

PEREZ - ARBELAEZIA

Volumen 1 Nos. 4-5 Enero-Julio 1987



JARDIN BOTANICO DE BOGOTA
"JOSE CELESTINO MUTIS"

JARDIN BOTANICO DE BOGOTA
"JOSE CELESTINO MUTIS"

PEREZ - ARBELAEZIA

JUNTA DIRECTIVA

Sven Zethelius Peñalosa
Germán Botero de los Ríos
Joaquín Caicedo Salazar

Patricio Samper Gnecco
Rafael García Espinosa

ALCALDE MAYOR

Julio César Sánchez

SECRETARIO DE OBRAS, D.E.

Juan Sánchez Rodríguez

DIRECCION

Teresa Arango Bueno

Registrado en el Ministerio de Gobierno
el 7-V-1986. Res. No. 001440

Tarifa Postal Reducida
Permiso No. 594 de 1986
Administración Postal Nacional

JARDIN BOTANICO

Carrera 66A No. 56-84
Teléfonos 2313965 — 2400483
A.A. 59887 — Bogotá, Colombia.

JARDIN BOTANICO DE BOGOTA
"JOSE CELESTINO MUTIS"

JUNTA DIRECTIVA

Patricio Sampedro Quintero
Eduardo García Espinosa

Sven Zetterlund
German Barrantes de los Rios
Joaquín García Salazar

ALCALDE MAYOR

José César Sánchez

SECRETARIO DE OBRAS, D.E.

Juan Sánchez Rodríguez

DIRECCION

Teresa Arango Bueno

Registrado en el Ministerio de Gobierno

La reproducción total o parcial de un artículo debe citar la fuente

Corresponde a los autores la total responsabilidad de las ideas, tesis y
conceptos emitidos en sus respectivos artículos.

Los editores se reservan el derecho de aceptar o de
rechazar los trabajos.

JARDIN BOTANICO

Carrera 66A No. 26-84

Teléfono 231 3085 - 2400485

CARATULA

Emblema del Jardín Botánico de Bogotá. *Mutisia Clematis* L. A.

JARDIN BOTANICO DE BOGOTA

"JOSE CELESTINO MUTIS"

PEREZ - ARBELAEZIA

Volumen 1 Nos. 4-5 - Enero - Julio 1987

Directora de la Revista

Teresa Arango Bueno

Comité Editorial

César Escallón E.

Gustavo Morales L.

Silvio Zuluaga R.

Publicación del Jardín Botánico de Bogotá dedicada a la memoria de su fundador, el doctor Enrique Pérez - Arbeláez, quien consagró su vida a institucionalizar la tradición científica de Colombia y fomentar la investigación, divulgación y defensa de nuestros recursos naturales.

CONTENIDO

NOTAS DE LA DIRECCION	5
Delimitación en áreas de isocontaminación en Cali y Medellín utilizando líquenes como bioindicadores	7
<i>Luis Juan Rubiano</i>	
Lista comentada de los macrófitos acuáticos y palustres de la región de Barrancabermeja (Santander)	43
<i>Udo Schmidt-Mumm</i>	
Efecto del fuego sobre la temperatura del suelo y la vegetación en un pastizal de los Llanos Orientales (Meta, Colombia)	55
<i>María Luisa Vidal L., J. Orlando Rangel Ch.</i>	
Observaciones fitoecológicas en el Darién colombiano	85
<i>Silvio Zuluaga Ramírez</i>	
Apuntes sobre el origen y difusión de las principales plantas precolombinas cultivadas en Colombia	147
<i>Camilo A. Domínguez</i>	
Algunas plantas utilizadas en el tratamiento de la hipertensión ...	159
<i>Santiago López-Palacios</i>	

Notas de la Dirección

Estas cortas notas han sido escritas luego de la última reunión de Jardines Botánicos colombianos, realizada en la acogedora ciudad de Marsella (Risaralda). En esta reunión tuve la gran satisfacción de ver que los esfuerzos de Pérez-Arbeláez no han sido en vano, puesto que la red de Jardines Botánicos que planeó para el país hace 20 años, ya casi se encuentra organizada; de tal manera que sentí la necesidad de volver sobre los valores de su vida y de su obra.

Analizar la obra científica y la nutrida producción bibliográfica del doctor E. Pérez-Arbeláez y hacer el elogio de su tersa y elegante prosa, es para mí un compromiso muy serio, ya que tuve el privilegio de ser su secretaria 26 años y asistí y tomé parte en la que fue su creación cultural: presencié sus frustraciones, sus innegables triunfos, sus largas horas de depresión, hasta el momento en que Dios arrancó la pluma a su ya vacilante mano. Pero me parece que no debo evadir este compromiso de hacer una pequeña reseña histórica de su trabajo, para este número de la Revista que lleva su nombre, ya que esta entidad es joya de su corona científica.

En una corta autobiografía que publicó en el Suplemento Literario de "El Tiempo" hacia 1964, narra cómo sus primeros años en las aulas del Colegio de La Salle con los Hermanos Cristianos y después los que vivió bajo la sabia dirección de los padres Jesuitas hasta coronar su carrera eclesiástica en Oña (Burgos) y más tarde, la que yo calificaría de meteórica carrera en la etilista Maximiliane Universität de Munich, bajo la dirección de su amado profesor que tanto influyó en él, Karl von Goevel, a quien debió en gran parte el honor de recibir en biología un doctorado suma cum laude y el ofrecimiento de viajar con una beca para estudiar la flora tropical en el Jardín Botánico de Buitenzorg en Java, distinción que no aceptó por su interés de regresar a Colombia.

Concluida su carrera viajó a diferentes ciudades europeas para conocer centros culturales y universidades especializadas en ciencias naturales; se detuvo en Berlín a estudiar el importante Herbario de la ciudad de Spree y en Madrid los manuscritos, exicados y preciosas láminas de la expedición Botánica de Mutis y copió el inventario que de ellas hizo el eminente José Jerónimo Triana, este Jardín en Madrid despertó en él un vivo interés por rescatar la tradición científica de Colombia, iniciada por el botánico gaditano y su escuela. Regresado a su patria padeció una intensa depresión nerviosa porque no encontró un ambiente para el plan cultural que en su mente había esbozado y así tuvo que partir de cero; eran finales de la tercera década del siglo. Lo favoreció el encuentro con ese hombre múltiple, apasionado por las ciencias naturales que fue César Uribe Piedrahíta y con él inició en Florencia (Cauquetá) su plan de exploración para recolectar especímenes florales como pri-

mer paso para el conocimiento potencial vegetal, que según él, era necesario para la fundación del Herbario Nacional, el cual logró crear en 1931 en honor de José Jerónimo Triana.

Vinieron enseguida sus gestiones para fundar la Escuela Botánica para formación de investigadores botánicos y para estructurar un equipo que se encargaría de salvaguardar los recursos naturales del país, aprovechando el entusiasmo del entonces presidente López Pumarejo con la ciudad universitaria y así la creó en 1936. Paralelamente trabajó con los doctores Jorge Álvarez Lleras, Belisario Wilches, Luis M. Murillo y el mismo César Uribe, para darle vida a la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; revivir la obra de nuestro sabio Caldas; de los geógrafos de la Corográfica; la de Clemente Garavito; la de tantos ingenieros, geógrafos, matemáticos y naturalistas que nos dieron brillo; pero ante todo, para publicar la obra magna de la flora de Mutis y para la creación de un Jardín Botánico y un Zoológico.

Simultáneamente viajaba y elaboraba sus miles de fichas; hacía sus preciosos dibujos y tomaba fotografías sobre los recursos naturales de Colombia y su vegetación, a la vez que sostenía su columna semanal en "El Tiempo", "machacando" como afirmaba él, sobre el proceso de desertización a que se encaminaba el país con la tala y el incendio inmisericorde de los bosques; cualquier día afirmó, que le había tocado en su país el papel de ser el campanero tocando a somaten para "anunciar la erosión".

Redactó entonces su libro "Plantas Útiles de Colombia" y planeó su obra cumbre "Recursos Naturales de Colombia", que constituye una visión totalizadora del país: límites, aguas, suelos, bosques madereros, bosques protectores, maravillas naturales, el hombre colombiano. Estudió también apasionadamente los territorios nacionales: El Chocó, La Guajira, El Orinoco, El Amazonas, que consideró como el gran desafío para los científicos del mañana. Pero le quedaba por engastar una piedra a esta corona de méritos: El Jardín Botánico de Bogotá, planeado durante muchos años para que fuera la lección viva de la flora del país especializada en los Andes; rescate y conservación de las especies en peligro de extinción; centro de investigación botánica y difusión del conocimiento; reducto maravilloso para refugio y recuperación de la fauna ornitológica de la sabana y también goce y disfrute de sus conciudadanos; con el Jardín redondeaba su obra.

¿Cuál es la importancia del doctor E. Pérez-Arbeláez en las ciencias naturales en este siglo? Que con su pensamiento claro logró articular obras perdurables para el conocimiento de la naturaleza, con el fin de que como una unidad sirviera de base para el desarrollo económico del país y para la realización de sus compatriotas como entes sociales; porque como él mismo escribió: "el amor a Colombia ha sido para mí un demon en el sentido sano usado por Goethe, de un impulso interior irresistible para servir mi país".

TERESA ARANGO BUENO
Directora Jardín Botánico de Bogotá
"José Celestino Mutis"

Efecto del fuego sobre la temperatura del suelo y la vegetación en un pastizal de los Llanos Orientales (Meta, Colombia)

María Luisa Vidal L.¹
J. Orlando Rangel Ch.¹

Resumen

En parcelas experimentales, en la terraza media del piedemonte llanero, se estudiaron la composición, estructura y variaciones de la comunidad vegetal cuando es sometida a quema. Las observaciones se realizaron durante 1984 y 1985, períodos en los cuales se cubrieron dos estaciones secas y dos lluviosas. La quema se realizó bajo condiciones controladas, con registros de las temperaturas del suelo a 2, 4 y 6 cm de profundidad durante 60 minutos. Las temperaturas máximas de quema, registradas tanto en el verano como en el invierno, duran sólo unos pocos minutos, tras lo cual empieza el retorno a la normalidad. Según lo observado se calcula que el ciclo completo de calentamiento y enfriamiento del suelo dura aproximadamente entre 1 1/2 a 2 horas. En el pajonal dominan las gramíneas, en macollas, acompañadas por elementos fruticosos de los géneros *Mimosa*, *Clidemia*, *Lippia* y *Guazuma*. Como consecuencia de las quemas, se detectó una selección temporal de las especies según la capacidad de regeneración. En ciertos casos aumenta la cobertura de algunas especies y en otros disminuye, pero en general el pastizal tiende a recuperar su cobertura después del fuego.

ABSTRACT

The effect of fire on both soil temperature and plant community (structure and floristic composition) was studied in experimental plots ubicated in "savanna formation" (grassland) near Villavicencio (Meta-Colombia). Soil

1. Instituto de Ciencias Naturales —MHN— Apartado Aéreo 7495. Bogotá, Colombia.

temperature at 2, 4, 6 cm depth were measured during one hour while "grasses" were burned. In the three depths, maximal temperatures registered occur only for a few minutes in both wet and dry periods. After fire, sometimes plant cover (%) increase and also it decrease, but in general terms the grasses trend to return to their initial stage of cover. Rainfall also is an important factor in the response of vegetation after fire.

INTRODUCCION

Uno de los factores ambientales que desencadena procesos de sucesión en numerosos ecosistemas terrestres es el fuego, factor ecológico limitante y regulador de singular importancia en determinadas áreas del globo, en donde los incendios, suaves y periódicos, ejercen una presión de selección que favorece la supervivencia y crecimiento de unas especies a expensas de las otras (Odum, 1973).

En nuestro medio el campesino está acostumbrado a las quemas periódicas, como práctica de mantenimiento de las zonas en explotación o como proceso iniciador de la utilización primaria de medios prístinos.

En vegetación de tipo sabana, especialmente en pastizales, las plantas al ser sometidas constantemente al fuego presentan estrategias de supervivencia como: pérdida de las partes aéreas en la época seca para protegerse de los incendios bastante comunes en este período, predominio de "macollas" en las formas de crecimiento o hacinamiento de los tallos en la parte basal para impedir que el fuego afecte la zona de gemación, rizomas subterráneos en donde no llegan directamente las llamas y semillas que requieren temperaturas altas para iniciar su germinación (Tamayo, 1962).

Una extensión considerable de las sabanas de los Llanos Orientales de Colombia que se explotan económicamente, son sometidas permanentemente al fuego; aunque se conocen parcialmente los efectos sobre las condiciones físico-químicas del suelo (Correa, 1984), poco se sabe sobre la microbiota edáfica y sobre las partes subterráneas de los vegetales.

Es de suponer que los pastizales que perduran, no obstante las quemas, y que por tanto logran extender el área de distribución de la sabana, deban su establecimiento al efecto rápido del fuego durante una quema y a los hábitos y formas de crecimiento de las especies del pajonal, que mantienen protegidas del calor a sus estructuras básicas de perpetuación.

Con la finalidad de contribuir al esclarecimiento del problema planteado, se diseñó un módulo experimental de quemas, bajo condiciones controladas, cuyo seguimiento detallado suministrara datos confiables sobre la manera como el fuego altera la composición florística de la comunidad vegetal, las

fases en el proceso dinámico de la sucesión vegetal y, esencialmente, el comportamiento del factor temperatura en el suelo.

Generalidades de la zona de estudio

El trabajo experimental se realizó en el Centro Regional de Investigaciones "La Libertad" del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en el departamento del Meta, municipio de Villavicencio (Fig. 1) durante 1984 y 1985. El terreno seleccionado corresponde al subpaisaje de terraza aluvial media, del piedemonte llanero, a 323 m de altitud.

FIGURA 1
Localización del área de estudio



El promedio multianual (1968-1985), elaborado con base en los reportes meteorológicos de la estación situada en las inmediaciones del sitio de muestreo, indica un comportamiento de la precipitación de tipo bimodal tetraestacional, con un período húmedo que puede subdividirse en dos subperíodos: el primero de cuatro meses de duración y el segundo de tres (Fig. 2A); el período seco también tiene dos subperíodos. El 86% del total anual de la precipitación se concentra en los subperíodos húmedos, el 14% restante corresponde a los secos. El valor máximo se presenta en mayo y el mínimo en enero. En la Fig. 2B se detalla la variación interanual: no se evidencian ciclos definidos de años secos o húmedos, pero en general, en el lapso analizado predominan los años secos. El diagrama hídrico de Thornwaite (Fig. 2C) muestra que en diciembre, enero, febrero y primeras semanas de marzo, hay déficit de agua en el suelo. Desde la segunda mitad de marzo hasta octubre hay exceso de agua en el suelo. La temperatura media mensual es 25.7°C, la humedad relativa 77%, la evaporación 133.5 mm. Aspectos del meso y ecoclima y características físico-químicas del suelo antes y después de las quemas, se reseñan en Vidal (1986).

FIGURA 2A

Comportamiento de algunos parámetros climáticos en el área de estudio.
 Estación "La Libertad" 323 m. A: Marcha mensual de la precipitación
 (promedio multianual 1968 - 1985)

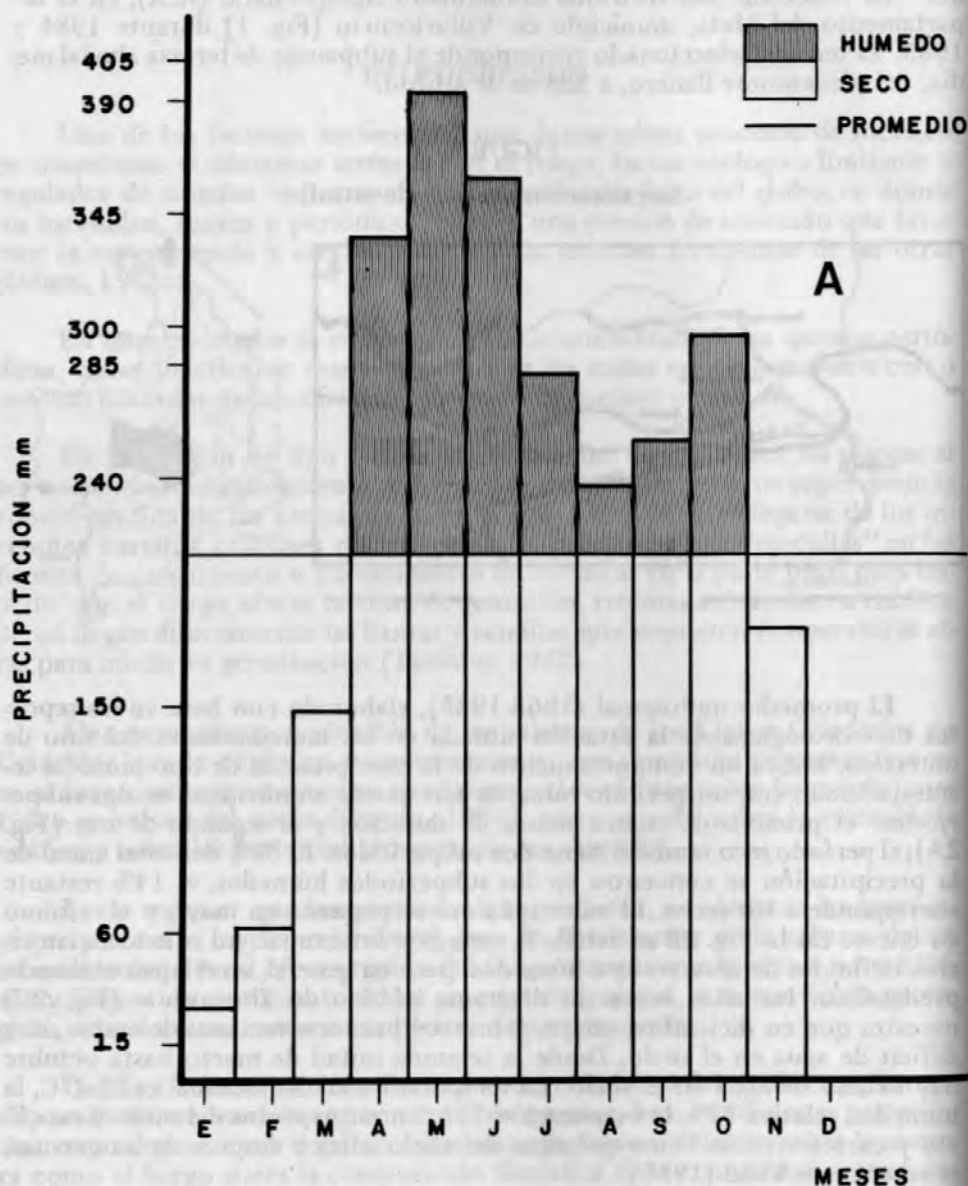
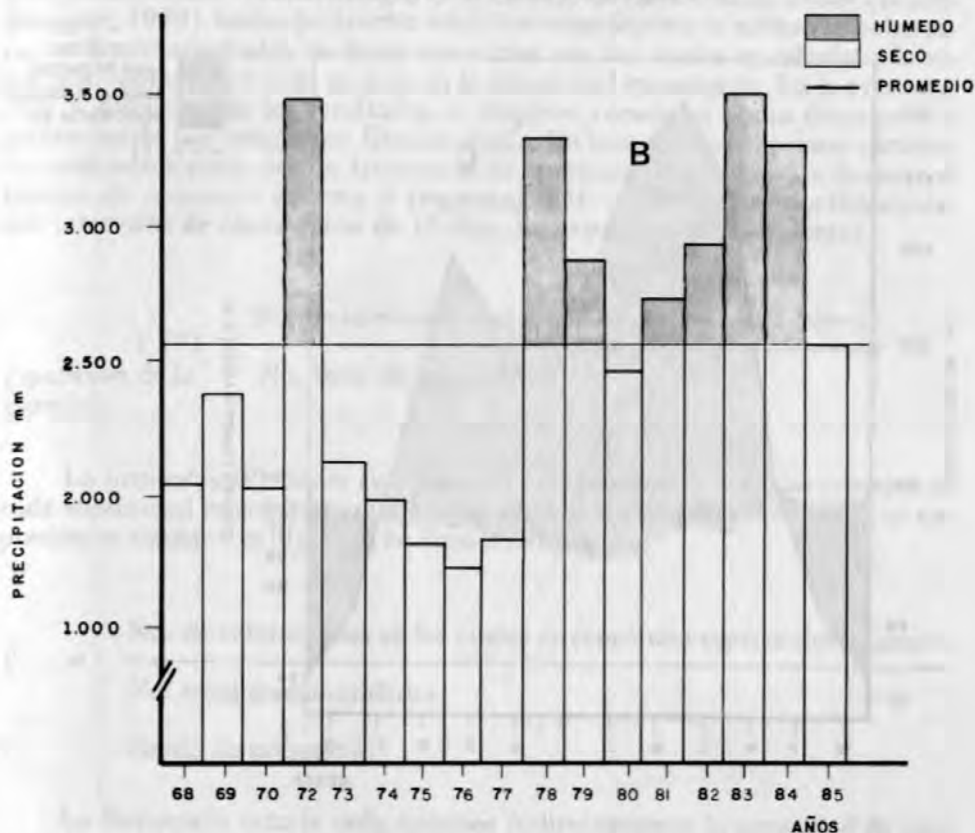


FIGURA 2B
Variación interanual de la precipitación

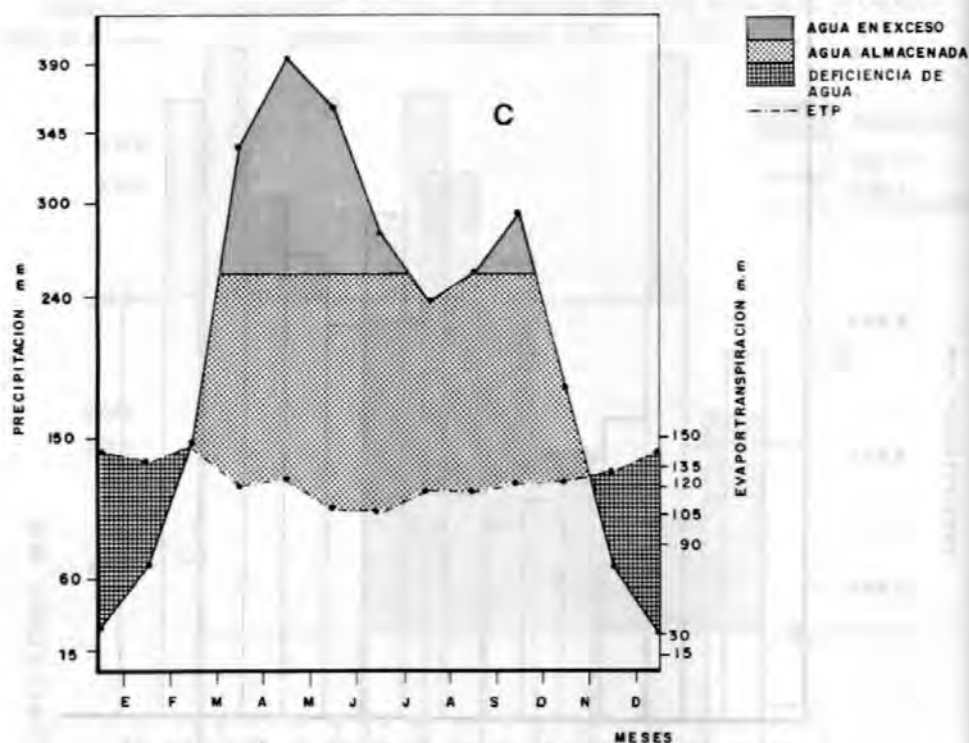


Sobre la vegetación de las sabanas de los Llanos Orientales colombianos existen referencias en Dugand (1945), Beard (1953), Cuatrecasas (1958) y FAO (1964).

Metodología

Se eligió un área de experimentación de 1.000 m² (40 por 25 m), en la "formación" de sabana o pastizal nativo, que se cercó para evitar el pastoreo. Sobre el terreno se delineó el experimento, cuyo diseño fue de parcelas de 100 m² (12.5 por 8 m), de las cuales se seleccionaron al azar cinco (5), que se sometieron a quemas durante 1984 y en 1985 a requema. El evento se realizó de manera gradual, tanto en la época seca como en la húmeda de cada año. Las restantes 5 parcelas se conservaron intactas y sirvieron como referencia hasta el final de la experimentación. Se les protegió del fuego mediante un cortafuego de 1 1/2 m de ancho.

FIGURA 2C
Diagrama hídrico de Thornwaite



Las temperaturas del suelo a las profundidades de 2,4 y 6 cm, se registraron cada minuto, durante una hora, en las parcelas sometidas al fuego (quema y requema) y en las parcelas de control. Se utilizaron geotermómetros marca DIN referencia 5865 con precisión de 0.1°C . Para la toma de datos y con el fin de evitar que los geotermómetros tuvieran contacto con las llamas se cavaron calicatas de 40 cm de largo, 27 cm de ancho y 30 de profundidad. Cada parcela a quemar, tuvo 6 puntos de muestreo: 5 en los bordes y 1 en el centro. Estos valores se promediaron para establecer las correlaciones con el tiempo de quema.

Debido a la gran variabilidad registrada en los datos de la temperatura del suelo por acción del fuego, en el análisis se agruparon los datos de la quema y de la requema, en consecuencia, se distinguen solamente un período de verano y uno de invierno. Los valores detallados para cada una de las temperaturas en cada uno de los tratamientos durante la época de experimentación se consignan en Vidal (1986).

Se practicaron inventarios de la vegetación en el área de experimentación al inicio y durante toda la fase de experimentación, para lo cual se siguió parcialmente la metodología de la escuela de Zurich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1979). Como parámetro analítico cuantitativo se estimó la cobertura, mediante cuadrados de áreas conocidas con los cuales se calculaba la superficie cubierta por cada especie en la subunidad investigada. En la presentación y discusión de los resultados se emplean caracteres como frecuencia y presencia, de uso amplio en fitosociología. En este trabajo el primer parámetro está relacionado con la frecuencia de aparición de una especie durante el tiempo de muestreo (quema y requema), 210 y 310 días respectivamente, con intervalos de observación de 15 días. Su expresión es la siguiente:

$$F (\%) = \frac{\text{No. de intervalos en los cuales se censó una especie}}{\text{No. total de intervalos}} \quad \begin{array}{l} \text{(aparición de la} \\ \text{especie)} \end{array}$$

La presencia (P) busca establecer el comportamiento de las especies en cada subunidad relacionada con la respuesta al tratamiento empleado, su expresión es similar a la utilizada en fitosociología:

$$P = \frac{\text{No. de subunidades en las cuales se censó una especie determinada}}{\text{No. total de subunidades}}$$

$$P = \text{Grado de presencia}$$

La frecuencia estaría indicándonos indirectamente la capacidad de propagación o dispersión de una especie en el tiempo y en el espacio, es decir, la dinámica de recuperación de las plantas. El grado de presencia informa las veces que se censó la especie en las subunidades.

En todos los casos se han promediado los valores de las subunidades. Las observaciones y mediciones se aplicaron a los dos grupos de parcelas quemadas y sin quemar o controles; los registros de 1984 se continuaron hasta septiembre, mes en el cual ya se tenían bastantes datos y observaciones sobre el proceso de regeneración. En 1985, las condiciones de sequía no permitieron buena recuperación de los vegetales por lo cual se espaciaron los muestreos que se extendieron hasta diciembre. En los análisis de vegetación se distinguen procesos relacionados con la quema (1984), la requema (1985) y naturales o de control.

Los especímenes botánicos de referencia se determinaron en el Herbario Nacional Colombiano (COL.) en donde se depositaron.

RESULTADOS Y DISCUSION

Temperatura del suelo en parcelas quemadas

En la Fig. 3 y en la Tabla 1 se representan los valores de la temperatura del suelo a 2,4 y 6 cm de profundidad en las dos épocas (verano e invierno) en las cuales se aplicó el fuego. Las curvas tienen como punto de partida el valor de la temperatura en el instante de iniciar el fuego (tiempo cero); el segundo valor corresponde a la temperatura del suelo 5 minutos después debido a que los gases y llamas derivados de la combustión impiden la observación continua.

Las diferencias entre los valores de las temperaturas máximas en las épocas de verano e invierno fueron de 4.19°C, 1.5°C y 0.83°C a 2,4 y 6 cm de

FIGURA 3A

Temperatura del suelo en áreas sometidas a quema A: 2 cm. de profundidad

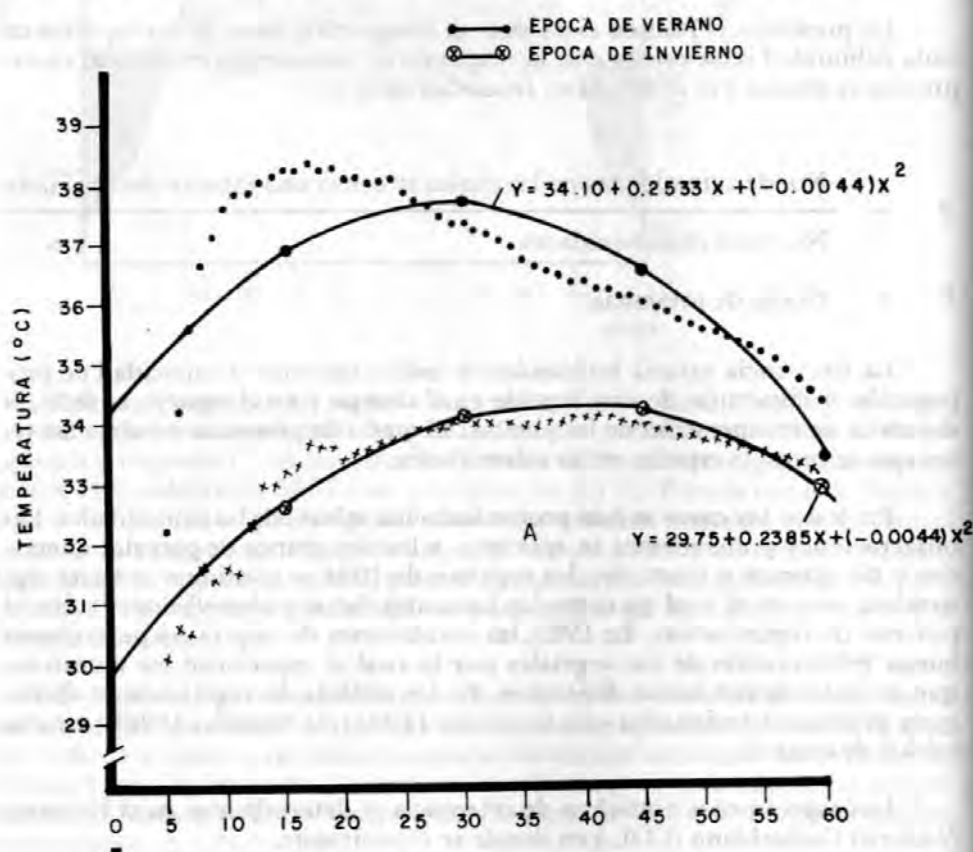
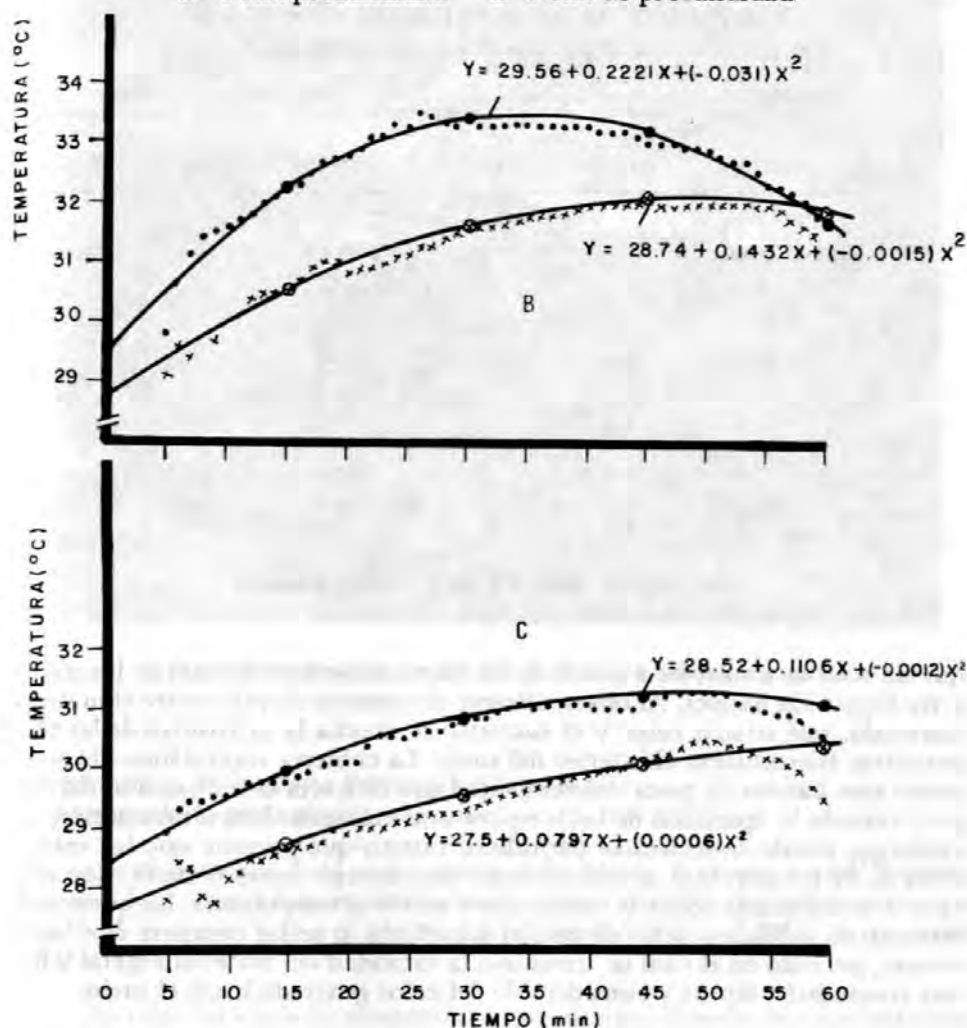


FIGURA 3B y C

B: 4 cm. profundidad C: 6 cm. de profundidad



profundidad respectivamente. El valor mínimo alcanzado a 6 cm de profundidad indica de manera clara que en este nivel los efectos del fuego casi desaparecen. Según los resultados y de manera comparativa, el fuego en el verano produce mayores incrementos en la temperatura del suelo que en el invierno; las gramíneas, materia básica para la quema están secas y constituyen un buen combustible que facilita el desarrollo de temperaturas mayores. En el invierno, el material vegetal con contenido alto de agua condiciona la temperatura registrada (Kellman, 1984); así mismo, la mayor disponibilidad de agua en la superficie del suelo impide la propagación del fuego de manera que la

TABLA 1

Temperatura del suelo en parcelas sometidas al fuego y en parcelas controles naturales (Naturales)

TRATAMIENTO	PROFUNDIDAD 2 cm		PROFUNDIDAD 4 cm		PROFUNDIDAD 6 cm	
	VERANO	INVIERNO	VERANO	INVIERNO	VERANO	INVIERNO
TEMPERATURA INICIAL (°C)						
Fuego	29.46	30.12	29.09	29.02	28.49	27.86
Natural	29.86	29.05	29.00	27.95	28.23	27.45
TEMPERATURA MAXIMA (°C)						
Fuego	38.34 (17)	34.15 (41)	33.52 (26)	32.07 (40)	31.08 (47)	30.25 (50)
Natural	30.00	29.85	29.06	28.75	28.23	28.00
TEMPERATURA FINAL (°C)						
Fuego	34.36	33.06	31.67	31.39	30.27	29.20
Natural	29.36	29.85	28.26	28.75	27.43	28.00

Los números entre () corresponden al tiempo

quema sólo se transmite a través de las partes superiores (secas) de los pastos y no llega a los basales. Al obstaculizarse el contacto directo entre el material quemado, que irradia calor y el sustrato, se atenúa la intensidad de las temperaturas transmitidas al interior del suelo. La cubierta vegetal húmeda actúa como una barrera de poca conductividad que dificulta la transmisión del fuego y retarda la aparición de las temperaturas máximas. Esta última acción, sin embargo, puede considerarse perjudicial puesto que permite que los valores altos de la temperatura actúen durante más tiempo sobre el suelo. Con relación a la influencia sobre la vegetación y sobre la temperatura, las quemaduras de invierno se califican como de acción superficial si se las compara con las de verano, período en el cual se consume la totalidad del material vegetal y hay una transmisión rápida y considerable del calor generado hacia el suelo.

Los valores promedios máximos de las temperaturas del suelo, durante las quemaduras, son similares a los reportados por Coutinho (en Canales, 1982) para una comunidad "de cerrado" en el Brasil; las diferencias mínimas se pueden atribuir a factores como tipo de material del suelo (Malagón, 1976), variaciones en el contenido de humedad (Foldats y Rutkis, 1965) y condiciones ecológicas diferentes (Tothill y Shaw, 1968) dadas por el tipo de vegetación. Respecto a la velocidad del fuego durante las quemaduras de verano se podría asumir que si una parcela de 100 m² se quema en cinco minutos, en promedio 0.33 m² se consumirán en un segundo o sea que estos fuegos son rápidos.



Area recientemente quemada. Nótese la escasa cobertura vegetal.

Temperatura del suelo en las parcelas de control (no quemadas o naturales)

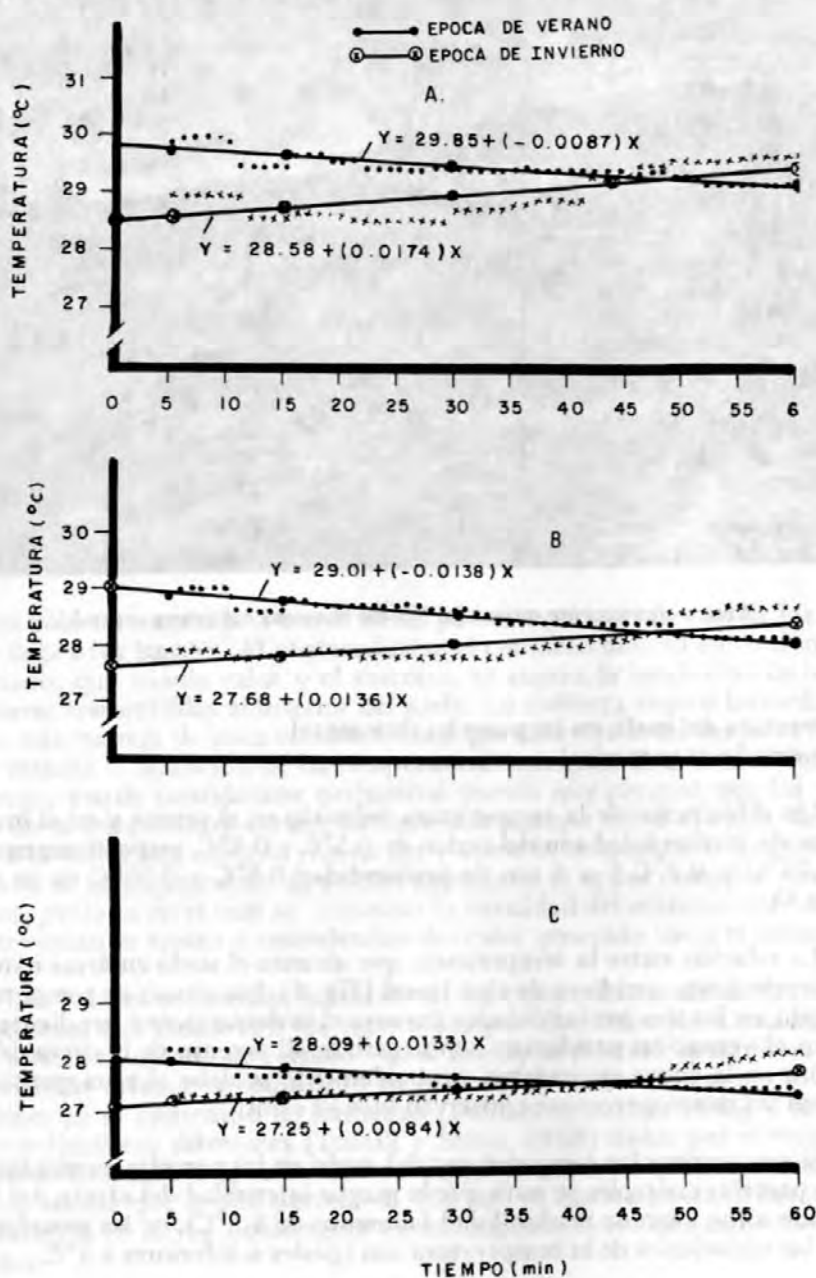
Las diferencias de la temperatura del suelo en el verano y en el invierno a 2 cm de profundidad son del orden de 0.5°C y 0.8°C , respectivamente; a 4 cm 0.74°C y 0.8°C y a 6 cm de profundidad 0.8°C y 0.55°C en su orden (Tabla 1).

La relación entre la temperatura que alcanza el suelo en áreas naturales y el tiempo transcurrido es de tipo lineal (Fig. 4). Las curvas de temperaturas del suelo en las tres profundidades durante el invierno tienen pendiente positiva; en el verano las pendientes son negativas. El ascenso de la curva de temperatura en la época de invierno probablemente se debe al agua que tiene el suelo en sus macroporos que conservan bien el calor.

Si se compara las temperaturas del suelo en las parcelas quemadas y las de las parcelas controles se nota que la mayor intensidad del efecto del fuego se recibe a los 2 cm de profundidad (aumento de 8.5°C), en las parcelas controles las variaciones de la temperatura son iguales o inferiores a 1°C .

FIGURA 4

Temperatura del suelo en áreas naturales (controles) A: 2 cms. de profundidad. B: 4 cms. de profundidad. C: 6 cms. de profundidad



Una vez que el fuego ha dejado de actuar, debe transcurrir 1 1/2 a 2 horas para que la temperatura del suelo en estos sitios retorne a valores similares a los exhibidos por las parcelas sin quemar o controles (Vidal, 1986). En última instancia este momento dependerá de factores ambientales como la humedad del suelo, la radiación solar incidente y los vientos del sector.

En el presente experimento, la temperatura máxima registrada fue 38.34°C en la época de verano. Como las temperaturas registradas en las diferentes profundidades están dentro de los límites de tolerancia de las plantas, es obvio suponer que los meristemos apicales y laterales enterrados no deben sufrir daños letales durante las quemas. Cerca de los 45°C comienzan las modificaciones perjudiciales para la vida de las plantas, sucumbiendo la mayor parte entre los 45°C y 55°C (Weaver y Clements, 1950). El parámetro varía según la época y es posible que las quemas de invierno causen daños mayores en las plantas que las de verano; en el invierno las temperaturas máximas, a pesar de ser menos elevadas, actúan durante más tiempo, acción que no se presenta en el verano cuando las temperaturas máximas son instantáneas. Este efecto debe causar daños en los tejidos de renovación de las plantas y tal vez sea la respuesta a observaciones empíricas hechas por los campesinos y técnicos, en el sentido de que en estas quemas los pastos se "sancochan" y mueren. Además, una planta es menos resistente cuando está en actividad con sus tejidos llenos de agua, y alcanza su máxima resistencia en los estados secos (Weaver y Clements, 1950).

Con el objeto de conocer los valores de las temperaturas de quema en la superficie, se utilizaron sustancias químicas con punto de fusión entre 44°C y 196°C, envasadas en capilares pyrex (adaptación del experimento de Tothill y Shaw, 1968). Luego de la quema todas las sustancias estaban fundidas, es decir, la temperatura sobrepasó los 196°C. Los resultados corroboran las apreciaciones de Vareschi (1961), en Venezuela, con registros de 90°C sobre la superficie y cerca de 200°C en el centro de las macollas, y los de Uhl y Saldarriaga (1986) en la selva amazónica de Venezuela. El comportamiento referido es de suma importancia para que los brotes jóvenes sobrevivan a la quema debido a que las temperaturas peligrosas por encima de 90°C los atacan durante pocos segundos.

En los días siguientes al fuego, la temperatura del suelo aumentó en los sitios quemados. La temperatura de la ceniza al día siguiente a la quema (II-1985) a las 12:15 a.m. fue de 62°C, en el suelo desnudo se registró 36°C y en el suelo con cubierta vegetal 29°C. El fuego produce sobre la vegetación un efecto semejante al de las primeras lluvias, en cuanto a inducir la iniciación de un nuevo ciclo anual de crecimiento.

Efecto de la quema sobre el cubrimiento de la vegetación

En el área de experimentación se establece un patzital que estructuralmente presenta dos estratos: los elementos principales son las gramíneas y

algunos individuos semileñosos como *Lippia alba*, *Clidemia rubra*, *Mimosa pudica* y *Guazuma ulmifolia* (Tabla 2). El primer estrato se encuentra entre 0 y 60 cm de altura y el segundo entre 60 y 150 cm.

Las variaciones en la cobertura de la vegetación (%) en las parcelas sometidas al fuego y en las naturales o controles se consignan en la Tabla 3 y en las figuras 5 y 6. Los valores iniciales de cobertura son altos, luego se presentan descensos bruscos que corresponden a la fase inmediata a la acción del fuego; a continuación viene un período de corta duración, con valores bajos

TABLA 2
Vegetación en el área de estudio

Parcelas										
Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Adiantum</i> sp.	x				x					
<i>Andropogon bicornis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Andropogon leucostachyus</i>	x		x	x		x				
<i>Caladium macrotites</i>			x				x	x		x
<i>Centrosema</i> sp.				x	x		x			x
<i>Clidemia rubra</i>	x	x	x				x	x		x
<i>Guazuma ulmifolia</i>		x					x	x	x	x
<i>Homolepis aturensis</i>		x	x	x	x		x			
<i>Hyparrhenia rufa</i>			x			x	x		x	
<i>Mimosa pudica</i>	x	x	x			x	x	x	x	x
<i>Melinis minutiflora</i>		x					x	x	x	
<i>Panicum versicolor</i>	x			x	x	x		x		
<i>Paspalum geminiflorum</i>	x	x	x	x	x		x	x	x	
<i>Paspalum notatum</i>					x					x
<i>Panicum polygonatum</i>	x					x			x	x
<i>Panicum rudgei</i>			x	x				x	x	
<i>Paspalum distichum</i>			x	x		x		x	x	
<i>Paspalum paniculatum</i>		x					x	x		x
<i>Paspalum guaricense</i>	x					x			x	x
<i>Cyperus rotundus</i>	x		x							
<i>Lippia alba</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

X: Presente

TABLA 3
Variación de la cobertura (%)

		MUESTREOS																			
		DÍAS																			
Parcela	Comportamiento en	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	240	270	300	315	330
1	Quema	84	8*	10,5	13	19,5	35	44,3	56,5	65,4	67,5	71,5	75,5	77	78,5	80,5					
	Requema	57	3**	5,5	6	9,5	12	13,5	15,5	20	23,5	28,5		43,6		53,6	63,3	71,3	72,2	73,2	72,1
2	Quema	95,6	95,6	1,2*	4,2	7,7	19,7	34,9	53,4	60,3	67,8	67,8	68,6	71	71,5	71,5					
	Requema	67	67	1,5**	2,5	4,5	6,5	9,5	11,8	14,8	17,0	17,5		40,9		52,1	57,9	65,5	67,2	68,0	68,3
3	Quema	93,5	94,2	98,5	2,3*	7,5	14,5	21	31,8	41,5	51,1	63,5	70,3	72,3	74,3	75,3					
	Requema	64,5	65,5	64,5	2,5**	4	9	12,8	17	20	26,5	27,5		43,1		50,1	55,5	63,3	62,4	61	60,3
4	Quema	95	96,7	98,2	99	5*	9,3	17,3	26,3	37,5	47,6	57	64,5	65,5	67	67					
	Requema	54,5	53,5	52	50	48,5	49,5	50	50	51	53	53,5		62		68,5	76,5	85,6	85,8	30,5**	36,5
5	Quema	84	84,1	86,6	89	89,5	1,6*	2,4	13	17,5	24	27,8	31,5	36	37	37					
	Requema	24,5	24	22,5	21,9	18,9	17,5	18	19,8	21,5	22	22		26,7		32,5	38	46,7	47,2	47	29,4*
6	Natural-1984	85	82	85	91,5	95,5	99,3	99,3	99,3	99,3	97,8	97,5	97,5	97,8	98	98					
	Natural-1985	97	97	95	94,3	93,8	92,5	90	88,5	84,1	80,3	80,5		82,3		83,0	83,6	86,1	86,2	87	87,2
7	Natural-1984	74	76	78,9	84,9	91,7	97,1	98,4	98,6	99,1	99,1	99,1	99,3	99,3	99,3	99,3					
	Natural-1985	95	95	94	93,7	92,7	92,7	90,1	88,7	88,5	86,5	86,5		89,6		90,7	91,8	94,4	95,1	95,6	95,8
8	Natural-1984	79,2	80,3	81,6	83,4	84,3	84,8	87,6	89,8	91,1	91,7	92,1	92,7	93,1	94,6	95,1					
	Natural-1985	86,0	86,0	85,0	84,7	84,9	86	87,5	91	93,5	95	95		96,1		96,1	97,2	98,8	99,5	99,6	99,5
9	Natural-1984	83	83,5	85	86,5	87,5	89,6	90,1	92,1	94	95,5	96	96	96,5	96,5	96,5					
	Natural-1985	88	89,5	89,5	90	98,8	90,8	90,4	92	88,5	88,5	89		90,6		91,6	93,4	96,4	96,9	98	98
10	Natural-1984	90,5	90,5	90,5	91,4	92,8	93	95	96	97	97,5	97	96,6	97,1	97,1	97,1					
	Natural-1985	80	80	77,5	77	76	75,8	75,0	75	75,5	78,5	79		79,8		81,4	83,3	87,1	87,4	88,3	88,3

* Vegetación en recuperación después de la quema.

** Vegetación en recuperación después de la requema.

FIGURA 5A
Cobertura de la vegetación (%) en áreas sometidas al fuego
A: Quêma de 1984

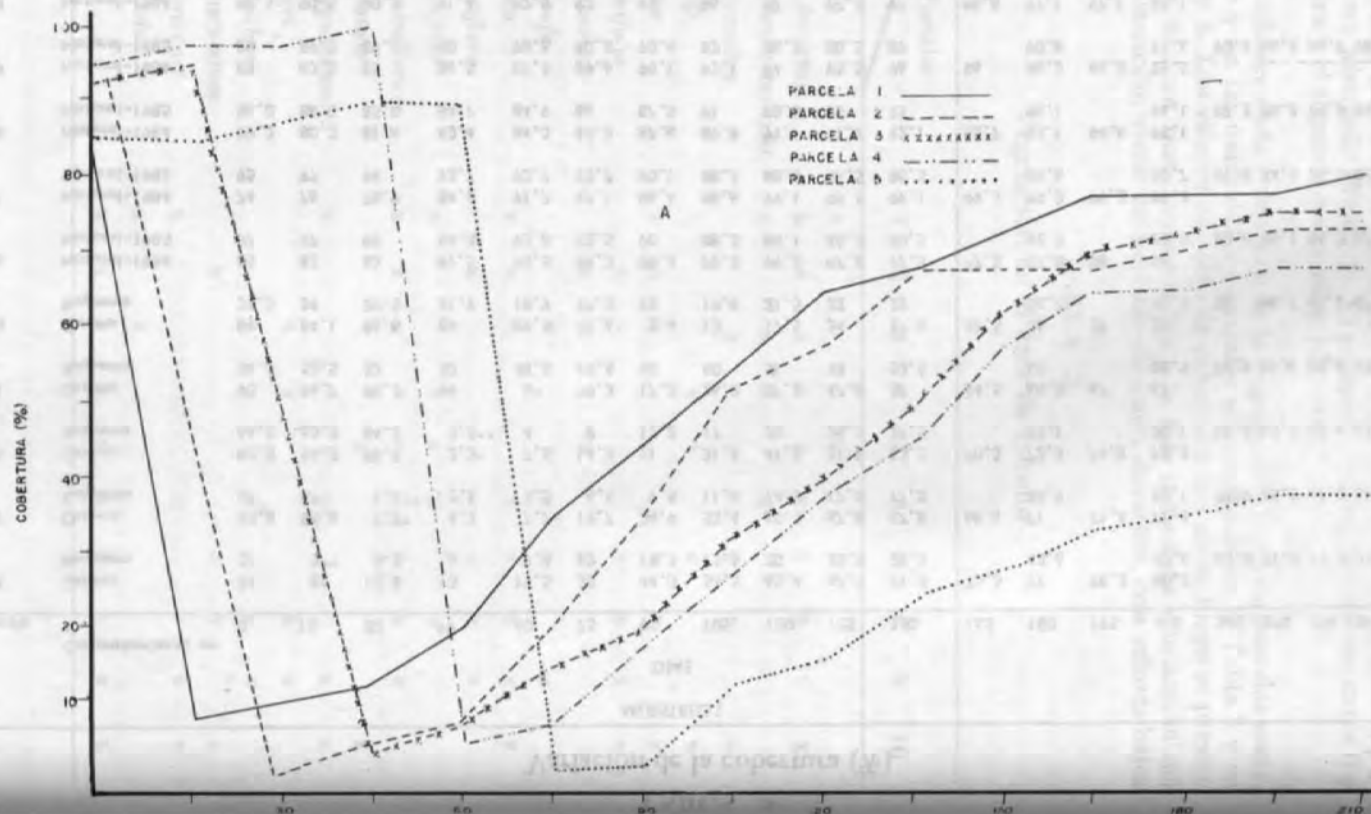


FIGURA 5B
B: Requema en 1985

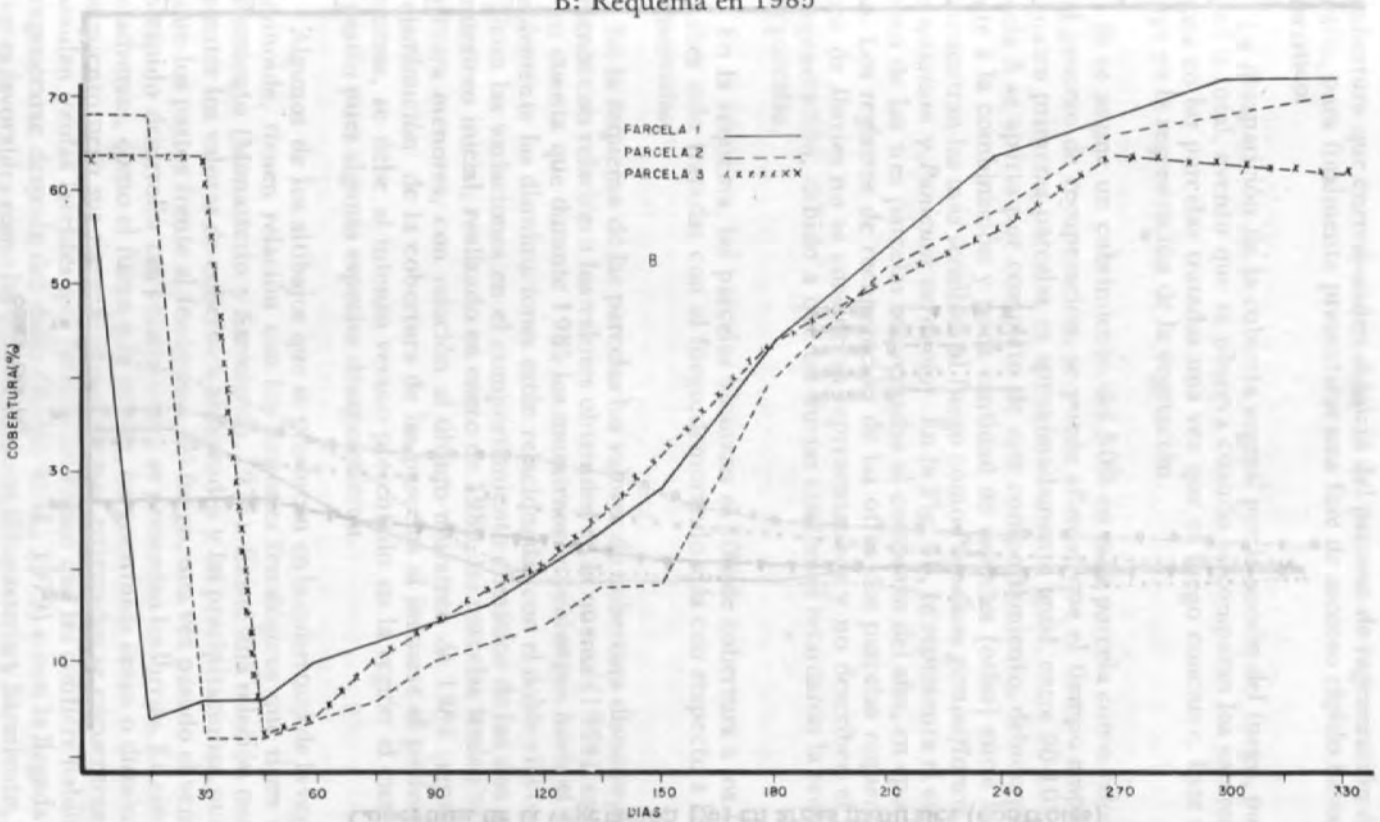
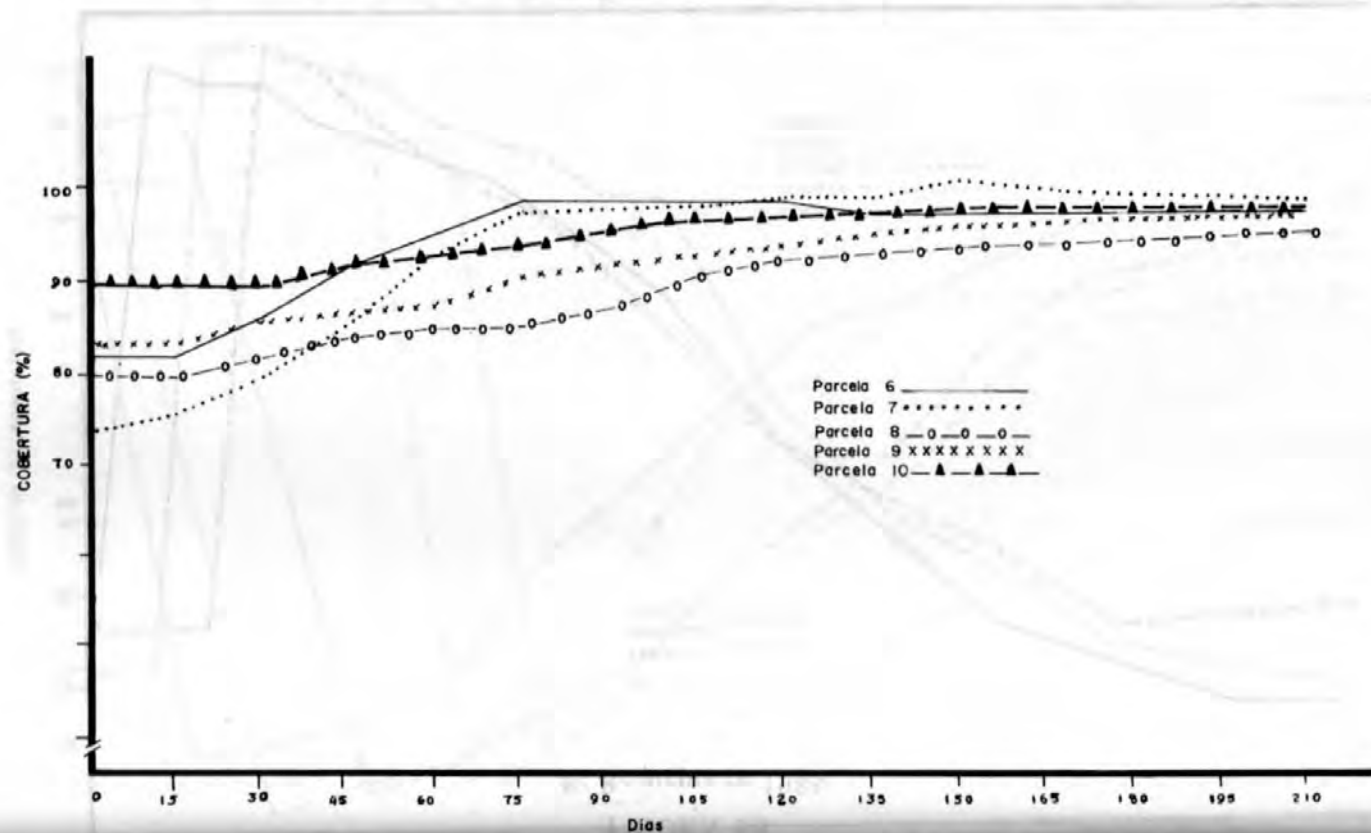


FIGURA 6
Cobertura de la vegetación (%) en áreas naturales (controles)



de cobertura que corresponden al inicio del proceso de regeneración de la vegetación, para finalmente presentarse una fase de ascenso rápido bastante característico.

La desaparición de la cubierta vegetal por la acción del fuego, puede ser parcial o total, evento que se observa cuando se comparan los valores de cobertura en las parcelas tratadas una vez que el fuego concluye. Este aspecto influye en la regeneración de la vegetación.

Si se asume un cubrimiento del 50% en cada parcela como valor medio en el proceso de recuperación, se puede afirmar que el tiempo empleado en las cuatro primeras parcelas es aproximadamente igual, entre 90-105 días; la parcela 5 se aparta por completo de este comportamiento, debido probablemente a la combinación y poca cantidad de especies (ocho) entre las cuales se encuentran las más sensibles al fuego como *Paspalum geminiflorum*, *Paspalum notatum* y *Panicum versicolor*. En la Fig. 5B, se representa el comportamiento de las tres parcelas requemadas al comienzo del año, en época de verano. Los registros de recuperación de las otras dos parcelas requemadas en época de lluvias no se consideran representativos y no describen el proceso de regeneración, debido a que las lluvias continuas retardaron la requema de estas parcelas.

En la requema, las parcelas alcanzan el 50% de cobertura a los 195 días de haber sido tratadas con el fuego, demorando más con respecto a las parcelas quemadas.

En la requema de las parcelas los valores de cobertura disminuyen notablemente con relación a los valores obtenidos en la quema (1984); se debe tener en cuenta que durante 1985 los muestreos se prolongan hasta el día 310; posiblemente las disminuciones están relacionadas con el doble efecto del fuego y con las variaciones en el comportamiento climático de los dos años. En el muestreo inicial, realizado en enero de 1985, las parcelas tenían valores de cobertura menores, con relación al último muestreo de 1984 (septiembre). La disminución de la cobertura de las parcelas al iniciarse el período de las requemas, se debe al intenso verano presentado en la región el cual afectó, los pastos pues algunas especies desaparecieron.

Algunos de los altibajos que se producen en la cobertura de la vegetación graminoides, tienen relación con los patrones fenológicos que rigen su comportamiento (Monasterio y Sarmiento, 1976). Existe una relación muy estrecha entre los valores de cobertura alcanzados y las precipitaciones, pues se notó que los pastos frente al fenómeno del fuego, una vez pasado el verano, tienen rápido desarrollo tan pronto como se presentan las lluvias. En circunstancias adversas, como el fuego y la sequía, las gramíneas cesan o disminuyen su crecimiento pero sus rizomas y meristemos enterrados se encuentran vivos y acumulan yemas latentes que forman un banco que les confiere habilidad para regenerarse después del daño (Noble et al., 1979) o con la llegada de condiciones favorables como las épocas lluviosas (Monasterio y Sarmiento, 1976).

Comportamiento de la vegetación en las parcelas de control (no quemadas).

El comportamiento de la vegetación en las parcelas de control sirve para detectar probables cambios por acción de los factores climáticos y compararlo aproximadamente el cubrimiento de las especies.

En la Fig. 6 se observan fluctuaciones de los valores de cobertura en las parcelas no quemadas durante el tiempo de experimentación (1984-1985). En general, se presentan aumentos y descensos leves en la cobertura durante los muestreos hasta una etapa de aparente estabilidad en la cual las variaciones son casi imperceptibles. Estas oscilaciones de los porcentajes de cobertura se deben a la estacionalidad climática y a los ritmos fenológicos de la vegetación.

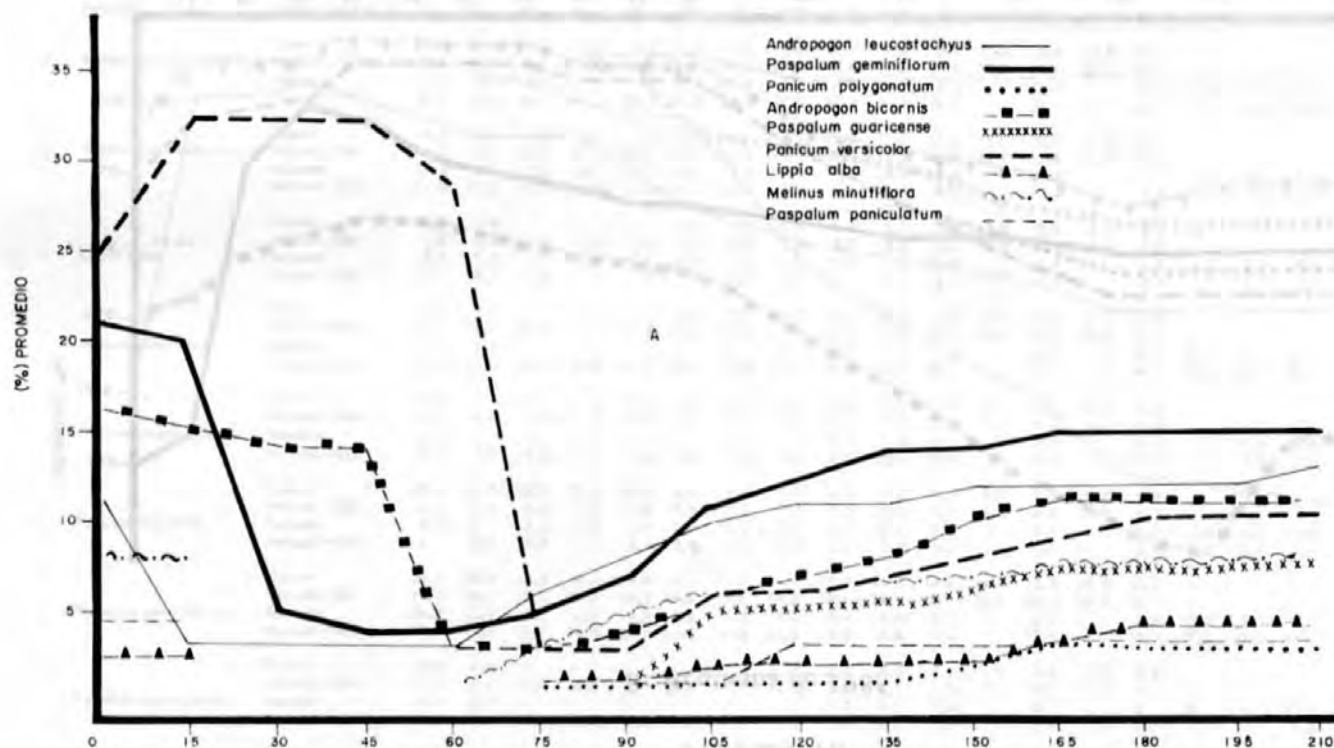
Velocidad de regeneración o tasa de crecimiento de las especies principales (aumento en % de cobertura/área)

El crecimiento promedio (aumento gradual de cobertura) de las especies principales se aprecia en la Fig. 7 (A,B) y en la Tabla 4. Con la quema disminuye el cubrimiento de las especies, después se presenta una fase de ascenso o de recuperación. Se observan las siguientes particularidades:

- La lenta regeneración de *Andropogon leucostachyus* durante la requema se debe a la falta de agua; la especie tolera el fuego tal como lo demuestra el comportamiento exhibido durante la quema (1984), cuando se recuperó, e inclusive aumentó su cobertura respecto a la del primer muestreo después de la acción del fuego.
- El carácter de especie potencialmente invasora que adquiere *Andropogon bicornis*, si se tiene en cuenta que en el tratamiento de quema regenera su cobertura y en la requema en circunstancias adversas de sequía la sobrepasa.
- La dependencia probable del fuego de requema en el ciclo biológico de *Panicum versicolor*, en la quema no recupera su cobertura mientras que sí lo hace en la requema.
- Durante la requema *Melinis minutiflora* muestra una tasa de crecimiento aceptable mientras que en la quema no, debido tal vez a la disponibilidad de espacio al presentarse retraso en la recuperación de las otras especies. La especie no es resistente al fuego (FAO, 1964) pero sí a la sequía, interpretación que estaría de acuerdo con el comportamiento observado.
- El control que ejerce el factor fuego sobre *Paspalum geminiflorum*, especie que disminuye su cobertura después del fuego; Old (1969) obser-

FIGURA 7A

Tasa de crecimiento (cobertura % por unidad de muestreo) de las especies principales en áreas sometidas al fuego. A: Quema de 1984.



B: Requema de 1985

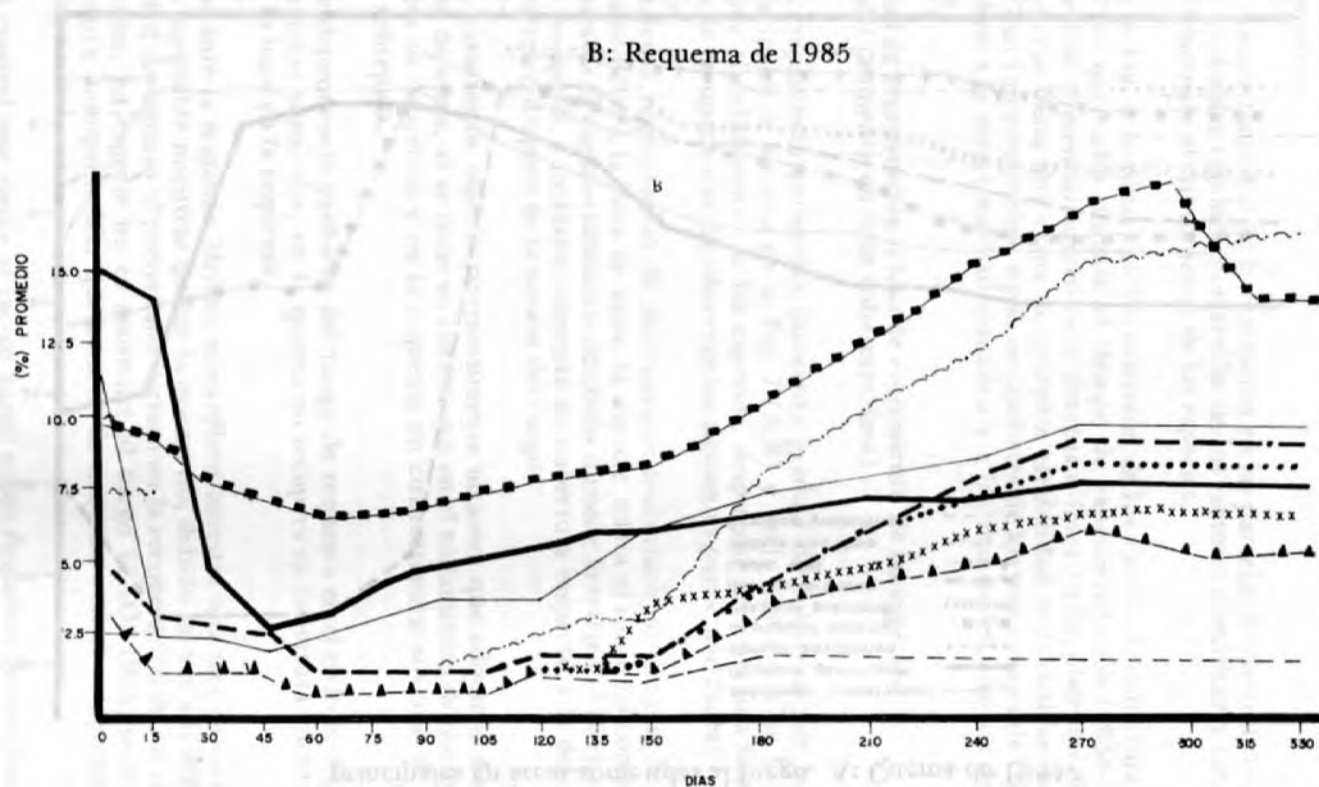


TABLA 4

Rata de crecimiento (%) por unidad de superficie de las especies principales

Especies	Comportamiento en	MUESTREOS DÍAS																			
		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	240	270	300	315	330
Andropogon bicornis	Quema	15,6	14,6	14,4	14,3	2,9	2,9	4,1	5,6	6,7	8,4	9,6	10,6	10,8	10,9	10,9					
	Natural - 1984	25,8	26,1	26,1	26,5	26,7	26,9	27,0	27,0	27,6	27,6	21,6	28,0	28,0	28,1	28,2					
	Requema	9,3	8,0	7,8	7,5	7,3	7,4	7,6	7,7	7,9	8,1	8,3		11,4		13,8	15,5	17,9	18,2	13,7	14,4
	Natural - 1985	51,3	25,3	24,7	24,3	24,3	24,0	24,0	24,0	24,2	24,4	24,6		24,6		24,7	25,1	25,4	25,4	25,4	25,4
Andropogon leucostachyus	Quema	15,3	2,6	3,0	2,6	2,5	6,0	7,7	10,2	11,0	11,2	11,6	11,0	12,3	12,3	12,3					
	Natural-1984	11,0	11,0	11,5	11,5	11,5	12,0	12,0	12,0	12,0	12,5	12,5	12,5	12,8	13,0	13,0					
	Requema	11,3	2,3	2,3	2,1	2,5	3,0	3,5	3,5	3,8	4,5	4,5		6,3		7,1	8,0	9,0	9,2	7,9	8,4
	Natural-1985	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	10,5	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0		9,4		9,4	9,8	9,9	10,1	10,1	10,1
Lippia alba	Quema	3,0	3,0	-	-	-	1,0	1,1	1,6	1,7	2,1	2,3	2,5	2,5	2,5	2,5					
	Natural-1984	1,8	1,8	2,0	2,0	2,3	2,5	2,5	2,0	2,7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5					
	Requema	2,7	1,3	1,1	0,8	0,8	0,9	1,3	1,5	1,6	1,8	1,8		3,2		3,6	4,2	4,9	3,6	3,6	3,6
	Natural-1985	2,1	2,1	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,1	2,1	2,1	2,1		2,2		2,3	2,5	2,7	2,7	3,0	3,0
Melinis minutiflora	Quema	8,0	8,0	-	-	1,0	3,0	5,0	6,0	6,0	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5					
	Natural-1984	17,1	17,1	17,2	17,5	17,5	17,5	18,0	18,3	18,3	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5					
	Requema	7,5	7,5	-	-	-	-	1	2	2,5	3,0	3,0		8,4		10,9	12,3	15,5	16,2	16,5	16,8
	Natural-1985	19,6	19,6	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	20,1	20,3	20,5	20,5		20,7		20,8	20,9	21,0	21,1	21,2	21,2
Panicum polygonatum	Quema	4,0	-	-	-	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5					
	Natural-1984	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,1	5,1	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3					
	Requema	2,0	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,5	2		4,5		6,2	7,5	8,5	8,5	8,5	8,5
	Natural-1985	4,3	4,3	4,3	3,8	3,6	3,6	3,3	3,3	3,0	3,0	3,0		3,2		3,2	3,3	3,5	3,5	3,6	3,6
Panicum versicolor	Quema	24,6	31,7	32,5	32,5	28,5	3,0	2,7	4,8	6,0	6,6	7,6	8,6	9,6	9,8	9,8					
	Natural-1984	6,0	6,0	6,0	6,7	7,0	7,2	7,5	7,5	7,5	7,0	7,0	6,5	6,5	6,5	6,5					
	Requema	4,8	3,1	2,6	2,6	2,1	2,3	2,3	2,3	2,6	2,6	2,8		4,3		6,1	7,5	8,6	8,6	7,5	7,1
	Natural-1985	4	3,5	3,5	3,4	3,4	3,0	3,0	3,0	3,5	3,7	3,7		3,9		3,9	3,9	4,1	4,1	4,2	4,2
Paspalum geminiflorum	Quema	20,9	20,0	5,3	4,0	4,4	5,2	7,2	11,4	12,5	14,5	14,6	14,7	15,3	15,3	15,3					
	Natural-1984	18,3	18,5	18,5	18,7	19,0	19,0	19,1	19,6	19,6	19,6	20,1	20,1	20,3	20,3	20,3					
	Requema	14,7	13,9	4,2	2,7	3,4	4,2	4,7	5,0	5,5	5,8	5,9		6,0		6,9	7,3	7,7	7,7	6,7	6,4
	Natural-1985	17,3	17,3	17,1	17,0	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	17,0	17,0		17,1		17,3	17,4	17,6	17,7	17,8	17,7
Paspalum paniculatum	Quema	4,0	4,0	-	-	-	-	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5					
	Natural-1984	7,3	7,4	7,6	8,0	8,1	8,4	8,7	8,8	9,0	9,1	9,3	9,3	8,7	9,8	8,5					
	Requema	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	1,0	1,5	1,5		2		2	2	2	2	2	2
	Natural-1985	8,1	8,1	8,1	7,8	7,5	7,2	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0		7,1		7,3	7,3	7,5	7,5	7,6	7,6
Paspalum guaricense	Quema	4,0	-	-	-	-	-	1,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,5	6,5	6,5	6,5					
	Natural-1984	5,3	5,3	5,5	5,7	5,8	6,1	6,1	6,3	6,5	6,5	6,5	6,5	6,6	6,6	6,6					
	Requema	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	4,0		4,5		5,2	6,1	7,0	7,0	7,1	7,1
	Natural-1985	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,9	1,0		1,0		1,3	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6

vó un comportamiento similar en *Bromus inermis* en una pradera de Illinois. No se establecen las causas exactas que determinan este comportamiento; la acción debe relacionarse con la menor probabilidad de supervivencia de la especie cuando son lesionados los vástagos por el fuego.

- El control parcial que ejerce el factor fuego sobre las especies semileñosas como *Lippia alba*, en ciertos casos, los especímenes mueren o sus rebrotes tardan considerablemente en aparecer; en otros casos, los especímenes censados eran plántulas, cuyas semillas almacenadas en el suelo germinaron al mes y medio después de la quema, acción que pudiera interpretarse como un efecto positivo de control sobre el individuo y también en la inducción de germinación.

La mayoría de las especies de gramíneas mantienen estados dinámicos de cambio, con muerte y formación de vástagos en forma ininterrumpida (Langer, 1956), por tanto al determinar el crecimiento de las especies principales se obtiene una aproximación sobre la dinámica de la vegetación en áreas sometidas al fuego y en áreas naturales (controles).

Parámetros fitosociológicos

En la Tabla 5 se presentan los caracteres sintéticos de la vegetación. En la primera columna aparecen las especies censadas en las 10 áreas de prueba o parcelas, las columnas restantes corresponden a frecuencia (%) y al valor de presencia en los tratamientos aplicados. La frecuencia da idea de la homogeneidad de la comunidad vegetal. Para el tratamiento natural (en 1984) la frecuencia de aparición en todas las especies fue de 100%, resultado que indica su participación en todos los muestreos efectuados. Durante 1985 se presenta la misma situación, la mayoría de las especies tienen frecuencia alta, a excepción de las que fueron afectadas por la escasez de agua como *Caladium macrotites*, *Paspalum distichum* y *Paspalum guaricense*, que presentan disminuciones de sus valores de frecuencia hasta del 50%.

Al comparar los valores de frecuencia de las especies en circunstancias naturales y al ser sometidas al fuego, se observa que *Andropogon bicornis*, *Andropogon leucostachyus* e *Hyparrhenia rufa* mantienen una frecuencia del 100% en los dos tratamientos, lo cual indica tolerancia al fuego y a la sequía (en 1985), cualidades que tal vez expliquen su gran capacidad de recuperación. El resultado permite considerarlas como especies pioneras después del fuego. Las especies restantes disminuyen su frecuencia al ser tratadas con fuego.

La mayoría de los taxa tienen una frecuencia de aparición mayor en la quema que en la requema, con excepción de *Panicum versicolor*, *Mimosa pudica*, *Homolepis aturensis*, *Panicum rudgei* y *Paspalum notatum*, circunstancia indicadora de adaptación a las quemas anuales y/o las condiciones de se-

TABLA 5
Caracteres sintéticos de la vegetación

ESPECIES	TRATAMIENTO							
	NATURAL (CONTROL)				FUEGO			
	1984		1985		QUEMA		REQUEMA	
	F	P	F	P	F*	P	F	P
<i>Andropogon bicornis</i>	100	V	100	V	100•	V	100•	V
<i>Hyparrhenia rufa</i>	100	III	100	III	100•	I	100•	I
<i>Andropogon leucostachyus</i>	100	I	100	I	100•	III	100•	III
<i>Paspalum geminiflorum</i>	100	III	100	III	100•	V	99▲	V
<i>Centrosema.sp.</i>	100	II	100	II	100•	II	91▲	II
<i>Paspalum notatum</i>	100	I	100	I	86▲	I	100•	I
<i>Melinis minutiflora</i>	100	III	100	III	86▲	I	77▲	I
<i>Panicum versicolor</i>	100	II	100	II	86▲	III	94▲	III
<i>Lippia alba</i>	100	IV	100	IV	86▲	V	81▲	V
<i>Clidemia rubra</i>	100	III	100	III	80▲	III	70▲	III
<i>Caladium macrotites</i>	100	III	55	III	80▲	I	50▲	I
<i>Paspalum distichum</i>	100	III	57	III	79▲	II	52▲	II
<i>Mimosa pudica</i>	100	V	100	V	77▲	III	84▲	III
<i>Homolepis aturensis</i>	100	I	100	I	74▲	IV	80▲	IV
<i>Panicum polygonatum</i>	100	III	100	III	73▲	I	61▲	I
<i>Paspalum paniculatum</i>	100	III	100	III	73▲	I	66▲	I
<i>Guazuma ulmifolia</i>	100	IV	100	IV	73▲	I	50▲	I
<i>Panicum rudgei</i>	100	II	100	II	69▲	II	83▲	II
<i>Paspalum guaricense</i>	100	III	55	III	66▲	I	50▲	I
<i>Cyperus rotundus</i>					79	II	55▲	II
<i>Adiantum.sp.</i>					80	II	46▲	II

* La frecuencia en quema y requema se compara con el tratamiento natural. Si la especie no está en las parcelas naturales se compara la requema en relación a la quema.

F• Frecuencia igual

F▲ Frecuencia disminuye

quía. La frecuencia sirve para evaluar características cualitativas de las especies como respuesta al fuego y tolerancia a la sequía.

En las parcelas no quemadas las especies con amplio grado de presencia (IV y V) *Andropogon bicornis*, *Lippia alba*, *Mimosa pudica* y *Guazuma ulmifolia*, las demás presentan grados medios y bajos.

En las parcelas sometidas al fuego, las especies con grados de presencia IV y V o alto rango fitosociológico son *Andropogon bicornis*, *Paspalum geminiflorum*, *Homolepis aturensis* y *Lippia alba*; las restantes tienen desplazamiento limitado, registran grados de presencia medios (III) y bajos (I, II).

Sucesión ecológica

La secuencia de los censos en las etapas de restitución de la vegetación después del fuego, permite relacionar la reaparición (rebrotos, germinación) de las especies con el avance de la sucesión. De acuerdo con los datos obtenidos durante 1984-1985 se trazaron límites a intervalos de 45 días con base en los cuales se distribuyen las especies así: en los primeros 45 días reapare-



Aspecto de la recuperación en un área quemada. Se observa *Andropogon bicornis* especie abundante.

cen *Adropogon bicornis*, *Adropogon leucostachyus*, *Centrosema* sp., *Clidemia rubra*, *Homolepis aturensis*, *Hyparrhenia rufa*, *Mimosa pudica*, *Melinis minutiflora*, *Panicum versicolor*, *Paspalum geminiflorum*, *Paspalum notatum*; entre el día 46 a 90 *Caladium macrotites*, *Panicum polygonatum*, *Panicum rudgei*, *Paspalum distichum*, *Paspalum paniculatum* y solo *Guazuma ulmifolia* y *Paspalum guaricense* requieren entre 91 y 135 días. En la sucesión ecológica medida a través de la reseña de los brotes y el posterior avance de la vegetación (cobertura) se observan cambios, rápidos al principio y graduales al final.

CONSIDERACIONES FINALES

En las áreas sometidas al fuego se presentan temperaturas extremas de 38.34°C. La profundidad del suelo, la época de la quema y las condiciones de humedad de la cubierta vegetal, influyen en los valores extremos de las temperaturas registradas y en el tiempo requerido para alcanzarlas. La mayor intensidad del efecto del fuego en el interior del suelo o temperatura más alta se registra a los 2 cm de profundidad; el efecto disminuye con la profundidad. Durante el verano los cambios de la temperatura del suelo a los 2 cm de profundidad excedieron los 8.5°C, valor máximo muy pasajero (1 minuto); en el invierno el aumento fue de 4.3°C, con una duración mayor (7 minutos). A los 6 cm de profundidad, el efecto de las quemas sobre el suelo es muy tenue, a este nivel el daño sobre los componentes bióticos (particularmente en la vegetación) del ecosistema debe ser mínimo.

La rapidez del fuego en los pastizales condiciona la corta duración de las temperaturas extremas en el interior del suelo y por tanto, el efecto térmico sobre los meristemos bajo tierra. Las temperaturas en el interior del suelo, oscilan dentro de los límites que pueden tolerar los tejidos de renovación.

Los resultados permiten considerar como leves los daños que causan las temperaturas interiores del suelo sobre los meristemos enterrados. Los pastizales son tolerantes a las quemas, de allí que se observen rebrotes (retoños) y recuperación de la cubierta vegetal después del evento. Los valores de cobertura al finalizar la experimentación son altos. Las quemas traen como resultado inmediato la desaparición parcial o total de la cobertura vegetal protectora del suelo. Cuando las operaciones de quema y requema se efectúan muy próximas al período de lluvias, el vigor de las especies aumenta y la regeneración es muy rápida. Si el fuego se aplica al inicio de la época seca, la consecuencia es una marcha lenta de la sucesión vegetal o retraso en la recuperación de la cubierta vegetal.

La composición florística de cada parcela y el efecto supresivo a corto plazo que ejerce el fuego sobre las especies, influyen en el comportamiento de la vegetación en cada subunidad muestreada. Del comportamiento parecido que se observa en las parcelas durante la quema y requema, se deduce que

las quemas realizadas durante una misma época y año, originan idéntica probabilidad de supervivencia y recuperación de la vegetación, así lo demuestra el desarrollo de la cobertura en las parcelas y la rata de crecimiento de las especies.

La similitud en los comportamientos, permite definir una recuperación más lenta de la cobertura en las parcelas requemadas durante el primer lapso del año (época de sequía). Las lluvias continuas o esporádicas, se traducen en una respuesta de la vegetación y conllevan a aumentos en el cubrimiento vegetal.

En las parcelas naturales se observan cambios mínimos en la cobertura debidos a factores climáticos y fenológicos. No se registra disminución en el número de especies de la comunidad (pastizal) por la frecuencia de las quemas, tampoco se registran especies invasoras por el uso del fuego, pero se nota que *Paspalum geminiflorum* disminuye la cobertura con las quemas continuas, mientras que *Andropogon bicornis* resiste el régimen de las candelas anuales y aumenta su cobertura. De acuerdo con este comportamiento y según Uhl y Saldarriaga (1986), en el área predominan mecanismos de regeneración que facilitan el retorno a la condición original de la vegetación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los Dres. Pablo Mendoza M., Ismael E. Torres, Pablo A. Cuesta, Hugo Restrepo y al Sr. Guillermo Barrios del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) e igualmente a los funcionarios del grupo técnico del Centro Regional de Investigaciones "La Libertad". La Dra. Astrid de Gerardine de la División estadística del Centro de Investigaciones de Tibaitatá, colaboró eficazmente en el análisis estadístico de los datos. Los Profesores J. Idrobo y Poliodoro Pinto E. del Instituto de Ciencias Naturales colaboraron en la identificación de los ejemplares herborizados. César Escallón (J. B. J. Celestino Mútis) y Santiago Díaz-P. (ICN-MHN) amablemente revisaron y comentaron el manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- BEARD, J. 1953. The classification of tropical American vegetation types. *Ecology*, 36: 89-100.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Edit. Blume, 820 pp.

- CANALES, J. 1982. Efecto del fuego sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de *Sporobolus cubensis* Hitch, gramínea precoz de la sabana. Tesis Biología, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- CORREA, A. 1984. Efecto de quemas. En: Investigaciones sobre la caracterización y manejo del recurso tierra. Arauca-Cravo Norte. Informe parcial (1) Inédito IGAC, Bogotá.
- CUATRECASAS, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia, Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exac. Fis. Nat., 10.
- DUGAND, A. 1945. On the vegetation and plant Resources of Colombia. Plants and Sciences in Latin America. Chronica Botanica, Wilthan, Mass. 289-293.
- F.A.O. 1964. Reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales colombianos. Informe General Tomo II. "La vegetación natural y la ganadería". FAO/SF: II Roma.
- FOLDATS, E. y E. RUTKIS. 1965. Influencia mecánica del suelo sobre la fisonomía de algunas sabanas del llano venezolano. Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat., 108: 355-392.
- KELLMAN, M. 1984. Synergistic relations between fire and low fertility in Neotropical Savannas. Rev. Biotrópica 16 (2): 158-160.
- LANGER, R. 1956. Growth and nutrition of timothy (*Phleum pratense*). I. The life history of individual tillers. Ann. Appl. Biol., 44: 166-187.
- MALAGON, D. 1976. Propiedades Físicas de los suelos. Publicaciones del IGAC, 12 (7). Bogotá, pp.
- MONASTERIO, M. y G. SARMIENTO. 1976. Phenological strategies of plant species in the tropical savanna and the semideciduous forest of the Venezuelan Llanos. J. Biogeog., 3: 325-355.
- NOBLE, J., A. BELL. and J. HARPER. 1979. The population dynamics of plants with clonal growth J. Ecol., 67: 983-1008.
- ODUM, E. 1973. Ecología. Edit. Interamericana. México. 639 pp.
- OLD, S. 1969. Microclimates, fire and plant production in a Illinois prairie. Ecol. Monogr., 39: 355-384.
- TAMAYO, F. 1962. Adaptaciones de la vegetación pirófila. Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat., 102 (19): 49-58.
- TOTHILL, J. and N. SHAW. 1968. Temperature under fires in bunch spear grass pastures of south-east Queensland. Journal Science, 34: 94-97.

- UHL, C. y J. S. S. 1968. Fragilidad de la pluviselva amazónica. Investigación y Ciencia 121: 72-81.
- VARESCHI, V. 1962. La quema como factor ecológico en los Llanos. Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat., 101: 9-26.
- VIDAL, M.L. 1986. Aspectos sinecológicos de pastizales en una región de los Llanos Orientales y su relación con las quemadas. Tesis Biología, Universidad Nacional de Colombia (Inédito). Bogotá, D.E.
- WEAVER, J. y F. CLEMENTS. 1950. Ecología Vegetal. Trad. de la edic. inglesa por A. Cabrera. Acme Agency 667 pp. Argentina.