

## 2. Descomposición en la fase rápida.

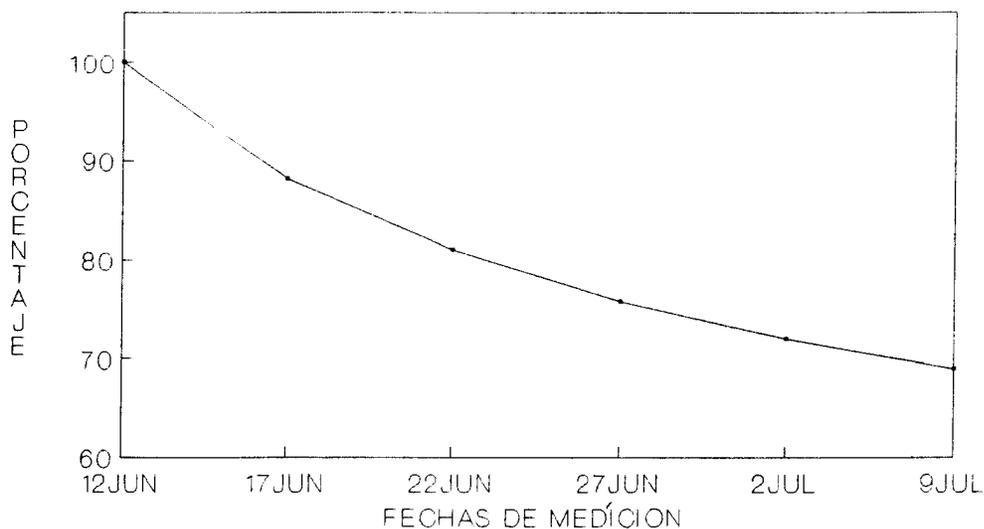
Como se explicó en la metodología en vista de que las porciones aéreas encerradas en las bolsas de malla presentaron grandes pérdidas de peso durante las primeras cuatro semanas, es decir, del 26 de junio al 26 de julio del 88, se decide repetir el experimento en 1.989 extrayendo cinco bolsas cada 5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

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

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

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

## PERDIDAS DE PESO PORCIONES AEREAS

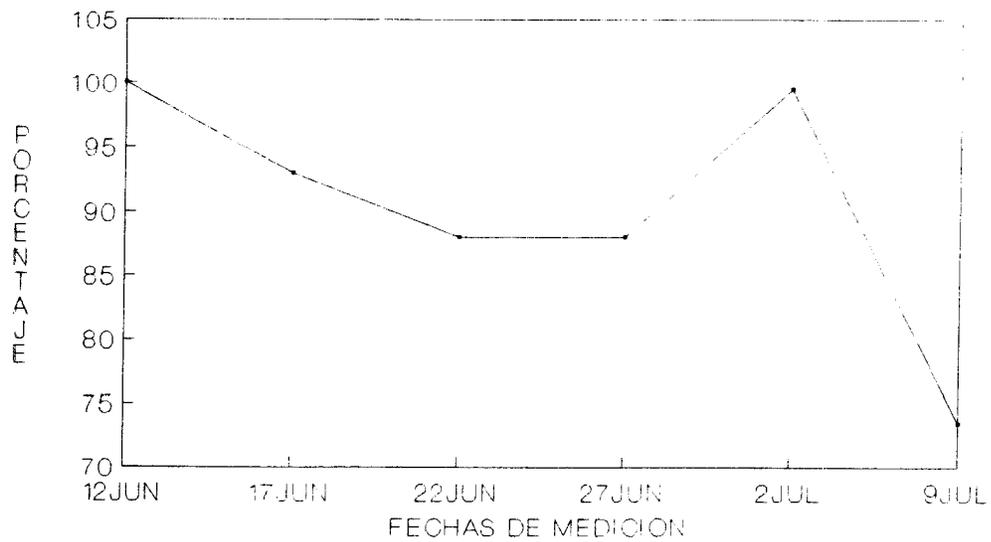


EXTRAIDAS CADA CINCO DÍAS

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

Los valores corresponden a la media aritmética.

# PERDIDAS DE PESO PORCIONES SUBTERRANEAS



EXTRAIDAS CADA CINCO DIAS

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

Los valores corresponden a la media aritmética.

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

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

La repetición del experimento permitió enfatizar los

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

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

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

Esta teoría es defendida por varios autores: Full (1904), Lanjouw (1932) en la sabanas de Surinam, Waibel (1949), Alwin y Araujo (1952) y Arens (1958-63) en las sabanas de Brasil.

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

A ese origen y evolución se agregan las quemas

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

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

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

#### a. Porciones Aéreas.

##### Nitrógeno:

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

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

## GRAMOS ELEMENTO NITROGENO PORCION AEREA

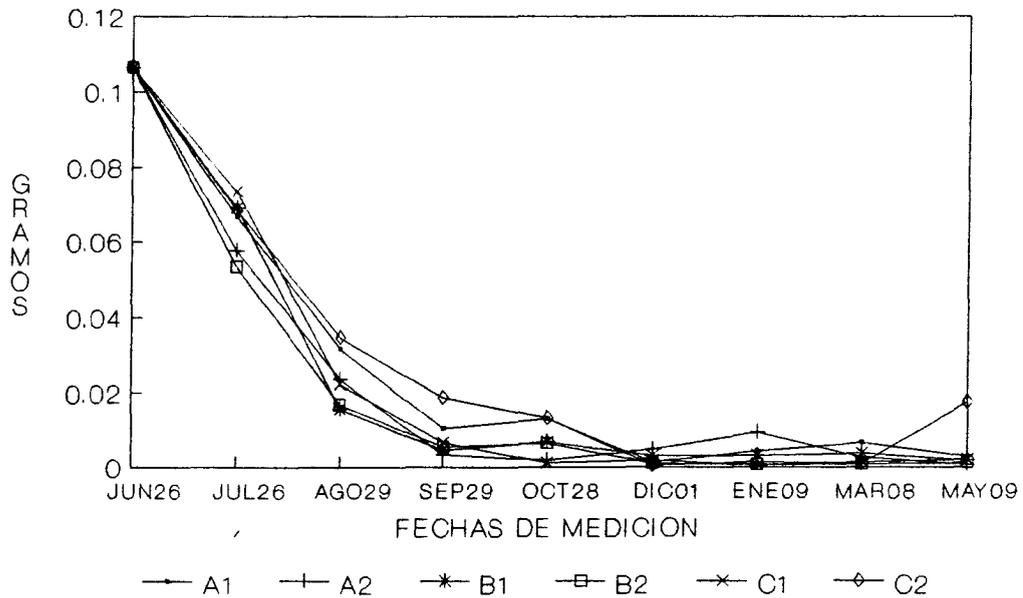


Figura 20: Variaciones en las cantidades totales de nitrógeno del material aéreo, retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **Potasio:**

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

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

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

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

## GRAMOS DEL ELEMENTO POTASIO PORCION AEREA

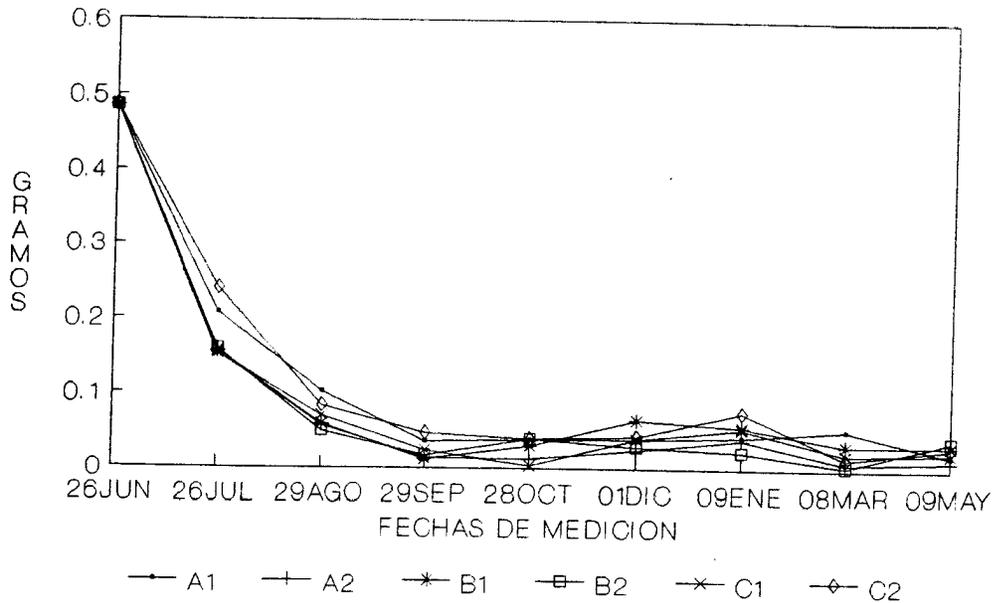


Figura 21: Variaciones en las cantidades totales de potasio del material aéreo retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

#### **Calcio:**

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

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

## GRAMOS DEL ELEMENTO CALCIO PORCION AEREA

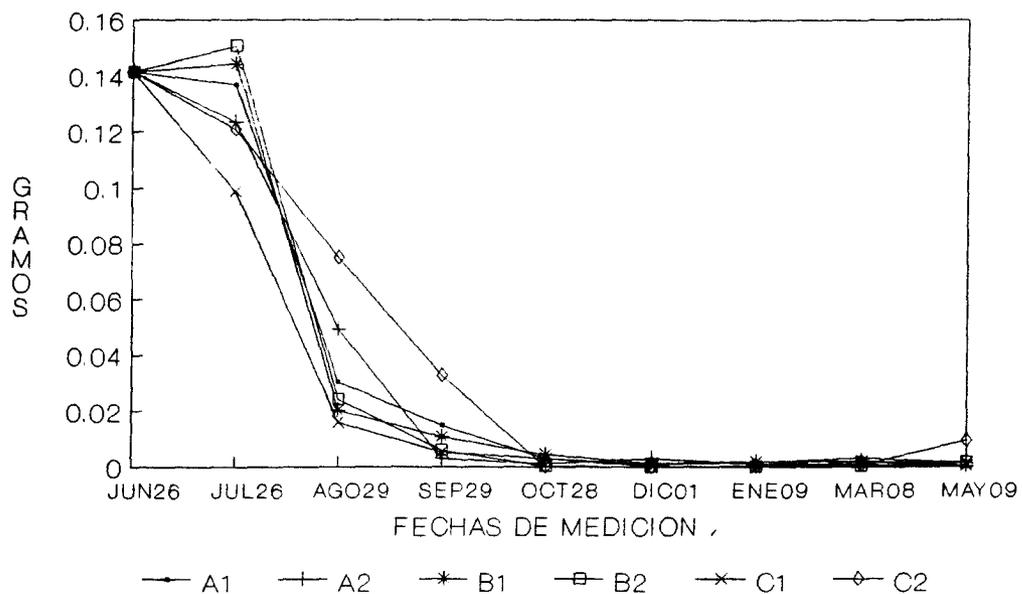


Figura 22: Variaciones en las cantidades totales de calcio del material aéreo, retenido en las bolsas de descomposición, expresada como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **Magnesio:**

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

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

## GRAMOS DEL ELEMENTO MAGNESIO PORCION AEREA

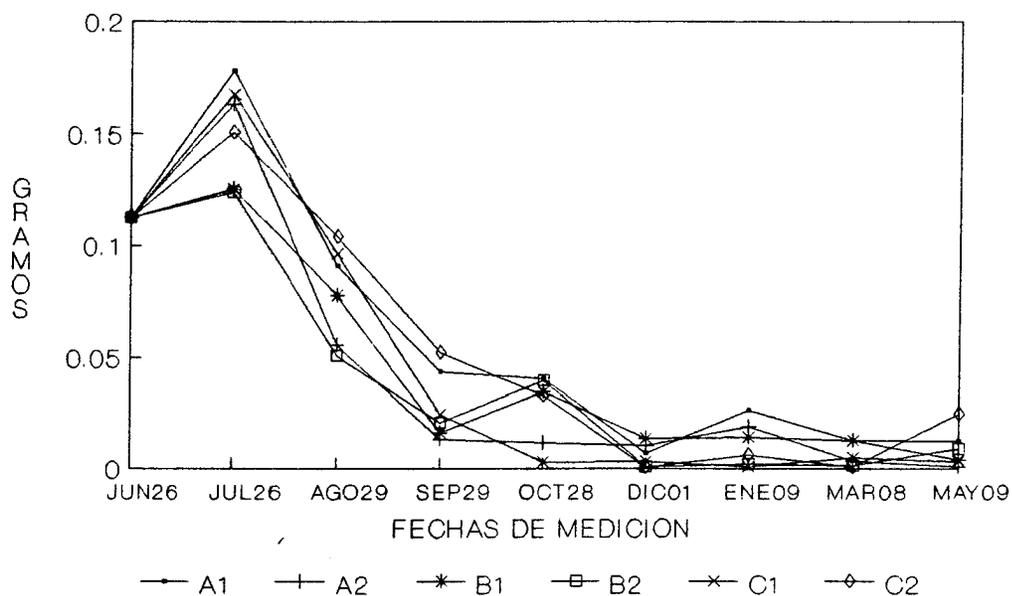


Figura 23: Variaciones en las cantidades totales de magnesio del material aéreo, retenido en las bolsas de descomposición, expresada como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Por consiguiente, según nuestros resultados, los

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

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

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

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

#### **Fósforo:**

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

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

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

A1 comparar este patrón con el de los pesos secos

## GRAMOS DEL ELEMENTO FOSFORO PORCION AEREA

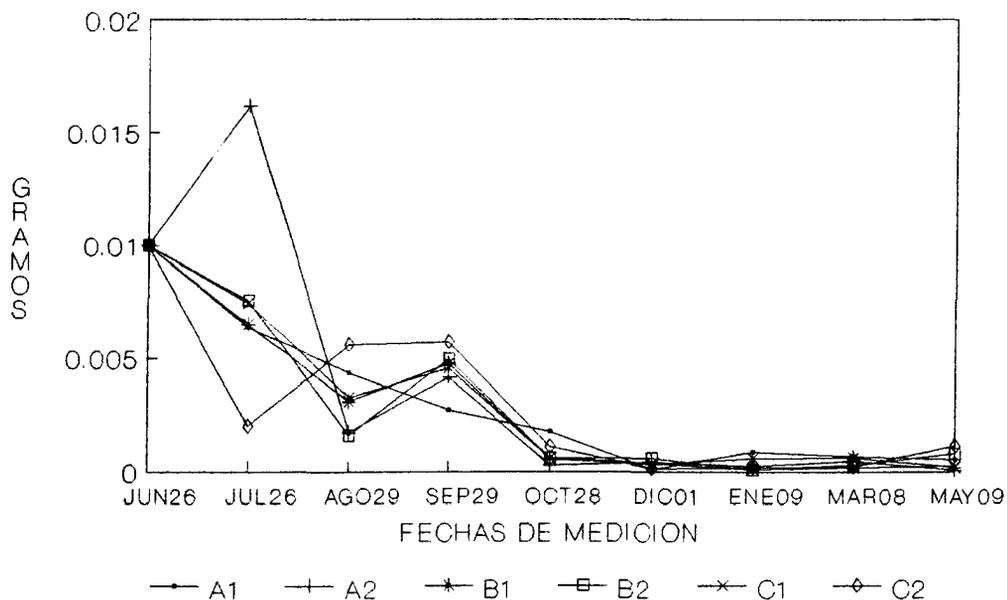


Figura 24: Variaciones en las cantidades totales de fósforo del material aéreo retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

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

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

En la **parcela C2**, se registra la declinación inicial, pero un solo mes (Del 26 de Junio al 26 de Julio).

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

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

De acuerdo a lo expuesto, el fósforo en las parcelas B1-B2-C1 presenta el patrón a lo largo del año semejante; en el resto de las parcelas se observan las siguientes diferencias: En A1, la declinación se extiende desde el comienzo hasta el primero de Diciembre, ocurre durante cinco meses; en la parcela A2, ocurre el ascenso durante el primer mes y en la parcela C2, la declinación inicial duró un solo mes y se presentó un pico que se extendió de Agosto a Septiembre. No obstante, en todas las parcelas durante el período lluvioso ocurren declinaciones ocasionadas por la alta movilidad del elemento, el cual puede ser lavado fácilmente

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

minimizar las pérdidas por lavado.

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

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

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

- El fósforo, que registra las mayores fluctuaciones, las reporta en los cuatro primeros meses, coincidiendo con el período lluvioso.

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

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

- El rango de la concentraciones es:

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

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

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

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

\* Los valores están expresados en ppm.

- Los flujos mayores ocurrieron en:

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

- Las pérdidas máximas fueron:

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

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

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

la inversión.

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

#### b. Porciones Subterráneas

##### Nitrógeno:

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

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

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

## GRAMOS ELEMENTO NITROGENO PORCION SUBTERRANEA

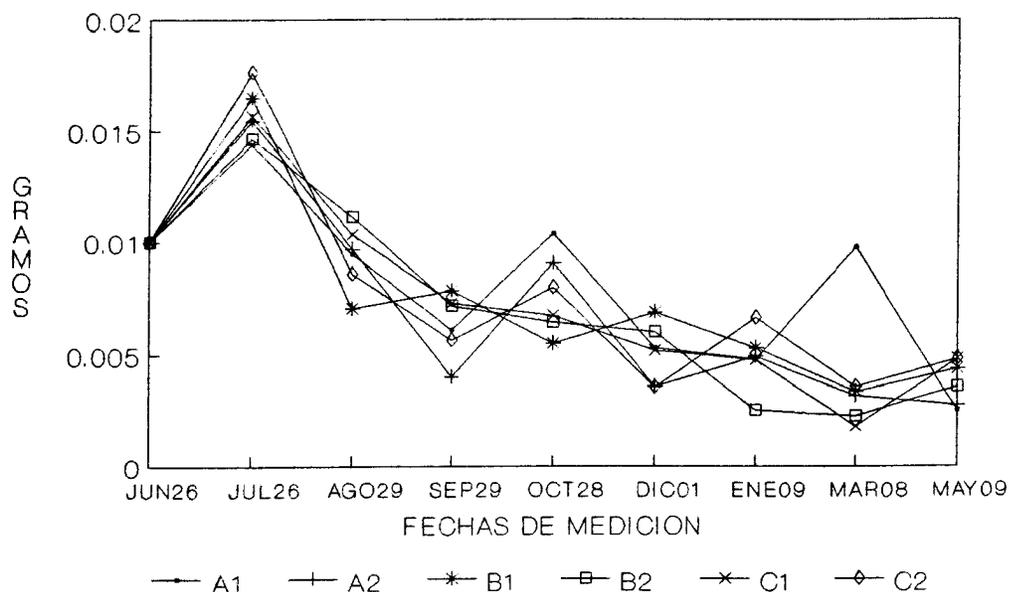


Figura 25: Variaciones en las cantidades totales de nitrógeno del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

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

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

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

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

Sin embargo, se observaron algunas cosas comunes:

1- En la seis parcelas se presenta el incremento inicial, el cual se puede explicar por la inmigración de organismos del suelo a las bolsas de malla; algunos organismos posiblemente sean fijadores de N aumentándose así la concentración. Esta explicación también se dió para dicho incremento en los pesos secos al comienzo del experimento.

2- En todas las parcelas se observa una fase de declinación del 26 de Julio en adelante, cuya extensión es variable: hasta el 29 de Septiembre en las parcelas A1-A2-C2, el 29 de Agosto en B1 y el 8 de Marzo en B2 y C1. Esta fase coincide con el período lluvioso y es atribuida a la alta movilidad del elemento que puede ser lavado fácilmente por las lluvias. Sin embargo, a esa liberación por lixiviación se debe agregar la actividad de los

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

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

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

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

concentraciones de N aumentan en las bolsas de descomposición, las mayores se registran en C2, las menores A1 y el orden fue el siguiente: C2 > B1 > C1 > A2 > B2 > A1; en el mes siguiente fue: B2 > C1 > A2 > A1 > C2 > B1, por lo que podemos señalar que las mayores liberaciones ocurren en B1 y C2, las menores en B2.

En el período siguiente (Agosto 29 - Sep 29), sólo ocurren ascensos en la parcela B1, y las cantidades liberadas en el resto estuvieron en el orden siguiente: A2 > C2 > A1 > B2 > C1.

A partir del 29 de Septiembre, la situación es en esas concentraciones muy cambiantes. Expondremos los órdenes en el cuadro siguiente:

FECHA	ORDEN EN LAS CANTIDADES TOTALES
Del 29 de Sep-28 de Oct.	A1 > A2 > C2 > C1 > B2 > B1
Del 28 de Oct-01 de Dic.	B1 > B2 > A1 > C1 > C2 > A2
Del 01 de Dic-09 de Ene.	C2 > B1 > A2 > A1 > C1 > B2
Del 09 de Ene-08 de Mar.	A1 > C2 > B1 > A2 > B2 > C1
Del 08 de Mar-09 de May.	C1 > C2 > B1 > B2 > A2 > A1

Es importante resaltar que en Octubre y Marzo las mayores concentraciones se registran en A1, parcela cortada cada 30 días y el 01 de Dic. en B1 y B2 cortadas cada 60 días, pero que en ese momento habían sido sometidas a un corte; luego de esos momentos, en dichas concentraciones, se presentan fases de liberación que separan gran parte del elemento nitrógeno, y que ponen de manifiesto la posibilidad

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

#### **Potasio:**

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

El patrón reporta diferencias en las seis parcelas:

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

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

## GRAMOS DEL ELEMENTO POTASIO PORCION SUBTERRANEA

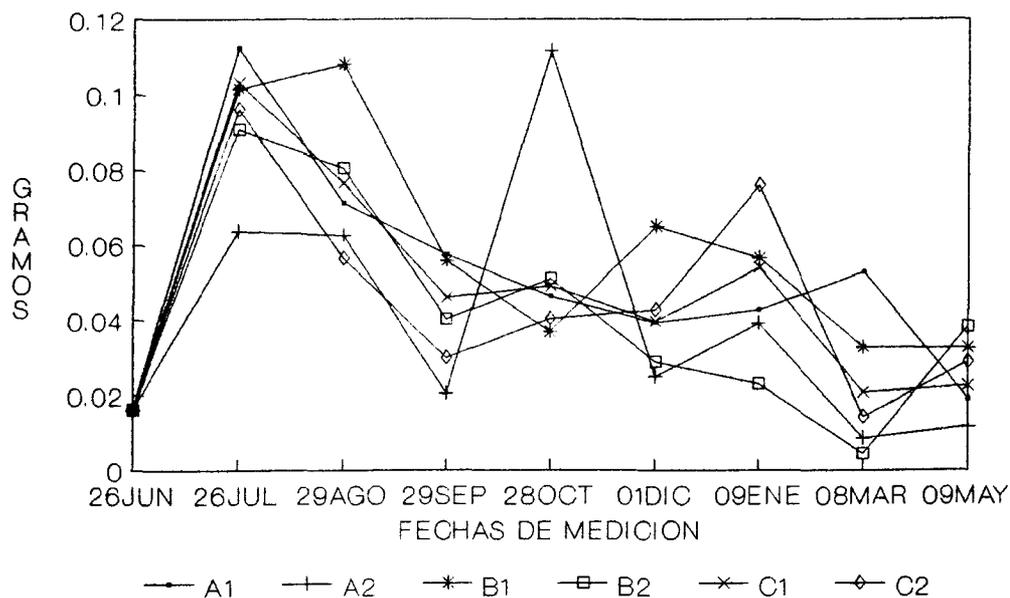


Figura 26: Variaciones en las cantidades totales de potasio del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abscisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

FECHA	ORDEN DECRECIENTE EN LA CANTIDAD TOTAL
26 Jun - 26 Jul.	A1 > C1 > B1 > C2 > B2 > A2
26 Jul - 29 Ago.	B1 > B2 > C1 > A1 > A2 > C2
29 Ago - 29 Sep.	A1 > B1 > C1 > B2 > C2 > A2
29 Sep - 28 Oct.	A2 > B2 > C1 > A1 > C2 > B1
28 Oct - 01 Dic.	B1 > C2 > A1 > C1 > B2 < A2
01 Dic - 09 Ene.	C2 > B1 > C1 > A1 > A2 > B2
09 Ene - 08 Mar.	A1 > B1 > C1 > C2 > A2 > B2
08 Mar - 09 May.	B2 > B1 > C2 > C1 > A1 > A2

Es conveniente recordar que las concentraciones son los valores de potasio determinados en el material retenido en las bolsas de descomposición. Por consiguiente, el orden decreciente de las cantidades de potasio liberadas es lo inverso de lo especificado en el cuadro anterior. Por lo tanto, podemos decir, que dichas cantidades en la mayoría de las observaciones son superiores en las parcelas sometidas a cortes periódicos. Solamente en las primeras observaciones (en Septiembre y Octubre) aparece entre las mayores C2, parcela no cortada y fertilizada.

Además, cuando ocurren los incrementos, en las parcelas A1 y A2 se registran casi siempre los mayores valores.

Estos dos últimos planteamientos podrían ser utilizados para recomendar el uso de los cortes en el manejo de la Sabana, pero preferiblemente lo más frecuentes, cada 30 días.

El efecto de los fertilizantes también se observa, ya

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

#### **Calcio:**

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

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

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

## GRAMOS DEL ELEMENTO CALCIO PORCION SUBTERRANEA

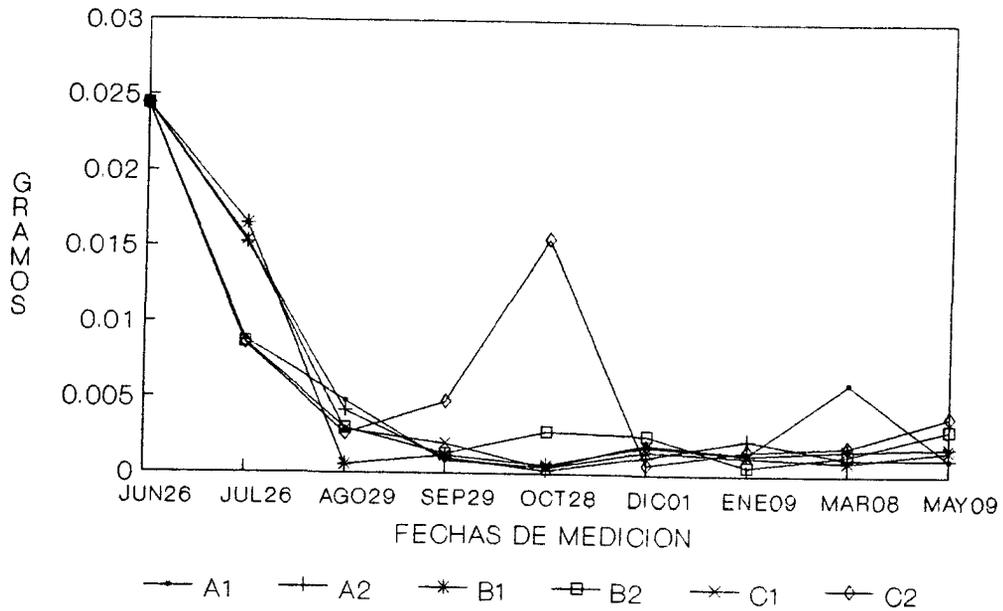


Figura 27: Variaciones en las cantidades totales de calcio del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abscisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Enero podrían atribuirse a inmigración de organismos, lo cual como ya se ha sostenido es fácil de comprobar al presentarse seguidamente una fuerte declinación, que refleja un aumento de la actividad microbial, un aumento del catabolismo responsable de la liberación del elemento. El pico presentado en Octubre corresponde a la parcela C2, parcela no sometida a cortes; y el pico presentado en Marzo, a la parcela A1, pero éste no se puede atribuir al corte porque estos se suspendieron del 20 Ene- 21 Mar; por lo tanto, el origen es difícil de explicar. A esto debemos agregar que los ascensos en las concentraciones coinciden "a veces" con ascensos en los pesos secos del material, es decir, no coinciden siempre; por ello, debe haber otro causante de esos ascensos, por ejemplo, mayor captura del elemento por parte de las hifas fúngicas, bacterias u otros organismos.

Las fases de estabilización se atribuyen a la inmovilización del elemento al incorporarse a los tejidos. Estas coinciden con la época seca.

Se compara, ahora, los valores de las cantidades; los cuales muestran clara diferencia sólo el 26 de Jul- 29 Ago, 29 Sep - 28 Oct y 9 de Mayo; ya que el 1ro Dic - 9 Ene y 8 Mar, los valores estaban cercanos, salvo en la última fecha cuando el A1 reporta un valor más alto.

El orden decreciente de las concentraciones se presentan a

continuación:

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

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

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

#### Magnesio:

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

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

## GRAMOS DEL ELEMENTO MAGNESIO PORCION SUBTERRANEA

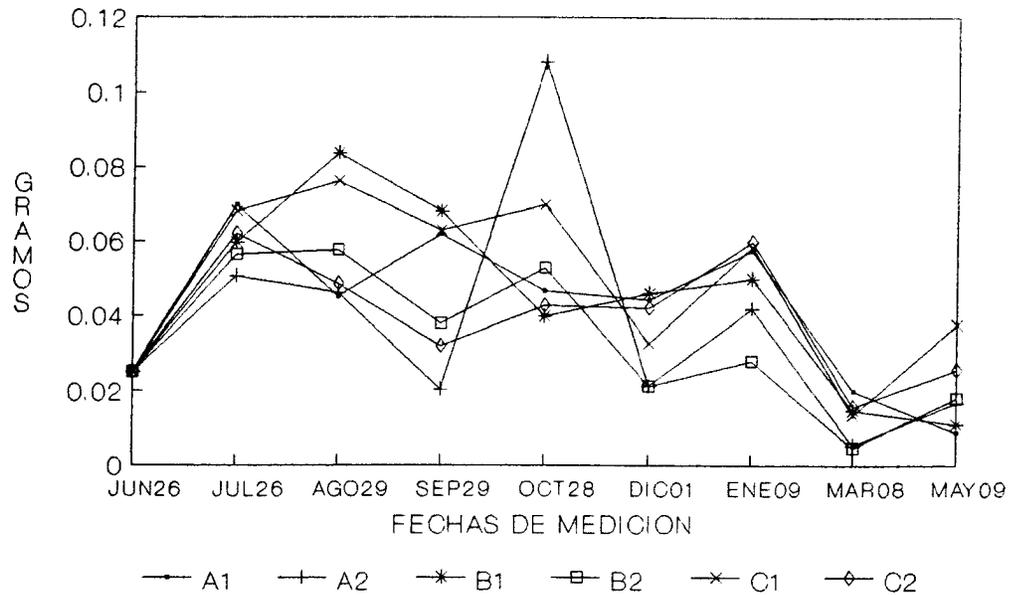


Figura 28: Variaciones en las cantidades totales de magnesio del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición, expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

parcelas. En la A1, las concentraciones sufren un incremento durante el primer mes, un descenso el siguiente; ambos se repiten hasta el 28 de Octubre, a partir del cual los valores se presentan casi constantes. Después del 1ro de Diciembre se registra un ascenso y una deflexión que se extiende hasta la última observación. Los incrementos del primer mes, de Octubre y de Enero se corresponden con incrementos en el peso del material en descomposición.

En la parcela A2, se repite el incremento del mes inicial, pero el descenso se extiende durante dos meses, es decir, hasta el 29 de Septiembre. Entre esa fecha y el final se presentan tres picos, cada uno en Octubre, Enero y Mayo, separados por períodos de disminución. Sólo el pico de Octubre coincide con aumentos en el peso seco del material hipógeo en descomposición.

En la parcela B1, el incremento inicial abarca dos meses; es seguido por una disminución hasta el 28 de Octubre, otro ascenso hasta el 9 de Enero y otra disminución hasta el final de las observaciones. Tanto el incremento inicial como el siguiente coinciden con aumentos en el peso del material.

En la parcela B2, el ascenso inicial también se extiende dos meses; es seguido por tres picos que ocurren en Octubre, Enero y Mayo respectivamente y presentan entre sí,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Fósforo:

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

## GRAMOS DEL ELEMENTO FOSFORO PORCION SUBTERRANEA

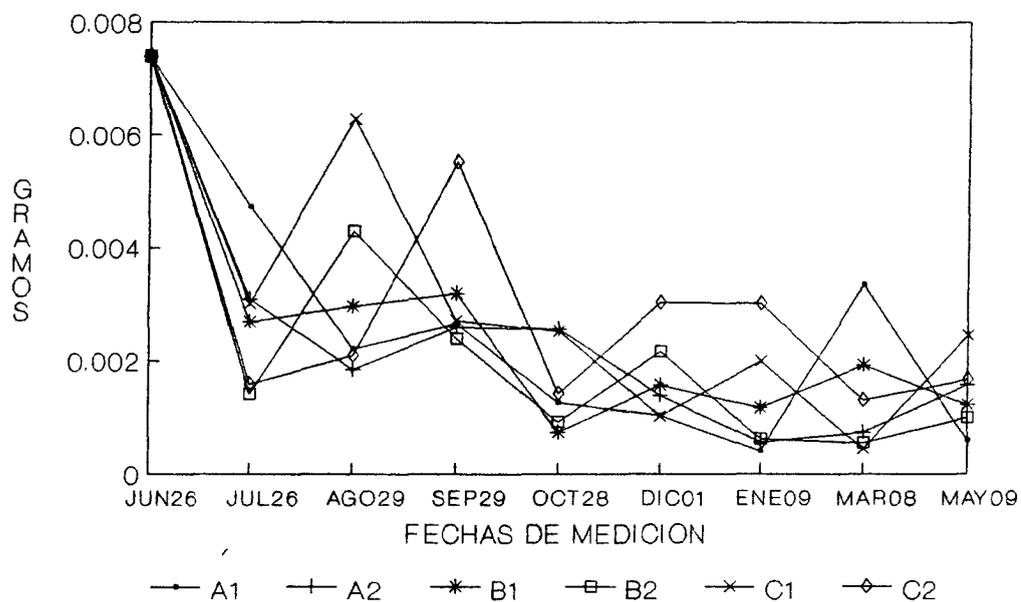


Figura 29: Variaciones en las cantidades totales de fósforo del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición expresadas como gramos del elemento (ordinal) en las fechas de medición (abcisa) durante el año.

Los valores representan la media aritmética.

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

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

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

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

descenso. En igual forma que en las otras parcelas, el patrón del fósforo reporta alguna correspondencia con el de los pesos secos del material, ya que coincide en la disminución que sigue al incremento inicial, la de Septiembre y una parte de la final; así como con el incremento en Noviembre.

En la **parcela B2**, se repite el descenso de las cantidades totales el primer mes; pero después se registran tres picos, cada uno el 29 de Agosto, 1 de Diciembre y 9 de Mayo, separados por períodos de disminución de las cantidades. Se observan escasas coincidencias entre este patrón y el de los pesos secos, ya que éstos últimos siguen un descenso casi lineal hasta el ocho de Marzo y un incremento sólo al final. Por lo tanto, coinciden solamente cuando ocurren los descensos en las concentraciones y en el incremento final.

En la **parcela C1**, la disminución inicial de las cantidades totales abarca sólo un mes y es continuada por un ascenso el mes siguiente, un descenso los tres meses sucesivos y dos ascensos separados por un período de disminución. Este patrón también difiere del seguido por los pesos secos, pero coincide con una parte de la disminución en Septiembre, Octubre y Noviembre y el incremento en Diciembre.

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

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

- 1- La declinación inicial de las concentraciones, que se extiende 1 mes en las parcelas B1-B2-C1-C2 y dos meses en las parcelas A1-A2, lo cual podría atribuirse al efecto de los dos cortes en estas últimas. Las A1-A2 fueron sometidas a cortes en dos oportunidades durante ese período, las B1-B2 a uno sólo, las C1-C2 no se cortaron; por consiguiente, la liberación del elemento más larga (2 meses) podría ser una consecuencia del corte más frecuente.
- 2- La presencia de picos que se diferencian en el número y fecha de ocurrencia, éstas fueron:

PARCELA	NUMERO DE PICOS	FECHAS DE OCURRENCIAS.
A1	Dos (2)	29 Sep y Marzo 8
A2	Dos (2)	29 Sep y Mar a Mayo
B1	Dos (2)	29 Sep y Mayo 9
B2	Tres(3)	29 Ago y 1 Dic y 9 May
C1	Tres(3)	29 Ago, 9 Ene y 9 May
C2	Tres(3)	29 Sep. 1 Dic-9Ene y 9 de Mayo.

3- La presencia de períodos de estabilización, los cuales se presentan en A2 del 29 de Septiembre al 28 de Octubre, en C2 del 01 de Diciembre al 09 de Enero.

Como se puede observar, el patrón del fósforo en las parcelas A1-A2 reporta escasas diferencias; lo mismo se puede decir para C1-C2; en cambio, entre B1 y B2 las diferencias son más notables, siendo difícil afirmar que un tipo de tratamiento causa determinado patrón, pero sí podemos decir que el tratamiento ocasiona diferencias en el patrón.

Explicaremos ahora, las posibles causas de esos ascensos y descensos en las cantidades de fósforo de las porciones subterráneas en descomposición:

- La fase inicial de declinación se atribuye a la movilidad del elemento, el cual puede ser separado por las lluvias; no obstante, debemos agregar también el efecto microbial (Catabolismo), sobre todo en las parcelas A1-A2.
- Los picos pueden atribuirse a la colonización de organismos o mayor captura del elemento, y la presencia de

una fuerte declinación inmediata, sirve para reforzar este planteamiento. Es conveniente recordar que esa inmigración y mayor captura pudieron haber sido aceleradas por el corte, y las coincidencias con el incremento de los pesos es prueba de ello. Pero, en esos descensos, también intervienen las lluvias; ésto se sostiene sobre todo para Agosto, Septiembre, Octubre (meses del período lluvioso).

- Las fases de estabilización indican que hubo inmovilización del elemento, es decir, incorporación a los tejidos o células. Sin embargo, son escasas y poco frecuente, lo cual no es muy conveniente para las plantas, pues, deben registrarse período (s) de inmovilización que serán seguidos por período (s) de liberación, encargados de colocar el elemento en la forma disponible para las plantas. Este período de liberación debe coincidir con la fase de crecimiento activo de las plantas, para que se minimicen las pérdidas por lavado. En el caso del fósforo, hay períodos de incremento de las concentraciones seguidos por liberaciones, pero éstas a veces no coinciden con el crecimiento activo de las plantas. Para el manejo de la sabana, debemos tomar en cuenta tal afirmación.

Además, de las diferencias en el patrón, se observan distinciones entre las cantidades de fósforo. En vista de que la dominación de una u otra parcela varía a lo largo del año, se reseñará el orden decreciente de las

concentraciones en las fechas de observación:

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

Si el orden decreciente de las cantidades liberadas es el inverso de lo señalado para las concentraciones, las cantidades liberadas de fósforo son mayores en las parcelas cortadas que en las parcelas protegidas (no cortadas), en la mayoría de las observaciones. Solamente en dos: de Enero a Marzo y Octubre a Diciembre, aparece una de las protegidas (C1) entre las superiores y en las dos primeras observaciones, aparece la otra (C2); pero esa es la parcela fertilizada, por lo tanto, ese valor alto puede ser atribuido al fertilizante químico.

La presencia de mayores cantidades liberadas en las parcelas sometidas a cortes frecuentes, y la posibilidad de ocasionar cambios en el patrón que puedan favorecer a las plantas, permiten sugerir que la presencia de cortes en la sabana sería conveniente para incrementar y hacer más disponible el fósforo, elemento tan limitante en ese ecosistema.

Discutido el comportamiento y las cantidades de cada elemento en las seis parcelas, se realizará la comparación

entre los elementos.

- El patrón de las concentraciones de N, es similar en las parcelas B2 y C1, diferente en el resto, presentando las seis en común: El incremento del primer mes, una fase de declinación del 26 de julio en adelante, pero que tiene duración variable entre las parcelas y presencia de 2 ó 3 picos separados por período de disminución.
- El patrón del Ca en las seis parcelas reporta escasas diferencias, ya que en todas se presenta la fase de deflexión inicial, cuya extensión es variable; luego ocurren picos que difieren a veces en el número y época de ocurrencia. En las parcelas A1, A2, B1, B2, C1, se presentan fases (s) de estabilización.
- El magnesio, en las parcelas C1, C2, B2, A2 presenta patrones parecidos que solo difieren en la duración del incremento inicial; no sucede lo mismo en las parcelas A1, B1 cuyos patrones presentan ascensos seguidos de descensos, es decir muchas fluctuaciones y muy pocas fases de estabilización.
- Las cantidades de fósforo no siguen el mismo patrón en las seis parcelas, presentando en común sólo: la declinación inicial, cuya duración es variable entre las parcelas (Uno o dos meses), la presencia de picos que difieren en el número y mes de ocurrencia, y la presencia de períodos de estabilización en A2 y C2; no obstante,

- dicho patrón reporta escasas diferencias entre A1, A2 y C1- C2.
- El potasio presenta patrón similar en las parcelas A1-C1, en las otras parcelas es diferente, aunque presentan en común: El incremento inicial seguido de una fase de declinación, y a partir del 29 de Septiembre picos y deflexiones cuyo número y mes de ocurrencia es variable entre algunas parcelas. Por consiguiente, los elementos N, Ca, Mg, P, K tienen patrones con diferencias entre sí y, algunas veces, entre las parcelas.
  - El K, Mg, P y N no presentan patrón estacional, el Ca tampoco en la parcela C2, pero en el resto de las parcelas podría hablarse de un patrón estacional.
  - Los patrones de dichos elementos químicos no coinciden plenamente con los patrones del peso del material hipógeo en descomposición; en el caso del N, K, Ca, Mg, P tienen pocas coincidencias y, a veces, incrementos en el peso no se corresponden con incrementos en las cantidades, lo que nos sugiere la presencia de otras causas.
  - El N, P, K, Mg presentan varias fases de incrementos y descenso, muy pocas fases estacionarias y de corta duración. El Ca en 4 parcelas presenta una fase de declinación, un pequeño incremento, y una fase estacionaria de mayor duración que en el resto de los elementos.
  - Las fases de incremento en N, Mg, K, P ocurren en las

épocas lluviosas y seca, pero en la primera son de mayor intensidad. Su presencia puede atribuirse a mayor captura del elemento por parte de los organismos o una inmigración de éstos.

- Las fases de descensos ocurren en N, K, Mg y P también en ambas épocas, aunque en N, K y P son mayores durante el período lluvioso, lo cual podría sugerirnos el efecto de las lluvias que facilitan el lavado o aumentan la actividad microbial (catabolismo). En el Ca, en cinco parcelas, la declinación ocurre principalmente en el período lluvioso.

- En N, K, Mg y P, las fases de estabilización son muy escasas y de corta duración; en N: una en una parcela, y de un mes; en Mg: una en dos parcelas, y en un mes; en K: una en una parcela, y de un mes; y en P: una en dos parcelas, y de un mes. En el Ca, la situación es diferente, dicha fase se presenta en 4 parcelas y con una duración de tres meses. Estas fases son atribuidas a la inmovilización de los elementos en los tejidos; en el caso del calcio que es la única larga, coincide con la estación de escaso crecimiento de las plantas superiores, y antecede a la fase de crecimiento activo. En el resto de los elementos, la fecha de ocurrencia es diferente: En el potasio (8 Mar-9May), en Magnesio (28 Oct-01 Dic), en nitrógeno (09 Ene-8 Mar), en fósforo (del 29 Sep-28 Oct y 09 Ene- 08 Mar).

- Para todos los elementos, algunos picos seguidos de descensos se presentan cercanos a los cortes, lo cual nos señala que dichos tratamientos ocasionan cambios en el patrón, y pueden ser utilizados para producir ascensos y descensos.
- El rango de las concentraciones es:

ELEMENTO	MAXIMA ppm.	MINIMA ppm.
NITROGENO	0,84	0,44
MAGNESIO	6,25	1,00
CALCIO	0,83	0,03
POTASIO	5,81	1,40
FOSFORO	0,310	0,045

Por consiguiente, el elemento que registra mayores valores es: magnesio, el que registran menores es fósforo, y el orden decreciente sería: Mg > K > N > Ca > P.

- Al analizar las variaciones a lo largo del año, se concluye que los que presentan mayores fluctuaciones son: potasio, nitrógeno, magnesio y fósforo.
- Los rangos de los elementos en las diferentes parcelas son:

PARCELA	NITROGENO ppm		FOSFORO ppm		POTASIO ppm		CALCIO ppm		MAGNESIO ppm	
	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A
A1	0,78	0,37	0,220	0,045	5,22	3,30	0,41	0,05	6,25	1,25
A2	0,84	0,44	0,260	0,064	5,42	1,60	0,83	0,03	5,25	1,00
B1	0,69	0,38	0,230	0,070	5,81	3,28	0,69	0,01	4,50	1,25
B2	0,78	0,36	0,255	0,075	5,30	1,40	0,46	0,05	4,00	1,50
C1	0,69	0,37	0,310	0,100	4,60	2,10	0,68	0,09	5,50	3,00
C2	0,78	0,34	0,290	0,075	5,71	2,12	0,52	0,03	4,50	2,75

\* Los valores están expresados en ppm.

- Los flujos mayores ocurrieron en:

ELEMENTO	MESES
NITROGENO	Ago - Sep - Nov (A1+Mar-Abr)
MAGNESIO	Ago - Sep - Oct-Feb (A2+Nov)
CALCIO	De 29 Jun - 29 Ago ó 29 Sep.
POTASIO	Ago - Sep - Nov (A2)-Ene-Feb.
FOSFORO	Jul - Sep - Oct (A1+Mar-A2)

- Las pérdidas máximas fueron:

ELEMENTO	PERDIDA (%)
NITROGENO	47,62
MAGNESIO	84,00
CALCIO	96,38
POTASIO	75,90
FOSFORO	85,48

Por consiguiente, las mayores cantidades liberadas fueron de calcio, las menores de nitrógeno y el orden decreciente fue: Ca > P > Mg > K > N.

- En el caso de N, K, Ca, Mg, P las mayores cantidades liberadas (en varias observaciones), se registran en las parcelas cortadas; pero lo más importante es que los cortes producen ascensos de las concentraciones, seguidos de descensos que pueden ser coordinados con la fase de captura máxima, para, así, minimizar las pérdidas por lavado.
- El efecto de los fertilizantes se observa para potasio, calcio, magnesio y fósforo, ya que en los dos o tres

meses iniciales se reportan las mayores cantidades liberadas en las parcelas fertilizadas (A2-B2-C2), pero dicho efecto se mantiene sólo los primeros meses; por lo tanto, no se justifica la inversión.

La presencia de mayores cantidades de elementos químicos liberados en las parcelas sometidas a cortes periódicos, la posibilidad de modificar el patrón de algunos elementos (N-P-K-Ca), la posibilidad de producir incrementos y luego intensas fases de liberación, permiten recomendar el uso de los cortes (sobre todo cada 30 días) para el manejo de la sabana, ya que pueden ocasionar ascensos en las concentraciones de los nutrientes, continuados por liberaciones que los pondrán disponibles para las plantas, mejorando, así la fertilidad de la sabana, su producción y productividad.

- El efecto de los cortes periódicos sobre el patrón y valor de las concentraciones de los elementos químicos, es mucho mayor en las porciones subterráneas (hipógeas) que en las aéreas (epígeas); tal situación en la sabana es favorable, ya que éstas últimas en dicho ecosistema son eliminadas o comidas por el pastoreo, corte y/o se mueren durante la época seca, manteniéndose las subterráneas o hipógeas; por consiguiente, éstas porciones realizan un gran papel en el reciclaje de los nutrientes y su des-composición es más importante.

Los resultados señalan que el corte modifica el proceso de la descomposición subterránea, pues demuestran cómo se modifica la acumulación y liberación de algunos elementos químicos.

**c. Comparación con la dinámica de los elementos químicos en otros ecosistemas.**

Expondremos inicialmente los resultados en otros ecosistemas y luego se hará la comparación con los obtenidos en nuestra experiencia.

Fassbender y Grimm (1981) analizaron las tasas de transferencias de elementos químicos de la vegetación al suelo, en el bosque San Eusebio, Mérida-Venezuela.

Los resultados indican que:

- Las concentraciones son bastante constantes, y las variaciones provienen de las cantidades mensuales. Los valores de transferencia más altos se observan en Mayo.
- El N tiene la mayor movilidad, se transfirieron 69Kg/Ha de la vegetación al suelo.
- El P presenta una tasa de transferencia bastante pequeña, llegando sólo a 4Kg/Ha por año.
- El Ca, K, Mg, Na registraron: 43,33, 14 y 0,27Kg/Ha/año.
- El Al alcanza una tasa bastante alta (9,3). Esto se explica por la acidez de los suelos y el predominio del Al en el complejo de intercambio catiónico.
- Las hojas presentan la mayor participación, porque tienen

concentraciones más altas que los demás órganos vegetales; las flores y frutos tienen también concentraciones elevadas y su contribución es también alta, alcanzando el 28 y 24% del P y N respectivamente; la contribución de las ramas es más baja, y la de las epífitas casi no tiene significado.

- Los resultados de San Eusebio son relativamente bajos: las tasas de N son 69Kg/Ha por año; las de El Verde en Puerto Rico: 88; las de ecosistema de llanura arrojan valores entre 100 y 320. Las tasas de fósforo son siempre bajas, oscilan de 1 a 14Kg/Ha por año, y en San Eusebio son 4Kg/Ha por año. Los valores de K, Ca y Mg presentan una gama más amplia que el N y P; depende de la capacidad de intercambio y la saturación de bases en los suelos.
- Las tasas de renovación de los elementos químicos es muy variable, para N, P y K se encontraron tasas de renovación de 42,35 y 24%.
- En el proceso de transferencia de los elementos juegan un papel importante los factores ambientales, la formación de cutícula y los procesos bioquímicos.
- El comportamiento registrado es explicable por las características del suelo y los fenómenos medioambientales; por la intensa lixiviación y la disminución del pH se promueve un empobrecimiento de las bases en el suelo y un aumento de Al. Además, con el aumento de la altura se produce una disminución de la temperatura, que disminu-

ye la actividad de los microorganismos saprófagos del suelo, resultando una disminución de la intensidad de la descomposición de los residuos vegetales.

Swift, Russell-Smith y Perfect (1981) determinaron la descomposición y la dinámica de los nutrientes minerales del mantillo, en un rastrojo de una zona subhúmeda tropical de Nigeria.

Los resultados obtenidos fueron: El análisis de varianza (parcela y tiempo) de la concentración de los nutrientes en el mantillo caído y en pie, es decir retenido en la planta para el periodo Noviembre 1.973 - Noviembre 1.974, mostró que no hubo diferencias significativas entre las parcelas, ni entre el tiempo. Las fluctuaciones en la concentración no mostraron un patrón estacional en el mantillo en pie, atribuible a la heterogeneidad en la ocurrencia en el tiempo. En cambio, en el mantillo caído, las muestras de la estación seca mostraron rangos más bajos en la concentración; por ejemplo, el rango de N (por unidad de peso seco) de Noviembre a Marzo fue 0,68-1,94%, y de Abril a Octubre 1,60-2,35% el rango del Ca fue 1,44-2,50 y 1,50-3,05%.

En la siguiente tabla se presentan los valores de las entradas anuales de cinco elementos en el mantillo caído y en pie; además, el coeficiente del turnover para cada

nutriente:

	N	P	K	Ca	Mg
MANTILLO CAIDO (g/m <sup>2</sup> )	9,2	0,60	3,0	14,0	2,7
MANTILLO EN PIE (g/m <sup>2</sup> )	6,7	0,43	1,6	9,7	1,4
TURNOVER	1,37	1,40	1,38	1,44	1,93

El gráfico de los nutrientes muestra que hay contraste en el patrón de los diferentes elementos, lo cual sugiere la interacción de diferentes procesos en la descomposición. En las bolsas finas, el N, P y Mg declinan durante las primeras dos semanas, pudiendo atribuirse a que esos pool son móviles y un gran porcentaje se lava. En las 10 semanas siguientes, mientras el peso seco declina, la cantidad de N y P permanece relativamente constante, esto implica que durante este periodo estos elementos están inmovilizados en el tejido microbial. Las tasas de pérdidas de Mg estaban más sujetas a la materia orgánica, indicando que no está presente en cantidades limitadas; además, no hay evidencia de un periodo de inmovilización, y el patrón de ese elemento es paralelo a la pérdida de peso total.

Los patrones de K y Ca mostraron marcado contraste con los de N, P y Mg; el potasio es altamente móvil, fácilmente lavable, ocurriendo a veces en cantidades que exceden la demanda. Las tasas de pérdida de K son rápidas en ambas

bolsas y domina la lixiviación.

El calcio mostró un período de acumulación neta al comienzo en las bolsas finas, posiblemente por la captura de las hifas fúngicas; en las otras bolsas, el patrón depende de la actividad de los descomponedores.

Los autores señalan que el mantillo leñoso que cae y la ausencia de descomposición durante la época seca, trae como resultado la acumulación de grandes cantidades de nutrientes en el mantillo de la superficie del suelo; con el inicio de las lluvias dichos nutrientes se separan por el inicio de la lixiviación y la descomposición biológica, por ello, los mayores flujos ocurren en Marzo, Abril y Mayo.

Explican cuál proceso domina en cada bolsa. En las finas, por la exclusión de los animales, se enfatiza la inmovilización de nutrientes, y en las gruesas se exporta material y se aumenta el lavado y cominución; los resultados de las salidas de elementos se presentan en la tabla siguiente:

ELEMENTO	COSECHA MAXIMA (g/m <sup>2</sup> )	PERDIDAS INICIALES (%)	CANTIDAD LIBERADA g/m <sup>2</sup>	PROPORCION DEL TOTAL QUE ENTRA (%)
N	8,3	60	5,6	61
P	0,93	67	0,62	103
K	3,7	95	3,5	117
Ca	16,9	35	5,9	42
Mg	2,5	67	1,7	63

Cuando esas cantidades son comparadas con las entradas, puede verse que la mayor parte de los nutrientes que se acumulan durante el año son removidos en las 4 primeras semanas; por ello, la liberación baja después, y la presencia de partes más resistentes (ramas) debe ocurrir, para estabilizar el sistema, sobre todo en la parte final de la estación lluviosa.

Edwards (1977) estima las tasas de mantillo, cayendo y en descomposición, en un bosque montano bajo de Nueva Guinea, haciendo las determinaciones en cuatro sitios diferentes: un valle, una pendiente, una colina y una abertura producida al caer un árbol, los cuales tenían parecida composición florística. Los resultados revelan que aunque no hubo diferencias significativas en la cantidad de mantillo producido, hubo notables diferencias en la cantidad que persiste en el suelo; las mayores cantidades en la colina sugieren condiciones más secas. Otro factor importante es la composición del mantillo, es decir, el tipo de especie; en dos sitios hubo más hojas de **Planchonella firma** con hojas rígidas que se descomponen lentamente, en los otros dos abunda **Dacrycarpus cinctus** que se descompone rápidamente. El autor encuentra que el contenido de nutrientes del mantillo puede afectar la tasa de descomposición, altos niveles de nutrientes, especialmente N y P tienden a acelerarla. Los análisis químicos mostraron

que en el valle, el material es rico en P, Mg y Ca.

Al hacer los análisis, comprobó que las hojas de *Elaeocarpus ptilanthus* que desaparecen muy rápidamente, tienen más altos niveles de N y P; en cambio, las hojas de *Planchonella firma* son gruesas y duras, tienen bajos niveles de N y P, y se descomponen muy lentamente.

A pesar de que las diferencias en la descomposición entre algunos sitios no fueron estadísticamente significativas, los resultados le señalan que la composición química del material afecta la tasa de descomposición: altos niveles de N y P la aceleran.

Por consiguiente, es de gran importancia determinar los cambios en la composición química del material en descomposición, con el objeto de interpretar el proceso; por ello, en nuestro caso se hicieron los análisis químicos al material retenido en las bolsas de malla, a lo largo del año de observación.

Anderson y Swift (1983) investigan la validez de las generalizaciones referidas a las tasas de descomposición en los bosques lluviosos tropicales. Señalan que las variables influyentes en el proceso son: macroclima, microclima, calidad del recurso y organismos. En este aparte nos interesa lo relacionado con la calidad del recurso. Ellos determinan que la resistencia del recurso depende de

factores intrínsecos: las hojas con más alta calidad serán las fácilmente descomponibles. Enfatizan que la calidad del recurso estará determinada, principalmente, por la composición química y, por ello, varía dentro y entre los bosques; por ejemplo, en cuatro sitios de un bosque lluvioso en Mulú se observó que el N, P, K y Ca mostraron un decrecimiento en las concentraciones; en cambio, la lignina y los polifenoles mostraron lo contrario en tres sitios. Como la concentración de ambos depende la calidad, las hojas del bosque sobre calizas tendrán alta calidad, excepto en lo referido a lignina.

Los autores reportan que la mayoría de las hojas en bosques tropicales y templados son similares a las de Mulú, excepto por el alto contenido de lignina. Esas que posean lignina tendrán más larga vida y constituyen la diferencia entre bosques estacional y siempre verde.

Concluyen que no se ha encontrado una correlación que señalara que el N es un indicador de la calidad del recurso; los datos son insuficientes y deben realizarse más análisis.

Los autores también analizan los efectos de los siguientes disturbios: Caída de un árbol y cultivo. Concluyen que con el primero ocurren cambios porque entran más nutrientes al caer las hojas, aunque el árbol al caer deposita material lignificado que es de baja calidad y sus

tasas de descomposición serán más lentas; sin embargo, esa parte leñosa al principio es una fuente pobre, pero después se enriquecerá, por consiguiente, habrá un período de inmovilización, pero al final los nutrientes se liberarán.

El arado produce cambios en la estructura, medio físico y biota; incrementa la descomposición, acelera la liberación de nutrientes. Uno de los cambios mayores es la calidad y cantidad de la hojarasca, lo cual afecta el ciclaje de los nutrientes; ese decrecimiento en la cantidad y calidad del recurso trae la desincronización, por ello, el tiempo de entrada de la hojarasca en un sistema agrícola está dictado por la práctica de manejo (corte y arado). A veces la descomposición se inicia antes de que las semillas se implanten, la máxima liberación de nutrientes ocurre cuando el cultivo no está suficientemente establecido y los nutrientes pueden lavarse y perderse. Por consiguiente, es de gran importancia la planificación del manejo, para que no ocurran dichas pérdidas.

En nuestro caso, la selección de la frecuencia del corte y de la fechas de aplicación es clave para mantener la sincronización entre liberación y captura, y establecer la época de inmovilización.

Lo observado en la sabana estacional del Jardín Botánico, y lo reportado por Anderson y Swift, permiten

concluir que en el proceso de descomposición deben considerarse los organismos, el clima y la calidad del recurso, ya que su interacción determina las características del proceso; además, se debe tener presente que las prácticas como agricultura, corte, caída de un árbol, ocasionan cambios que pueden ser utilizados para un manejo adecuado.

Como nosotros, los autores enfatizan que el uso de fertilizantes puede sustituirse por la manipulación de la descomposición y liberación de nutrientes, pero los procesos deben ser conocidos.

Montes y San José (1985) estudian el flujo de los nutrientes en un bosque de la sabana de *Trachypogon* de los Llanos del Orinoco. Estudian el flujo por precipitación y lavado foliar. Los resultados indican que la cantidad de N inorgánico aportado al sistema no balancea las pérdidas de ese elemento.

- Las tasas de incorporación parecen ocurrir en dos patrones, el primero donde la tasa mayor es al inicio de las lluvias ( $\text{NO}_3\text{-N}$  y  $\text{PO}_4\text{-P}$ ) y otro, donde los máximos ocurren en la mitad de la temporada húmeda ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{SO}_4^{+}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{K}^{+}$ ); estos máximos podrían atribuirse a la abundancia de precipitación durante el mes de Julio. Al final de la época lluviosa se observa una disminución en la

cantidad de nutrientes incorporados, excepto el amonio.

- Las posibles fuentes de estos nutrientes son: actividades inducidas por el hombre (quema), reciclaje local, procesos biológicos y contaminación atmosférica proveniente de áreas agrícolas y/o industriales. Una de las fuentes principales es la descomposición de la fitomasa durante las primeras semanas del inicio de las lluvias. Durante ese proceso de descomposición puede liberarse amoníaco a la atmósfera, pero también puede ser transformado e incorporado a la superficie terrestre como parte del reciclaje local.

- En el contenido de nutrientes del lavado foliar se observa variación intra e interanual, un aumento de Mg, K, y Na durante la época lluviosa, y una disminución al final; en cambio, el  $\text{NH}_4\text{-N}$ , Ca, P,  $\text{SO}_4$  y  $\text{NO}_3\text{-N}$  fueron irregulares y mostraron una tendencia decreciente hacia el final del período lluvioso. El aumento de Na, K y Mg es atribuible a cambios en las concentraciones en las hojas, ejemplo por consumo de herbívoros. Las concentraciones de N, P y K disminuyen a medida que las hojas senescen, el Ca y Mg aumentan. La proporción de nutrientes en el lavado foliar da una idea sobre la intensidad del lavado de nutrientes, los iones de P, K Mg son más lavables y pueden enriquecer el suelo.

Ese lavado puede repetirse en el suelo, y si a él

agregamos las pérdidas por volatilización (11,5Kg/Ha para N y aproximadamente 3,2Kg/Ha para azufre), podemos concluir que la situación en las sabanas es peligrosa: las pérdidas o salidas exceden a las entradas siendo necesaria una planificación adecuada para promover un equilibrio. Lo que demuestra la necesidad de aumentar el conocimiento de los procesos para poder implementar un manejo adecuado que controle las entradas y salidas.

Esa misma situación fue observada por Jordan y Col (1983) al estudiar la dinámica del N durante la conversión de un bosque primario lluvioso del Amazonas, mediante cortes y quemas agrícolas. Los autores plantean la investigación, porque piensan que la deflexión de los nutrientes en esos bosques es por la baja capacidad de retención del suelo. Estudian la cantidad de N, los flujos y la productividad de las plantas y encontraron que:

- Las entradas de N por la precipitación parecen ser la principal forma de entrada de amonio; pero las quemas del bosque pueden ser otra causa.
- Las tasas de pérdidas de N por lavado en un ecosistema disturbado, pueden no ser tan altas, si el disturbio es sólo corte o corte y transporte de los trozos; pero si el corte es seguido por quema, herbicida u otro disturbio, las pérdidas pueden ser más altas, como se puede ver en la tabla siguiente:

Kg/ Ha/ AÑO						
SISTEMA DISTURBADO	ENTRADA POR LLUVIA			SALIDA POR LAVADO		
	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Σ	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Σ
Rastrojo del Amazonas, seguido por quema.	0,19	11,26	11,45	20,76	22,58	43,34
Bosque del Amazonas no disturbado	0,19	11,26	11,45	5,66	8,36	14,02

En ese lugar las pérdidas por lavado fueron altas porque el corte fue seguido por la quema, y están entre los valores más altos reseñados para los ecosistemas terrestres disturbados.

Los autores también encontraron que el N desaparece con la quema y corte agrícola, a una tasa de 7% del original; la cantidad de N en el suelo no decreció durante los tres años de corte y quema, porque las pérdidas del suelo son compensadas con las entradas por la descomposición de lo cortado; sin embargo, si la explotación se hubiese llevado por décadas o más, las pérdidas de N por desnitrificación, lavado y cosecha podrían afectar seriamente las reservas de N en el sistema.

Este trabajo como los anteriores demuestran la importancia de utilizar una técnica adecuada para la conservación del suelo.

Sarmiento (1978) también analiza las salidas de nitrógeno en una sabana estacional de *Axonopus purpusii* y *Leptocoryphium lanatum*, en Barinas. Concluye que las pérdidas por lavado a través del drenaje o de infiltración profunda, y por escorrentía superficial, son aproximadamente 2Kg/Ha/año, lo cual es considerado muy pequeño; por desnitrificación bacteriana son importantes en los ambientes anaeróbicos, pero despreciables en los suelos bien drenados. Por otra parte, lo inmovilizado o acumulado en consumidores primarios o secundarios, parece ser varias veces mayor en las sabanas manejadas (se estiman en 20Kg/Ha).

Además, de las salidas analiza las entradas: Al secarse los órganos aéreos durante la estación seca, parte importante del N es trasladado hacia los órganos hipógeos perennes, y otra queda en la biomasa en pie. De esa, una fracción es arrastrada por el pluviolavado (25%); y de la biomasa hipógea, un 75% se recicla cada año por descomposición. Por lo tanto, 10Kg/Ha de N pasan por vía de la microflora y microfauna al suelo. Así mismo, las raíces absorben anualmente 30Kg/Ha de N mineral del suelo, de los cuales unos 20 son reencaminados hacia los órganos aéreos, y otros 10 quedarán en los subterráneos.

Si la vegetación absorbe anualmente 30Kg/Ha del N del suelo, debe haber aportes que equilibren las entradas y salidas. Estos son: el aporte pluvial, el N orgánico

acumulado en el humus que alcanza 5.680 Kg/ha y se mineraliza 10 Kg/ha/año con los procesos de amonificación y nitrificación; la fijación de N atmosférico que puede llegar a 1,5Kg/ha/día para la biomasa radical de 5T/ha. Según esos resultados, en las sabanas tropicales la nitrificación parecer ser insignificante, y la fijación de N importante.

El autor también examina el contenido de nutrientes en el suelo y la vegetación, para apreciar cuáles son los elementos críticos. Concluye que en las sabanas estacionales (Barinas y Boconoíto), el P se divide en partes iguales entre el disponible en el suelo y el que se acumula en la vegetación; en cambio, el Ca, Mg, K presentan diferencias, siendo más pobres en Boconoíto, y la relación suelo/plantas es: 4 y 23 para Ca, 3 y 47 para Mg, 4 y 17 para K; por lo tanto, el P es un elemento crítico para el desarrollo de la vegetación y el Ca, Mg, K, aunque existen en el suelo en cantidades mayores que en la vegetación, pueden llegar a niveles críticos en los suelos pobres como Boconoíto.

En las sabanas hiperestacionales, el balance es más crítico, ya que el P y K son muy limitantes, el Ca y Mg pueden llegar a críticos sobre todo en el caso de exportación masiva de nutrientes por cosecha o consumo.

En la tabla siguiente se presentan los contenidos de

los nutrientes en las sabanas de Barinas, Boconito y Jaboncillo.

SABANA g/m <sup>2</sup> En los Prime- ros 100cmde suelo	N. TOTAL	P. SOLUBLE	Ca INTER- CAMBIABLE	Mg INTER- CAMBIABLE	K INTER- CAMBIA- BLE
BARINAS	586	1,12	101	58	71
JABONCILLO	597	1,39	1101	641	71
BOCONITO	531	2,12	23	13	31
En la Biomasa E- pígea e Hipógea.	N	P	Ca	Mg	K
BARINAS	E 6 H 4	E 1,16 H 0,70	E 7 H 4	E 3 H 1	E 6 H 2
JABONCILLO	E 6 H 6	E 1,42 H 0,70	E 6 H 3	E 2 H 1	E 12 H 1
BOCONITO	E 3 H 9	E 0,48 H 1,68	E 2 H 3	E 3 H 1	E 3 H 3

El autor concluye que en la sabana estacional el suelo es el principal reservorio de N, el cual se recicla internamente entre diferentes compartimientos, proviene del pluvio-lavado, fijación y mineralización del humus. Las pérdidas más importantes se producen por volatización en el momento de las quemas, sólo una pequeña fracción del N del suelo está en forma mineral asimilable por la vegetación; además, una gran parte se renueva anualmente, lo que hace dudar si en verdad existe más N disponible. Todas estas afirmaciones le permiten concluir que el N es un elemento crítico para la productividad de estos ecosistemas, lo mismo el P y K en los hiperestacionales y a veces en los estacionales sobre todo

en los más pobres.

Una vez más queda demostrado la necesidad de conocer y cuantificar los procesos que ocurren en la sabana, para mantener el equilibrio y, al mismo tiempo, lograr aumentos en la producción y productividad.

Swift y Col (1981) reseñan el proceso de descomposición de las hojas amarillas de abedul en un bosque de Hubbard Brook. La tasa C/N inicial fue 62:1 durante los primeros ocho meses porque el N fue inmovilizado por fuentes externas, pero una vez que la tasa C/N bajó a 30:1 en Junio o Julio, ocurrieron las pérdidas de N. Los patrones de S y P fueron similares a los de N, presentándose las limitaciones en las hojas frescas; en cambio, K, Mg y Ca se comportan de diferentes maneras: el K, elemento muy móvil, se pierde muy rápidamente de las hojas, de tal manera que en Abril había solo el 20% del contenido original. Este contenido permaneció constante; sin embargo, a veces mostró un ligero incremento, que sugiere que la tasa crítica para los organismos descomponedores ha sido alcanzada, y que la inmovilización excede a la mineralización en las fases tardías.

Los autores plantean que el proceso de reemplazamiento es diferente para cada elemento: Ca, Mg, K pueden ser altamente reemplazados en corto tiempo por el fenómeno de

Intercambio Catiónico; los aniones de N-P y S son dependientes del modelo biológico; por ejemplo, de los descomponedores. La principal fuente para N-P y Ca es el mantillo caído; K y Mg muestran mayor movilidad, pero pueden ser más fácilmente lavados.

Estos autores nos reportan observaciones que van a ser comparados, y que señalan lo frágil del ciclaje de nutrientes en todos los ecosistemas.

Hernández (1985) determina la concentración de los macroelementos en la hojarasca y raíces en descomposición de un cultivo de caña de azúcar y consigue que:

- En las raíces, el modelo exponencial de desaparición se ajustó para nitrógeno y fósforo, no para calcio y magnesio.
- El fósforo desaparece a una tasa de  $1,33 \text{ años}^{-1}$ , con un tiempo de recambio de 27 meses, lo que podría indicar que su mineralización es mediada por los mismos mecanismos que operan en la degradación del material orgánico.
- El nitrógeno se libera más lentamente, con un tiempo de residencia de 3 años ( $K = 0,89 \text{ años}^{-1}$ ).
- Las constantes de desaparición (K), el tiempo de vida medio ( $t/2$ ) y el tiempo de recambio (95%) para los nutrientes fueron:

ELEMENTO	K	t/2	95%	
P	-1,39	0,49	2,16	
N	-0,89	0,78	3,37	
Mg	-0,48	—	—	*
Ca	-0,12	—	—	*
* No existe correlación ( $P < 0,05$ )				

En la hojarasca, los cambios de concentración son leves o nulos para el fósforo, debido a la colocación de las bolsas al final de la época lluviosa, lo cual ocasiona ausencia de un proceso de fuerte lavado.

- El potasio presenta la mayor disminución en concentración al igual que en cantidad neta, de acuerdo a su alta movilidad.
- El calcio tiende a concentrarse como sucedió en las raíces.
- Las cantidades remanentes de N, P, K y Mg después de 160 días son de la misma magnitud que la hojarasca, lo cual sugiere un acoplamiento entre la descomposición y la mineralización de estos nutrientes.
- El calcio se libera más lentamente pero no presenta el incremento inicial observado en raíces.
- Debido al escaso tiempo que permanece la hojarasca en el suelo, la descomposición no suministraría más del 40% de la cantidad inicial nutrientes, por tanto la quema procura una mineralización más rápida de éstos, exceptuando el nitrógeno que se volatiliza en altas temperaturas.

Los valores obtenidos por Hernández fueron:

NUTRIENTE	conc. inicial	conc. final	cant. inicial	cant. final	% rem
	mg	gms	mg		
F	0,93	0,93	0,56	0,40	71,0
N	3,43	3,37	20,58	14,35	69,8
K	1,33	1,21	7,98	5,15	64,6
Ca	4,52	5,24	27,12	22,32	82,3
Mg	0,66	0,62	3,96	2,64	66,7

Por último, presentaremos lo planteado por Chapín (1980) sobre los nutrientes, en varios aspectos y en situaciones de stress. Empieza por la tasa de absorción para cada elemento: la tasa de absorción del P dependerá de la capacidad de absorción, y de los niveles de concentración en la solución del suelo; un incremento de esa concentración es importante. En cambio, el Ca y Mg se mueven más rápidamente por movimiento de masa y difusión, y se acumulan alrededor de las raíces cuando el suministro excede a la absorción. Aquellos elementos que limitan el crecimiento de las plantas son bajos en la concentración de la solución del suelo. Lo expuesto demuestra que la situación es diferente para algunos elementos.

Luego, discute que una alta eficiencia en el uso del nutriente podría ser una adaptación para soportar el stress por escasez de nutrientes. Esta eficiencia está definida por la cantidad de materia seca producida por gramo de nutrien-

te. Por lo tanto, las especies con crecimiento lento tienen altas concentraciones en los tejidos y baja eficiencia. En cambio, las de crecimiento rápido tienen bajas concentraciones y alta eficiencia; a esto se agrega la respiración reducida, capacidad de absorción de la raíz reducida, reducida fotosíntesis y mayor morbilidad, para responder al stress. A estas estrategias, las plantas pueden anexar otras para minimizar las pérdidas de nutrientes por lavado o por retranslocación hacia las hojas senescentes, tales como pubescencia y cutícula gruesa; por ejemplo, las hojas escleróticas son una respuesta para disminuir el lavado y vivir en ambientes pobres. El lavado afecta a los nutrientes en este orden  $K > N > P$ , pero ese lavado ocurre más rápidamente si la concentración es más alta; por ello, las plantas que crecen en suelos infértiles tienen menores concentraciones y, por lo tanto, menos pérdidas por lavado.

Según el autor, el comportamiento de los elementos es diferente: El N y P son traslocados de las hojas a otra parte de la planta, el K se pierde más por lavado, el Ca es inamovible.

En vista de estas diferencias observadas por Chapín, y otras planteadas por otros investigadores, se creyó conveniente determinar el camino de los elementos a lo largo del proceso de descomposición, sus patrones, concentraciones, cuyos resultados se expusieron anteriormente y se

compararán a continuación.

VA- LO- RES	FASSBENDER Y GRIMM (BOSQUE SAN EUSEBIO)	SWIFR YCOL (RASTROJO SUBHUMEDO TROPICAL)	SARMIENTO (SABANA DE SERIE BARINAS)	MALDONADO (SABANA DE SERIE BARINAS)
N	69 Kg/ha	56g/m <sup>2</sup>	10 Kg/Ha	Reseñados en la ta- bla N° 13 14-15-16- 17-18-19- 20-21-22
P	4	6,2	-----	
K	33	35,0	-----	
Ca	43	59,0	-----	
Mg	14	17,0	-----	

Las diferencias se deben a las divergencias en los sitios:

- a) San Eusebio está a mayor altitud; por lo tanto la temperatura será menor, lo cual ocasionará disminución en la actividad de los organismos saprófagos y por consiguiente descenso en la descomposición de residuos vegetales. Además, es un bosque con una composición florística diferente a la sabana. Así mismo la topografía es inclinada y dominará la lixiviación. A esto debemos agregar la abundancia de aluminio. Por consiguiente, los ambientes presentan enormes divergencias que se reflejan en el proceso de descomposición.
- b) El rastrojo del Subhúmedo tropical tendrá mayor cantidad de precipitación, lo cual deberá aumentar la lixiviación; además, tendrá un tipo de vegetación más dura (predominio de leñosas), y las hojas deben ser de composición química y estructura diferente a las de *Panicum maximum*.

Los valores de porcentaje en el remanente son

parecidos a los reportados por Hernández para Ca y N; los de Mg, K y P son un poco menores y las divergencias se pueden atribuir a diferencias en la composición química del material (caña de azúcar Vs Guinea), las condiciones ambientales y el tipo de tratamiento.

Seguidamente se comparará lo expuesto para los patrones de los elementos.

AUTOR	PATRONES
SWIFT Y COL	Los patrones de P-N son similares, los de K-Ca-Mg se comportan de diferentes maneras. El K es un elemento muy móvil y se pierde muy rápido, a veces sufre hasta incrementos.
SWIFT Y COL	Encontraron contrastes en el patrón de los elementos; el N, P y Mg declinan durante las primeras semanas y permanecen constantes el resto. El Mg tiene un patrón paralelo a las pérdidas de peso, y está más sujeto a la materia orgánica. El K es altamente móvil, lavable y se separa rápido; el Ca presenta períodos de acumulación al comienzo.
MONTES Y SAN JOSE	La tasa de incorporación parece ocurrir en dos patrones: el primero, donde las mayores entradas son al inicio de las lluvias ( $\text{NO}_3\text{-N}$ y P) y, el otro, donde ocurre en la mitad de la temporada lluviosa ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , Ca, Mg, K). Al final de la época lluviosa se observa una disminución en la cantidad de nutrientes incorporados. Entre las posibles fuentes de entrada, figura como de gran importancia, la descomposición de la fitomasa durante las primeras semanas de lluvias.

AUTOR

PATRONES

Mg, K y Na aumentan al inicio de las lluvias y disminuyen al final.

NH<sub>4</sub>-N, Ca, P, NO<sub>3</sub>-N y SO<sub>4</sub> fueron irregulares, mostraron una tendencia decreciente hacia el final de las lluvias.

HERNANDEZ

En las raíces, sólo la desaparición de N y P se ajustó al modelo exponencial, no el Ca y Mg. El N se libera más lentamente. En la hojarasca los cambios de concentración en el P son leves o nulos, el K presenta la mayor disminución en concentración, el Ca tiende a concentrarse y se libera más lentamente.

MALDONADO

El patrón del N es: declinación durante los 3 ó 4 primeros meses, luego permanece casi constante; el del potasio es similar al del N, sólo que la declinación inicial se extiende dos meses; el Mg se incrementa primero, luego declina por 2-4 meses y después se estabiliza; el Ca en unas parcelas (B1-B2) sufre un incremento inicial seguido de un descenso los tres meses siguientes; en las otras parcelas desciende de una vez. En todas las parcelas se observa la fase de inmovilización a partir del 28 de Octubre. El P en dos parcelas tiene comportamiento diferente, ya que en A2 reporta un incremento inicial seguido de un descenso pronunciado, un nuevo incremento otra disminución, y la fase de estabilización; en el resto de las parcelas presenta: el descenso inicial por 2 meses, un pequeño incremento seguido de una disminución, y una fase de estabilización. Por lo tanto, K-N presentan escasas diferencias en el patrón, Mg y Ca similitudes y diferencias, el P registra el patrón más distinto.

Como se puede observar Swift y Co) (1981) encontraron patrones similares para N y P, nosotros no; luego en 1981b encontraron contrastes entre los patrones, coincidiendo en parte con nuestros resultados. Ellos señalan que el Mg tiene un paralelo con las pérdidas de peso, en nuestro caso se observó paralelismo en algunas oportunidades, ya que se registraron pocas coincidencias. También enfatizan que el Mg no reporta fases de inmovilización, lo contrario a lo observado en nuestro caso; por lo tanto, el patrón del Mg es diferente. Otra diferencia es que el Ca no presenta periodos de acumulación al comienzo en todas las parcelas (sólo en A1-B2); en cambio, el Mg sí y el P en la parcela A2. En consecuencia, nuestros patrones y los señalados por Swift y Co) presentan algunas diferencias en el caso de P, Mg, Ca (en cuatro parcelas). Estas diferencias pueden explicarse por las divergencias climáticas entre los dos lugares (mayor lluviosidad en los sitios de Swift), y a la composición química de las hojas.

Las coincidencias serían:

- 1) El N disminuye y después permanece casi constante, pero el tiempo de declinación es más corto (2 semanas); por lo tanto sería el mismo patrón.
- 2) El K es altamente móvil y se lava rápidamente.
- 3) Hay contraste en el patrón de los elementos.
- 4) No se observan diferencias estadísticamente significati-

vas entre las parcelas.

Según Montes y San José, las tasas de incorporación siguen dos patrones; el primero, con mayores entradas al inicio de las lluvias (N-NO<sub>3</sub> y P); el otro, en la mitad (NH<sub>4</sub>-N, Ca, Mg, K). Como se empezó el experimento en Junio no se pueden hacer comparaciones; sin embargo, se observan las mayores entradas los 2 ó 3 primeros meses.

Con Anderson y Swift, las coincidencias son: el arado cambia la descomposición; en nuestro caso, el corte cambia la descomposición.

Al comparar la movilidad, vemos que según Fassbender, el que tiene mayor movilidad es el N, el de más pequeña movilidad el fósforo; según Swift y Col el K y Mg tienen la mayor movilidad, pero pueden ser más fácilmente lavados. Según Chapin el orden para el lavado es el siguiente: K > N > P; en nuestro caso el orden es: K > Ca > P > Mg > N; y aunque es difícil separar el efecto del lavado y catabolismo; debemos recordar que por la topografía plana el lavado puede ser menor.

Según Fassbender, las mayores transferencias ocurren en Mayo. De nuevo enfatizamos que el experimento se comenzó en Junio y, por ello, no se pueden establecer comparaciones en este aspecto.

Al comparar el porcentaje de las pérdidas vemos:

ELEMENTO	SWIFT Y COL	MALDONADO
NITROGENO	60%	79,92%
FOSFORO	67%	89,84%
POTASIO	95%	99,99%
CALCIO	35%	99,79%
MAGNESIO	67%	86,21%

Es conveniente recordar que las mayores pérdidas en N, Ca, Mg, K y P, en nuestro caso, ocurrieron los 2-3 primeros meses; en el caso de Swift y Col N, P y Mg durante dos semanas, el K un poco más y el Ca después de sufrir una acumulación inicial comienza la declinación. Por consiguiente, las diferencias se explican por la mayor pluviosidad que causa más lavado y mayor actividad de los organismos saprófagos.

Los resultados obtenidos presentan semejanzas en algunos aspectos y diferencias en otros. Estas últimas causadas, principalmente, por las distinciones en el clima, la estructura y composición química del material vegetal sujeto a descomposición y los organismos saprófagos. Todo esto permite reiterar que el proceso de descomposición depende de: clima, organismos y calidad del recurso.

#### 4. Amonificación - Nitrificación - Mineralización.

Con el objeto de tener más argumentos para insistir

sobre el efecto del corte en la liberación de nutrientes, se realizó la determinación de las concentraciones de amonio ( $N-NH_4$ ) y nitrato ( $N-NO_3$ ) en el suelo durante un proceso de incubación insitu. Dichas incubaciones se inician el día 2do - 5to - 9no - 13vo y 16vo después del corte tienen una duración de 15 días cada una. Además, se determinó las concentraciones de  $NH_4$  y  $NO_3$  en el suelo antes del corte (el 01/05/89).

Los resultados se presentan en la tabla 22 y las figuras 23 a 25.

#### a. Concentraciones iniciales de amonio y nitrato.

La figura 23 y tabla 22 señalan que antes del corte (el 01/05/89) la concentración de amonio en el suelo era 1,436 mg/kg; una vez aplicado el corte (el 10/05/89) dicha concentración se incrementó registrándose el día 12/05/89: 6,211mg/kg; en los días siguientes declinó llegando a 0,913mg/kg, el día 16 después del corte (26/05/89);

La concentración de nitrato inicial tuvo un comportamiento diferente: Antes del corte era 1,594mg/kg, dos días después 2,314, lo cual pone de manifiesto el efecto del corte sobre dicha concentración. Este efecto es mayor sobre los nitratos, los cuales no declinan en el tiempo, sino que por el contrario ascienden reportándose al final del experimento 11,616mg/kg.

# CONCENTRACIONES INICIALES

## AMONIO Y NITRATO

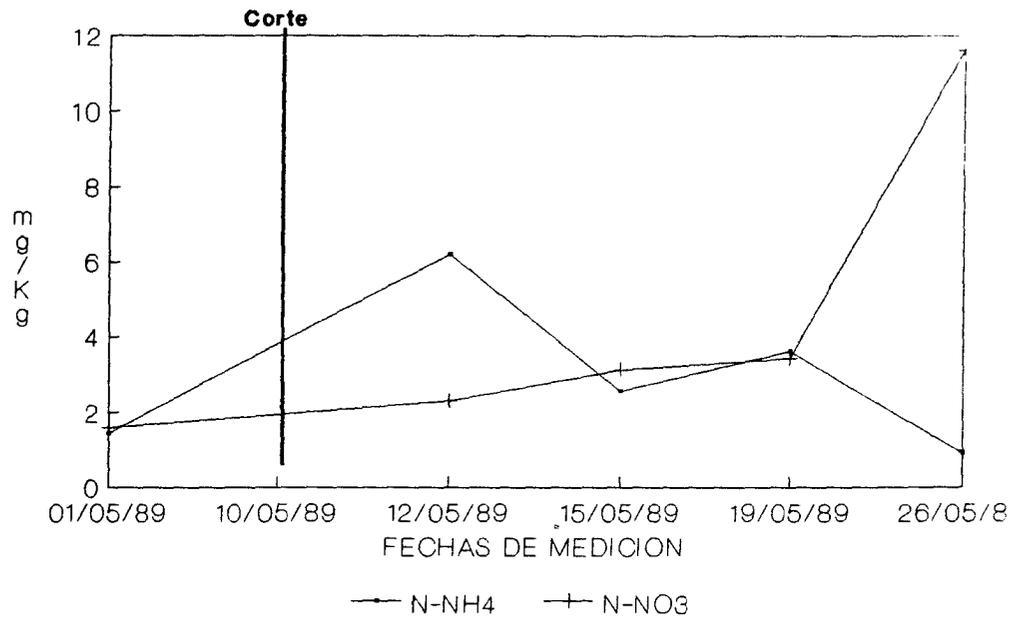


Figura 30: Variaciones de las concentraciones iniciales (ordinal) de amonio (mg de N-NH<sub>4</sub>/Kg) y nitrato (mg de N-NO<sub>3</sub>/Kg), en relación con las fechas de medición (abcisa) antes del corte y en los días subsiguientes.

Los valores representan la media aritmética.

La declinación de la concentración de amonio a lo largo del tiempo y el incremento de los nitratos indica la ocurrencia de transformación de amonio en nitrato, lo cual está a cargo de las bacterias nitrificantes; sin embargo, las concentraciones mayores del día 26/05/90 pudiesen indicar que también se libera nitrógeno en forma de nitrato al someter a la sabana a cortes, pero con separación o extracción del material.

Para reforzar esta afirmación se analizó el comportamiento de los elementos climáticos (temperatura y precipitación), durante el período de observaciones.

Las temperaturas medias atmosféricas durante dicho período fueron:

10/05/89	-	27,10 C
12/05/89	-	25,22 C
15/05/89	-	26,40 C
17/05/89	-	23,12 C
23/05/89	-	27,10 C
26/05/89	-	24,12 C

Las temperaturas del suelo no se midieron, pero según Anderson y Swift (1.983), Coleman y Col (1.986), Vitousek y Mason (1.985), éstas aumentan de 1,5 a 30 C con el aclareo; por consiguiente, las mayores temperaturas coincidieron con incrementos en las concentraciones de amonio y nitrato, lo que podría ser una prueba de los aumentos en la actividad microbial. Los resultados del experimento Respiración Edáfica que se presentan en la página 308 demuestran lo

planteado: "El corte ocasiona aumentos en la Respiración Edáfica, observables un día después del corte, pero que desciende en los días siguientes".

La precipitación caída durante el período de observaciones fue la siguiente:

Del 05	al	12	de	Mayo:	3,7mm
Del 12	al	15	de	Mayo:	0,0mm
Del 15	al	19	de	Mayo:	4,0mm
Del 19	al	23	de	Mayo:	22,5mm
Del 23	al	29	de	Mayo:	11,7mm

Al comparar los mm. de agua caídos y las concentraciones de nitrato, se observa que las mayores ocurren en los períodos de máxima precipitación (11,7mm 19,092mg/kg), lo cual señala que los nitratos pueden ser liberados también a través de la lixiviación y en mayor proporción que el amonio.

En consecuencia, los resultados demuestran que el corte puede ocasionar cambios en el catabolismo y la lixiviación, proceso responsables de la Descomposición. Como se discutió en las partes anteriores, al cortar y retirar el material, se produce un aclareo que permite mayor entrada de luz solar y, por consiguiente, aumentos en la temperatura del suelo que ocasionan incrementos en la actividad de la población saprófaga; por lo tanto, del catabolismo. Además, permite mayor entrada del agua caída en las lluvias, aumentándose la humedad del suelo que

también influye sobre la actividad microbial, pero que principalmente puede aumentar la lixiviación.

#### **b. Concentraciones finales de amonio y nitrato.**

En la figura 31 y la tabla 23 se presentan las concentraciones de amonio y nitratos al final de cada período de incubación, observándose lo siguiente:

Las concentraciones finales de amonio eran tan bajas que no fueron detectadas en la mayoría de las observaciones. Sólo los días 59 y 9no es cuando se registran 2,900 y 1,991g/kg lo que permite suponer que durante la incubación el amonio es escaso, pues este en gran parte se transforma en nitrato.

La situación de las concentraciones finales de nitrato fue diferente, ya que aumentaron durante todas las incubaciones, registrándose 8,443mg/kg el día 2do después del corte y 19,092 el día 16vo.

#### **c. Amonificación neta, Nitrificación neta, Mineralización neta**

Al sustraer las concentraciones finales e iniciales de amonio en cada período de incubación se determina la amonificación neta durante la incubación, cuyo curso se observa en la figura 32, notándose un ascenso del 29 al 18vo día (-6,211 — 6,744g/kg), un descenso hasta el día 7 de junio y luego un nuevo incremento. Sin embargo, como se

# CONCENTRACIONES FINALES AMONIO Y NITRATO

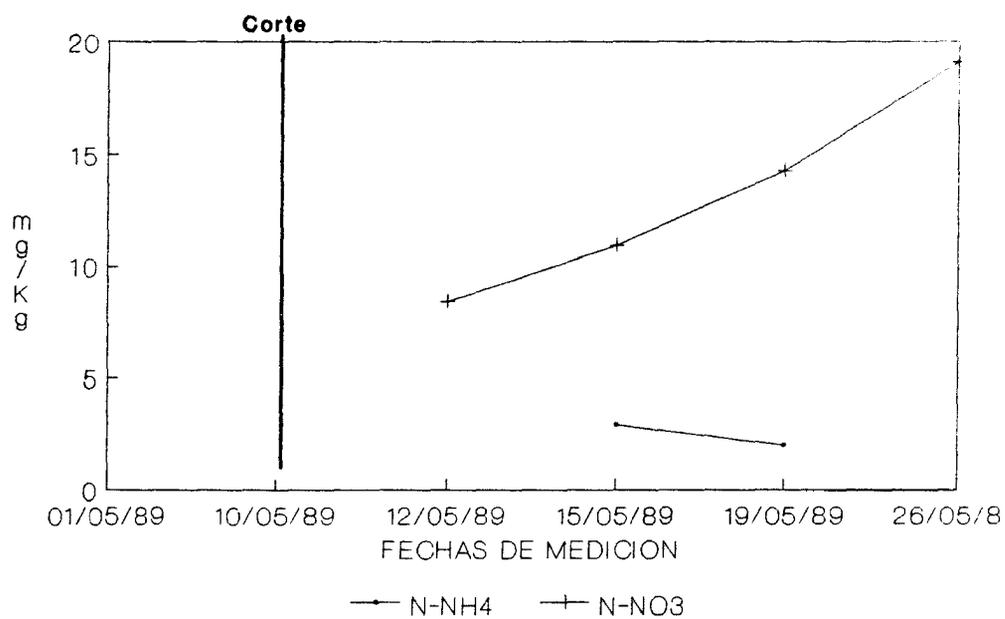


Figura 31: Variaciones de las concentraciones finales (ordinal) de amonio (mg de N-NH<sub>4</sub>/Kg) y nitrato (mg de N-NO<sub>3</sub>/Kg), en relación con las fechas de medición (abcisa) antes del corte y en los días subsiguientes.

Los valores representan la media aritmética.

mayoría anteriormente las concentraciones tan bajas impidieron su detección en la mayoría de las observaciones, pudiendo concluir que la amonificación es muy escasa durante las incubaciones, sobre todo al alejarse del corte.

En igual forma, la sustracción de las concentraciones de nitratos al final e inicio de la incubación se utiliza para la determinación de la **nitrificación neta**, cuya evaluación se presenta en la figura 33 y revela un ascenso hasta el día 21º después del corte (6,129  $\rightarrow$  10,808mg/kg) y posteriormente un descenso, llegando a 7,476mg/kg al final de las observaciones, comprobándose de nuevo el efecto del corte.

La sustracción de los incrementos por amonificación neta y nitrificación neta aporta la **mineralización neta** durante cada período de observación. En la figura 33 se reseña su curso a lo largo de las observaciones, comprobándose que asciende en los días inmediatos al corte hasta aproximadamente el día 21vo: 3 Junio (6,129  $\rightarrow$  10,808mg/kg), luego registra un descenso, pudiéndose dar a esas variaciones la siguiente interpretación: El ascenso responde al efecto del corte, refleja una mayor actividad microbiana que acelera y aumenta la mineralización; el descenso confirma una disminución de dicha actividad, por consiguiente, desaceleramiento del proceso "mineralización". Los resultados permiten concluir que el mencionado proceso,

## AMONIFICACION

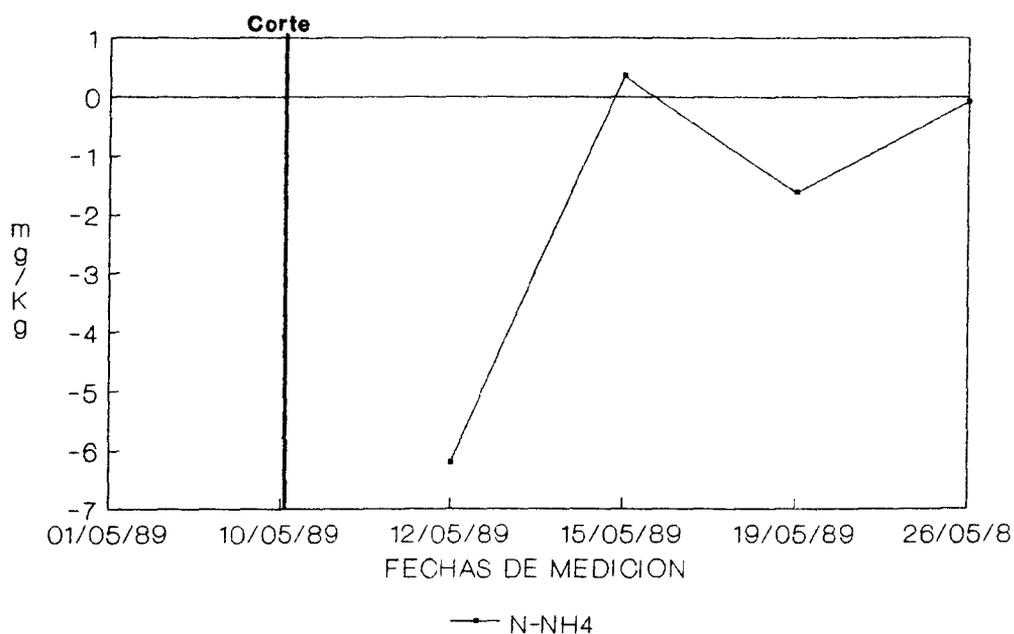


Figura 32: Variaciones de la amonificación neta antes del corte y en los días subsiguientes, expresada como mg de N-NH<sub>4</sub>/Kg (ordinal) en las fechas de medición (abcisa).

Los valores representan la media aritmética.

## MINERALIZACION Y NITRIFICACION

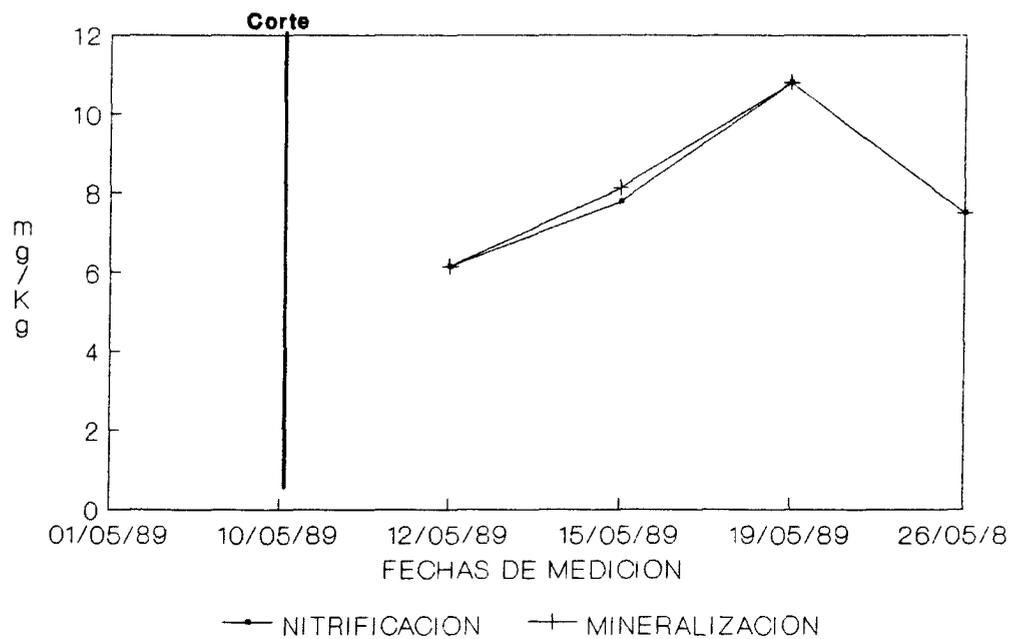


Figura 33: Variaciones de la nitrificación neta y mineralización neta antes del corte y en los días subsiguientes, expresadas como mg de  $N-NH_4/Kg$  y  $N-NO_3/Kg$  (ordinal) en las fechas de medición (abcisa).

Los valores representan la media aritmética.

presenta una variación pronunciada a lo largo del periodo de estudio: Del día 20 al 40<sup>o</sup> después del corte (12 de Mayo a 10 de Junio).

Por otra parte, del análisis del patrón seguido por las concentraciones iniciales y finales de amonio y nitrato, la amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta antes y después del corte de la sabana, es necesario resaltar algunas características:

- Antes del corte, las concentraciones de amonio y nitrato son parecidas: 1,436 y 1,594mg/kg respectivamente.
- Las concentraciones iniciales de amonio son mayores que las de nitrato sólo en los días más próximos al corte (19 y 20) y el día 13<sup>vo</sup>. Dichas concentraciones disminuyen al alejarse del corte, mientras las de nitrato aumentan, registrándose diferencias muy marcadas el día 16<sup>vo</sup> ( $\text{NH}_4^+$ : 0,913 Vs  $\text{NO}_3^-$ : 11,616), lo cual permite señalar que en un comienzo las concentraciones de amonio son superiores, pero luego se invierte la situación.
- La amonificación neta fue negativa en la mayoría de los periodos de incubación o cercana a cero, porque la concentración inicial fue mayor. Las concentraciones finales de amonio fueron tan bajas que se detectaron sólo en el segundo y tercer periodo de incubación.
- La nitrificación neta fue positiva durante todas las incubaciones, porque las concentraciones iniciales de nitrato

- fueron pequeñas y porque el amonio fue oxidado a nitrato.
- Las concentraciones de nitrato fueron aumentando, coincidiendo esos ascensos con el crecimiento activo de las plantas, lo cual es favorable porque pueden ser captadas disminuyéndose las pérdidas por lixiviación.
  - La mineralización neta presenta ascenso continuo después del corte, lo cual es favorable para las plantas que están en crecimiento activo, estableciéndose una regulación para minimizar las pérdidas por lavado.
  - El N mineral en esa sabana estacional puede estar disponible en el suelo como amonio o como nitrato; en las proximidades al corte, el amonio es superior, al alejarse son los nitratos. Las plantas de la sabana pueden captar alguno de los dos o ambos, pero el hecho de que el amonio es mucho menor varios días después del corte y que la amonificación neta es tan escasa, se podría concluir que la nitrificación es más frecuente.
  - Según Nadelhoffer y Col (1.985 a y b), Montagnini y Col (1986), Marrs y Col (1.988); las tasas de mineralización y nitrificación en los suelos incubados son iguales a los de los suelos cercanos no incubados, por lo tanto nuestros resultados pueden extenderse a la sabana estacional de la Serie Barinas y ponen de manifiesto que el corte puede ser utilizado para el manejo de la sabana, ya que incrementa la nitrificación neta, mineralización neta y las concentraciones de amonio y

nitrate en el suelo.

**d. Comparación con la mineralización, nitrificación y amonificación en otros ecosistemas.**

Se presentarán inicialmente los resultados de otras investigaciones; luego, se harán las comparaciones con los obtenidos en nuestra fase experimental.

Nadelhoffer, Aber y Melillo (1.985a), cuantifican la mineralización neta de N en un arboretum de la Universidad de Wisconsin, utilizando incubaciones insitu, en sitios diferentes y a distintas profundidades, a lo largo de dos años.

La mineralización neta anual en la capa de 0-10 cm, varió de 3,2 a 11,1g/m<sup>2</sup>/año en los 9 sitios muestreados durante el primer año; y de 5,2 a 10,1 para los 5 sitios muestreados en el segundo año.

En la capa de 10-20cm de profundidad, varió de 0,6 en el Roble blanco hasta 5,1 en el Roble rojo; esta gran variación con la profundidad fue debida a diferencias en la distribución de la materia orgánica, ya que el horizonte A1 en esos dos sitios fue de 6 y 14 cm respectivamente.

Las diferencias en las tasas anuales de 0-10cm fueron pequeñas.

Los autores señalan que las incubaciones insitu proveen del índice relativo de nitrógeno disponible en el sitio, los errores en la medición de la mineralización en los suelos incubados son pequeños y las tasas de mineralización en incubados son similares a las tasas en suelo cercanos.

Westermann y Crothers (1.980), muestran evidencias que las tasas de mineralización neta en suelos incubados se acercan a las tasas en los sitios circundantes; sus mediciones de la mineralización neta están entre 3 y 30g/cm<sup>2</sup>/año, en los bosques donde se llevó a cabo el experimento.

Nadelhoffer, y Col (1.985b), estiman el patrón estacional de la mineralización neta, nitrificación y captura del nitrógeno por la vegetación en el arboretum de la Universidad de Wisconsin, empleando incubaciones en bolsas de polietileno insitu. Señalan que:

- La variación estacional de la mineralización fue pronunciada, con un pico en Junio (ocasionalmente en Mayo) y un pico secundario en Septiembre (en los sitios deciduos) o en Agosto en los bosques de coníferas.
- El pool de amonio es mayor (3-30kg/ha) y más variable que el pool de nitrato (< 4kg/ha), observándose considerables variaciones mensuales en el pool de amonio entre algunos sitios.

- Las tasas netas de amonificación muestran mayores fluctuaciones estacionales que las de nitrificación. Esto fue verdad en los sitios OAK1, OAK3 y SM.
- La amonificación neta negativa en las incubaciones puede ocurrir cuando la tasa de nitrificación excede la tasa a la cual el Nitrógeno orgánico es mineralizado hasta amonio; se presentó cuando el pool de amonio al inicio de la incubación fue grande.
- Las tasas de nitrificación fueron significativas y positivas, porque los pool iniciales de nitrato fueron pequeños, y porque algún amonio fue oxidado a nitrato en la incubación.
- Las tasas de amonificación neta fueron positivas, y los pool de amonio fueron más grandes al final de la incubación; aunque en algunos meses fueron negativas ya que los pool decrecieron durante el intervalo. Las mayores amonificaciones netas en los suelos incubados ocurrieron en Junio; en cambio, en Julio y Septiembre fue cercana a cero.
- Los cambios en los pool de nitrato fueron pequeños.
- El nitrato fue la forma mayor capturada en la mayoría de los sitios, así las tasas mensuales de N capturado varían menos que las tasas de mineralización; por ejemplo, el nitrato capturado en OAK1 fue 10kg/ha de Mayo a Noviembre y la mineralización neta fue cercana a cero en Mayo y Agosto.

- Los valores de amonio capturados fueron pequeños; sin embargo, el amonio capturado fue más importante en los bosques de coníferas que en los deciduos, pero el nitrato fue el dominante en tres de los cuatro sitios. Por lo tanto, el nitrato es la forma más capturada.
- La fuerte correlación entre amonificación en los suelos incubados y los pool de amonio sugiere que los cambios en los pool de amonio no son debidos a la captura de las plantas, sino a la nitrificación. En esos sitios las bacterias nitrificantes compiten con los árboles por amonio.
- Las tasas de mineralización y nitrificación en los suelos incubados son equivalentes a las de suelos no incubados próximos.
- La nitrificación y la captura de nitratos son los procesos más importantes en los bosques templados, aunque los nitratos no sean la forma dominante.
- A pesar de que los costos de captura y asimilación de nitrato pueden ser altos, ciertos factores podrían favorecer su selección; por ejemplo: La captura de nitratos estimula la captura de cationes ( $k^+$ ), mientras que la captura de amonio la disminuye.
- Los nitratos fueron suministrados y a la vez capturados, sirviendo esta regulación para minimizar las pérdidas por lavado.

El estudio concluye que el N mineral puede hacerse disponible para los árboles como nitrato y amonio. Unas especies prefieren nitrato, otras amonio, otras pueden usar uno u otro.

Montagnini y Col (1.986), reportan el control de la nitrificación en un ecosistema dominado por **Robinia pseudoacacia**; buscan la relación entre dicha especie, la nitrificación potencial y la concentración de nitratos en el suelo, a lo largo de una sucesión. La mineralización del nitrógeno y la nitrificación potencial fueron medidas por incubación aeróbica de 30 días en el laboratorio.

Para detectar la presencia de sustancias inhibitorias de la nitrificación, las incubaciones "insitu" se hicieron en los suelos de algarrobal negro y en el roblar.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Las concentraciones de nitrato en el suelo del algarrobal fueron más altas que en las mezclas de pino y maderas duras, a tres profundidades (Roble: 0,26 - Algarrobo: 4,45 - Pino: 1,98mg/kg).
- La concentración de amonio en la solución del suelo no fue detectada en los tres sitios.
- Las tasas de mineralización neta fueron más del doble en el algarrobal que en el pinal, en Marzo y Julio. Esto significa que hay rápido turnover del N.

TASA DE MINERALIZACION	ALGARROBO	PINO	ROBLE
mg/kg/30 días 0-15cm de Prof.	34,94	12,02	4,41.

- Las tasas de nitrificación potencial, de 0-15cm de profundidad, fueron el doble o más en el algarrobal en Marzo y Julio.
- Las tasas de mineralización neta están ajustadas a las de nitrificación, en el pinal y algarrobal; las últimas fueron menores sólo en Marzo en el pinal.
- En el bosque de roble, las tasas de nitrificación neta fueron sólo 7 y 37% de las tasas de mineralización en Marzo y Julio respectivamente. Apparently las tasas bajas de nitrificación no son el resultado de la presencia de sustancias inhibidoras, lo que fue demostrado por el experimento de incubaciones in situ.
- Las tasas de nitrificación durante la incubación in situ, alcanzaron, en el algarrobal, a 19,98mg/kg/14 días. En el bosque más viejo fueron indetectables.

Los autores plantean los factores que controlan la nitrificación:

- Las tasas de mineralización en las sucesiones primarias y secundarias (según Vitousek y Robertson 1.981).
- la disponibilidad de amonio en la mayoría de las sucesiones primarias y en algunas secundarias (según

Robertson 1.982).

- La textura y composición química de los suelos (según Montes y Christensen 1.979).
- La presencia de sustancias inhibidoras en la sucesión tardía (según Rice y Pancholy 1.973).
- La cantidad de nitrógeno en el mantillo caído anualmente y la proporción de N mineralizado (según Vitousek y Col 1.982).

Concluyen que en la sucesión temprana del área estudiada, las tasas de amonificación parecen ser el principal factor controlador de la nitrificación; que las altas tasas de nitrificación pueden estar relacionadas con la historia del área, es decir hay más altos contenidos de nutrientes que resultan del encalado o fertilización. En el algarrobal, las entradas más altas de N como resultado de la fijación, pueden ser el factor principal de las altas tasas de mineralización y nitrificación.

Enfatizan que las diferencias en el incremento de N no detectados de 0-15 ó 16-30cm de profundidad se deben a: turnover de N ligero, lavado del N orgánico del suelo o acrecentamiento lento, ocurriendo sólo a poca profundidad.

Finalmente, plantean que la ausencia de una utilización eficiente redundaría en el lavado del suelo de cantidades significativas de nitrato, demostrando así la

necesidad de una utilización adecuada.

Paul y Juma (1.981), usan una descripción matemática de los procesos de mineralización e inmovilización para obtener información sobre el tamaño y turnover de la biomasa microbial, combinando experimentos de campo y laboratorio. La mineralización neta fue medida en un experimento de incubación utilizando N15 como marcador

El análisis matemático de la curva para el N15 total que permaneció en el suelo mostró que la mineralización siguió el 1er orden cinético y podría describirse como:

$$\begin{aligned} \text{N15 Total org. que permaneció en el suelo.} &= 239 e^{-0,0129t} \\ t_{1/2} &= 53,6 \text{ semanas a } 28^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

En igual forma, el análisis matemático mostró que el N15 de la biomasa fue mineralizado al 1er orden y puede describirse así:

$$\begin{aligned} \text{N15 que permanece en la biomasa.} &= 71,1 e^{-0,0281t} \\ t_{1/2} &= 24,7 \text{ semanas a } 28^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N15 que permanece activo.} &= 168,7 e^{-0,0090t} \\ t_{1/2} &= 76,8 \text{ semanas a } 28^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

El N activo es mineralizado a tasas más lentas que el N de la biomasa ( $t_{1/2} = 24,8$  semanas).

El N15 Total orgánico que permanece en el suelo podría describirse con la siguiente sumatoria:

$$\begin{array}{l} \text{N15 Total org.} \\ \text{que permanece} \\ \text{en el suelo.} \end{array} = \begin{array}{l} \text{N15 que permanece} \\ \text{en la biomasa} \end{array} + \begin{array}{l} \text{N15 que permanece} \\ \text{como N activo.} \end{array}$$

Lee, Harmer e Ignaciuk (1.979) analizan la variación estacional de la mineralización del N: En las zonas templadas, observan que el pico de disponibilidad ocurre tarde en el invierno o en la primavera temprana, debido a la esterilización del suelo durante el invierno. En las zonas tropicales el pico está asociado al inicio de las lluvias que sigue a la estación seca. Sostienen que:

- Los procesos de amonización y nitrificación son afectados en formas diferentes por los factores ambientales: Las bajas temperaturas, alta acidez y anaerobiosis disminuyen la nitrificación, en mayor grado que la amonificación; sin embargo, trabajos recientes han mostrado que los nitratos son usados en algunos suelos ácidos y fríos y que la nitrificación no es inhibida en todos los ecosistemas climas.

- En los habitats tropicales, el nitrato es la forma predominante y, en algunos suelos, el amonio no es detectable; sin embargo, en las sabanas, las concentraciones de nitratos son más bajas comparadas con el amonio.

Hendrickson y Robinson (1.984) describen un modelo del proceso de mineralización, basándose en estudios de incubación en el laboratorio y relacionándolos con eventos que ocurren en el bosque.

Los resultados obtenidos fueron:

- Las tasas de mineralización de C en el mantillo no leñoso, decrecen cuando el tamaño de las partículas es reducido; en cambio, las de N fueron más altas.
- Las tasas medias de producción de N mineral fueron 14,4 ppm N/día en el mantillo (302 ppm en 21 días), 07 ppm en el suelo mineral.
- En el mantillo las tasas de mineralización declinan con la profundidad.
- Las tasas de mineralización del C al comienzo de la incubación, son casi el doble de las finales, pero en otros casos ocurren pequeños cambios. En muchas muestras las tasas de mineralización declinan hasta un "plateau"; en cambio, las tasas de producción de N mineral declinan gradualmente permaneciendo constantes o incrementándose suavemente durante los primeros dos muestreos. Las tasas iniciales de mineralización de N son altamente variables.

Como el propósito de la investigación era describir un modelo, obtienen en un modelo exponencial, que expresado en forma matemática sería:

$$d C_t/dt - d C_r/dt = C_0 e^{-kt}$$

Donde:  $-d C_t/dt$ , es la tasa de pérdidas de carbono en un tiempo  $t$ .  
 $-d C_r/dt$ , es la tasa constante de pérdidas.  
 $-C_0$  = pool de C disponible.  
 $-k$  = Tasa de descomposición.

Esta ecuación puede linearizarse así:

$$\ln (d C_t/dt - d C_r/dt) = \ln C_0 k - kt$$

Resolviendo la ecuación, se obtiene el pool de C disponible.

Bernhard-Reversat (1.982) estimó el impacto de algunos árboles sobre la disminución del  $N$ , el ciclaje, mineralización y captura en una sabana semiárida utilizando incubaciones in situ. Los resultados fueron los siguientes:

- La producción de N mineral decrece en Septiembre, antes del final de las lluvias; presenta dos picos relacionados con la distribución de la precipitación. Este N mineral ocurre principalmente como nitrato.
- El N mineral producido fue  $3,7g/m^2$  bajo los árboles y  $1,7$  en la zona abierta.
- La mineralización, expresada como % del total de N, es 5,1 para las dunas y 8,2 para las laderas. Cuando en la estación seca ocurre una lluvia, la mineralización se realiza y se producen  $1,4$  y  $5g/m^2$  de N mineral.
- Por el comportamiento de la mineralización y captura a lo largo del año, el contenido de N mineral en el suelo es alto en las etapas tempranas de la estación lluviosa y va decreciendo a medida que la vegetación se desarrolla.

- La ocurrencia de árboles incrementa la magnitud de los flujos entre suelo y vegetación, resultando una mayor acumulación de materia orgánica y N en el suelo, cuyo origen no está claro. Hay dos posibles causas:

1ra. Se debe al efecto de la hojarasca.

2da. El microclima creado que reduce las tasas de evapotranspiración puede mejorar el crecimiento de las plantas.

Marrs y Col (1.988) determinan los cambios de la mineralización del N y la nitrificación en una transecta en un bosque lluvioso tropical de Costa Rica, utilizando incubaciones en el campo y en el laboratorio. Los resultados fueron los siguientes:

- Las tasas de mineralización bajo condiciones de campo, declinaron con la altitud (De 38ug/g/14 días a 2).
- Las tasas de nitrificación decrecen con el incremento de la altitud en el campo y el laboratorio; las primeras de 21,8 a 3ug/g/14 días entre 100 y 2600m, las segundas de 8,2 a 1,0ug/g/14 días.
- Los factores químicos que controlan las tasas de mineralización y nitrificación son: N Total, C Total, PH, Cu extractable, Magnesio, Sodio, Zn y Manganeso, con los cuales se obtuvieron correlaciones parcialmente significativas.
- Las tasas de nitrificación muestran correlaciones

positivas con las de mineralización.

- Los factores limitantes de la mineralización y nitrificación son: climáticos y calidad del recurso; no obstante los resultados indican que: los cambios de temperatura no incrementan las tasas; la aereación y estructura del suelo pueden ser limitantes en la mineralización del N en los bosques montanos; allí, hay mucha humedad y se incrementa la desnitrificación. Por otra parte, la nitrificación puede ser limitada por el sustrato y cambiará de acuerdo a su composición química.

Concluyen que los resultados pueden usarse para el manejo del bosque, el cual es muy vulnerable a la erosión y lavado después de la explotación; algún manejo puede aumentar la mineralización para que los minerales sean suficientes.

Sarmiento (1.976) en una sabana estacional de **Axonopus Furpusii - Leptocoryphium lanatum** en la Serie Barinas determinó que el N org. acumulado en el humus alcanza entre 0-100cm de profundidad 5.680kg/Ha, mineralizándose 10 kg/ha/año por los procesos de amonización y nitrificación. Esta cifra es superior a la reportada por Eham (1.973) en la sabana estacional de Costa de Marfil, debido posiblemente a la falta de bacterias nitrificantes.

Además, plantea que la limitada descomposición de la

Biomasa muerta ocurre en sequía y trae aparejado un aumento de los iones de amonio porque no hay nitrificación; en cambio, al comienzo de las lluvias ocurre una desaparición rápida del amonio y una liberación del nitrato que será asimilado por las plantas en el activo crecimiento. Por otra parte, los procesos de transferencia están vectorizados por microorganismos que aseguran la descomposición de la materia orgánica, la mineralización, humificación, fijación, desnitrificación; que depende de las condiciones del contorno, no toleran perturbaciones mayores y deben ser conocidos a plenitud.

Seguidamente se presentan los resultados de la comparación entre los diferentes valores:

- Nuestros valores de mineralización neta son menores a los obtenidos por: Nadelhoffer y Col, Montagnini y Col, Lee, Harmer e Ignaciuk, Hendrickson y Robinson, Marrs y Col, Westermann y Crothers, Paul y Juma, Aber y Col; debido posiblemente a las diferencias en el contenido de materia orgánica en el suelo (sabana Vs bosques). Por el contrario, son mayores a los obtenidos por Bernhard Reversat en una sabana semiárida, lo cual confirma lo planteado: "La mineralización estará influenciada por el contenido de materia orgánica en el suelo".
- Nuestras concentraciones de amonio son menores que las de nitrato la mayor parte del período de observaciones y

menos variable; resultados similares reportan Montagnini y Col, contrarios Nadelhoffer y Col, lo cual pone de manifiesto lo planteado para la zona templada: "son mayores las concentraciones de amonio que las de nitrato".

- Las tasas de amonificación negativa son frecuentes en nuestro caso, escasas en los estudios de Nadelhoffer y Col; por consiguiente la amonificación es menos importante y menos frecuente en la sabana estudiada.
- Nuestras concentraciones de amonio al final de las incubaciones fueron tan bajas que no son detectables; lo mismo reportó Montagnini y Col, lo contrario Nadelhoffer y Col.
- Los cambios en las concentraciones de nuestros nitratos fueron pronunciados; Nadelhoffer y Col, Montagnini y Col reportan lo contrario.
- El aumento de la temperatura del suelo incrementó la amonificación, nitrificación y mineralización; Marrs y Col indican que los cambios de temperatura no incrementan las tasas.

Una vez expresadas las diferencias, se discutirán las semejanzas:

- La nitrificación es el proceso más importante, a pesar de que el amonio sea más frecuente antes del corte.
- Las tasas de mineralización estén ajustadas a las de nitrificación.

- Ocurren cambios en el patrón, la mineralización es más alta en las etapas tempranas de modo que el N mineral es aprovechado por las plantas en crecimiento, luego decrece a medida que la vegetación se desarrolla.
- En habitats tropicales, el nitrato es la forma predominante, el amonio es escaso o no detectable. Algunos sostienen que en la sabana sucede lo contrario, nuestros resultados señalan que son los nitratos, por lo menos en la época lluviosa.
- Las tasas de mineralización dependen del contenido de N total.
- En la sabana, al comienzo de las lluvias ocurre una desaparición rápida del amonio y una liberación del nitrato; coincidiendo nuestra observación con Sarmiento (1.978).

## 5. Respiración Edáfica

### a. Presentación e interpretación de los resultados.

La producción biológica de los descomponedores es difícil de estudiar por los problemas que confronta el censar la población microbiana de un suelo; por ello, se recurre al estudio de su actividad descomponedora como índice de su producción. En nuestro caso, la evaluación de la descomposición en material encerrado en bolsas de malla y a lo largo de un año, nos señala las variaciones de su actividad durante ese tiempo, pero dicha observación fue

completada evaluando la actividad microbiana mediante el balance del  $\text{CO}_2$  producido en un ciclo de observaciones. Este método es de gran utilidad para obtener una estimación global del metabolismo del suelo, aunque existe una interferencia por la respiración de las raíces.

A pesar de esa interferencia, el método da una visión de la actividad de todos los organismos en el suelo.

Como se explicó en la metodología, se midió la cantidad de  $\text{CO}_2$  desprendida, siendo él valor obtenido una medida de la respiración total o intensidad respiratoria del suelo. Es una indicación poco aproximada del número de organismos, pero da una buena indicación de la actividad total.

Las determinaciones se hicieron los días 10, 80, 130, y 150 después del corte; los resultados se reseñan en las figuras 34 y 35 y tabla 24 y se observa lo siguiente: los valores más altos se registran el 1er día donde se alcanzó 6,5g en 13h10' y 660,18  $\text{cm}^2$ ; después de esta fecha, los valores declinan reportándose 2,44g en 13h10' y 660,18  $\text{cm}^2$  y 1,2618g en 13h30' y 660,18  $\text{cm}^2$ . Al transformar esos valores en  $\text{mg de CO}_2/\text{m}^2 \text{ h}$ , la situación se repite y es recogida en la figura 34, donde se pone de manifiesto que la intensidad respiratoria es mayor en la cercanía al corte (560  $\text{mg CO}_2/\text{m}^2 \text{ h}$ ) y después declina hasta 104  $\text{mg CO}_2/\text{m}^2 \text{ h}$ ;

## RESPIRACION EDAFICA

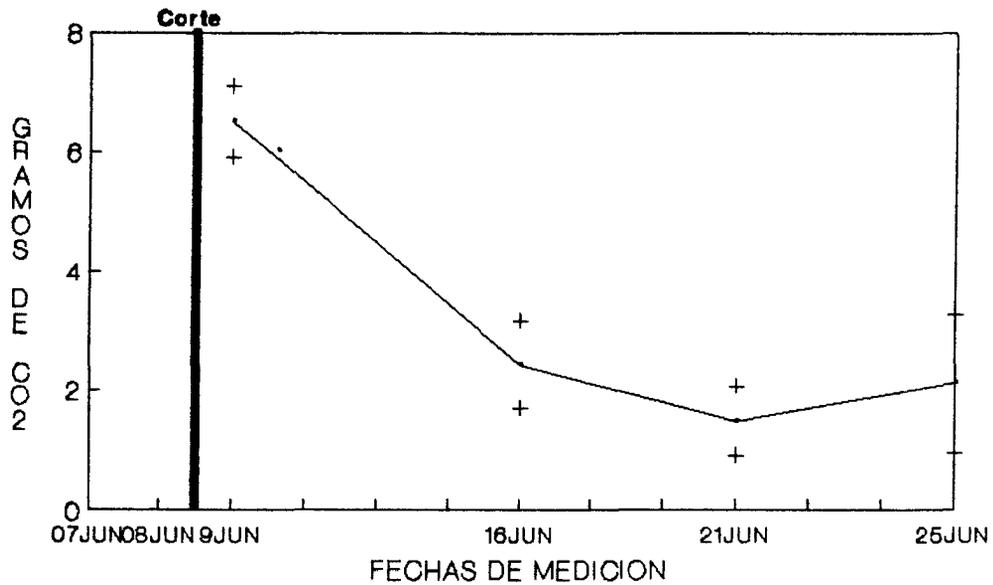


Figura 34: Variaciones de la respiración edáfica en los días subsiguientes al corte, expresadas como gramos de CO<sub>2</sub> absorbidos (ordinal) en las diferentes fechas de medición (abcisa).

Los valores representan la media aritmética.

## RESPIRACION EDAFICA

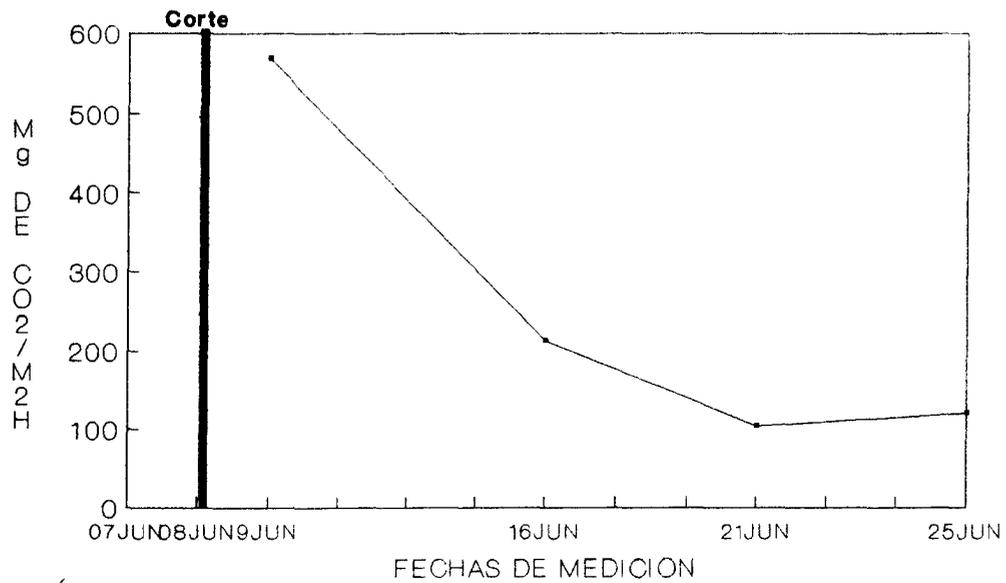


Figura 35: Variaciones de la respiración edáfica en los días subsiguientes al corte, expresada como mg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.h (ordinal) en las diferentes fechas de medición (abcisa).

por lo tanto se puede deducir que la actividad de los organismos del suelo y/o la respiración radicular se incrementan con el corte, comprobándose así lo sostenido en los apartes anteriores. La interpretación de ese incremento ha sido explicada anteriormente.

La respiración edáfica se midió sólo durante la noche, no pudiéndose comparar con los valores diurnos; sin embargo Walter (1.960), Haber (1.958), Medina (1.966) señalan que los valores nocturnos son superiores, aunque establecen diferencias en el origen. Según Medina, la condición favorable de humedad en el suelo incrementa la actividad de los microorganismos presentes; según Haber se debe a la alta transpiración y según Walter a la mayor respiración radical debido al transporte de asimilados. Aunque se cuantificó sólo durante la noche, se pudo constatar la hipótesis planteada "El corte incrementa la respiración edáfica, lo cual refleja un aumento en la actividad microbial que redundará en una mayor liberación de nutrientes".

#### **b. Comparaciones con otras investigaciones.**

Anderson y Swift (1.983) analizan los tres métodos para medir la descomposición de la hojarasca en los ecosistemas terrestres: La respiración del suelo, el cociente mantillo cayendo/ en pie y mediciones de la pérdidas de peso del mantillo en bolsas. Explican que la

respiración del suelo es derivada de la respiración de la comunidad heterotrófica, principalmente hongos y bacterias, además de la respiración de raíces vivas. Dicha respiración es muy variable y los valores obtenidos han sido: 21% en Pasoh en Malasia, 67-82% en los bosques de Amazonas; valores similares se han registrado para bosques templados.

Los autores señalan que la respiración del suelo puede ser un indicador del flujo de carbono a través del sistema suelo, pero no es una medición del turnover del carbono por organismos heterótrofos. Sin embargo, puede aportar datos de los efectos temporales o estacionales de la temperatura y humedad sobre la actividad heterotrófica, a diferentes profundidades del suelo y en el mantillo.

Por consiguiente, en nuestro caso, cuando queremos demostrar el incremento de la actividad microbial al aplicarse el corte, este experimento se ajusta, ya que nos señala las variaciones de dicha actividad.

A esto debemos agregar que Cropper y Col (1.985) compararon dos técnicas estáticas y una dinámica para medir la evolución del  $\text{CO}_2$ . En las técnicas estáticas utilizan KOH y una mezcla de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , NaOH y CaO granulado y en la técnica dinámica el sistema IRGA. Midiéron las tasas de evolución de  $\text{CO}_2$  una vez al mes por seis meses, con el IRGA y la mezcla; durante tres meses usaron KOH. No obtuvieron

diferencias significativas estadísticamente entre las tres técnicas.

Ambos absorbentes midieron menos  $\text{CO}_2$  que el IRGA, pero los coeficientes de variación fueron muy bajos y las diferencias entre el IRGA y los métodos estáticos parecen estar asociados con los movimientos de aire en la cámara.

Los autores concluyen que las estimaciones obtenidas con los métodos estáticos muestran menos variación que con el método dinámico; además con los estáticos se pueden hacer más repeticiones para disminuir el efecto de la heterogeneidad del terreno, con el IRGA sería inoperante y difícil de hacer.

Por consiguiente, los métodos estáticos son más convenientes, aunque los resultados deben ser calibrados con los del IRGA en el sitio de estudio.

Lo expuesto y demostrado por esos autores, justifica aún más el haber seleccionado el método de la respiración edáfica utilizando Na OH; en nuestro caso se hicieron 10 repeticiones en cada observación.

Hendrickson y Robinson (1984) en un bosque de Ontario, emplearon las mediciones de la respiración edáfica para complementar los resultados obtenidos en las incubaciones. Dichas incubaciones tenían como finalidad la

cuantificación de la nitrificación, amonificación y mineralización, en períodos de 21 días. Usaron dos métodos para medir la respiración: el directo, es decir, las salidas de  $\text{CO}_2$  de las raíces disecadas, del suelo y del mantillo y otro, el de absorción del  $\text{CO}_2$  con Na OH.

Los resultados del primer método sugieren que menos del 20% de la respiración total es atribuida a las raíces; los del segundo señalan que es 43%. Por consiguiente, ambos métodos concluyen en una fracción notable, pero que lo aportado por los descomponedores es mayor.

Los resultados obtenidos indican que las tasas de respiración declinan con la profundidad y el tamaño del material, como se ve en el cuadro siguiente:

FRACCION DE SUELO	$\text{CO}_2$ ug/g/día	EVOLUCIONADO ug/g/día
<b>MANTILLO</b>		(libre de ceniza)
>4 mm	2442	2872
2,0-4,0 mm	1608	1960
1,0-2,0 mm	1229	1619
0,5-1,0 mm	927	1624
0,25-0,5 mm	645	1644
<0,25mm	775	2281
<b>SUELO MINERAL</b>		
>1,0 mm	ND	ND
0,5-1,0 mm	27,4	364
0,25-0,5 mm	14,4	369
0,10-0,05mm	17,8	391
0,05-0,1 mm	24,9	356
<0,05mm	ND	ND

FRACCION DE SUELO	CO <sub>2</sub> ug/g/día	EVOLUCIONADO ug/g/día
<b>MEDIAS ANUALES</b>		
MANTILLO MEZCLADO	868	1372
SUELO MINERAL (0-5cm)	30,1	667
SUELO MINERAL (5-10cm)	19,2	531

Los autores concluyen que el método de la respiración edáfica puede ser usado para determinar el patrón de la descomposición.

Nuestros resultados y los de otras investigaciones, indican que la medición de la respiración edáfica utilizando el NaOH como medio de absorción, es una forma de determinar características del proceso "Descomposición". En nuestro caso cumplió el objetivo previsto; "Demostrar cómo la respiración edáfica es mayor en las proximidades posteriores al corte, para poder suponer que es mayor la actividad microbiana".

Medina (1.966, 1.969) mide la respiración edáfica en diferentes comunidades vegetales: bosque nublado de Rancho Grande (Estado Aragua), bosquecillos de las sabanas de Trachypogon (Estado Calabozo), Páramo de Mucubají (Estado Mérida), selva nublada de la Carbonera (Estado Mérida), selva nublada en la cumbre de Choroní (Estado Aragua), Bosques tropicales pluviales cercano a Coloncito (Estado Táchira), zonas semiáridas en las cercanías a San Pablo

(Estado Lara), sabanas de Trachypogon. Utiliza el método de absorción de Walter y obtiene los siguientes resultados:

- Existe clara correlación entre la respiración edáfica y temperatura del suelo, siempre que el contenido de agua del suelo no sea factor limitante.
- En algunas comunidades la curva de respiración edáfica muestra clara estacionalidad, determinada por la distribución temporal de la precipitación, es decir registra máximas en distintas épocas del año. En otras, no se observa variación marcada; por consiguiente, el curso anual de la respiración edáfica guarda relación con el régimen pluviométrico de la zona.
- Los valores diurnos son menores que los nocturnos sobre todo en los días soleados. Esa diferencia disminuye en días nublados y hasta ahora existen varias hipótesis para explicar este fenómeno, el cual amerita estudios futuros.
- Los valores de respiración edáfica cuantificados en diferentes comunidades vegetales son:

Localidad	Respiración edáfica (mgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> h)			
	Prom.	Máx.	min.	
Páramo de Mucubají 3550 m sn m	36	60	24	Noche
	72	97	51	Día
Selva nublada (a Carbonera) 2300 m sn m	123	245	64	Noche
	84	196	35	Día
Selva nublada Rancho Grande 1000 m sn m	111	248	65	Noche
	140	244	70	Día

Localidad	Respiración edáfica (mgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> h)			
Selva nublada Choroni 1040 m sn m	206 230	376 439	91 109	Noche Día
Bosque Tropical pluvial cerca de Coloncito. 100 m sn m	453 285	583 520	360 189	Noche Día
Bosquecillo en Calabozo 100 m sn m	440 127	545 156	325 71	Noche Día
Z. semiárida en San Pablo 850 m sn m	101	141	65	Noche

- Las tasas a lo largo del año, varían según el tipo de comunidad en la forma siguiente:

Ecosistema	Tasa (mgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> h)
Bosque lluvioso	234-511
Bosque siempreverde	50-222
Bosque semiárido	60-148
Sabanas de Trachypogon	250-532
Selva nublada m	176-M 400 - P 224
Bosquecillo en sabanas de Trachypogon m	246-M 826 - P 246

Como se mencionó anteriormente, en nuestra fase experimental se cuantificó la respiración edáfica sólo durante la noche, del 8 al 25 de Junio de 1.989. En este período la precipitación total fue de 168,6 mm y la temperatura media 26,20 C. Los valores obtenidos fueron:

Fecha de medición	(mgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> h)
9 de Junio (19 día después del corte)	569
16 de Junio (26 día después del corte)	213
21 de Junio (31 día después del corte)	104
25 de Junio (35 día después del corte)	120

Por lo tanto, el valor en el primer día después del corte se acerca al máximo reportado por Medina para las sabanas de *Trachypogon* (532 mg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>h). En los días siguientes este valor disminuye siendo menor al mínimo señalado para ese ecosistema (104 Vs 257), lo cual sugiere que sin el corte, la actividad de los microorganismos y fauna del suelo es menor, así como también la respiración radical y por consiguiente, es posible concluir que el empleo del corte sería favorable para el manejo de la sabana pues incrementaría la actividad y por ende la liberación de los nutrientes.

Hernández (1.935) cuantifica la respiración edáfica en un cultivo de caña de azúcar, utilizando el método del cilindro invertido propuesto por Walter y Haber (1.957) y una solución de KOH para la fijación del CO<sub>2</sub>. Detecta:

- Una clara estacionalidad en la respiración edáfica ya que los máximos valores se registran en Junio y Agosto (384 - 450 mg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>h) y los mínimos en Febrero (98 - 112 mg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>h), todo ello concordante con el máximo y mínimo de precipitación de la zona.

- Los cursos de respiración edáfica nocturna fueron superiores a los valores diurnos, lo cual puede ser explicado por una mayor respiración radical debido al transporte de asimilados según Walter (1.960) o por una alta transpiración según Haber (1.958) o por la condición favorable de humedad en el suelo durante la noche, que incrementa la actividad de los microorganismos presentes (Medina 1.966). Los valores reportados por Hernández (1.985) son superiores a los nuestros, excepto el primer día después del corte (569 Vs 450). La superioridad de nuestros valores en este momento señala un incremento en la actividad, ocasionado por el corte. En cambio, a partir del 2do día los valores declinan y son inferiores a los del cultivo, lo cual puede atribuirse a:
- Una mayor concentración de la respiración radical en el caso del cultivo, debido a un mayor grado de desarrollo y una mayor densidad radicular. Además, algunos autores apuntan que los suelos bajo explotación tienen mayor respiración edáfica que los suelos no cultivados porque el desarrollo vegetativo de los cultivos se sustenta en una alta actividad metabólica y absorción de nutrientes por parte de las raíces, en consecuencia la respiración radical es mayor. Por consiguiente, los resultados obtenidos de esta comparación ponen de nuevo en evidencia que el corte produce incrementos en la actividad de los organismos del suelo, favorece la difusión más rápida del

CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera y la liberación de nutrientes, lo cual redundará en aumentos en la fertilidad del suelo.

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

## VIII CONCLUSIONES

Se cuantificó la descomposición de la materia orgánica en una sabana estacional de Barinas, determinándose los efectos de algunas prácticas de manejo: Pastoreo simulado con el corte y fertilización.

Para dicha cuantificación se utilizó el método de las bolsas de malla, el cual se complementó con determinaciones de la amonificación, nitrificación, mineralización y respiración edáfica, con el objeto de poner en evidencia el efecto del corte sobre la población saprófaga.

En vista de que se usaron diferentes experimentos, las conclusiones se presentan por separado:

### Descomposición en las bolsas de malla

#### En Porciones Aéreas

A pesar de que los patrones de las pérdidas de peso en las seis parcelas reflejaron algunas diferencias, el tratamiento establecido no arrojó diferencias significativas entre ellas, pudiendo establecerse el siguiente patrón: Descomposición muy rápida durante las primeras cuatro semanas, de menor intensidad hasta finales de Septiembre u Octubre y fluctuaciones muy pequeñas a partir de esa fecha. En algunos casos, se observaron incrementos en el peso, los cuales pueden ser atribuidos a la inmigración de organismos.

Por consiguiente, la descomposición presentó un patrón estacional coincidiendo la fase activa con la época lluviosa y la de casi detención del proceso con la época seca.

La primera fase posiblemente es producida en gran parte por **catabolismo y lixiviación** pues el tamaño de los orificios de las bolsas disminuye o impide la cominución.

No es posible separar la acción y efectos de los otros dos aunque podríamos concluir que el orden es el siguiente: Catabolismo>lixiviación>cominución; debido a que la topografía del terreno y el buen drenaje disminuyen las pérdidas por lixiviación.

Esa tasa de descomposición es regulada por: clima, organismos y calidad del recurso; en nuestro caso la estación alternante (lluvia y sequía) afecta la actividad de los organismos, produce cambios en la lixiviación y por consiguiente, ocasiona las variaciones del proceso en ambas épocas.

Además, de las pequeñas diferencias registradas en el patrón a lo largo del año, la Descomposición reportó distinciones en las intensidades, comprobándose que el proceso fue más acelerado en las parcelas cortadas (las pérdidas mayores), lo cual podría explicarse por los efectos del aclareo al cortar: ascenso en la temperatura y en el agua que cae, lo cual redundaría en una mayor actividad de los organismos

del suelo y un aumento de las pérdidas por lixiviación.

El efecto del fertilizante sólo se reflejó sobre la parcela A2 (fertilizada y cortada cada 30 días) ya que las pérdidas de peso fueron mayores, lo cual nos señala que el proceso fue más intenso.

Al conjugar ambos efectos (corte y fertilización) podemos concluir que la mineralización es mayor en las sometidas a cortes cada 30 días y fertilizadas; en el resto, el orden decreciente es: A2 > B1 > B2 > C2 > C1; además, la inmovilización sigue este orden: C1 > C2 > B1 > B2 > A2 > A1 y el manejo se planificará de acuerdo a la fase que se desee incrementar: Mineralización o Inmovilización.

#### **En Porciones Subterráneas**

En las parcelas cortadas cada 60 días (B1-B2) y en las parcelas no sometidas a cortes (C1-C2), el patrón de la pérdidas de peso seco presenta escasas diferencias; ocurre un incremento durante las primeras cuatro semanas, luego se presenta la fase de descomposición aunque con diferentes intensidades en los meses; a veces se observan pequeños incrementos. En cambio, en las parcelas cortadas cada 30 días, la situación es diferente, el proceso presenta fluctuaciones marcadas que confirman las consecuencias de los cortes frecuentes.

Como en el caso de las porciones aéreas, el proceso ocurre por: catabolismo, lixiviación y cominución y su intensidad está determinada por el clima y los organismos, encontrándose en este caso altas correlaciones con precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación que permiten reafirmar el efecto del clima.

Además de los cambios en el patrón, los cortes producen modificaciones en la intensidad del proceso, siendo mayor en las A1-A2 y menor en las C1-C2, en forma tal que las parcelas presentan al final el siguiente % de la biomasa inicial: C1-65%, C2-66,5%, A1-46% y A2-44%.

Los efectos del fertilizante son pocos, las pérdidas de peso en su mayoría no aumentaron en las parcelas fertilizadas, lo cual confirma lo que sostienen algunos investigadores "La Descomposición depende principalmente del sustrato original y los fertilizantes lo afectan poco".

Al conjugar los dos efectos diríamos: el corte empleado con mayor frecuencia modifica la descomposición, ocasiona cambios en el patrón e incrementa las cantidades liberadas; el fertilizante no produce efectos tan notables como el corte, a veces acelera las pérdidas otras no, lo cual permite sugerir que su empleo no es tan necesario ya que podríamos aumentar la fertilidad del suelo sólo con los cortes.

Los efectos del corte son mayores sobre las porciones subterráneas.

### **Descomposición en la fase rápida**

En vista de que las porciones aéreas presentaron grandes pérdidas de peso durante las primeras cuatro semanas, se repite el experimento pero extrayendo las bolsas cada cinco días y los resultados permiten concluir que:

- El corte acelera el proceso de descomposición de las porciones aéreas, presentándose la mayor intensidad en las cercanías al corte (5to día-11,8% Vs 20vo día-38%).
- Lo mismo sucede con las porciones subterráneas: 5o día-7% Vs 10o-15o-5%. Pero a partir de ese día el descenso es lento.

En ambos casos (aéreas y subterráneas), esa mayor intensidad en las pérdidas de peso es el reflejo de una mayor actividad de los organismos, la cual es causada por el corte.

- En las porciones aéreas el proceso es más rápido por la composición química y estructura, existen menos tejidos mecánicos, menos lignina, lo cual nos refleja la importancia de la calidad del sustrato, factor determinante en el proceso de Descomposición.

- A la influencia del corte sobre los organismos y a la

calidad del recurso se agregan los efectos de la precipitación; se observa que en los días que se recibe mayor precipitación se acelera el proceso, poniéndose en evidencia el efecto del clima.

Con la repetición del experimento de las bolsas de descomposición se confirmaron los efectos del clima, organismos del suelo y calidad del recurso sobre el proceso de descomposición.

#### Dinámica de los elementos químicos

Al analizar la dinámica de los elementos químicos en las porciones aéreas en descomposición se observa:

- El **nitrógeno** y el **potasio** en las seis parcelas declinan los primeros meses (7 ó 4 y 2 respectivamente), luego permanecen relativamente constantes. El **magnesio** se incrementa primero, luego declina por 2-4 meses y se estabiliza. El **calcio** en R1-E2 sufre un incremento inicial, en las otras desciende de una vez. El **fósforo**, tiene comportamiento diferente en A2 y C2; en la primera se incrementa al comenzar, desciende el mes siguiente, luego asciende de nuevo para descender y estabilizarse; en C2, declina un mes, asciende el siguiente, se estabiliza durante Septiembre y luego desciende para estabilizarse a partir del 22 de febrero. En el resto de las parcelas, el descenso inicial se extiende dos meses, es seguido por un

pequeño incremento y una disminución antes de entrar en el período de valores casi constantes.

- Todos los elementos tienen patrón estacional, períodos de declinación que coinciden con la época lluviosa y de inmovilización que se extienden a lo largo de la época seca. La declinación puede atribuirse al lavado por las lluvias y al aumento de la actividad de la población saprófaga. La inmovilización, a la incorporación del elemento a tejidos. El **magnesio** en las parcelas B2-B1-A1 y el fósforo en A2 presentaron incrementos que se explican por la mayor captura de las hifas fúngicas u otros organismos.

- Los rangos nos señalan que el elemento que registró mayores concentraciones fue el potasio, las menores el fósforo y el orden decreciente sería:  $K > Mg > Ca > N > P$ .

- Las pérdidas máximas fueron para N: 79,92%, fósforo: 89,94%, Nitrógeno 89,84%, potasio 99,99%, magnesio 86,21% y calcio 99,79%.

- Las cantidades liberadas ocurrieron más en las parcelas sometidas a cortes, lo cual unido a la presencia de fluctuaciones en el patrón de Mg que pueden ser favorables para las plantas, permite señalar la conveniencia del corte cada 30 días.

- Para N-Ca-Mg, se observaron los efectos positivos del fertilizante, pues las cantidades liberadas fueron mayores en las parcelas fertilizadas; sin embargo, como esta

superioridad en C2 (parcela no cortada y fertilizada) se extiende sólo los primeros meses, podríamos decir que no se justifica la inversión, el corte cada 30 días sería suficiente.

Las conclusiones para las porciones subterráneas serían: El patrón de N es similar en las parcelas B2-C1, diferente en el resto presentando en común: el incremento inicial, una fase de declinación y la presencia de dos ó tres picos, separados por fases de disminución. El Ca reporta escasas diferencias entre las parcelas y una fase de deflexión inicial seguida de picos que difieren en número y mes de ocurrencia; el Mg en C1-C2-A2-B2 presenta patrones parecidos, en las otras diferentes, en todas se presentan muchas fluctuaciones y muy pocas fases de estabilización. El P no sigue el mismo patrón en las seis parcelas, presenta común solo: la declinación inicial, los picos que difieren en número y mes de ocurrencia. El K registra similar patrón en A1-C1 y lo común entre todos es: el incremento inicial, la fase de declinación y los picos separados por deflexiones. Por consiguiente, los elementos en las porciones subterráneas en descomposición reportan diferencias entre si y algunas veces entre las parcelas. Además, no se puede hablar de un patrón estacional.

Los elementos presentan fases de deflexiones atribuibles al lavado o aumento del catabolismo, además incrementos

producidos por la mayor captura por parte de organismos y muy pocas fases de estabilización.

- Los rangos nos señalan que el elemento que registra las mayores concentraciones es: Mg, las menores: P y el orden decreciente sería  $Mg > K > N > Ca > P$ .
- Las pérdidas máximas fueron: para nitrógeno 47,62%, magnesio 84%, nitrógeno 96,38%, potasio 75,90% y fósforo 85,48%.
- La presencia de mayores cantidades liberadas en las parcelas sometidas a cortes periódicos, la posibilidad de cambiar el patrón del elemento para favorecer a las plantas, permiten recomendar este tipo de tratamiento para el manejo de la sabana. El efecto del fertilizante se observó para K, Ca, Mg y P pero en los meses iniciales, lo cual no justificaría la inversión.
- El efecto de los cortes periódicos en el patrón y concentración de los elementos químicos fue mucho mayor sobre las porciones subterráneas, lo cual es favorable en la sabana ya que allí las porciones aéreas son comidas, eliminadas por el corte o se muere durante la época seca, quedando sólo las subterráneas que realizarán un gran papel en el reciclaje de nutrientes.

#### **Amonificación - Nitrificación - Mineralización**

Con el objeto de tener más argumentos para insistir en los beneficios del corte periódico, se realizaron las

determinaciones de amonificación, nitrificación y mineralización el 2do, 5to, 9no, 13vo y 16vo día después del corte, con incubaciones in situ. Los resultados permiten concluir:

- Antes del corte las concentraciones de amonio y nitrato eran parecidas; 1,436 y 1,594mg/kg.

- Después del corte, las concentraciones iniciales de amonio son mayores que las de nitrato, aunque sólo los días más próximos al corte (10 y 20), ya que luego disminuyen al alejarse del mismo; mientras que las de nitratos aumentan; por lo tanto es posible concluir que en un comienzo las concentraciones de amonio son superiores, pero luego se invierte la situación.

Estos ascensos pueden atribuirse a efectos del corte sobre la actividad de los organismos del suelo que acelera y aumenta las concentraciones, el descenso después confirma una disminución de dicha actividad.

- La amonificación neta se incrementó del 20 al 18vo día después del corte y luego descendió; las concentraciones finales de amonio fueron tan bajas que no se detectaron en la mayoría de las observaciones, pudiéndose concluir que la amonificación es muy escasa en las incubaciones, sobre todo al alejarse del corte; además, la amonificación neta fue negativa o cercana a cero en la mayoría de los periodos de incubación.

- La **Nitrificación neta** fue positiva durante todas las incubaciones, porque las concentraciones iniciales fueron pequeñas y porque gran parte del amonio fue oxidado a nitrato. No obstante, dicha nitrificación ascendió hasta el día 21vo después del corte y luego descendió.
- La **mineralización neta** presentó ascensos continuos después del corte lo cual es favorable para las plantas que están en crecimiento activo, estableciéndose una regulación para minimizar las pérdidas por lavado.
- El N mineral en esa sabana, puede estar disponible como amonio o nitrato, pero el hecho de que el amonio es mucho menor varios días después del corte y la amonificación neta es tan escasa, es posible concluir que la nitrificación es más frecuente. Los resultados de los suelos incubados pueden extenderse a los suelos cercanos no incubados y ponen de manifiesto que el corte puede ser utilizado para el manejo de la sabana, ya que incrementa las concentraciones de amonio y nitrato en el suelo, la nitrificación neta y mineralización neta, lo cual redundaría en un aumento de la fertilidad.

### **Respiración Edáfica**

Con el objeto de demostrar como la actividad de los organismos del suelo es mayor en las proximidades del corte, se determinó la **respiración edáfica** los días 19, 59, 89,

139 y 159 después del corte, observándose que los valores más altos se registran el primer día donde alcanzó 6,5g en 13h10' y 660cm<sup>2</sup>; después declinó llegando hasta 1,2618 mg en 13h30' y 660 cm<sup>2</sup>; lo cual pone de manifiesto que la actividad microbial es mayor en la cercanía al corte y después declina, es decir se incrementa con el corte.

Los resultados obtenidos permiten recomendar para el manejo de la sabana, el corte cada 30 días, debido a que al aplicarlo:

- Las pérdidas de peso en las porciones aéreas y subterráneas son mayores, lo cual señala mayores cantidades de nutrientes liberadas.
- Ocasiona cambios en el patrón de los pesos de las porciones subterráneas (hipógeas), que pueden ser utilizados en beneficio de las plantas.
- Las cantidades liberadas de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio son mayores, en las porciones aéreas y subterráneas sometidas a este tratamiento. Además, se pueden producir cambios en los patrones de estos elementos en las porciones subterráneas, los cuales son favorables para las plantas.
- La concentración de amonio y nitrato, la nitrificación, amonificación y mineralización se incrementaron después del corte y posteriormente declinaron.
- La respiración edáfica se incrementó en las proximidades

al corte y luego disminuyó, poniéndose en evidencia el aumento de la actividad de la población saprófaga al aplicar el corte, lo cual redundaría en una mayor descomposición, principalmente en una mayor liberación de nutrientes. Además, esa liberación estaría coordinada con la fase de crecimiento activo de las plantas, favoreciéndose la captura de nutrientes y disminuyéndose las pérdidas por lavado.

En algunas oportunidades se observaron efectos positivos del fertilizante químico agregado; sin embargo, como se manifestaron solamente en las observaciones iniciales (aproximadamente hasta la segunda o tercera) se podría concluir que no se justifica la inversión. Si a esto agregamos el aumento de los costos y los problemas ecológicos causados por su uso, no quedan dudas sobre la conveniencia de seleccionar el corte frecuente o pastoreo simulado para el manejo de la sabana, teniendo como objetivo principal el aumento de la fertilidad.

## IX BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, D. 1988. Economía hídrica de dos agroecosistemas tropicales: una pastura permanente y un cultivo de maíz, Tesis de grado, Fac. de Ciencias, ULA - Mérida.
- ALDANA, T, HETIER, J, SARMIENTO, G, AMAYA, I y BURGAUD, J. 1989. Suelo de sabana: Presente y futuro del desarrollo agrícola Venezolano. Destino del fertilizante nitrogenado en dos cultivos de maíz y pasto permanente sobre un alfisol de sabana. Trabajo presentado en el X Congreso Venezolano de la Ciencia del suelo. 16p Maturín.
- AMATO, N & LADD, J. 1980. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils - V. Formation and Distribution of Isotope - Labelled biomass during decomposition of <sup>14</sup>C and <sup>15</sup>N Labelled plant material. Soil Biol. Biochem. 12: 405-411.
- AMATO, M, JACKSON, R, BUTLER, H, & LADD, J. 1984. Decomposition of Plant Material in Australian Soil, II Residual Organic <sup>14</sup>C and <sup>15</sup>N from Legume Plant Parts Decomposing under Field and Laboratory Conditions, Aust. J. Soil Res 22: 331-341.
- ANDERSON, J; PROCTOR, J & VALLACK, H. 1983. Ecological Studies in four contrasting lowland rain forest in Gunung Mulu National Park, Sarawak, III Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter, Journal of Ecology 71: 503-527.
- ANDERSON, J & SWIFT, M. 1983. Decomposition in tropical rain forests. En S.L. Sutton, A.C. Chadwick y T.C Whitmore (eds). Tropical Rain Forest: Ecology and Management 287-309 Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp.287-309.
- BAPTISTA, A. 1986. Relaciones entre las características y propiedades del suelo con la frecuencia de diferentes especies leguminosas precisando su amplitud ecológica en el Estado Barinas, Universidad Nacional Experimental de los

Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora". Barinas. 116 p.

- BASTARDO, H y RIVERA C. El Proceso de Descomposición y su importancia agro-ecológica en las Sabanas inundables de los Llanos Venezolanos. Revisión sobre el proceso descomposición U.C.V. Caracas 101 pp. (sin publicar).
- BERNHARD,- REVERSAT, F. 1982. Biogeochemical cycle of nitrogen in a Semiarid Savanna, *Oikos* 38:321-332.
- BLACK, C. 1968. Soil plant-relationship, John Wiley & Sons, Inc, New York, 712 pp.
- BOLIN, B, CRUTZEN, P, VITOUSEK, P, WOODMANSEE, R, GOLDBERG, E & COOK, R. 1983. Interactions of biogeochemical cycles. En the Major Biogeochemical Cycles and their Interactions, Ed. by B. Bolin & R.B. Cook. Scope 1-39.
- BOLIN, B ROSWALL, T, RICHEY, & J FRENEY, J. 1983. C,N,P and S Cycles: Major Reservoirs and fluxes, En The Major Biogeochemical cycles and their interactions, Ed by Bolin & R.B. Cooke, SCOPE 41-65.
- BULLA, L, MIRANDA, R. y PACHECO, J. 1980. Producción, Descomposición, flujo de materia orgánica y Diversidad en una sabana de banco del Módulo Experimental de Mantecal (Estado Apure, Venezuela). *Acta Científica Venezolana* 31: 331-338.
- BULLA, L, PACHECO, J y MIRANDA, R. 1980. Ciclo Estacional de la biomasa verde, muerta y raíces en una sabana inundada de estero en Mantecal (Venezuela). *Acta Científica Venezolana* 31: 339-344.
- BUNNELL, F & SCOLLAR, K. 1975. Abisko II. A computer simulation model of carbon flux in tundra ecosystems. In Structure and function of tundra ecosystems Ed. T. Roswall, *Ecol Bull* 20: 425 - 448.
- BURGEN, JAND W. 1984. Pritchett. Effects of clearfelling and site preparation on nitrogen mineralization in a Southern Pine Stand, *Soil Sci. Soc. Am J.* 48:1432-1437.
- CAMPBELL, C. 1978. Soil organic carbon, nitrogen and fertili

- ly, In M. Schnitzer y S.U Khan, Soil organic matter, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam 271 p.
- CLARK, F. 1977. Internal Cycling of Nitrogen in Shortgrass - Prairie, Ecology 58: 1322 - 1333.
- COLEMAN, D, REID, C & COLE, C. 1983. Biological Strategies of Nutrient Cycling in Soil Systems, In Nutrient Strategies in Soil Systems Ed By Coleman et al. pp. 1-44,
- COLEMAN, D.C. 1984. Descomposición, orgánico matter turnover, and nutrient dynamics in agroecosystems. En R. Lowrance, B. Stinner & G.J. House. Agricultural Ecosystems 83-104.
- COOPER, A. 1982. Litter fall and Descomposición in Tropical Xeromorphic Woodland and Shrub, Tropical Ecology 23(2): 193-207.
- CROPPER, A, CARTER, K & RAICH, J. 1985. The measurement of soil CO<sub>2</sub> evolution in situ, Pedobiología, 28: 39-40.
- CHAIROJ, P, KINURAM, WADA, H & TAKAI, Y. 1985. Nitrogen dynamics in the uppermost part of submerged paddy soils in temperate and tropical regions, Soil Sci, plant, Nutr. 31 (2), 175-187.
- EDWARDS, P. 1977. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea, II the production and disappearance of litter, J. Ecol. 65: 971-992.
- ESTRADA, T. 1989. Mineralización de Nitrógeno en Suelos Cultivados y con Bosques Naturales de los Estados Farcinas y Portuguesa. Trabajo de Grado para optar al título Magister Scientiarum. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas. 149 pp.
- EWEL, J. 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala, Journal of Ecology 64: 293-308.
- FASSRENDER, H y GRINN, U. 1981. Ciclos Biogeoquímicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II Producción y descomposición de los residuos vegetales.

Turrialba 31(1): 39-47.

FLOATE, M. 1970. Mineralisation of nitrogen and phosphorus from organic materials of plant and animal origin and its significance in the nutrient cycle of grazed upland and hill soil. J. Br. Grassland Soc 25: 295-302.

FLOATE, M. 1970. Descomposition of organic materials from hill soil and pastures. II Comparative Studies of the mineralisation of carbon, nitrogen and phosphorus from plant and sheep faeces. Soil Biol. Biochem 2: 173-185.

GASSER, J. 1982. Agricultural productivity and the nitrogen cycle, Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 296:303-314.

GORHAM, & VITOUSEK, W. 1979. The Regulation of Chemical Budgets Over The Course of Terrestrial Ecosystem Succession; Ann. Rev. Ecol. Syst. 10: 53-84.

GRIMM, V. & FASSBENDER, H.W. 1981. Ciclos Bioquímicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. I Inventario de las Reservas Orgánicas y Minerales (N,P,K,C,A,Mg,Mn,Fe,Al,Na) Turrialba 31(1): 27-37.

GRIMM, V. & FASSBENDER, H.W. 1981. Ciclos Biogeoquímicos en un Ecosistema Forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. III Ciclo Hidrológico y Traslocación de Elementos Químicos con el Agua. Turrialba. 31(2): 89-99.

HABER, W. 1958. Ökologische untersuchung der Bodenatmung. Flora 196: 109-157.

HAINES, B. 1977. Nitrogen Uptake Apparent pattern during old field Succession in Southeastern, U.S., Ecol 26: 295-303.

HENDRICKSON, O & Robinson, J. 1984. Effects of roots and litter on mineralization processes in forest soil, Plant and Soil 80, 391-405.

HERNANDEZ, I. 1985. Contribución al estudio del balance de carbono en el suelo, en un cultivo de caña de azúcar: Desaparición de raíces, desaparición de hojarasca y respiración edáfica. Trabajo Especial de Grado.

Universidad Central de Venezuela. Caracas  
91p.

- HORNBY, W, BROWN, K & THOMAS, J. 1985. Nitrogen Mineralization Potentials of Revegetated Lignite Overburden in the Texas Gulf Coast, Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 1.484 - 1.489.
- HOUSE, G.J, STINNER, B.R. CROSSLEY, D.A. & ODUM E.P. 1984. Nitrogen Cycling in Conventional and No-Tillage Agro-Ecosystems: Analysis of Pathways and Processes. Journal of Applied Ecology 21: 991- 1012.
- ISHAQUE, M & A. CORNFIELD. 1972. Nitrogen Mineralization & Nitrification during incubation of East Pakistan Soils in relation to pH, Plant Soil, 37: 91-95.
- JACKSON, R y RAW, F. 1974. La vida en el suelo, Cuadernos de Biología, Ediciones Omega, España, 70 pp,
- JENKINSON, D.S. 1982. The Nitrogen Cycle in long-Term Field Experiments Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 296: 563-571.
- JORDAN, C. 1982. The Nutrient balance of an Amazonian Rain Forest, Ecology 63(2): 647-654.
- JORDAN, C, CASKEY, W, ESCALANTE, G, HERRERA, R, MONTAGNINI, F, TODD, R, & UHL, C. 1983. Nitrogen dynamics during conversion of primary Amazonian rain forest to slash and burn agriculture, Oikos, 46: 131-139.
- KARLOVSKY, J. 1931. Cycling of nutrients and their utilisation by plant in agricultural ecosystems, Agroecosystems 7: 127-144.
- KOEFEN, W. 1931. Climatología, con un Estudio de los Climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica, México, Buenos Aires.
- LADD, J CADES, J & AMATO, M. 1981. Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soils sown to wheat in the field, Soil Biol, Biochem. 13: 251-256.
- LEE, J. HARNER, R & IGNACIUK, R. 1983. Nitrogen as a limiting factor in plant communities, In Nitrogen as an Ecological factor. Ed Lee, J et

- at, 95-112. blackwell.
- MARRS, R, ROBERTS, R & SKEFFINGTON, R. 1981. Nitrogen and the development of Ecosystems, *Journal of Ecology* 69: 113-136.
- MARRS, R.H. PROCTOR, J. HEANEY A. y MOUNTFORD, M.D. 1988. Changes in soil nitrogen-mineralization and nitrification along an altitudinal transect in tropical rain forest in Costa Rica, *Journal of Ecology*, 76: 466-482.
- MATSON, P & R, BOONE. 1984. Natural disturbance and nitrogen mineralization: wave - form dieback of mountain hemlock in the oregon cascades, *Ecology* 65 (5): 1511-1516.
- MARUMOTO, T ANDERSON, J & DOMSCH, K. 1982. Mineralization of nutrients from soil microbial biomass. In *Soil Biol. Biochem* 14: 469-475.
- MEDINA, E. 1966. Producción de hojarasca, respiración edáfica y productividad vegetal en bosques deciduos de las Llanos Centrales de Venezuela. En programa Biol. del suelo. Monografía I. Centro Coop. Cient. UNESCO Amer. Lat. E. A. Rapport (Ed) Montevideo pp:97-108.
- MEDINA, E. 1969. Respiración edáfica de algunas comunidades tropicales. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.* 28 (110/115): 211-230.
- MEDINA, E. 1987. Nutrients: Requirements, conservation and cycles in the herbaceous layer, In *Determinants of Savannas Walker, E. (ed): IUBS Monographs Series 3: 39-65.*
- MONTAGNINI, F HAINES, B, BORING, L, SWANK, W. 1986. Nitrification potentials in early successional black locust and in mixed hardwood forest stand in the southern Appalachians.
- NADELHOFFER, K y MELILLO, J. 1984. Seasonal patterns of ammonium and nitrate uptake in nine temperate forest ecosystems, *Plant and Soil* 80: 321-334,
- NADELHOFFER, K. ASER, J y MELILLO J. 1985. Fine roots, net primary production and soil nitrogen availability: a New hypothesis, *Ecology* 66(4): 1377-1390.

- NAKAS, J.P y KLEIN, D.A. 1981. Use of an amino acid mixture to estimate the mineralization capacity of grassland soils. *Soil. Biol. Biochem.* 13: 427-428.
- NEWBOULD, F. 1978. Terrestrial Nitrogen Cycles: problems present Knowledge and future research needs. *Terrestrial Nitrogen Cycles*. 671-690. Ed Clark F & Roswall, T.
- PAUL, E y JUNA, N. 1981. Mineralization and immobilization of soil nitrogen by microorganisms. In *Terrestrial Nitrogen Cycles* (eds) Clark, F & Roswall, T. *Ecol. Bull.* 33: 179-195.
- FOWLSON, D. 1980. Effect of cultivation on the mineralization of nitrogen in soil, *Plant Soil* 57: 151-153.
- ROBERTSON, G & VITOUSEK, P. 1981. Nitrification in primary and secondary succession. *Ecology* 62: 376-386.
- ROSSWALL, T. 1982. The Biogeochemical Nitrogen Cycle, In *Some perspectives of the major biogeochemical cycles*. Ed by E. Likens Scope 25-49.
- SAN JOSE, J, BERRADES, F & RAMIREZ, J. 1982. Seasonal changes of growth, mortality and disappearance of belowground root biomass in the Trachypogon Savanna grass. *Oecol. Plant* 17(4): 347-358.
- SARMIENTO, G. 1978. Estructura y funcionamiento de sabanas neotropicales. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela pp 242-324.
- SARMIENTO, G & MONASTERIO, H. 1969. Studies on the Savanna Vegetation of the Venezuelan Llanos I. The Use of Association - Analysis. *J. Ecol* 57(3).
- SHEN, S PRUDEN, G & JENKINSON, D. 1984. Mineralization and immobilization of nitrogen in fumigated soil and the measurement of microbial biomass nitrogen, *Soil Biol. Biochem.* 16: 437-444.
- SINHA, M.K. SINHA, D. AND SINHA, H. 1977. Organic Matter Transformation in Soils V. Kinetics of Carbon and Nitrogen Mineralization in Soils Amended With Different Organic Materials:

- Plant and Soil 46: 579-590.
- SILVA, J MONASTERIO, M y SARMIENTO, G. 1971. Reconocimiento Ecológico de los Llanos Occidentales II. El Norte del Estado Barinas, Acta científica Venezolana 22: 61-71.
- SILVA, J. 1972. Influencia de los Procesos Pedogenéticos en la diferenciación de Comunidades y en el comportamiento de las Especies en los Llanos Occidentales de Venezuela. Universidad de los Andes, Mérida, 53 p.
- SILVA, J. 1982. Fenología, Estrategias Reproductivas y Coexistencia en Especies de gramíneas de una Sabana Tropical. Universidad de los Andes, Mérida.
- SOKAL, R & ROHLF, J. Biometry. 1981. The principles and practice of statistics in Biological Research. WH Freeman and Company San Francisco 859 pp.
- SWIFT, M, HEAL, D & ANDERSON, J. 1979. Descomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 371 pp.
- SWIFT, M, RUSSELL, N, SMITH, A y PERFECT, T. 1981. Descomposition and Mineral Nutrient Dynamics of Plant Litter in a Regenerating Bush - Fallow in Sub Humid Tropical Nigeria. Journal of Ecology 69:981-995.
- SWIFT, M.J. 1984. Soil Biological Processes and Tropical Soil Fertility: A proposal for a collaborative Programme of Research. The International Union of Biological Sciences News Magazine, special ISSUE-5 Biology International Lancaster, United Kingdom.
- TANNER, E. 1981. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forest. Journal of Ecology 69: 263-275.
- UNESCO MAB - IUBS. 1986. Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). Inter-Regional Research planning Workshop. Ed by M.J Swift, Biology International - Special ISSUE - 13.
- VITOUSEK, F, GOSZ, J, GRIER, C, MELILLO, J, & REINERS, W. 1982. A comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest

- ecosystems. *Ecological Monographs* 52: 155-177.
- VITOUSEK, P & MATSON, F. 1985. Disturbance, Nitrogen availability, and Nitrogen losses in an intensively managed loblolly pine plantation, *Ecology* 66(4): 1360-1376.
- VORONEY, R, & PAUL, E. 1981. Organic C Dynamics in grassland soils. 2 Model validation and simulation of the longterm effects of cultivation and rainfall erosion, *Can J. Soil, Sci.* 61: 211-224.
- WALTER, H. 1960. Standortlerhe (Phytologie III/1). Ed Ulmer Verlag. Stuttgart.
- WARING, S & BREMNER, J. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability, *Nature* 201: 951-952.
- WHITEHEAD, D & DAWSON, K. 1984. Nitrogen including  $^{15}\text{N}$ -labelled fertilizer nitrogen, in components of a grass sward, *Journal of Applied Ecology*, 21: 983-989.
- WOODMANSEE, R DODD, R, BOWMAN, R, CLARK, F, DICKINSON, C. 1978. Nitrogen Budget of a Shortgrass Prairie Ecosystem. *Biocologia* 34: 363-376.
- ZINK, A y STAGNO, P. 1966. Estudio Edafológico de la zona Río Santo Domingo - Río Paguey, Estado Barinas; Ministerio de Obras Públicas. Guanare.

# ***TABLAS***

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

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
<b>PRECIPITACION (mm)</b>												
AÑO 88	0,0	5,7	14,8	49,8	92,7	310,6	207,8	328,9	211,0	271,0	136,3	16,5
AÑO 89	2,9	21,4	11,2	14,3	215,6	168,6	189,3	77,7	246,1	243,1	55,5	32,2
<b>RADIACION SOLAR (cal/min/cm2)</b>												
AÑO 88	10.698	10.050	12.259	9.415	10.164	9.564	11.482	10.955	11.615	10.747	9.888	10.207
AÑO 89	10.002	10.348	10.290	11.260	9.332	10.884	10.235	11.477	10.483	9.986	9.432	9.692
<b>TEMPERATURA MEDIA (°C)</b>												
AÑO 88	27,9	28,6	29,4	29,0	27,7	25,8	25,5	25,6	26,1	26,5	26,3	26,2
AÑO 89	26,1	26,9	27,6	29,2	26,5	26,2	25,3	26,2	26,5	26,3	27,0	25,8

Tabla Nº 1 = Valores mensuales de Precipitación Total (mm),  
Radiación Solar Total (cal/min/cm2) y Temperatura  
Media (°C), de la Estación Barinas-Aeropuerto.

Evap.Tot. mm	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.988	239,8	218,0	308,2	249,9	195,8	150,5	144,5	167,8	164,7	163,7	148,8	173,7
1.989	188,6	172,6	234,0	259,2	166,2	165,8	143,0	175,5	159,2	158,1	159,0	163,7
Hum.Rel %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.988	63	57	49	57	67	82	84	83	80	79	79	71
1.989	63	55	58	57	73	73	80	79	78	78	76	69
Viento Km/h	Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.988	2,8	3,0	3,6	3,4	3,0	2,0	2,0	2,1	2,0	1,8	2,1	2,0

Tabla Nº 2 = Valores mensuales de Evaporacion Total (mm),  
Humedad Relativa Media (%) y Radiacion Solar  
(cal/min/cm<sup>2</sup>), de la Estacion Barinas-Aeropuerto.

Parcela	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	5,0 ± 0	3,10 ± 0,08	2,27 ± 0,30	0,92 ± 0,19	1,01 ± 0,25	0,18 ± 0,03	0,62 ± 0,14	0,56 ± 0,23	0,41 ± 0,09
A2	5,0 ± 0	2,61 ± 0,13	1,31 ± 0,23	0,33 ± 0,12	0,19 ± 0,07	0,29 ± 0,18	0,44 ± 0,10	0,27 ± 0,05	0,06 ± 0,01
B1	5,0 ± 0	2,95 ± 0,12	1,11 ± 0,33	0,22 ± 0,06	0,69 ± 0,39	0,28 ± 0,18	0,31 ± 0,03	0,45 ± 0,20	0,16 ± 0,07
B2	5,0 ± 0	3,10 ± 0,25	1,14 ± 0,31	0,41 ± 0,09	0,61 ± 0,18	0,07 ± 0,02	0,05 ± 0,03	0,08 ± 0,04	0,25 ± 0,10
C1	5,0 ± 0	3,19 ± 0,18	1,48 ± 0,27	0,54 ± 0,07	0,14 ± 0,04	0,12 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,16 ± 0,08	0,24 ± 0,05
C2	5,0 ± 0	3,17 ± 0,29	1,01 ± 0,08	0,95 ± 0,20	0,69 ± 0,25	0,06 ± 0,04	0,14 ± 0,04	0,07 ± 0,02	0,02 ± 0,14

Tabla N<sup>o</sup> 8a = Valores de los pesos secos del material aéreo retenido en las bolsas de descomposición, expresados en gramos. Las cantidades representan las medias aritméticas y los errores standard.

Parcela	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	100	62,0	45,4	18,4	20,2	3,4	12,4	11,2	8,2
A2	100	52,2	26,2	6,6	3,8	5,8	8,8	5,4	1,4
B1	100	59,0	22,2	4,4	13,8	5,6	6,2	9,0	3,2
B2	100	62,0	22,6	8,2	12,2	1,2	1,6	1,6	5,0
C1	100	63,8	29,6	10,8	2,8	2,4	1,2	3,0	4,8
C2	100	63,4	36,2	19,0	13,8	1,0	3,0	1,4	0,8

Tabla N<sup>o</sup> 8b = Valores de los pesos secos del material aéreo en descomposición, expresados en porcentaje de la biomasa inicial. Las cantidades representan las medias aritméticas.

Parcela	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	2,0 ± 0	2,15 ± 0,17	1,50 ± 0,36	1,65 ± 0,24	1,33 ± 0,18	1,04 ± 0,04	0,92 ± 0,23	1,60 ± 0,15	0,50 ± 0,08
A2	2,0 ± 0	1,84 ± 0,14	1,54 ± 0,10	0,68 ± 0,06	2,06 ± 0,04	0,61 ± 0,17	0,88 ± 0,22	0,53 ± 0,15	0,61 ± 0,13
B1	2,0 ± 0	2,39 ± 0,12	1,86 ± 0,28	1,70 ± 0,19	1,06 ± 0,16	1,53 ± 0,18	1,33 ± 0,23	0,84 ± 0,18	0,88 ± 0,28
B2	2,0 ± 0	1,88 ± 0,22	1,77 ± 0,07	1,26 ± 0,22	1,32 ± 0,14	0,85 ± 0,31	0,70 ± 0,20	0,31 ± 0,06	0,72 ± 0,17
C1	2,0 ± 0	2,27 ± 0,07	2,03 ± 0,31	1,40 ± 0,25	1,27 ± 0,31	1,00 ± 0,17	1,30 ± 0,21	0,45 ± 0,13	1,07 ± 0,21
C2	2,0 ± 0	2,26 ± 0,22	1,62 ± 0,23	0,91 ± 0,13	1,90 ± 0,17	1,05 ± 0,11	1,33 ± 0,36	0,57 ± 0,17	0,93 ± 0,08

Tabla Nº 9a = Valores de los pesos secos del material subterráneo retenido en las bolsas de descomposición, expresados en gramos. Las cantidades representan las medias aritméticas y los errores standard.

Parcela	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	% 100	% 107,5	% 75,0	% 82,5	% 66,5	% 52,0	% 46,0	% 80,0	% 25,0
A2	100	92,0	77,0	84,0	103,0	30,5	44,0	26,5	30,5
B1	100	119,5	93,0	85,0	53,0	76,5	66,5	42,0	44,0
B2	100	94,0	88,5	63,0	66,0	42,5	35,0	15,5	36,0
C1	100	113,5	101,5	70,0	63,5	50,0	65,0	22,5	53,5
C2	100	113,0	81,0	45,5	95,0	52,5	66,5	28,5	46,5

Tabla Nº 9b = Valores de los pesos secos del material subterráneo en descomposición, expresados como porcentaje de la biomasa inicial. Las cantidades representan las medias aritméticas.

	Hum.Relativa	Temperatura	Precipitación	Evaporación
Hoja - A1	+ 0,533 °	- 0,591 °	+ 0,582 °	- 0,423 °
Hoja - A2	+ 0,455 °	- 0,534 °	+ 0,466 °	- 0,413 °
Hoja - B1	+ 0,459 °	- 0,493 °	+ 0,471 °	- 0,416 °
Hoja - B2	+ 0,523 °	- 0,548 °	+ 0,531 °	- 0,475 °
Hoja - C1	+ 0,527 °	- 0,576 °	+ 0,524 °	- 0,461 °
Hoja - C2	+ 0,586 °	- 0,609 °	+ 0,622 °	- 0,509 °

Tabla Nº 10 = Coeficientes de correlación simple entre los pesos secos del material aéreo en descomposición y los elementos climáticos: Humedad relativa (%), temperatura media (°C), precipitación total (mm), evaporación total (mm), en los periodos de observaciones.

° No significativas a un nivel de probabilidad del 95%.

	Hum.Relativa	Temperatura	Precipitación	Evaporación
Raiz - A1	+ 0,394 °	- 0,321 °	+ 0,301 °	- 0,147 °
Raiz - A2	+ 0,599 °	- 0,547 °	+ 0,663 °	- 0,484 °
Raiz - B1	+ 0,718 *	- 0,853 *	+ 0,453 °	- 0,646 °
Raiz - B2	+ 0,856 *	- 0,827 *	+ 0,813 *	- 0,706 *
Raiz - C1	+ 0,763 *	- 0,931 *	+ 0,667 °	- 0,685 °
Raiz - C2	+ 0,649 °	- 0,722 *	+ 0,579 °	- 0,630 °

Tabla Nº 11 = Coeficientes de correlación simple entre los pesos del material subterráneo en descomposición y los elementos climáticos: Humedad relativa (%), temperatura media (°C), precipitación total (mm), evaporación total (mm), en los períodos de observaciones.

\* Significativas a un nivel de probabilidad del 95%.

° No significativas a un nivel de probabilidad del 95%.

Porción	Día cero 12 Jun 89	Día 5to 17 Jun 89	Día 10mo 22 Jun 89	Día 15vo 27 Jun 89	Día 20vo 2 Jul 89	Día 25vo 9 Jul 89
Subte- rránea	2 ± 0	1,87 ± 0,03	1,76 ± 0,03	1,77 ± 0,05	1,87 ± 0,04	1,47 ± 0,02
Aérea	5 ± 0	4,41 ± 0,08	4,05 ± 0,12	3,79 ± 0,17	3,60 ± 0,08	3,45 ± 0,18

Tabla Nº 12a = Valores de los pesos de las porciones subterráneas y aéreas en descomposición, extraídas cada cinco días y en la fase rápida. Las cantidades representan la media aritmética y el error standard.

Porción	Día cero 12 Jun 89	Día 5to 17 Jun 89	Día 10mo 22 Jun 89	Día 15vo 27 Jun 89	Día 20vo 2 Jul 89	Día 25vo 9 Jul 89
Subte- rránea	100%	93,5%	88,0%	88,5%	93,5%	73,5%
Aérea	100%	88,2%	81,0%	75,8%	72,0%	69,0%

Tabla Nº 12b = Valores de los pesos de las porciones subterráneas y aéreas en descomposición, extraídas cada cinco días y en la fase rápida. Las cantidades están expresadas como porcentaje de la biomasa inicial.

Nitróg.	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	2,13 ± 0	2,15 ± 0,001	1,40 ± 0,001	1,14 ± 0,002	1,29 ± 0,001	0,74 ± 0,001	0,68 ± 0,003	1,20 ± 0,15	0,120 ± 0,08
A2	2,13 ± 0	2,21 ± 0,002	1,81 ± 0,001	1,11 ± 0,001	0,99 ± 0,000	1,62 ± 0,001	0,71 ± 0,000	1,00 ± 0,02	0,260 ± 0,02
B1	2,13 ± 0	2,34 ± 0,0002	1,41 ± 0,0001	2,12 ± 0,0001	0,98 ± 0,000	1,10 ± 0,000	0,96 ± 0,002	0,84 ± 0,01	0,140 ± 0,02
B2	2,13 ± 0	1,72 ± 0,001	1,48 ± 0,001	1,35 ± 0,001	1,07 ± 0,001	1,61 ± 0,000	0,70 ± 0,000	1,12 ± 0,03	0,140 ± 0,02
C1	2,13 ± 0	2,30 ± 0,001	1,50 ± 0,001	1,22 ± 0,002	0,85 ± 0,000	1,50 ± 0,004	0,73 ± 0,00	0,87 ± 0,03	0,230 ± 0,03
C2	2,13 ± 0	2,16 ± 0,003	1,91 ± 0,001	1,96 ± 0,001	1,90 ± 0,001	1,05 ± 0,000	0,84 ± 0,00	1,50 ± 0,02	0,180 ± 0,02

Tabla Nº 13a = Valores de la cantidad de Nitrógeno en las porciones aéreas en descomposición, expresada en ppm. Los valores representan la media aritmética y el error standard.

Nitróg.	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,1065	0,06665	0,03178	0,010488	0,013029	0,001258	0,004216	0,00672	0,00287
A2	0,1065	0,057681	0,023711	0,003333	0,001881	0,004698	0,009372	0,0027	0,000665
B1	0,1065	0,06903	0,015651	0,004664	0,006762	0,00308	0,002976	0,00378	0,00192
B2	0,1065	0,05332	0,016724	0,005535	0,006527	0,000966	0,00056	0,000896	0,001175
C1	0,1065	0,07337	0,0222	0,006588	0,00119	0,0018	0,000438	0,001305	0,002088
C2	0,1065	0,068472	0,034571	0,01862	0,01311	0,000525	0,00126	0,00105	0,017466

Tabla Nº 13b = Valores de la cantidad total de Nitrógeno en las porciones aéreas en descomposición, expresada en g. Los valores representan la media aritmética.

Potasio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	9,70	6,70	4,54	3,86	3,77	3,57	5,32	4,70	5,40
A2	9,70	5,87	4,35	4,16	6,68	3,28	4,35	2,80	4,90
B1	9,70	5,28	5,32	5,42	4,35	4,25	4,64	5,50	4,10
B2	9,70	5,13	4,35	4,16	6,39	2,00	2,12	3,00	5,60
C1	9,70	4,79	4,74	4,45	2,12	2,50	Trazas	5,50	5,30
C2	9,70	7,56	4,64	4,93	5,71	Trazas	5,03	3,80	4,40

Tabla Nº 14a = Valores de la cantidad de Potasio en las porciones aéreas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Potasio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	4,850	0,2078	0,103058	0,035512	0,038077	0,006069	0,032984	0,02632	0,02214
A2	4,850	0,1532	0,056985	0,013728	0,012692	0,009512	0,01914	0,00756	0,00343
B1	4,850	0,1557	0,059052	0,011924	0,030015	0,0119	0,014384	0,02475	0,00656
B2	4,850	0,1589	0,049155	0,017056	0,038979	0,0012	0,001696	0,0024	0,014
C1	4,850	0,1528	0,070152	0,02403	0,002968	0,003	ERR	0,00825	0,01272
C2	4,850	0,2397	0,083984	0,046835	0,039399	0,0000	0,007545	0,00266	0,03608

Tabla 14b = Valores de la cantidad total de Potasio en las porciones aéreas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Calcio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	2,83	4,42	1,34	1,60	0,82	0,46	0,24	0,55	0,32
A2	2,83	4,74	3,77	0,87	0,28	0,98	0,26	0,28	0,25
B1	2,83	4,90	1,82	4,87	0,62	0,46	0,58	0,46	0,81
B2	2,83	4,87	2,14	1,46	0,63	0,03	0,10	0,54	0,58
C1	2,83	3,10	1,08	0,97	0,01	0,23	0,03	1,12	0,20
C2	2,83	3,82	4,14	3,44	2,10	0,01	0,26	0,77	1,13

Tabla Nº 15a = Valores de la cantidad de Calcio en las porciones aéreas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Calcio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,1415	0,13702	0,030418	0,01472	0,002828	0,000782	0,001488	0,00308	0,001312
A2	0,1415	0,123714	0,049387	0,002871	0,001178	0,002842	0,001144	0,000756	0,000175
B1	0,1415	0,14455	0,020202	0,010714	0,004347	0,001288	0,001798	0,00207	0,001296
B2	0,1415	0,15097	0,024182	0,005986	0,000061	0,000018	0,00008	0,000432	0,00145
C1	0,1415	0,09889	0,015984	0,005238	0,00294	0,000276	0,000018	0,00168	0,00048
C2	0,1415	0,121094	0,074934	0,03268	0,0000	0,000005	0,00039	0,000539	0,009266

Tabla Nº 15b = Valores de la cantidad de Calcio en las porciones aéreas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Magnesio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 2,25	ppm 5,75	ppm 4,00	ppm 4,75	ppm 4,00	ppm 4,00	ppm 4,25	ppm 2,25	ppm 3,00
A2	2,25	6,25	4,25	4,00	6,00	3,50	4,25	1,25	1,00
B1	2,25	4,25	7,00	7,25	5,00	4,75	4,50	2,75	2,50
B2	2,25	4,00	4,50	5,00	6,50	1,25	2,50	1,75	3,50
C1	2,25	5,25	6,50	4,50	2,00	2,50	1,25	3,25	1,25
C2	2,25	4,75	5,75	5,50	4,75	1,25	4,00	1,25	3,00

Tabla Nº 16a = Valores de la cantidad de Magnesio en las porciones aéreas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Magnesio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,045	0,17825	0,0908	0,0437	0,0404	0,0068	0,02635	0,0126	0,0123
A2	0,045	0,163125	0,055675	0,0132	0,0114	0,01015	0,0187	0,003375	0,0007
B1	0,045	0,125375	0,0777	0,01595	0,0345	0,0133	0,01395	0,012375	0,004
B2	0,045	0,124	0,05085	0,0205	0,03965	0,00075	0,002	0,0014	0,00875
C1	0,045	0,167475	0,0962	0,0243	0,0028	0,003	0,00075	0,004875	0,003
C2	0,045	0,150575	0,104075	0,05225	0,032775	0,000625	0,006	0,000875	0,0246

Tabla 16b = Valores de la cantidad de Magnesio en las porciones aéreas expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Fósforo	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 0,200 ± 0	ppm 0,205 ± 0,00	ppm 0,193 ± 0,03	ppm 0,135 ± 0,05	ppm 0,175 ± 0,05	ppm 0,070 ± 0,03	ppm 0,140 ± 0,04	ppm 0,120 ± 0,00	ppm 0,130 ± 0,02
A2	0,200 ± 0	0,620 ± 0,07	0,133 ± 0,03	0,208 ± 0,01	0,140 ± 0,01	0,143 ± 0,01	0,058 ± 0,02	0,180 ± 0,02	0,110 ± 0,02
B1	0,200 ± 0	0,220 ± 0,04	0,278 ± 0,04	0,238 ± 0,11	0,083 ± 0,20	0,120 ± 0,03	0,195 ± 0,07	0,140 ± 0,02	0,120 ± 0,03
B2	0,200 ± 0	0,243 ± 0,05	0,140 ± 0,01	0,248 ± 0,01	0,098 ± 0,03	1,000 ± 0,02	0,113 ± 0,01	0,380 ± 0,01	0,320 ± 0,02
C1	0,200 ± 0	0,233 ± 0,03	0,220 ± 0,02	0,228 ± 0,03	0,415 ± 0,03	0,296 ± 0,07	0,190 ± 0,01	0,120 ± 0,03	0,100 ± 0,03
C2	0,200 ± 0	0,063 ± 0,01	0,310 ± 0,05	0,285 ± 0,03	0,160 ± 0,04	0,270 ± 0,05	0,135 ± 0,04	0,300 ± 0,03	0,140 ± 0,02

Tabla Nº 17a = Valores de la cantidad de Fósforo en las porciones aéreas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética y el error standard.

Fósforo	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,01	0,006355	0,004381	0,0027	0,001767	0,000119	0,000868	0,000672	0,000533
A2	0,01	0,016182	0,001742	0,00416	0,000266	0,000414	0,000255	0,000486	0,000077
B1	0,01	0,00649	0,003085	0,00476	0,000572	0,000336	0,000604	0,00063	0,000192
B2	0,01	0,007533	0,001582	0,00496	0,000597	0,0006	0,000090	0,000304	0,0008
C1	0,01	0,007432	0,003256	0,00456	0,000581	0,000355	0,000114	0,00018	0,00024
C2	0,01	0,001997	0,005611	0,0057	0,001104	0,000135	0,000202	0,00021	0,001148

Tabla Nº 17b = Valores de la cantidad de Fósforo en las porciones aéreas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Nitrógeno	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 0,50	ppm 0,67	ppm 0,63	ppm 0,37	ppm 0,78	ppm 0,51	ppm 0,52	ppm 0,61	ppm 0,50
A2	0,50	0,84	0,63	0,59	0,44	0,59	0,56	0,60	0,45
B1	0,50	0,69	0,38	0,46	0,52	0,45	0,40	0,40	0,50
B2	0,50	0,78	0,63	0,57	0,49	0,71	0,36	0,73	0,50
C1	0,50	0,69	0,51	0,52	0,53	0,52	0,37	0,40	0,45
C2	0,50	0,78	0,53	0,62	0,42	0,34	0,50	0,63	0,52

Tabla Nº 18a = Valores de la cantidad de Nitrógeno en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética y el error standard.

Nitrógeno	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,01	0,014405	0,00945	0,006105	0,010374	0,005304	0,004784	0,00976	0,0025
A2	0,01	0,015456	0,009702	0,004012	0,009064	0,003599	0,004928	0,00318	0,002745
B1	0,01	0,016491	0,007068	0,00782	0,005512	0,006885	0,00532	0,00336	0,0044
B2	0,01	0,014664	0,011151	0,007182	0,006468	0,006035	0,00252	0,002263	0,0036
C1	0,01	0,015663	0,010353	0,00728	0,006731	0,0052	0,00481	0,0018	0,004815
C2	0,01	0,017628	0,008586	0,005642	0,00798	0,00357	0,00665	0,003591	0,004836

Tabla 18b = Valores de la cantidad de Nitrógeno en las porciones subterráneas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Potasio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 8,0	ppm 5,22	ppm 4,74	ppm 3,48	ppm 3,48	ppm 3,77	ppm 4,64	ppm 3,30	ppm 3,80
A2	8,0	3,77	4,06	3,00	5,42	4,06	4,45	1,60	1,90
B1	8,0	4,25	5,81	3,28	3,48	4,25	4,25	3,90	3,70
B2	8,0	4,83	4,54	3,18	3,86	3,38	3,28	1,40	5,30
C1	8,0	4,54	3,77	3,28	3,86	3,96	4,16	4,60	2,10
C2	8,0	4,25	3,48	3,28	2,12	4,96	5,71	2,50	3,10

Tabla Nº 19a = Valores de la cantidad de potasio en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Potasio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,016	0,11223	0,0711	0,05742	0,046284	0,039208	0,042688	0,0528	0,019
A2	0,016	0,069368	0,062524	0,0204	0,111652	0,024766	0,03916	0,00848	0,01159
B1	0,016	0,101575	0,108066	0,05576	0,036888	0,065025	0,056525	0,03276	0,03256
B2	0,016	0,090804	0,080358	0,040068	0,050952	0,02873	0,02296	0,00434	0,03816
C1	0,016	0,103058	0,076531	0,04592	0,049022	0,0396	0,05408	0,0207	0,02247
C2	0,016	0,09605	0,056376	0,029848	0,04028	0,04263	0,075943	0,01425	0,02883

Tabla 19b = Valores de la cantidad de Potasio en las porciones subterráneas expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Calcio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 1,22	ppm 0,41	ppm 0,32	ppm 0,05	ppm 0,28	ppm 0,19	ppm 0,15	ppm 0,38	ppm 0,21
A2	1,22	0,83	0,27	0,15	0,03	0,19	0,26	0,21	0,18
B1	1,22	0,69	0,03	0,07	0,01	0,12	0,10	0,20	0,21
B2	1,22	0,46	0,17	0,10	0,05	0,30	0,08	0,42	0,42
C1	1,22	0,68	0,14	0,14	0,21	0,15	0,09	0,20	0,15
C2	1,22	0,38	0,16	0,52	0,03	0,06	0,12	0,33	0,42

Tabla Nº 20a = Valores de la cantidad de calcio en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética.

Calcio	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,0244	0,008815	0,0048	0,000825	0,000399	0,001976	0,00138	0,00608	0,0015
A2	0,0244	0,015272	0,004158	0,00102	0,000206	0,001159	0,002288	0,001113	0,001098
B1	0,0244	0,016491	0,000558	0,00119	0,00053	0,001836	0,00133	0,00168	0,001848
B2	0,0244	0,008648	0,003009	0,00126	0,002772	0,00255	0,00056	0,001302	0,003024
C1	0,0244	0,015436	0,002842	0,00196	0,000381	0,0015	0,00117	0,0009	0,001605
C2	0,0244	0,008588	0,002592	0,004732	0,01558	0,00063	0,001596	0,001881	0,003906

Tabla 20b = Valores de la cantidad de Calcio de las porciones subterráneas expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Magnes.	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 1,25	ppm 3,25	ppm 3,00	ppm 3,75	ppm 3,50	ppm 4,25	ppm 6,25	ppm 1,25	ppm 1,75
A2	1,25	2,75	3,00	3,00	5,25	3,50	4,75	1,00	2,75
B1	1,25	2,50	4,50	4,00	3,75	3,00	3,75	1,75	1,25
B2	1,25	3,00	3,25	3,00	4,00	2,50	4,00	1,50	2,50
C1	1,25	3,00	3,75	4,50	5,50	3,25	4,50	3,00	3,50
C2	1,25	2,75	3,00	3,50	2,25	4,00	4,50	2,75	2,75

Tabla Nº 21a = Valores de la cantidad de Magnesio en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades son las medias aritméticas.

Magnes.	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,025	0,069875	0,045	0,061875	0,04655	0,0442	0,0575	0,02	0,00875
A2	0,025	0,0506	0,0462	0,0204	0,10815	0,02135	0,0418	0,0053	0,016775
B1	0,025	0,05975	0,0837	0,068	0,03975	0,0459	0,049875	0,0147	0,011
B2	0,025	0,0564	0,057525	0,0378	0,0528	0,02125	0,028	0,00465	0,018
C1	0,025	0,0681	0,076125	0,063	0,06985	0,0325	0,0585	0,0135	0,03745
C2	0,025	0,06215	0,0495	0,03195	0,04275	0,042	0,05985	0,015675	0,025575

Tabla 21b = Valores de la cantidad de Magnesio en las porciones subterráneas expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Fósforo	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	ppm 0,370 ± 0	ppm 0,220 ± 0,015	ppm 0,148 ± 0,07	ppm 0,133 ± 0,06	ppm 0,095 ± 0,05	ppm 0,100 ± 0,04	ppm 0,045 ± 0,02	ppm 0,210 ± 0,15	ppm 0,120 ± 0,08
A2	0,370 ± 0	0,168 ± 0,04	0,120 ± 0,03	0,130 ± 0,03	0,125 ± 0,03	0,228 ± 0,02	0,064 ± 0,05	0,140 ± 0,02	0,260 ± 0,02
B1	0,370 ± 0	0,113 ± 0,04	0,160 ± 0,06	0,160 ± 0,02	0,070 ± 0,02	0,103 ± 0,02	0,088 ± 0,01	0,230 ± 0,01	0,140 ± 0,02
B2	0,370 ± 0	0,075 ± 0,02	0,243 ± 0,05	0,120 ± 0,02	0,070 ± 0,05	0,255 ± 0,02	0,090 ± 0,04	0,180 ± 0,03	0,140 ± 0,02
C1	0,370 ± 0	0,133 ± 0,03	0,310 ± 0,04	0,136 ± 0,07	0,200 ± 0,01	0,103 ± 0,03	0,154 ± 0,05	0,100 ± 0,03	0,230 ± 0,03
C2	0,370 ± 0	0,070 ± 0,02	0,130 ± 0,00	0,276 ± 0,07	0,075 ± 0,03	0,290 ± 0,03	0,228 ± 0,07	0,230 ± 0,02	0,180 ± 0,02

Tabla Nº 22a = Valores de la cantidad de Fósforo en las porciones subterráneas, expresada en ppm. Las cantidades representan la media aritmética y el error standard.

Fósforo	26 Jun 88	26 Jul 88	29 Ago 88	29 Sep 88	28 Oct 88	1 Dic 88	9 Ene 89	8 Mar 89	8 May 89
A1	0,0074	0,00473	0,00222	0,00266	0,001263	0,00104	0,000414	0,00336	0,0006
A2	0,0074	0,003091	0,001848	0,0026	0,002575	0,001390	0,000563	0,000742	0,001586
B1	0,0074	0,002700	0,002976	0,0032	0,000742	0,001575	0,001170	0,001932	0,001232
B2	0,0074	0,00141	0,004301	0,0024	0,000924	0,002167	0,00063	0,000558	0,001008
C1	0,0074	0,003019	0,006293	0,00272	0,00254	0,00103	0,002002	0,00045	0,002461
C2	0,0074	0,001582	0,002106	0,00552	0,001425	0,003045	0,003032	0,001311	0,001674

Tabla Nº 22b = Valores de la cantidad de Fósforo en las porciones subterráneas, expresada en g. Las cantidades representan la media aritmética.

Fecha	N-NH4 (fin) mg/kg	N-NH4(in) mg/kg	Amonifi- cación	N-NO3(fin) mg/kg	N-N3 (in) mg/kg	Nitrifi- cación mg/kg	Mineraliza- ción Neta mg/kg	
	(Final)	(Inicial)	/\ --	(Final)	(Inicial)	/\ --	Min. N.	(Fecha final)
Antes 1/5/89 corte	No deter- mino	1,436		No deter- mino	1,594			
Corte 5 Mayo								
2ºDia 12/5	---	6,211	-6,211	8,443	2,314	6,129	6,129	26 / 5
5ºDia 15/5	2,900	2,566	0,344	10,924	3,141	7,783	8,127	30 / 5
9ºDia 19/5	1,991	3,626	-1,635	14,259	3,451	10,808	10,808	3 / 6
16ºDia 26/5	---	0,913	-0,913	19,092	11,616	7,476	7,476	10 / 6

Tabla 23 = Valores de las concentraciones iniciales y finales de amonio y nitrato, amonificación neta, nitrificación neta y mineralización neta, expresados en mg/kg.

3

Día 19 despues del corte		Día 59 despues del corte		Día 89 despues del corte		Día 139 despues del corte		Día 159 despues del corte		
Fecha y hora de colocación y extracción	Colocación	Extracción	Colocación	Extracción	Colocación	Extracción	Colocación	Extracción	Colocación	Extracción
	9 Junio	10 Junio	13 Junio	14 Junio	16 Junio	17 Junio	21 Junio	22 Junio	22 Junio	26 Junio
	6:40 p.m	7:50 a.m	5:50 p.m	7:00 a.m	6:40 p.m	7:50 a.m	6:20 p.m	7:50 a.m	5:45 p.m	7:45 a.m
Permanencia (horas)	13 h 10'		13 h 10'		13 h 10'		13 h 30'		14 h 00'	
g de CO2 fijados	6,5054		no dió		2,4398		1,2618		1,5569	
mg CO2/m <sup>2</sup> h	569		no dió		213		104		120	

Tabla Nº 24 = Valores de la respiración edáfica, expresados como mg de CO2 absorbidos, en el tiempo especificado y en 660,18 cm<sup>2</sup>, además como mg CO2/m<sup>2</sup>h.

**ANEXOS**

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

Parcela	Ecuación
A1	$y = 2,93 e^{-0,26x}$
A2	$y = 2,13 e^{-0,36x}$
B1	$y = 2,08 e^{-0,32x}$
B2	$y = 2,28 e^{-0,41x}$
C1	$y = 2,12 e^{-0,38x}$
C2	$y = 2,64 e^{-0,31x}$

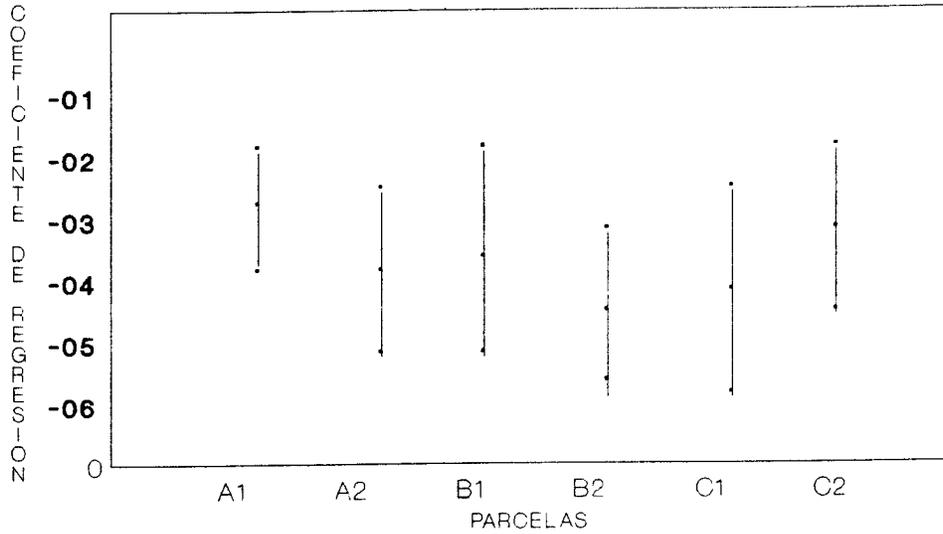
Ecuación resultante del ajuste  $y = 2,35 e^{-0,34x}$ .

Anexo Nº 1. Ecuaciones de la función en las seis parcelas, correspondientes a las porciones aéreas.

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

# PORCION AEREA

HOJA



www.bdigitalula.ve

Anexo NE 2. Comparación de los coeficientes de regresión lineal, correspondientes a las porciones aéreas.

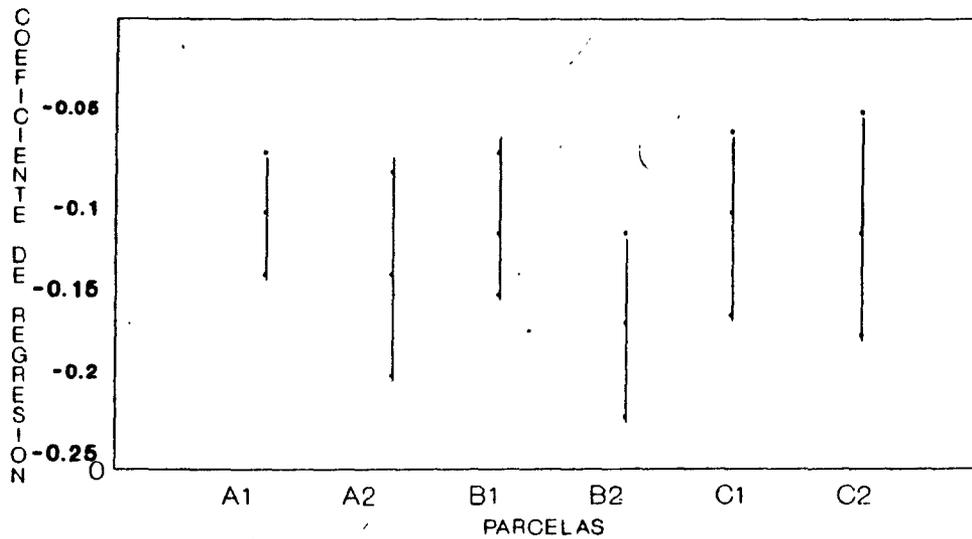
Parcela	Ecuación
A1	$y = 2,06 e^{-0,11x}$
A2	$y = 1,85 e^{-0,15x}$
B1	$y = 2,27 e^{-0,12x}$
B2	$y = 2,06 e^{-0,17x}$
C1	$y = 2,08 e^{-0,12x}$
C2	$y = 1,96 e^{-0,12x}$

Ecuación resultante del ajuste  $y = 2,05 e^{-0,13x}$ .

Anexo Nº 3. Ecuaciones de la función en las seis parcelas, correspondientes a las porciones subterráneas.

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

# PORCION SUBTERRANEA RAIZ



Anexo N° 4. Comparación de los coeficientes de regresión lineal, correspondientes a las porciones subterráneas.