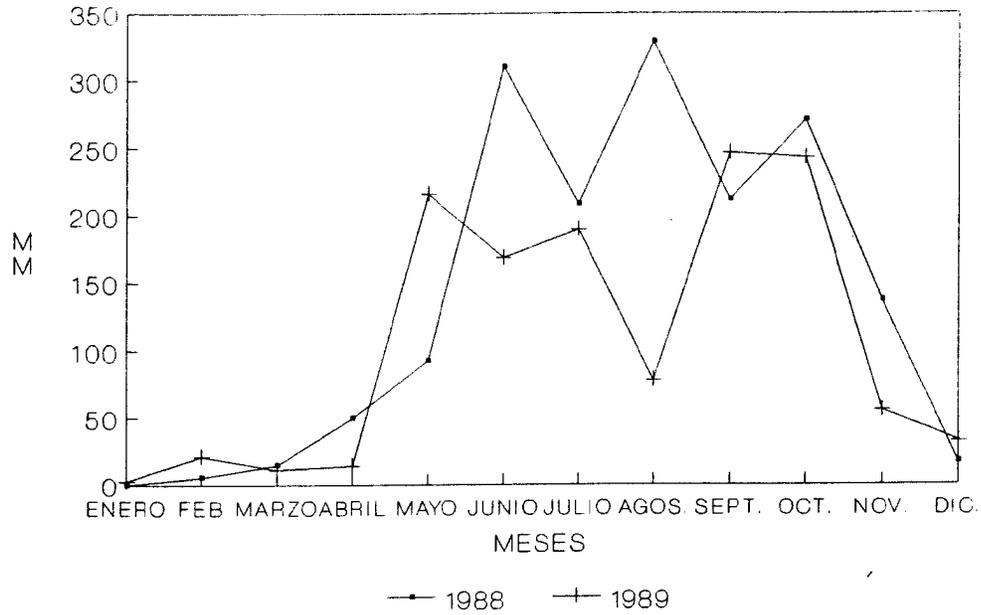


Figura 2: Variaciones mensuales de la precipitación total (mm) en 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

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 Nº 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 27,19 C en los años 1.978 y 1.980 respectivamente.

## TEMPERATURA MEDIA

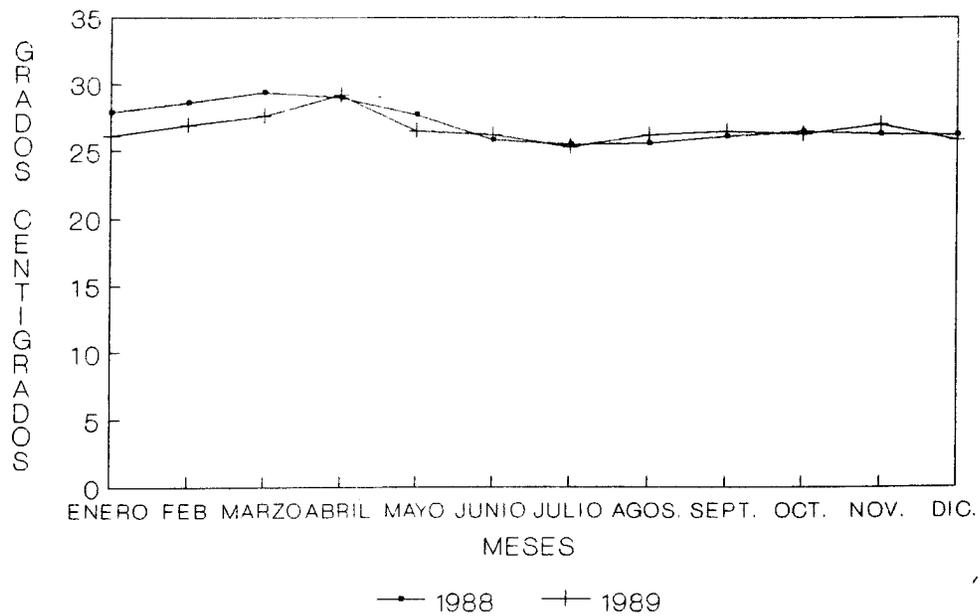


Figura 3: Variaciones mensuales de la temperatura media (°C) en 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

Similar comportamiento reportan las temperaturas medias mensuales, las cuales fluctúan entre 24,30 C (en junio 1.981) y 29,40 C (en marzo 1.989), pudiéndose afirmarse que las medias mensuales no bajan de 240 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 N0 03), la temperatura media mensual fue casi constante, reportándose la máxima en abril del 90 (29,20 C) y la mínima en julio del 88 (25, 50 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 12,40 C en gran parte del año, siendo mayores durante el período seco (hasta de 22,30 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

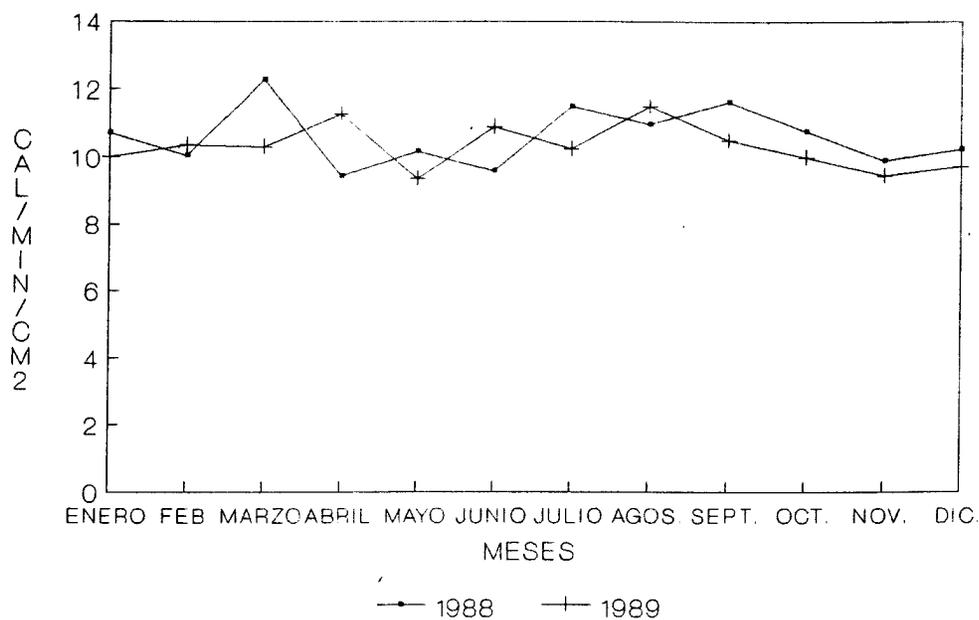


Figura 4: Variaciones mensuales de la Radiación Solar Total (cal/cm<sup>2</sup>) en los años 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

Como la temperatura, la radiación solar es alta durante todo el año (ver tabla Nº 2); presenta variaciones interanuales, entre 123 Kcal/min/cm<sup>2</sup> (en 1.989) y 149 Kcal/min/cm<sup>2</sup> 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/cm<sup>2</sup> y mínimo en mayo (9332 cal/min/cm<sup>2</sup>) 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 período 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

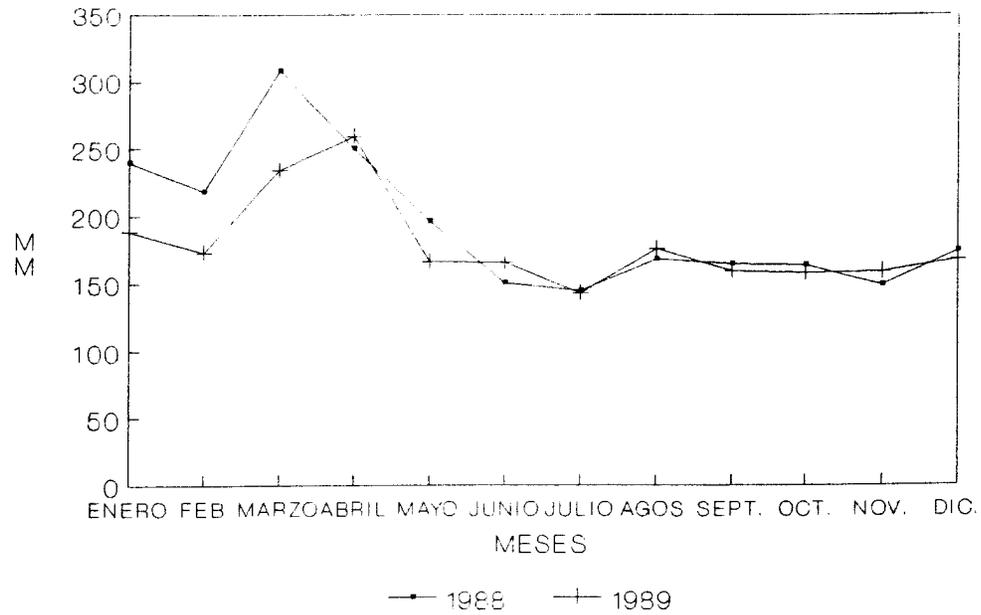
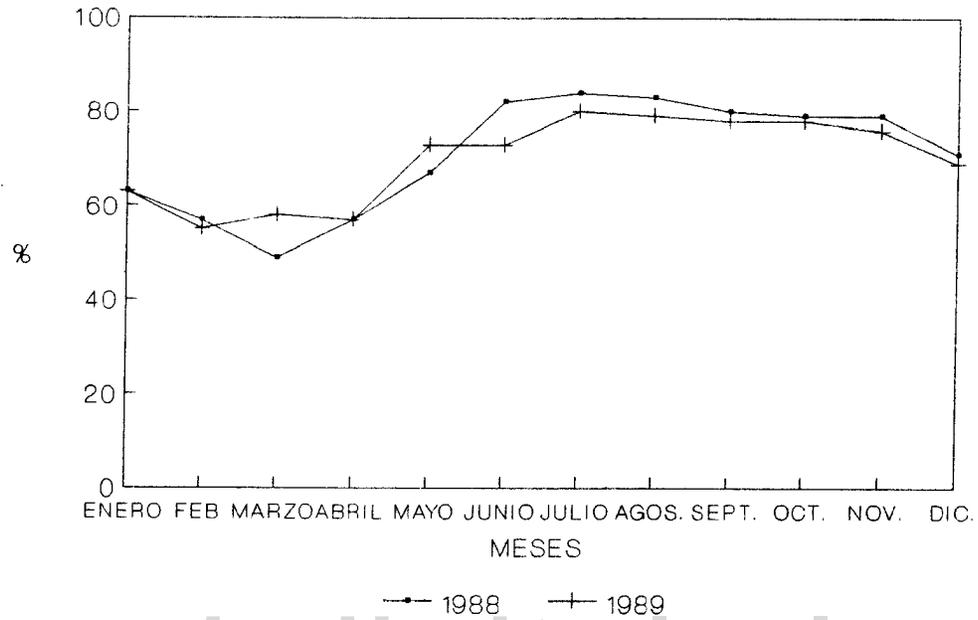


Figura 5: Variaciones mensuales de la Evaporación Total (mm) en los años 1.988 y 1.989. Datos registrados por la Estación Meteorológica Barinas-Aeropuerto.

## HUMEDAD RELATIVA



[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

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 Nº 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. Nº 06).

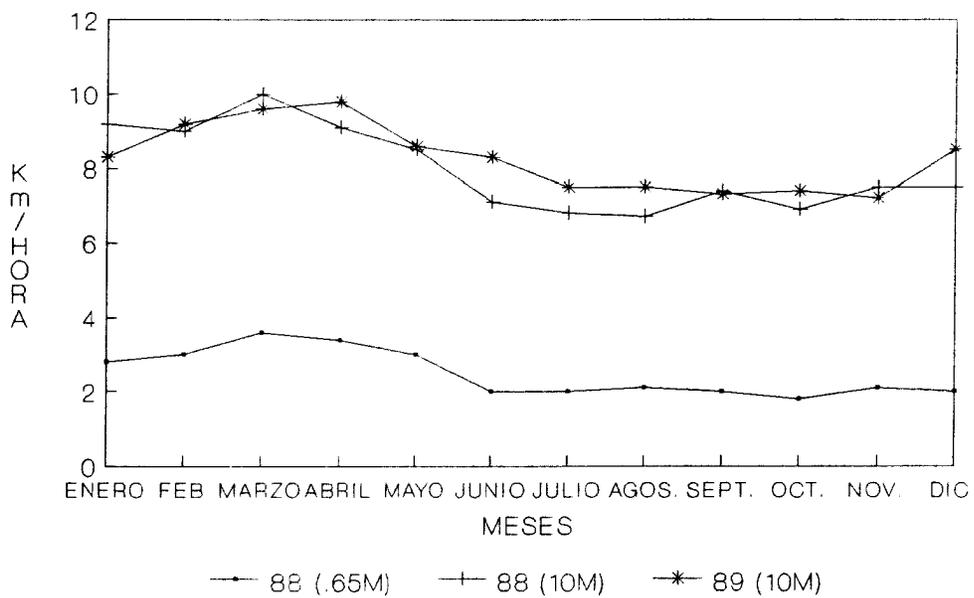
#### **d. Viento:**

La velocidad del viento varía con la altura y según la época como lo demuestran los datos expresados en la tabla Nº 02 y la figura Nº 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



www.bdigital.ula.ve

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.

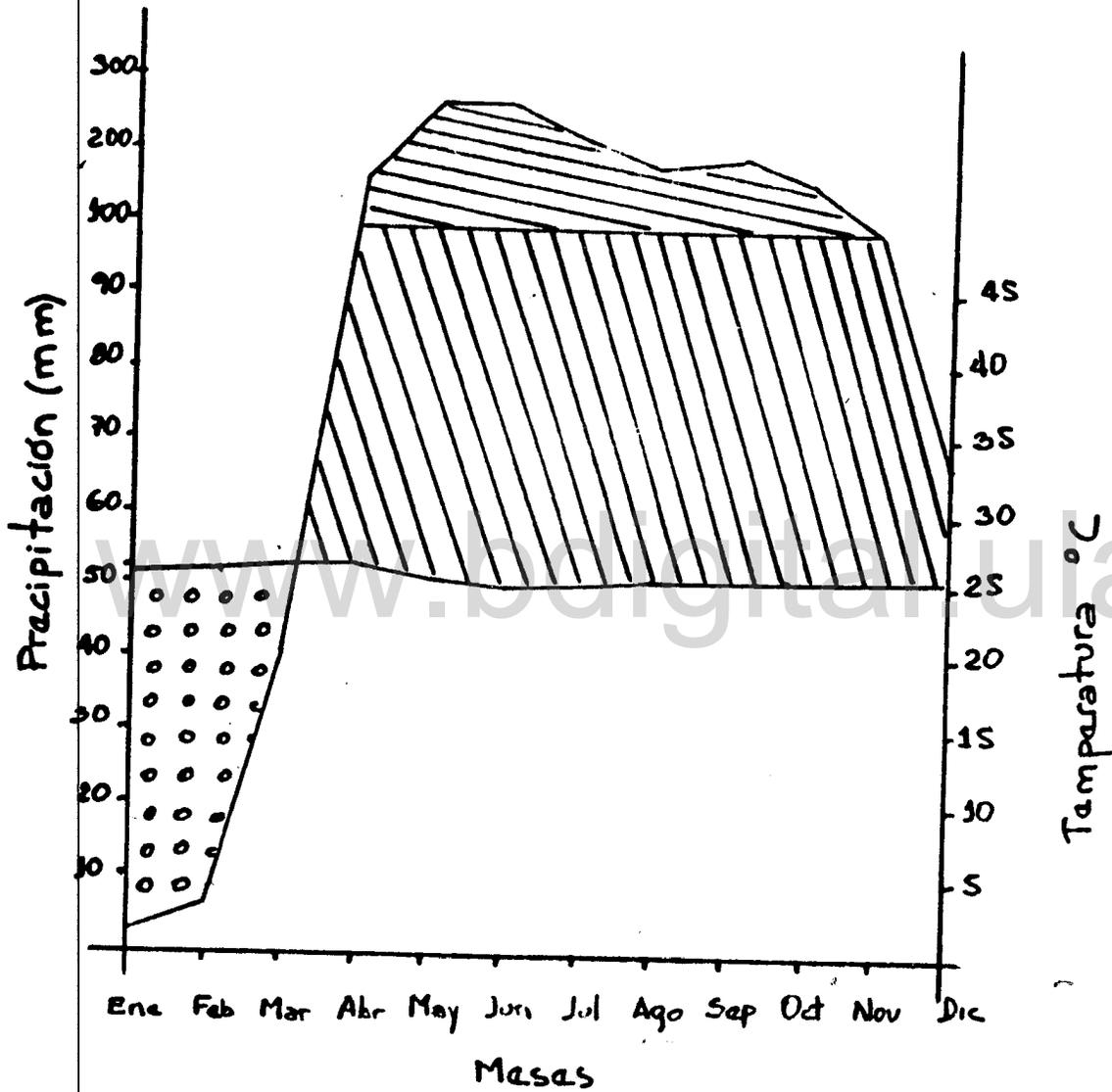


Fig 8 : Climadiagrama de la Estación Barinas-Aeropuerto (Estado Barinas). Valores promedio de 1975 a 1985.

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 período 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 los 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 Nº 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 período 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	%	%	%	TEXT:	MAT.	ORG.	CATIONES INTERC. UNIDADES			Pppm.	pH
cm.	Arena	Limo	Arcilla		% C	% N	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 Nº 4 = Calicata en el Jardín Botánico de la UNELLEZ, descrita por Aldana, Hetier, Sarmiento, Ámaya 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 *Curatella 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*, *Leptocoryphium lanatum*, *Hyptis suaveolens*, *Panicum parvifolium*, *Cenchrus ciliaris* y *Trachypogon* spp.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## 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.

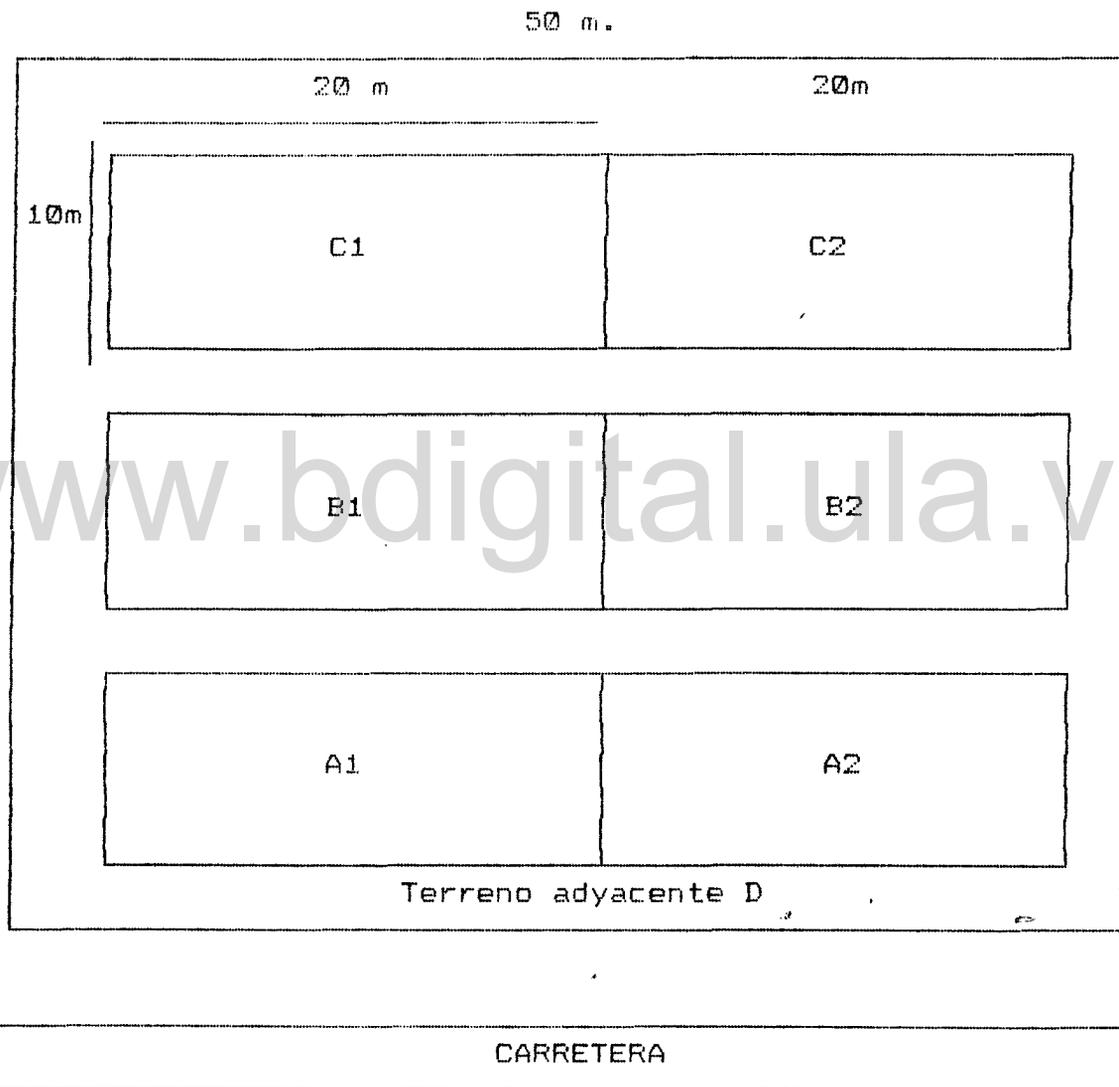
Para evaluar la influencia de diferentes frecuencias de corte (cada 30 días: Simulación de sobrepastoreo, cada 60 días del pastoreo normal) y de la fertilización se establecieron seis (6) parcelas de 20 x 10 m<sup>2</sup> como lo señala la figura Nº 09.

### Calendario:

El trabajo experimental se realizó desde Mayo 88 hasta Julio 89. En Mayo 88 se efectuó el corte y secaño 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 B); 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 Nº 5 y Nº 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  
DESCOMPOSICION.

FECHA	ACTIVIDAD
23 - 5 - 88	Delimitación de las parcelas en el campo.
28 - 5 - 88	Corte de las porciones aéreas y subterráneas de <i>Panicum maximum</i> .
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 TSRF 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 agregó con 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 espectrofotómetro 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



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 N° 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  $\approx 60$  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 centrífuga durante 10 minutos, se filtraron con papel de filtro N° 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 Mettler D1-40 obteniéndose las PPM que se utilizaron para determinar: mg de N - NH<sub>4</sub>/Kg y mg de N-NO<sub>3</sub>/Kg.

#### Cálculos:

Amonificación neta

durante la incubación: NH<sub>4</sub>-N = NH<sub>4</sub>-N (final) - NH<sub>4</sub>-N inicial

Nitrificación neta

durante la incubación: NO<sub>3</sub>-N = NO<sub>3</sub>-N (final) - NO<sub>3</sub>-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 105° 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 105° C durante 24 horas y pesados de nuevo. El peso del CO<sub>2</sub> atrapado es determinado por la ganancia de peso del hidróxido de sodio.

En la tabla Nº 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 <sup>2</sup> )
9 Junio 89-6:40 pm.	10 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 Nº 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 CO<sub>2</sub> 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/m<sup>2</sup> utilizando el peso del CO<sub>2</sub>, 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).

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## 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

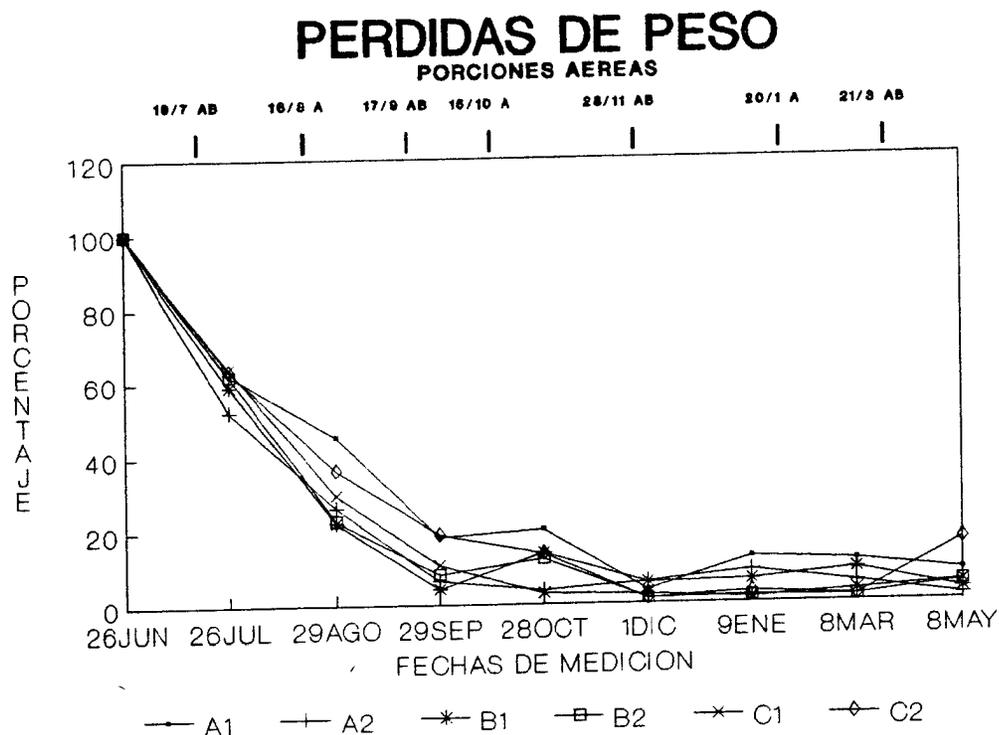


Figura 10: Curso de la descomposición de las porciones aéreas representada como porcentaje remanente del material retenido en las bolsas (ordinal) y las fechas de medición (abcisa) durante un año y en las seis parcelas del estudio.

Los valores indican la media aritmética.

incremento en el peso (18,4  $\rightarrow$  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 período restante (1 diciembre 88: 5,6%, 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 período 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, celabotismo 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 Marrs 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 microbial 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 microbial, 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 microbial > 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 pastoreo 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 microbial 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 microbial. El análisis estadístico indicó relación significativa entre tiempo del turnover (Tt) 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 (1979) 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 09: = 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

## EFFECTOS DEL CORTE

CORTADAS vs. NO CORTADAS

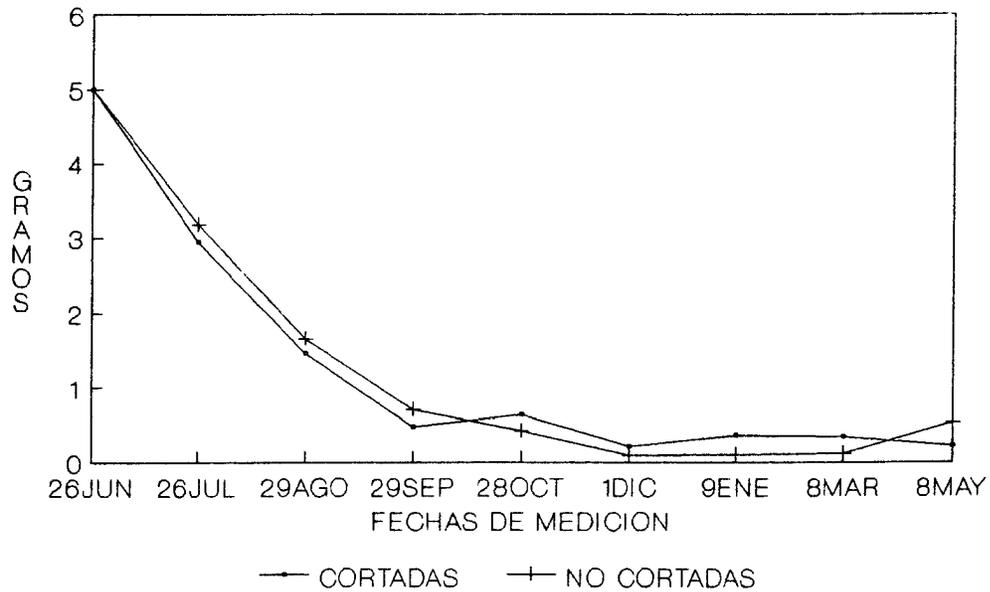


Figura 11: Curso de la Descomposición de las porciones aéreas en las parcelas cortadas (A1,A2,B1,B2) y protegidas (C1,C2), expresada como gramos de material retenido en las bolsas (ordinal) en relación con las fechas de medición (abcisa) durante un año.

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 30 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, mejoró 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 físico-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 (1.985), 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 ( $\text{CO}_3 \text{ Ca}$ ,  $\text{SO}_4 \text{ Ca}$ ,  $\text{NH}_4 \text{ -N}$ ,  $\text{-P}$ ) y comprueban que a 100 msmm 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

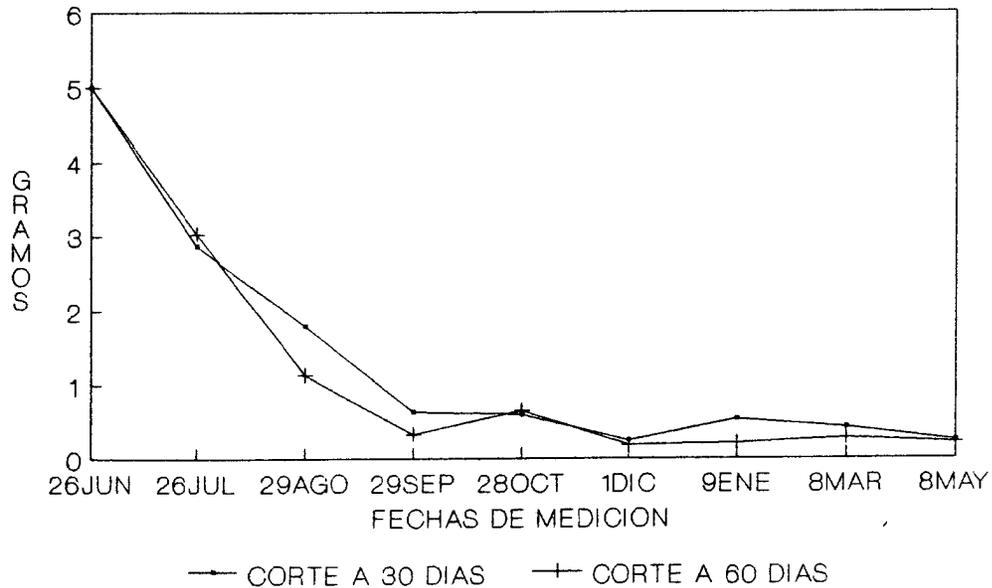
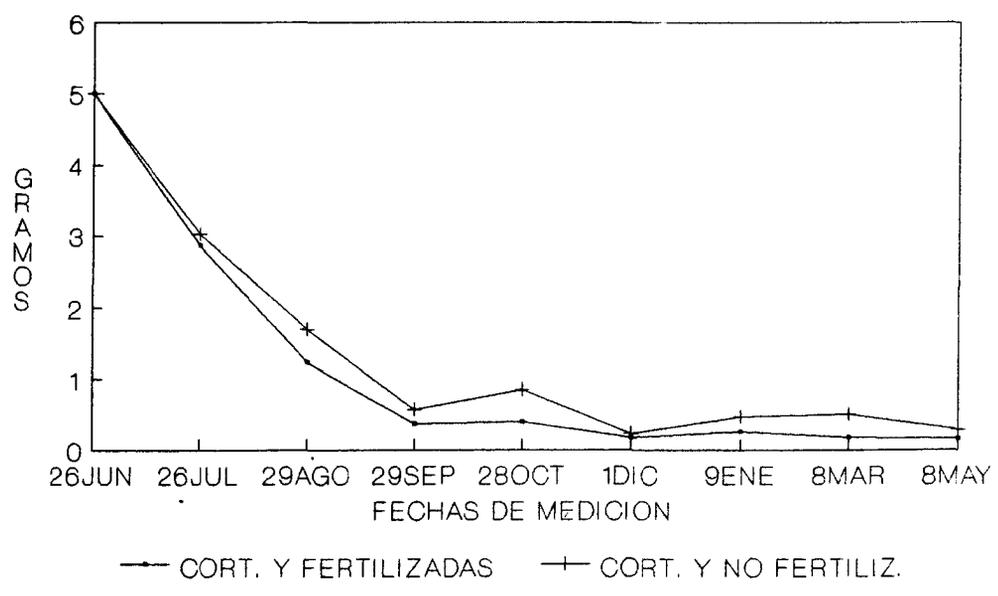


Figura 12: Curso de la Descomposición de las porciones aéreas en las parcelas cortadas cada 30 días (A1,A2) 60 días, (B1,B2) expresada como gramos de material retenido en las bolsas (ordinal) en relación con las fechas de medición (obcisa) durante un año.

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

# EFFECTOS DEL FERTILIZANTE

CORTADAS Y FERTILIZADAS VS  
CORTADAS Y NO FERTILIZADAS



www.bdigital.ula.ve

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 medias 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 N° 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 Gap 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 albestens.	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, Ternstoremia acrodantha, Eugenia sp y Bromeliáceas.	Tasa anual de descomposición 72%.
--------------------	----------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------

www.bdigital.ula.ve

			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 = -0,0002	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 <sup>2</sup> , 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 Rulla 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.

Rulla 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

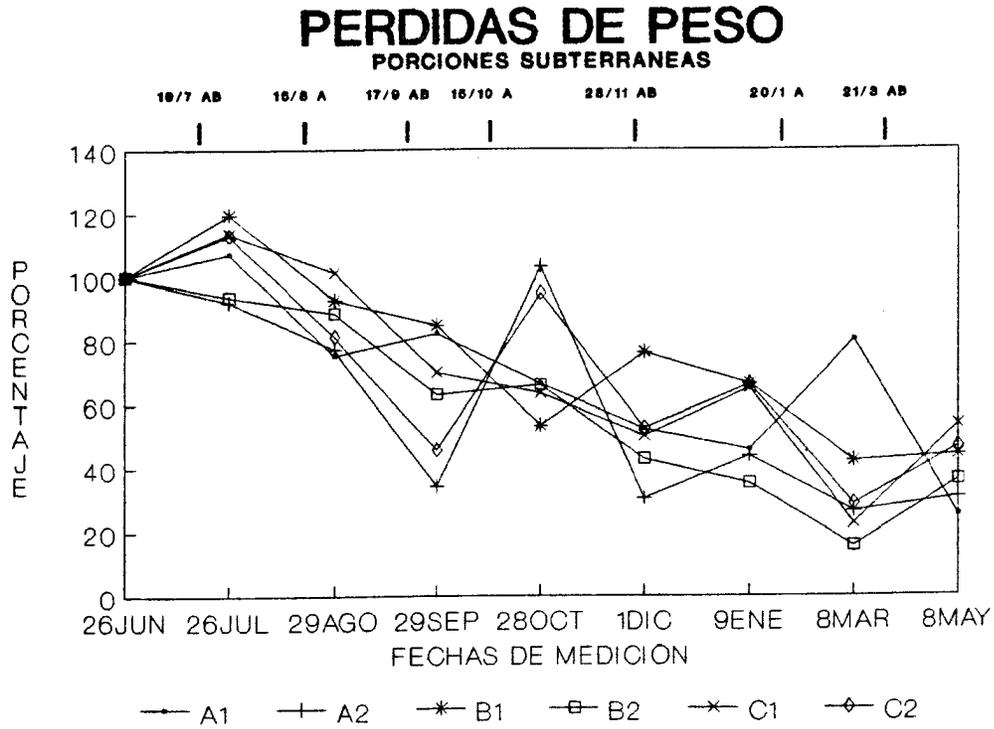


Figura 14: Curso de la descomposición de las porciones subterráneas expresada como porcentaje remanente del material retenido en las bolsas (ordinal) y las fechas de medición (abcisa) durante un año y en las seis parcelas del estudio.

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  $\rightarrow$  2,37g), 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 periodos: 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  $\rightarrow$  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), Tandler (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 como 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 atarazas, van separando poco a poco los componentes ocasionando

una desaparición lenta debido a la composición de las partes ataradas. 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- E1 y E2 (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 E1, que puede atribuirse a los efectos del corte del 26 de noviembre.

En la parcela E2, 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 redunda 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 peso 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

## EFFECTOS DEL CORTE

CORTADAS vs. NO CORTADAS

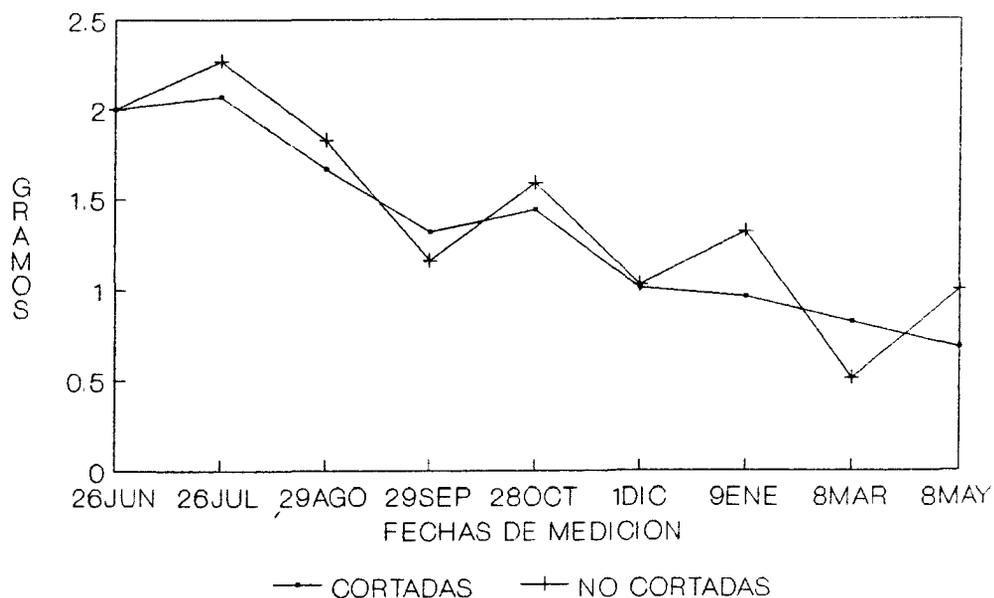


Figura 15: Curso de la descomposición de las porciones subterráneas en las parcelas cortadas (A1,A2,B1,B2) y protegidas (C1,C2), expresada como gramo de material retenido en las bolsas (ordinal) en relación con las fechas de medición (abcisa) durante un año.

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.

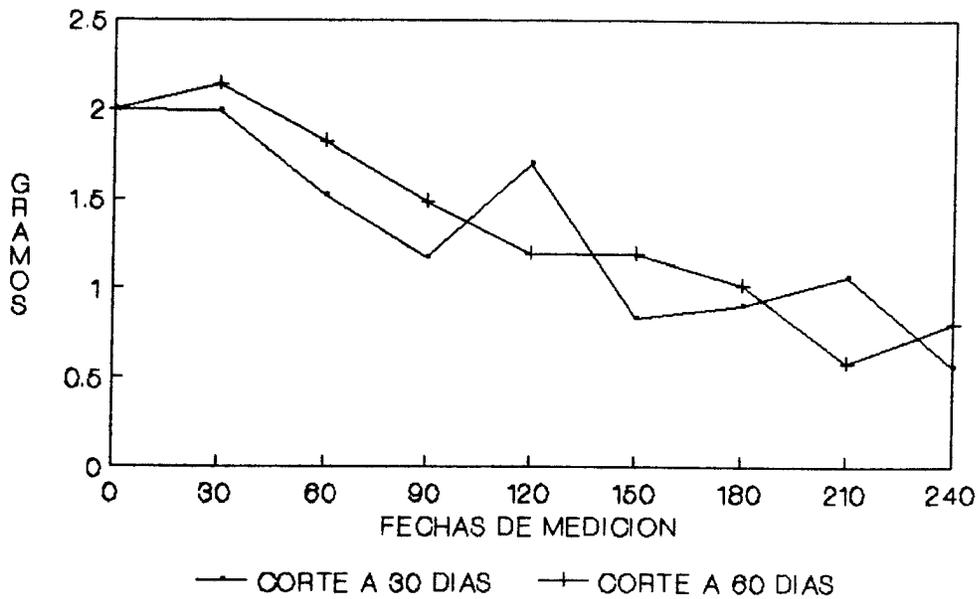
Sin embargo, al analizar la figura 15 vemos que dichos efectos son menos pronunciados en la etapa inicial, se acentúan después del tercer mes cuando las parcelas A1 y A2 han sido sometidas a mayor número de cortes y el material ha sufrido transformaciones en su composición química.

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



[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

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.

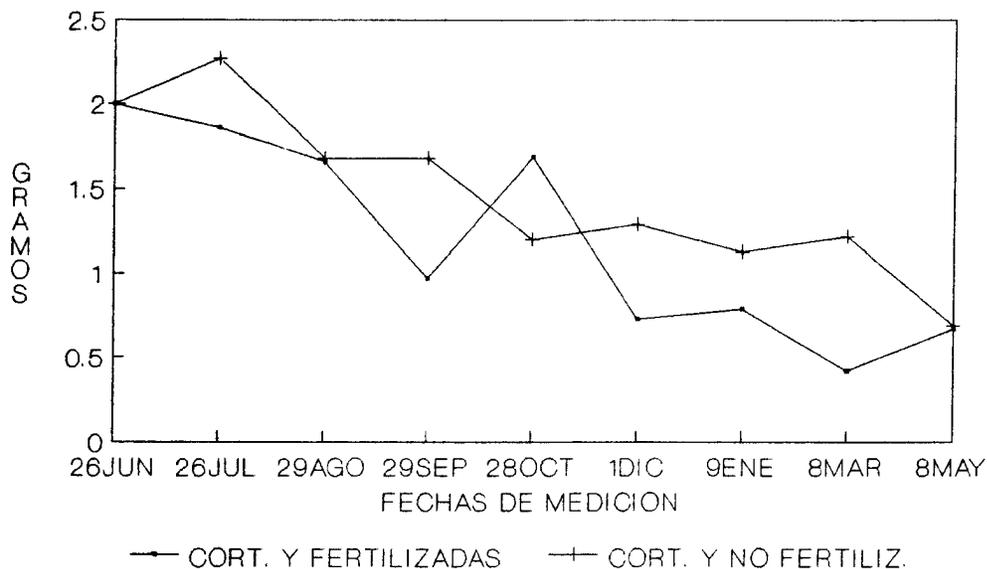
Para reafirmar lo planteado sobre la influencia del fertilizante en la Descomposición, se hizo la comparación entre las parcelas fertilizadas y cortadas (A2-B2) y las parcelas no fertilizadas y cortadas (A1-B1) promediando las medias en cada caso. Los resultados se reportan en la figura 16 y señalan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



www.bdigital.ula.ve

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  $201\text{g/m}^2$ , presentando los valores extremos de 180 y  $249\text{g/m}^2$  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 -  $249\text{g/m}^2$ , 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 período 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 período, 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 <sup>2</sup> .mes)	P.quemada al inicio (g/m <sup>2</sup> .mes)	P.quemada al final (g/m <sup>2</sup> .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.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)