

NOVIEMBRE - DICIEMBRE 1977

VOL. XXVII, 6

SERIE ZOOTECNICA Nº 2

agronomía tropical

FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
VENEZUELA

LA MARCHA ANUAL DEL AGUA EN EL SUELO EN SABANAS Y BOSQUES TROPICALES EN LOS LLANOS DE VENEZUELA

GUILLERMO SARMIENTO * y MAURICIO VERA *

INTRODUCCION

El objetivo fundamental perseguido en este estudio es el de conocer la cantidad y la distribución del agua en el suelo a lo largo del año en diferentes ecosistemas de sabanas y bosques tropicales en los Llanos Occidentales. Con fines comparativos se han elegido comunidades vegetales que se encuentran bajo condiciones similares de clima regional, en la misma región natural y con igual tipo y grado de utilización, pero que difieren entre sí en forma de relieve, posición topográfica, unidad geocronológica y serie de suelo.

Se espera que el conocimiento de las variaciones estacionales en el contenido de agua del suelo contribuirá a establecer el balance hídrico de los ecosistemas y permitirá una mejor comprensión del complejo de factores ambientales determinantes de la presencia de cada ecosistema en un determinado habitat.

En la gran región natural de los Llanos del Orinoco, una inmensa cuenca sedimentaria de relieve plano de medio millón de Km², caracterizada por su clima tropical seco y húmedo o sabánico *Aw*, se encuentran formaciones vegetales muy diferentes. En los Llanos Occidentales de Venezuela en particular, existen sabanas naturales que difieren en fisonomía, ecología y composición, formando una serie continua desde sabanas arboladas bastante cerradas, con árboles de 5 a 6 m. de altura, hasta pastizales puros, estos últimos tanto en suelos bien drenados como en zonas bajas con suelos hidromorfos. Por otro lado, caracterizan a esta región dos tipos fundamentales de selvas tropicales: las selvas estacionales, generalmente formando bosques en galería a lo largo de los grandes ríos y a veces uniéndose entre sí para constituir extensas masas foresta-

* Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

les; y las selvas semidecíduas, que en forma discontinua se extienden por el piedemonte Andino y por parte de los Llanos inmediatamente adyacentes.

En este trabajo se escogieron seis comunidades, cuatro de sabanas y dos de bosques, que tanto por su composición como por su extensión resultan representativas de la vegetación de la región considerada. En cada una de ellas se midió el contenido de agua a diferentes profundidades en el suelo, durante un período de 18 meses.

ANTECEDENTES

RAWISTCHER (3) es uno de los primeros investigadores en analizar el contenido de agua en el suelo como factor ecológico importante en la determinación de las sabanas en América tropical. Trabajando en los "campos cerrados" del Sur de Brasil, este autor llega a la conclusión que el contenido de agua en el suelo no puede ser un factor limitante para el crecimiento de las especies leñosas del cerrado, ya que existe durante todo el año en los niveles inferiores del suelo, agua disponible para las especies de radicación profunda.

EDEN (2) siguió durante 10 meses, la evolución del contenido de agua en el suelo para dos profundidades, en varios tipos diferentes de sabanas en Rupununi, Guayana. Sus datos nos muestran que algunos tipos de sabanas se secan completamente durante la estación seca, mientras que otros disponen durante todo el año de agua entre 60 y 180 cm. de profundidad.

ASKEW *et al.* (1) trabajaron en la zona de contacto entre las selvas tropicales y las sabanas en el centro del Brasil. Estos autores, luego de medir la humedad del suelo durante 11 meses en 4 transectas, concluyen que no es posible explicar los límites entre dichas formaciones, tomando en cuenta solamente la humedad del suelo.

SAN JOSÉ y MEDINA (4) estudiaron el balance hídrico de una sabana en los Llanos Centrales de Venezuela, siguiendo durante un año los cambios en la humedad edáfica hasta los 70 cm. de profundidad, en dos parcelas de la misma comunidad, una quemada, la otra protegida del fuego. En ambas parcelas el agua en el suelo permaneció a niveles muy bajos durante más de 3 meses en la estación seca, a pesar de ser el período de mediciones un año mucho más lluvioso que el promedio.

En el presente trabajo hemos tratado de comparar el contenido de agua en sabanas y bosques, considerando todo el perfil del suelo explotable por las raíces, para ver hasta qué punto este factor hídrico puede

ser en la región considerada, la causa principal de la presencia de uno u otro ecosistema.

CARACTERISTICAS DEL AREA ESTUDIADA

Los 6 ecosistemas donde se tomaron los datos de humedad del suelo se encuentran en 3 sitios diferentes de los Llanos Occidentales de Venezuela, en el Estado Barinas, entre 8° 25' y 8° 35' de latitud N.

El primer sitio, donde se estudiaron tres comunidades de sabanas, está a 7 Km. al SO del Hato Caroní. Los datos pluviométricos de esta localidad (14 años) muestran una medida de 1.407 mm., con 4 meses secos con menos de 20 mm. por mes (diciembre a marzo) y 8 meses húmedos con más de 100 mm. por mes. La transición entre una estación y otra es muy rápida, comienzan las lluvias en abril y cesan en noviembre. En la estación con registros térmicos más cercana al sitio de mediciones, Barinas, situada a 12 Km. de Hato Caroní, la temperatura media anual es de 27°C y la oscilación térmica entre las medias del mes más caliente y el más frío es de apenas 2,7°C. La temperatura máxima media es de 31,6°C y la mínima media de 21,2°C. La evaporación mensual oscila entre un mínimo de 160 mm. en la estación lluviosa y un máximo de 230 mm. en la estación seca. El total anual es de 2.300 mm. La evapotranspiración mensual, calculada por el método de THORNTHWAIT, da valores mensuales de 120-140 mm. durante todo el año.

Los 3 ecosistemas estudiados en este sitio se encuentran sobre una acumulación aluvial del Cuaternario medio QII formulada por materiales finos, con algunas lentes de rodados intercalados. Los 3 ecosistemas están dispuestos en una secuencia topográfica que comienza en la parte superior de un antiguo eje de explayamiento; pasando luego a una posición intermedia, en un explayamiento de ruptura; y finalmente a una posición topográfica de bajío mal drenado o vallecito antiguo colmatado. El desnivel total entre los dos sitios extremos, parte superior del eje de explayamiento y vallecito colmatado, es de 1,5 m. y la distancia entre uno y otro de 300 m.

Sobre el eje de explayamiento se desarrollaron los suelos de la serie Barinas (8). Estos suelos, bien drenados y profundos, han sido clasificados como *Paleustalf óxicos*. A 130 cm. de profundidad el perfil presenta un fuerte moteado gris-rojo indicador de una hidromorfia estacional. En efecto, el nivel freático se encontró a fines de la estación húmeda a poco más de 2 m., pero en la época seca desciende mucho más allá del alcance de las raíces de las especies de esta sabana.

Sobre estos suelos de la serie Barinas se encuentra una sabana con muy pocos elementos leñosos. Es fundamentalmente un pastizal puro, que cubre totalmente el suelo en la estación húmeda. En su máximo desarrollo alcanza una altura de 70-80 cm. la parte vegetativa y 130-150 cm. considerando las inflorescencias. La composición de las sabanas en esta zona fue estudiada en un trabajo anterior (7). Las especies gramíneas perennes dominantes en esta comunidad son *Leptocodyphium lanatum* (H.B.K.) Nees, *Axonopus purpusii* (MEZ) Chase y *Trachypogon vestitus* Anders.

El segundo ecosistema en este gradiente topográfico, en una posición altitudinal intermedia correspondiente a un explayamiento de ruptura, está a un nivel de aproximadamente 80 cm. por debajo del anterior. En él se desarrollaron los suelos de la Serie Garza, igualmente clasificados como *Paleustalf óxicos*. Estos suelos, aunque son moderadamente bien drenados, presentan ya a 75 cm. un fuerte moteado gris-rojo, indicador de hidromorfía estacional. Aquí el nivel freático se mantiene durante la estación seca cercano a los 2 m. de profundidad, ascendiendo en la época de lluvias hasta el nivel indicado por la hidromorfía.

La sabana sobre los suelos de la serie Garza es una sabana pastizal sin árboles, dominada por *Paspalum plicatulum* MICHX, *Axonopus purpusii* (MEZ) Chase y *Trachypogon plumosus* (Hum. & Bonpl.) Nees.

El tercer ecosistema de sabana corresponde a una cubeta, unos 70 cm. por debajo del nivel anterior. Aquí se desarrollaron los suelos de la Serie Jaboncillo, clasificados como *Tropaqualf típicos*, mal drenados, con un horizonte impermeable, arcilloso, a 40 cm. de profundidad y condiciones de hidromorfía desde este nivel hacia abajo. Durante la estación de lluvias estos suelos se inundan intermitentemente por períodos de hasta varias semanas consecutivas, con láminas de agua que alcanzan 10-20 cm.

Este ecosistema presenta un sabana pastizal sin árboles, dominada por *Paspalum nudatum* Luces (*Sorghastrum Parviflorum*) (Desv.) Hitch et Chase y *Leersia hexandra* Sw. Esta continuidad difiere de las anteriores en sus características ecológicas, ya que mientras aquellas pueden considerarse como sabanas estacionales, esta última es una típica sabana hiperestacional (5).

Es de notar que, si bien los límites entre estas tres comunidades de sabanas son netos y corresponden bien con los límites entre las tres series de suelos, existe un continuo florístico entre las mismas, con muchas especies comunes, que sólo difieren en la cobertura relativa que alcanzan en cada comunidad (7).

El segundo sitio de estudio, situado a 20 Km. al NO del primero, está más próximo al piedemonte Andino y es por lo tanto más lluvioso. La

estación pluviométrica más cercana, Corozo-Palmitas, situada a 6 Km. del lugar de las mediciones, muestra un promedio anual de lluvias, para 14 años, de 1.703 mm., es decir unos 300 mm. más alto que el de Hato Caroní. La distribución estacional sigue sin embargo exactamente el mismo patrón, con cuatro meses secos (diciembre a marzo) donde la precipitación es inferior a 25 mm. y 8 meses húmedos con lluvias superiores a 120 mm. hasta un máximo de 250 mm.

En este lugar los suelos se han desarrollado sobre una acumulación aluvial más antigua (QIII) del Cuaternario inferior, formada por materiales finos, pero con numerosos lentes de rodados gruesos. En el sitio estudiado aparece un nivel de rodados a 190-200 cm. Estos suelos pertenecen a la Serie Boconoíto, clasificada como *Haplustalf últico*. Son suelos profundos, bien drenados, sin señales de hidromorfía en los primeros 2 m.

En este lugar se tomaron datos de humedad edáfica en dos comunidades adyacentes, en puntos a la misma altura relativa, distantes entre sí unos 100 m. Una comunidad era una sabana arbolada, con 6 especies de árboles, que alcanzan hasta 6-7 m. de altura. Las leñosas dominantes son *Byrsonima crassifolia* (L.) (H.B.K.), *Byrsonima coccolobifolia* (H.B.K.) y *Bowdichia virgilioides* (H.B.K.), mientras que el estrato herbáceo de la sabana estaba dominado por *Leptocoryphium lanatum* (H.B.K.) Nees, *Elionurus adustus* (RIN) Ekman y *Trachypogon plumosus* (Humb. & Bonpl.) Nesse.

La otra comunidad donde se midió, corresponde a un bosque semi-decídúo, de 15 m. de altura, dominado por *Acrocomia sclerocarpa* Mart., *Genipa caruto* (H.B.K.), *Xylopia aromática* (Lam.) Mart., y *Trichilia spondioides* SW.

Finalmente, el último sitio de medición se estableció en la selva en galería de la margen izquierda del río Santo Domingo, 3 Km. al S. de la localidad de Torunos. El total anual y el régimen de precipitaciones en Torunos es esencialmente similar al de Hato Caroní (distancia entre ambas localidades 11 Km).

En este sitio, sobre depósitos aluviales del Cuaternario tardío (Q₁), se desarrollaron los suelos de la Serie Torunos, clasificados como *Ustropent fluvénticos*. Son suelos profundos, moderadamente bien drenados, con un nivel freático a poco más de 2 m. durante todo el año.

La selva en galería en este sitio alcanza 30 m. de altura y está dominada en su estrato superior por *Pithecellobium saman* (JACQ.) Benth. y *Anacardium excelsum* (Bert et Balb.) Skeels mientras que el estrato bajo está constituido fundamentalmente por la palma *Attalea maracai-bensis* Martius.

METODOLOGIA

Para cada una de las 4 sabanas se analizó la distribución vertical de la biomasa subterránea en el período de máximo apogeo vegetativo y reproductivo, que es a finales de la estación lluviosa. Asimismo se estudió el perfil de suelo en cada uno de los 6 ecosistemas. También se midió la producción aérea y subterránea de las sabanas. Los resultados sobre estructura, biomasa y producción se publican aparte (6).

La humedad del suelo se midió en cada sitio a 5 profundidades: 20, 50, 100, 150 y 200 cm. en 3 réplicas para cada nivel, distantes 50 cm. una de otra. Se utilizó el método de la conductividad eléctrica, mediante sensores de fibra de vidrio SOILTEST MC-310A y un ohmómetro SOIL-TEST MC-300A. Periódicamente se hicieron determinaciones del contenido de agua por el método gravimétrico para control. Las células fueron calibradas en el laboratorio al terminar las mediciones usando muestras de cada uno de los horizontes de los respectivos suelos.

Las lecturas se efectuaron en cada sitio a intervalos medios de 20 días, durante el período comprendido entre octubre de 1973 y marzo de 1975.

RESULTADOS

Los resultados de las mediciones para cada uno de los 6 sitios se presentan en forma gráfica en las Fig. 1 a 6. En cada Figura se representan en la parte superior la precipitación durante el período de mediciones, agrupada en intervalos de 15 días. Luego se grafica sucesivamente el contenido de humedad en cada nivel, desde los 20 hasta los 200 cm. de profundidad. La escala vertical es logarítmica y corresponde a la resistencia en ohms desde 10^5 hasta 10^2 . Se ha indicado en cada caso con trazos discontinuos la posición del nivel de humedad equivalente a la capacidad de campo (1/3 atm ó 1000 ohms) y al punto de marchitez permanente (15 atm. ó 20.000 ohms)*. Asimismo se indica el por ciento de humedad que corresponde a cada uno de estos 2 puntos. Cada curva de humedad se obtuvo como promedio de las lecturas en las tres réplicas; los porcentajes de humedad también corresponden a la media de tres mediciones, excepto en el caso de Boconoíto, en que sólo se hicieron dos.

(*) Estos 2 valores sólo deben considerarse como puntos de referencia útiles, pues aplicados a la vegetación natural no tienen el mismo significado que cuando se refieren a un cultivo anual.

Selva en Galería - Serie Torunos

Para este ecosistema (Fig. 1), nuestras mediciones indican que el suelo se encontraba seco en los dos horizontes superficiales (20 y 50 cm.), durante un período de siete meses (12 a 6). Por consiguiente, puede considerarse que estos niveles del suelo estarán realmente secos para la vegetación durante los cuatro meses que corresponden al período sin lluvias (12 a 3); mientras que durante los otros tres meses (4 a 6) sólo tendrán agua disponible en períodos intermitentes de corta duración, después de cada lluvia, pero ésta será utilizada rápidamente por la vegetación, secándose entonces el suelo como muestra el gráfico, en los intervalos entre lluvias sucesivas. Lo mismo puede ocurrir en los meses de octubre y noviembre, cuando las precipitaciones comienzan a disminuir. Es decir, solamente a partir de julio y hasta octubre, el agua de las precipitaciones que se infiltra en el suelo, supera la cantidad perdida a través de la vegetación y por lo tanto será en esta época cuando los niveles edáficos superficiales mostrarán un exceso de agua sobre las pérdidas evapotranspiratorias, como se evidencia en el gráfico donde la humedad se mantiene estable por encima del punto de marchitez.

Por el contrario, los niveles más profundos del suelo (150 y 200 cm.) tienen agua disponible, incluso por encima de la capacidad de campo, durante todo el año, aunque sólo por períodos muy breves se sobrepasa el nivel de saturación (100 cm.). Es evidente que esta agua proviene del nivel freático, como lo permite deducir también el hecho de que el mismo se encontraba a 3 m. de profundidad al comenzar el período de mediciones en octubre de 1973.

El nivel de 100 cm. tiene un comportamiento hídrico intermedio, con exceso de agua desde julio hasta diciembre, mientras que puede tanto mantenerse húmedo como secarse por debajo del punto de marchitez, desde enero hasta marzo, según haya sido la pluviosidad del año.

Sabana pastizal sobre suelo hidromorfo - Serie Jaboncillo

En este ecosistema (Fig. 2) los horizontes superficiales (20 y 50 cm.) se secan totalmente por un período de tres meses (1 a 3). Luego, al comenzar la estación de lluvias, existe agua disponible desde abril hasta diciembre a 20 cm., mientras que a 50 cm. puede haber incluso largos períodos de exceso de agua.

En los horizontes más profundos hay agua todo el año y los dos niveles inferiores están casi permanentemente cercanos o por encima de la capacidad de campo y frecuentemente completamente saturados. Es

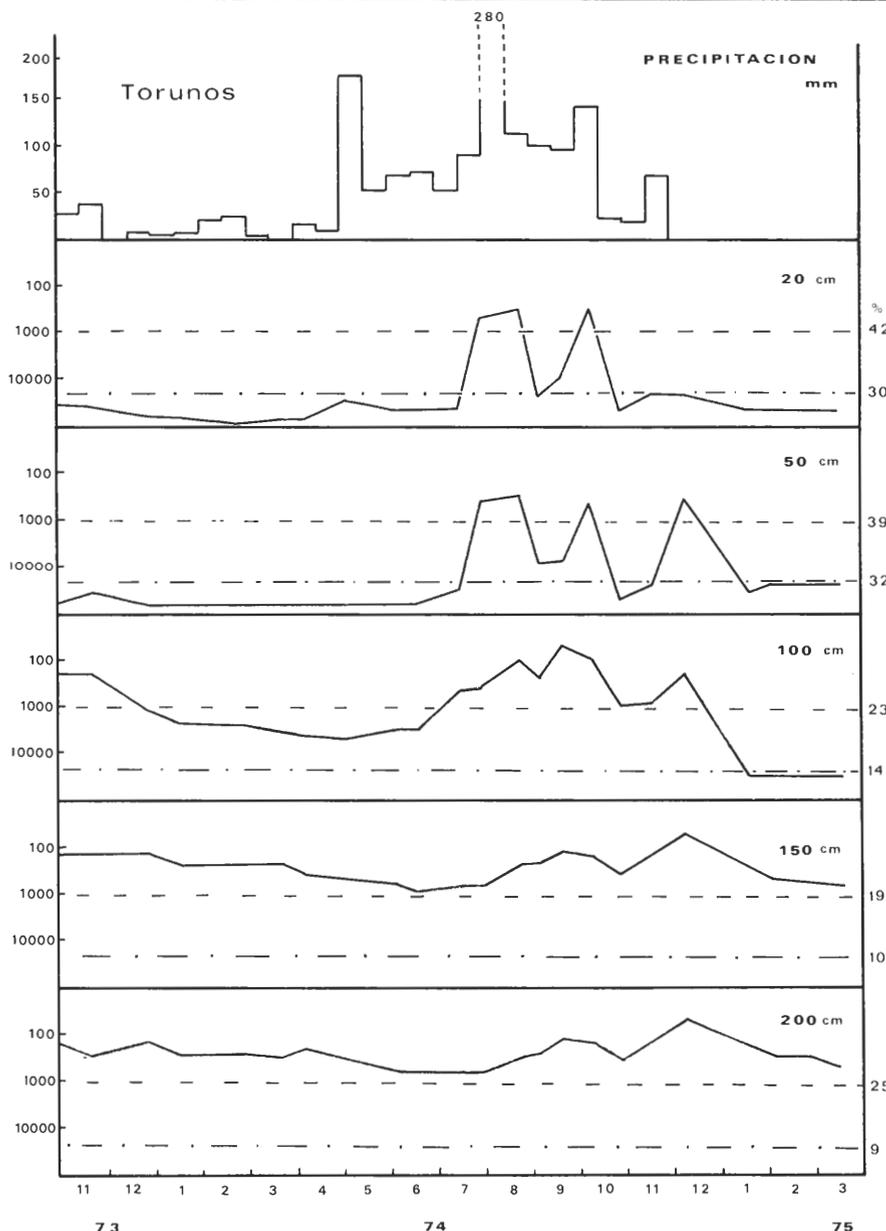


Fig. 1. Variación en el contenido de agua en el suelo en la selva en galería desde noviembre de 1973 a marzo de 1975. El gráfico superior muestra las precipitaciones en Torunos durante el período de mediciones, agrupadas por períodos de 15 días. Los diagramas sucesivos representan la variación de la humedad en los horizontes de 20, 50, 100, 150 y 200 cm. Cada punto en las curvas es el promedio de 3 réplicas. El eje vertical en cada diagrama está en milímetros, indicándose también en trazo discontinuo las rectas correspondientes a la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, así como los valores de contenido de agua en por ciento correspondiente a dichos niveles para cada horizonte.

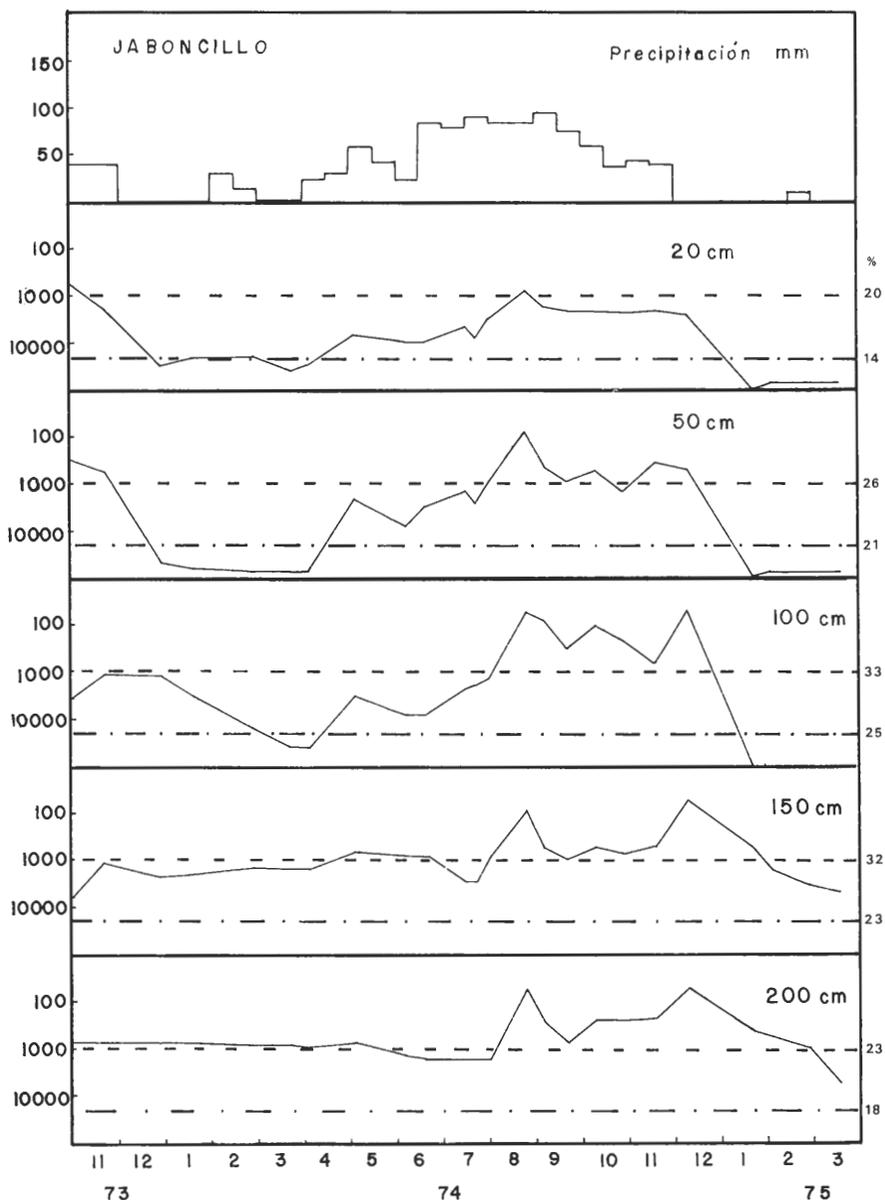


Fig. 2. Variación en el contenido de agua en el suelo en la sabana hiperestacional, sobre suelos de la serie Jaboncillo. Las explicaciones son similares a las de la leyenda de la Figura 1. Las precipitaciones corresponden a la estación Hato Caroní.

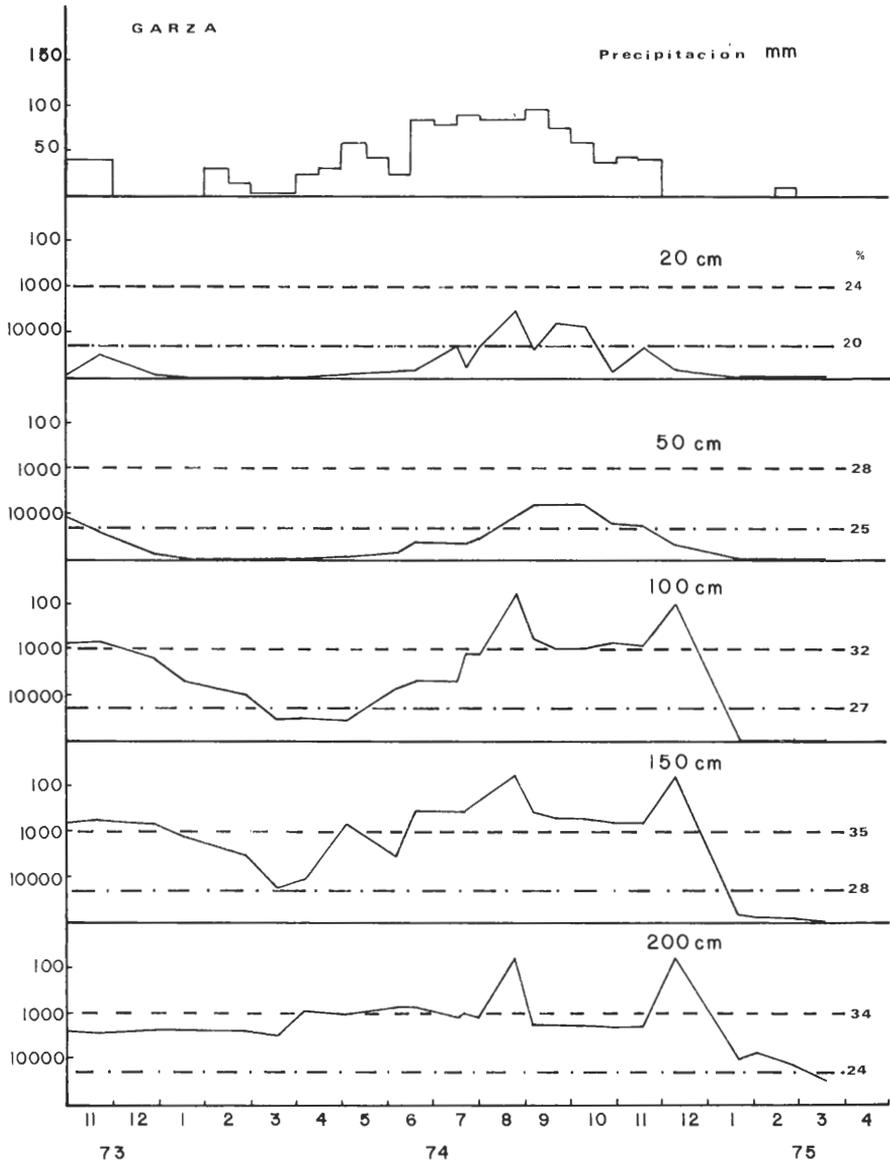


Fig. 3. Variación en el contenido de agua en el suelo en la sabana pastizal estacional, sobre suelos de la serie Garza. Ver la explicación en la leyenda de la Figura 1. Las precipitaciones corresponden a la estación Hato Caroní.

decir el nivel freático permanece todo el año próximo a estos niveles. En efecto al comenzar las mediciones en octubre de 1973, éste se encontraba a 180 cm. A 100 cm. puede haber un período de sequía de alrededor de 2 meses (2 y 3).

Comparado con la selva en galería, el régimen de humedad en los horizontes profundos no difiere significativamente en ambos sitios, pero en cambio el suelo de la selva sólo tiene exceso de agua en los horizontes superficiales por períodos muy breves. El anegamiento en Jaboncillo es consecuencia tanto de su posición de cubeta, como de la falta de drenaje interno determinada por el horizonte impermeable a 40 cm. de profundidad.

Sabana pastizal sobre suelo con hidromorfia en profundidad - Serie Garza

En este ecosistema (Fig. 3) los horizontes superficiales están completamente secos durante los 4 meses de la estación sin lluvias (12 a 3). En los siguientes 3 meses toda el agua de las precipitaciones es utilizada por la vegetación, manteniéndose por ello el suelo seco la mayor parte del tiempo; mientras que a partir de julio y hasta noviembre comienza a elevarse el contenido en agua en superficie, pero sin alcanzar sin embargo la capacidad de campo.

En profundidad el agua se mantiene casi todo el año alrededor de la capacidad de campo, con largos períodos de saturación de hasta 6 meses. Sólo al final de la estación seca (febrero y marzo) todo el perfil se seca totalmente. El nivel de 100 cm. es intermedio entre ambos comportamientos pasando de un período seco de 4 meses a un período de exceso de 5 meses.

Sabana pastizal en suelo bien drenado - Serie Barinas

En superficie el suelo (Fig. 4) se mantiene ecológicamente seco por 4 meses (12 a 3) y con agua a alta tensión todo el resto del año; es decir, la vegetación utiliza rápidamente el agua disponible después de las lluvias. El edafoclima de estos niveles puede ser considerado como seco, lo que se evidencia asimismo en el grado de rubefacción del perfil, muy coloreado de rojo.

En profundidad el suelo permanece totalmente seco por un período de hasta 4 meses (1 a 4), pero luego pasa 8 meses con agua disponible. Sólo a 200 cm. el agua sobrepasa durante 3 meses la capacidad de campo, evidenciando la proximidad del nivel freático en esta época de máxima pluviosidad.

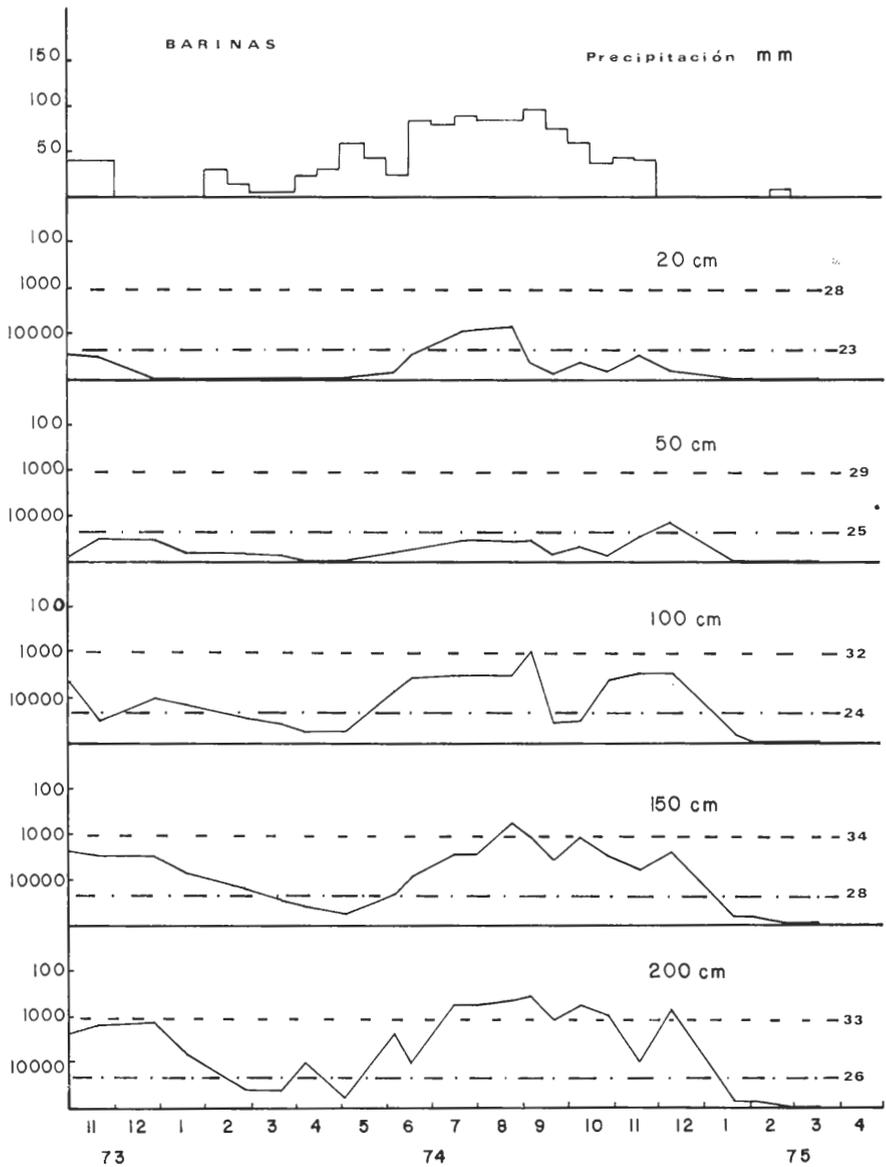


Fig. 4. Variación en el contenido de agua del suelo en la sabana estacional, sobre suelos de la serie Barinas. Ver la explicación en la leyenda de la Figura 1. Las precipitaciones corresponden a la estación Hato Caroní.

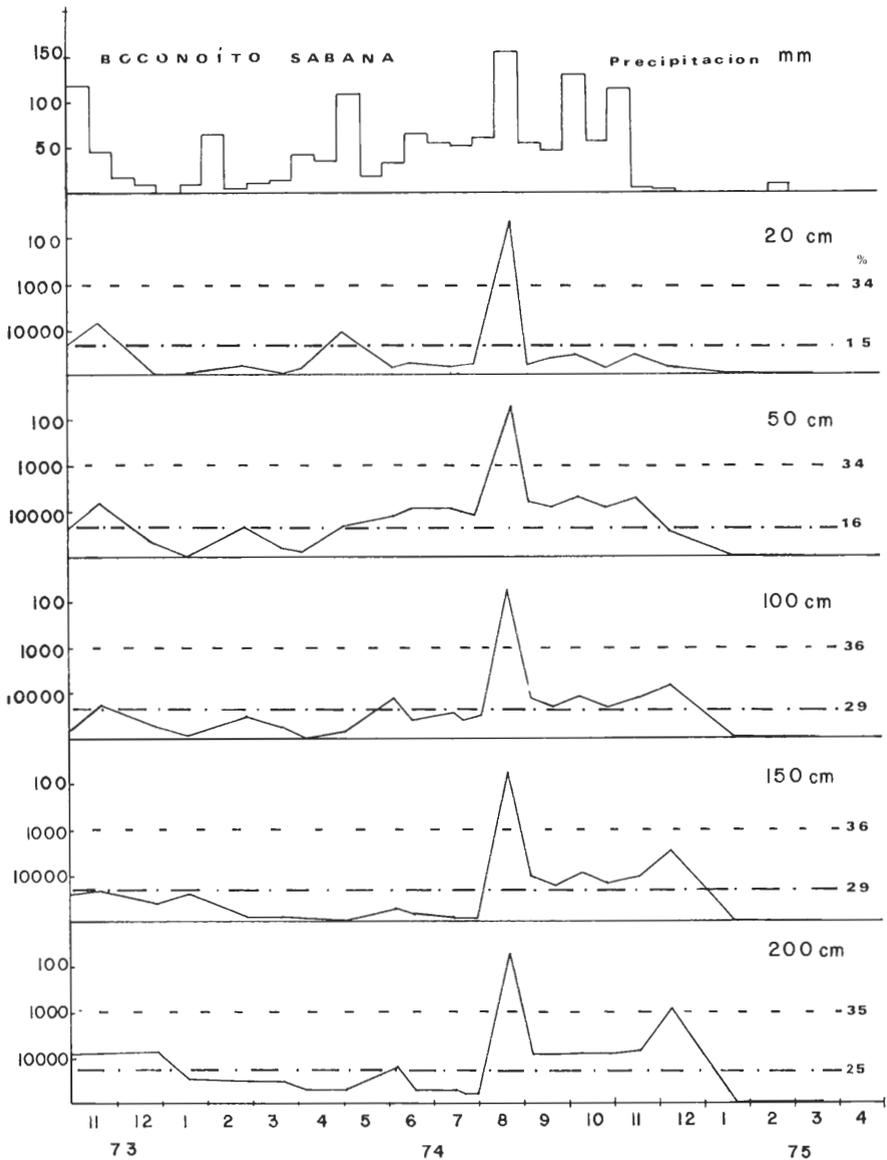


Fig. 5. Variación en el contenido de agua del suelo en la sabana estacional arbolada, sobre suelos de la serie Boconoíto. Ver explicación en la leyenda de la Figura 1. Las precipitaciones corresponden a la estación Corozo-Palmitas.

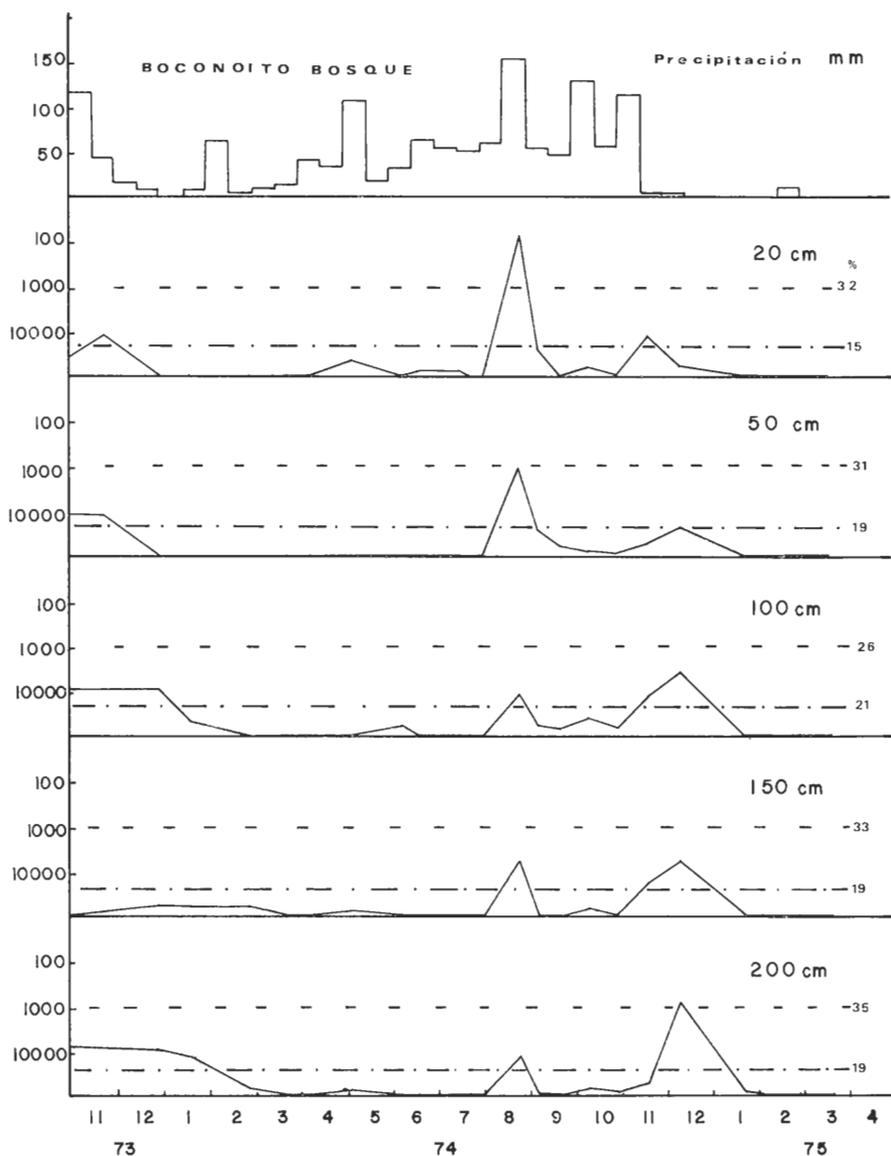


Fig. 6. Variación en el contenido de agua en el suelo en el bosque semidecídúo, sobre suelos de la serie Boconoito. Ver explicación en la leyenda de la Figura 1. Las precipitaciones corresponden a la estación Corozo-Palmitas.

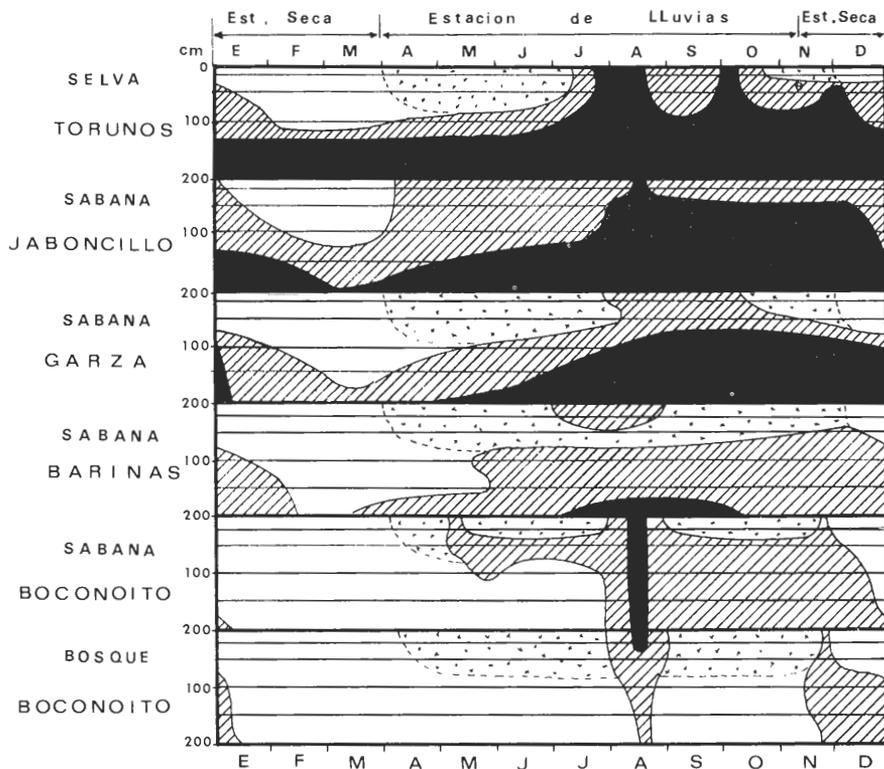


Fig. 7. Variación de la humedad del suelo a lo largo del año en los seis ecosistemas estudiados. Se indica en blanco el período en que un horizonte se encuentra permanentemente seco (por debajo del punto de marchitez permanente); punteado cuando toda el agua aprovechable es utilizada por la vegetación (no queda agua por encima del punto de marchitez); con rayado oblicuo cuando hay agua disponible (humedad entre -5 y $1/3$ atm.); en negro cuando el contenido de agua está por encima de la capacidad de campo.

Sabana arbolada sobre suelo bien drenado - Serie Boconoito

El suelo (Fig. 5) se seca en superficie durante los 4 meses sin lluvias (12 a 3) y se mantiene a bajos niveles el resto del año, salvo períodos muy breves después de intensas precipitaciones. Es decir, a 20 cm., la sabana utiliza rápidamente toda el agua disponible, sólo a 50 cm. queda un excedente, manteniéndose la humedad por encima de la capacidad de campo desde mayo hasta noviembre.

En profundidad (150 a 200 cm.) el suelo está ecológicamente seco por 7 meses (1 a 7), mientras que hay agua disponible el resto del año, pero sólo excepcionalmente se sobrepasa la capacidad de campo.

A 100 cm., el período seco es de 4 meses; a partir de mayo el agua infiltrada comienza a llegar a este nivel produciendo un balance hídrico positivo.

Bosque semidecídúo en suelo bien drenado - Serie Boconoíto

El régimen de humedad es similar al anterior (Fig. 6), aunque el suelo casi siempre está más seco que en el caso de la sabana. En superficie el perfil permanece ecológicamente seco durante 4 meses (12 a 3), luego con poca agua hasta julio, cuando comienza a acumularse mayor humedad. El suelo profundo está seco 7 meses y con poca agua el resto del año. La vegetación debe estar adaptada a permanecer sin agua en el suelo por un período de 2 a 3 meses (enero-marzo), y con agua sólo en los horizontes superficiales durante otros 4 meses, es decir hasta julio. Es de hacer notar que únicamente al final de la estación lluviosa, en agosto, comienza a acumularse agua en profundidad, manteniendo estos horizontes, en forma intermitente, un nivel superior al punto de marchitez.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Considerando conjuntamente las características físicas del perfil del suelo y la humedad edáfica en los distintos horizontes a lo largo del año, podemos resumir las conclusiones de este estudio, en cuanto a la influencia del factor agua en la determinación de diferentes comunidades vegetales, en los siguientes puntos (Ver Tabla 1):

Tabla 1. Número máximo de meses en que el contenido de agua en cada nivel del suelo puede encontrarse permanentemente por encima de la capacidad de campo (primera cifra) y por debajo del punto de marchitez (segunda cifra), para cada uno de los seis ecosistemas estudiados.

Vegetación	Selva en Galería	Sabana Hiperestacional	Sabana pastizal Estacional	Sabana abierta Estacional	Sabana arbolada Estacional	Bosque Semidecídúo
	Torunos	Jaboncillo	Garza	Barinas	Boconoíto	Boconoíto
Serie de Suelos						
20 cm.	1 — 4	1 — 3	0 — 4	0 — 4	0 — 4	0 — 4
50 cm.	1 — 4	4 — 3	0 — 4	0 — 4	0 — 4	0 — 4
100 cm.	6 — 3	5 — 2	5 — 4	0 — 4	0 — 4	0 — 4
150 cm.	12 — 0	8 — 0	6 — 3	1 — 4	0 — 7	0 — 7
200 cm	12 — 0	10 — 0	6 — 2	3 — 4	0 — 7	0 — 7

1.—La selva en galería presenta durante todo el año suficiente humedad en los niveles inferiores del suelo a partir de los 150 cm. Los suelos de la Serie Torunos no tienen, en el primer metro de profundidad, ningún impedimento físico para la vegetación, apareciendo condiciones de hidromorfía muy leves solamente en los horizontes más profundos.

Los tres niveles superiores, de 20, 50 y 100 cm. permanecen ecológicamente secos por tres a cuatro meses. Es de esperar que la vegetación sufra entonces una sequía relativa durante este período, ya que la mayor parte de las raíces son superficiales. Esto quizás explique la marcada estacionalidad de esta selva, donde aunque predominan las especies perennifolias, tanto éstas como las especies deciduas, renuevan su follaje durante este período de sequía relativa. Sin embargo los árboles disponen permanentemente en profundidad de una fuente ilimitada de agua, ya que si bien por debajo de los 150-200 cm. se pueden presentar en períodos cortos condiciones de saturación desfavorables para las raíces, éstas pueden disponer de los abundantes recursos hídricos del suelo a partir de 1 m. de profundidad, inmediatamente por encima del nivel freático.

2.—La sabana hiperestacional que se mantiene sobre los suelos de la Serie Jaboncillo, concentra el 96% de la biomasa subterránea en

los 40 cm. superiores del suelo (6). A partir de esta profundidad el perfil exhibe condiciones físicas sumamente desfavorables, con un horizonte arcilloso que impide la penetración de las raíces. Asimismo a partir de este horizonte, la saturación del suelo durante un período anual del orden de los 4 meses, a 50 cm. y hasta 10 meses a los 2 m. crea condiciones desfavorables de aereación. En consecuencia, aunque el suelo dispone de agua durante todo el año a partir de los 150 cm. esta agua parece estar fuera del alcance de la mayor parte de las plantas herbáceas de la sabana.

Por otra parte, el suelo se seca hasta los 50 cm. durante un período de tres meses. De este modo vemos, que los horizontes realmente utilizados por la vegetación, 0-40 cm. se mantienen bajo un régimen hídrico extremo, con alternancia de sequía y exceso de agua. Aparentemente los árboles no pueden prosperar en este tipo de habitat, ya que no parecen existir especies de leñosas que estén adaptadas simultáneamente a sobrepasar ambos stress hídricos durante su ciclo anual.

- 3.—En la Serie Garza el suelo también dispone de agua durante casi todo el año, al menos en su nivel más profundo. En efecto a 2 m., sólo hay 2 meses secos. Sin embargo, este perfil hidromorfo tampoco permite la fácil utilización de este recurso hídrico por las especies herbáceas, ya que éstas concentran su desarrollo radical fundamentalmente en el primer metro de suelo, pues a partir de este nivel, el perfil muestra exceso de agua durante 5 a 6 meses. De modo que en la rizosfera, el suelo pasa por un período de sequía de 4 meses, aunque es probable que parte del agua situada en horizontes intermedios (como el nivel de 100 cm.) pueda ser aprovechada por las plantas, que de este modo acortan el período seco o al menos lo atenúan.
- 4.—En los suelos correspondientes a la Serie Barinas, no existe agua disponible para la vegetación al menos durante los 4 meses de la estación seca. Estos suelos, si bien profundos y con condiciones favorables para el desarrollo radical, se vuelven hidromorfos en profundidad, por la extensión lateral de mapas colgantes estacionales, así el horizonte de 2 m. tiene exceso de agua durante 3 meses. De manera que no siempre el agua profunda puede ser utilizada por las raíces debido al medio anaeróbico. Como los horizontes superficiales, donde se concentra el máximo de la biomasa radical, sufren un período de sequía de 4 meses, la sabana debe estar adaptada a este stress.

5.—La serie Boconoíto presenta, tanto bajo vegetación de bosque como de sabana, un régimen hídrico con una prolongada sequía. Al menos durante 4 meses todo el perfil está seco. Como aquí, a diferencia de los casos precedentes, no existe un nivel freático próximo a la superficie, los horizontes edáficos superiores resultan los menos secos de todo el perfil, mientras que el agua tarda varios meses en acumularse en profundidad después de comenzada la estación de las lluvias.

Por otra parte, ambos regímenes de humedad son muy similares, siendo el del bosque casi siempre más seco, muy probablemente como consecuencia de la mayor utilización de agua por este tipo de vegetación en comparación con la sabana.

La Fig. 7 sintetiza los datos anteriores, mostrando para cada uno de los seis ecosistemas la duración de los períodos ecológicamente diferentes; el de sequía ecológica, el de agua disponible y el de exceso de agua. En el período en que las mediciones indicaron un horizonte seco, se diferencia entre las fases constantemente sin agua (estación seca) y las fases con humedad intermitente por el aporte de las lluvias.

Debemos recordar en este punto, que el régimen de humedad del suelo cambia concomitantemente con el nivel anual de precipitaciones. La variabilidad del factor lluvias en el clima de los Llanos es relativamente alta, por lo que deben esperarse frecuentemente años con extremos de sequía y de humedad. Durante el período de nuestras mediciones, las precipitaciones se mantuvieron ligeramente por debajo de las medias, por lo que habría que suponer que en años con mayor pluviosidad las condiciones de saturación serán más prolongadas y de mayor efecto sobre la vegetación, mientras que por el contrario en años excepcionalmente secos, la duración de los respectivos períodos de sequía edáfica se prolongará aún más.

AGRADECIMIENTOS

El equipo necesario para realizar las mediciones de humedad del suelo fue adquirido con el subsidio de CONICIT N^o DF-S1-0135, por lo que dejamos constancia de nuestro agradecimiento a esta institución. Asimismo queremos agradecer cordialmente la colaboración recibida de todos los miembros del grupo de Ecología Vegetal de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, quienes de una u otra manera participaron en este trabajo. En especial deseamos expresar nuestra gratitud a Juan Silva con quien discutimos la planificación de este estudio, así como a Luis Nieto y Héctor Molina por la cooperación continua y en-

tusiasta que nos brindaron durante todo el período de la toma de datos de campo.

RESUMEN

Durante un período de 18 meses se registró el contenido de agua en el suelo en 4 comunidades de sabanas y dos tipos de bosques en los Llanos Occidentales de Venezuela. En cada una de las seis unidades se midió la humedad del suelo a 20, 50, 100, 150 y 200 cm. de profundidad, mediante células de fibra de vidrio enterradas permanentemente y usando un ohmómetro, con el que se medía cada 20 días aproximadamente. Asimismo se estudiaron los respectivos perfiles de suelo y se caracterizó cada comunidad desde un punto de vista florístico.

Los resultados nos muestran el distinto régimen anual de humedad que existe en cada uno de los ecosistemas analizados. La selva estacional de galería muestra un perfil que, si bien se seca completamente hasta los 50 cm. durante 4 meses consecutivos, siempre tiene agua disponible a partir de 150 cm. Las sabanas estacionales no arboladas, en cambio, tienen un suelo ecológicamente seco por 4 meses hasta los 100 cm.; variando entre 2 y 4 meses, según el ecosistema, la duración del período seco en los horizontes más profundos. La sabana hiperestacional por otra parte, muestra durante 1 a 4 meses condiciones de hidromorfia en sus horizontes superficiales; alternando con un período de 3 meses en que estos mismos horizontes permanecen ecológicamente secos. Sin embargo, a partir de los 150 cm. de profundidad hay agua disponible casi todo el año, pero ésta no puede ser utilizada por la vegetación debido a las condiciones físicas sumamente desfavorables que presenta el perfil, con un horizonte impermeable a 40 cm. Finalmente la sabana estacional arbolada y el bosque semidecídúo, ambos sobre el mismo tipo de suelo profundo y bien drenado, muestran un régimen de humedad similar, con un período de 4 meses en que el suelo está completamente seco en todo el perfil. Las diferencias encontradas en los regímenes hídricos de estas 6 comunidades nos sugieren que el factor humedad del suelo puede ser decisivo para determinar la presencia de uno u otro ecosistema en cada tipo de habitat dentro de la misma región climática.

SUMMARY

Soil water content was recorded during 18 months in 4 different savannas and 2 forests in the Venezuelan Llanos, in order to assess the significance of the annual water budget as an ecological factor responsible for the alternative occurrence of different ecosystems in a tropical area under the same general conditions of relief, climate and human influence.

The period of field measurements comprised one rainy season (May to October) and two dry seasons (November to April). In each site soil water was measured at intervals of about 20 days through 3 series of soils moisture cels permanently buried at 20, 50, 100, 150 and 200 cm. in the soil. Three pluviometers and one meteorological station in the area provided the climatic data for the period of soil water measurements. In each of the 6 sites, soil profiles were described and floristic composition recorded.

Results allow a precise identification of the periods of soil water deficit and excess in each community; the vertical distribution of available soil water; as well as the water pressures existing during the more favorable periods. Comparison of rainfall and soil moisture gives some insight into the dynamics of rainfall infiltration and the yearly cycle of the water table. The data show strong differences in water availability along the year in savanna communities located in a topographic sequence; as well as the sharp contrast between the semi-deciduous forest and all other ecosystems, together with the rather similar pattern of soil water variation in savannas and forests occurring side by side on the same soil unit.

BIBLIOGRAFIA

1. ASKEW, G. P., D. J. MOFFATT, R. F. MONGOMERY and P. L. SEARL. 1971. Soils and soil moisture as factors influencing the distribution of the vegetation formations of the Serra do Roncador, Mato Grosso. In Ferri, M. G. (Ed.): *III Simposio sobre o Cerrado*: 150-160. Editora de Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo.
2. EDEN, M. J. 1964. The savanna ecosystem-northern Rupununi, British Guiana. *Mc Gill University Savanna Research Project N° 1*.
3. RAWITSCHER, F. 1948. The water economy of the vegetation of the "campos cerrados" in Southern Brazil. *J. Ecol.* 36: 238-268
4. SAN JOSÉ, J. J. and E. MEDINA. 1975. Effect of fire on organic matter production and water balance in a tropical savanna. In F. Golley & E. Medina (Eds.), *Tropical Ecological Systems*: 251-264. Springer Verlag, New York.
5. SARMIENTO, G. and M. MONASTERIO. 1975. A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America. In F. Golley & E. Medina (Eds.), *Tropical Ecological Systems*: 223-250. Springer Verlag, New York.
6. SARMIENTO, G. y M. VERA. 1977. Composición, estructura, biomasa y producción de diferentes sabanas en los Llanos de Venezuela. *Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat.* (en prensa).
7. SILVA, J. y G. SARMIENTO. 1976. La composición de las sabanas en Barinas en relación con las unidades edáficas. *Acta Cient. Venez.* 27: 68-78.
8. ZINCK, A. y P. STAGNO. 1965. *Estudio edafológico de la zona Río Santo Domingo-Río Pagüey, Estado Barinas*. M.O.P. Dirección de Obras Hidráulicas, División de Edafología.