



**LA CIENCIA
EN TOMO 2
VENEZUELA**

UNIVERSIDAD DE CARABOBO/DIRECCION DE CULTURA.

Citar como:

Sarmiento, G. 1972. Investigaciones ecológicas en los Llanos venezolanos. En: La Ciencia en Venezuela 2: Universidad de Carabobo, Valencia. 320-333 pp.

INVESTIGACIONES ECOLOGICAS EN LOS LLANOS VENEZOLANOS

G. SARMIENTO

U. L. A.

Los Llanos constituyen una de las unidades de paisajes más características de Venezuela, tanto por sus peculiaridades geográficas, ambientales y bióticas, como por la extensión del territorio nacional que ellos representan.

En efecto, los Llanos Venezolanos son parte de la gran región natural de los Llanos del Orinoco, que se extiende como un gigantesco arco entre las Cordilleras Andina y Caribe y el macizo de Guayana, desde el río Guaviare en el centro de Colombia hasta el Delta Amacuro en el Oriente de Venezuela, con una superficie del orden de los 550.000 km², más de la mitad de la misma incluida en este país.

La llanura, el calor, la sabana, la sequía y las inundaciones, los extensos hatos y los grandes rebaños de vacunos son las primeras imágenes que el llano despierta, a las que hay que añadir la moderna imagen de los campos petroleros.

Sin embargo, las características que nos hace identificar tan fácilmente el paisaje llanero y que le confieren una aparente homogeneidad, son más bien consecuencia del marcado contraste entre esta región natural y las regiones que la limitan. Así, el relieve más bien plano se contrapone a los imponentes macizos cordilleranos que lo bordean por el Norte y el Oeste y al relieve quebrado e irregular de las serranías de la Guayana con las que se interdigita por el Sur y Sureste. Así mismo, la vegetación de sabanas llaneras o los mosaicos de sabanas y bosques que predominan en el llano, se diferencian drásticamente de la impenetrable barrera vegetal de las selvas amazónicas con las que entran en contacto abrupto por el Sur.

Como veremos más adelante, esta homogeneidad superficial oculta una amplia diversidad de condiciones ecológicas, de tipos de vegetación y de potencialidades productivas.

Además de las dos características evidentes del relieve y de la vegetación natural, uno de los factores físicos de mayor significación para la comprensión de la región llanera es el clima, que si bien con diferencias de matices, presenta en toda su extensión un régimen de precipitaciones peculiar, concentrado en una estación y con períodos más o menos largos casi enteramente desprovistos de lluvias. Ese régimen pluvial crea contrastes hídricos violentos y tiene las mayores con-

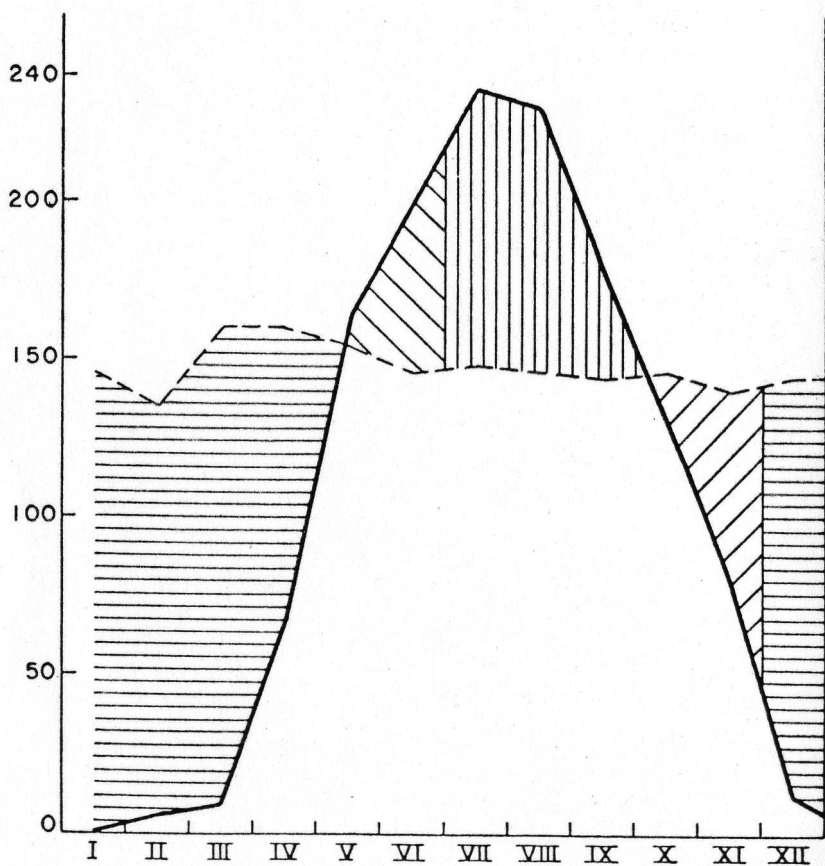
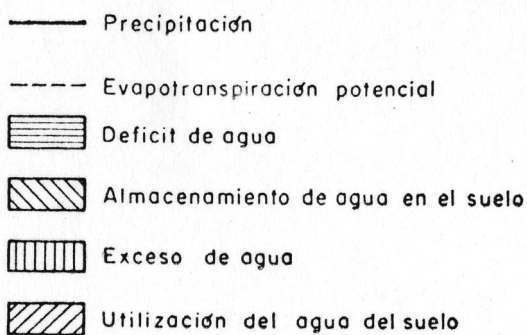


Fig. 1. Diagrama de balance hídrico de Calabozo.

secuencias para toda la biota llanera y por supuesto impone severas limitaciones al uso potencial de la tierra. Un ejemplo típico del régimen climático llanero lo podemos ver en la Figura 1 que muestra el diagrama de balance hídrico de Calabozo, donde se aprecia la existencia de un período de deficiencia hídrica de más de cinco meses de duración.

Las características climáticas y vegetacionales mencionadas son sin duda los principales parámetros que han influido en la baja densidad de población de la región, así como en las condiciones de vida primitivas que aún presenta en cuanto a vivienda, sanidad, educación, infraestructura, etc.

Sin embargo los Llanos presentan ciertas condiciones favorables para un mayor desarrollo económico: el relieve es una condición sumamente valiosa, simplificando muchos problemas de uso de la tierra, lo mismo que la ausencia de masas forestales continuas, lo que facilita las comunicaciones y evita costosas operaciones de desmonte. Existen además buenas tierras agrícolas, con posibilidades de brindar dos cosechas comerciales al año y muchas de las dificultades que enfrenta actualmente la ganadería de carnes pueden ser subsanadas.

¿En qué puede contribuir la investigación ecológica para posibilitar una mejor utilización de los recursos naturales y humanos de esta zona? En primer lugar, para utilizar los recursos y para establecer un plan de manejo eficiente y racional de los mismos, es obviamente necesario conocerlos previamente, evaluarlos, analizar sus características y su distribución geográfica dentro de la región. Suelos, agua, clima y vegetación son las principales variables que deben ser analizadas y en la realización de este inventario previo la ecología juega un papel predominante. Existen en efecto métodos rápidos y eficientes de reconocimiento ecológico por medio de los cuales se establece una primera división en unidades regionales homogéneas, describiendo las características generales de cada una e indicando prioridades para la realización de estudios posteriores más detallados y por supuesto más costosos. Es decir, sin necesidad de realizar estudios específicos de clima, suelos, geomorfología, vegetación e hidrología, puede utilizarse una expresión sintética de estas variables para realizar un primer reconocimiento o inventario regional de carácter ecológico.

El reconocimiento permitirá, entre otras cosas, diferenciar las zonas donde es conveniente reemplazar la cubierta vegetal existente por otra más productiva, ya sean cultivos agrícolas o pasturas mejoradas, de las zonas donde es necesario utilizar directamente la vegetación natural, ya sea ésta bosque o sabana.

El manejo de la vegetación natural es un problema técnico que se basa en un conocimiento ecológico profundo del comportamiento de las comunidades vegetales y de las especies frente a diversas condiciones ambientales y diferentes situaciones de manejo. En las zonas templadas se han hecho grandes progresos en manejo de bosques y pasturas, pero en la zona tropical recién está en sus comienzos este tipo de investigación. En síntesis, el conocimiento ecológico es absolutamente necesario si se pretende manejar eficientemente las comunidades naturales con miras a un aumento sostenido de su productividad.

En el caso particular de las sabanas, que son con mucho el tipo de vegetación más extendido y representado en los Llanos, es necesario conocer la importancia de los principales factores climáticos en la actividad y crecimiento de sus especies, el efecto de factores limitantes tan importantes como las condiciones físicas del suelo, en especial la presencia de horizontes endurecidos o la existencia de deficientes condiciones de drenaje, la acción de la acentuada oligotrofía de la mayor parte de los suelos llaneros, el efecto directo e indirecto de sistemas de manejo primitivos pero muy utilizados como es, por ejemplo, el empleo reiterado de las quemas.

La utilización de una buena parte de las sabanas naturales de los Llanos para el pastoreo, está severamente limitada por la baja palatabilidad y el poco valor nutritivo de muchas de las especies de gramíneas dominantes. Es posible sin embargo, concebir teóricamente y conducir una investigación tendiente a conseguir un desplazamiento en la composición florística de las sabanas, de manera de aumentar la importancia de las especies más valiosas en detrimento de las menos útiles, creando sistemas de manejo que favorezcan a aquellas especies en la competencia y que mantengan la máxima representación de las especies más deseables desde el punto de vista ganadero. Esto exige por supuesto un conocimiento previo no sólo de la composición de cada uno de los tipos de sabanas y de las condiciones ambientales en que viven, sino además del comportamiento y de las características ecológicas de cada una de las especies. Pero es interesante señalar que la mayor parte de las sabanas de los Llanos ofrece por su composición florística muy variada y rica en especies de buen valor forrajero amplias perspectivas para estudios de esta naturaleza.

Luego de plantear de una manera muy esquemática y generalizada la problemática llanera y algunas de las posibles contribuciones de la ecología para la superación de los factores limitativos del desarrollo de la región, expondremos someramente los trabajos que el grupo de investigación al que pertenezco realizó en los últimos cuatro años,

primero en la Facultad de Ciencias de la U.C.V. y actualmente en la Facultad de Ciencias de la U.L.A.

Comenzaremos abordando el primer problema planteado, del reconocimiento de la heterogeneidad dentro de la homogeneidad de los Llanos, o sea, el problema de regionalizar la zona en unidades ecológicamente coherentes, realizando un primer inventario o reconocimiento regional a pequeña escala.

Diferentes subdivisiones del Llano habían sido reconocidas por autores previos de acuerdo con las diferencias más notables entre los distintos paisajes. Así por ejemplo, resulta clásica la separación entre Llanos Orientales, Centrales y Occidentales, o entre Alto y Bajo Llano. Nosotros escogimos dentro del Llano una de las zonas quizás más heterogéneas, que representa el punto de encuentro de casi todas las divisiones previamente establecidas, a saber los Llanos Centrales en el occidente del Estado Guárico, encrucijada clave para desentrañar la variabilidad de la vegetación y el habitat en toda la región.

En el trabajo titulado "Corte ecológico del Estado Guárico", Sarmiento y Monasterio (7) tomaron una franja de unos 100 km de ancho por algo más de 200 km de longitud que cortaba ese Estado en el sentido de mayor variabilidad ecológica, es decir desde la Cordillera de la Costa en el Norte hasta el río Apure en el Sur. En esta transecta se distinguieron en base a un reconocimiento de campo en el que se consideraban las características del relieve, la geología superficial, los procesos de modelado, los suelos y los tipos de vegetación, siete regiones ecológicamente diferentes, las que fueron mapeadas luego con ayuda de fotografías aéreas a pequeña escala. El resultado lo pueden ver en la Figura 2. El mapa muestra las siete unidades regionales reconocidas: Región Serrana, Región Colineana, Región de Mesas, Región de redepósitos de las Mesas, Región de Llanuras Aluviales Cuaternarias, Región de Médanos y Llanos Inundables. Cada una de estas unidades regionales tiene, no sólo características geológicas y geomorfológicas diferenciales, sino que difieren las comunidades vegetales y por ende el uso actual y posible de la tierra. Las diferencias interregionales en algunos casos resultan muy evidentes, como sucede por ejemplo con la Región Serrana, cuyo relieve basta para separarla nítidamente del resto de la zona. En otros casos sin embargo, las características diferenciales no por ser más sutiles dejan de tener una importancia ecológica de primer orden. Así por ejemplo, la Región de las Mesas, con sus paleocorazas lateríticas generalizadas y sus sedimentos gruesos derivados de los depósitos Plio-Pleistocenos de la Formación Mesa presentan condiciones edáficas y de vegetación muy diferen-

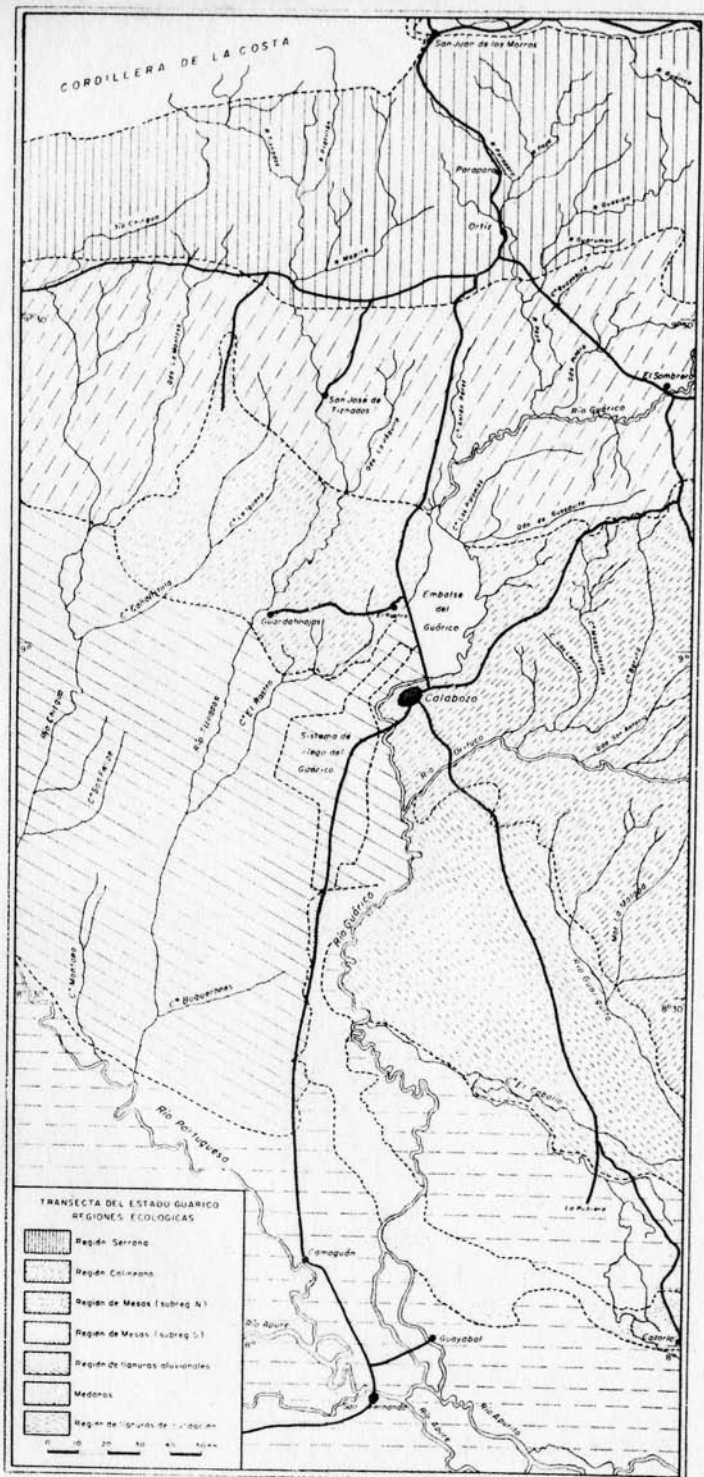


Figura 2.

tes a las de la Región que la prolonga hacia el Sur, de sedimentos coluviales, marcada por un proceso de laterización hidromorfa aún incipiente y caracterizada por sabanas de muy diferente fisonomía y composición. Algunas diapositivas ilustrarán estas diferencias entre las distintas regiones reconocidas.

Es esta, entonces, una forma rápida de establecer unidades ecológicamente coherentes en una primera aproximación, pero que ya resultan de indudable interés para una planificación posterior, no solamente con miras a una aplicación directa, sino también como orientadoras en la realización de los pasos subsiguientes de la investigación. Esta etapa preliminar puede saltarse cuando ya existe un conocimiento previo suficiente de las condiciones físicas y bióticas de la zona. Por otra parte, cada una de las regiones delimitadas resultará por supuesto demasiado heterogénea para fines prácticos concretos, siendo necesario pasar a una segunda escala de análisis donde una extensión menor se estudió con mayor detalle.

En el trabajo "Análisis macroecológico de los Llanos de Calabozo", Sarmiento y Monasterio⁹ pasan a esta escala mayor, realizando una división regional más detallada en una extensión de 3.000 km² en los alrededores de Calabozo, es decir incluida dentro de la zona estudiada en el trabajo precedente. Utilizando una metodología creada por investigadores australianos del C.S.I.R.O., basada fundamentalmente en la interpretación de los principales elementos del paisaje en fotografías aéreas, se definieron unidades denominadas sistemas de relieve, que agrupan las zonas en donde el relieve, los suelos y la vegetación muestran un determinado patrón de variación. De este modo lo que se reconoce y distingue en la foto aérea es el patrón de variación de los elementos fundamentales, y aquellas zonas con el mismo patrón son agrupadas en el mismo sistema de relieve. Un control de campo permite establecer luego las características de la vegetación, los suelos y el relieve que no son detectables en fotos aéreas.

Aplicando esta metodología se diferenciaron en la zona estudiada 12 sistemas de relieve, estableciendo las características fundamentales de cada uno de ellos e intentando elaborar una interpretación dinámica de la génesis del paisaje. Así por ejemplo, dentro de la Región de las Mesas definida en el trabajo anterior, se diferenciaron 7 sistemas de relieve que difieren por características tales como el tipo de sedimentos superficiales, el grado de afloramiento de las corazas lateríticas, la intensidad de la erosión y el grado de remodelación del relieve posterior al levantamiento de las mesas, la proporción relativa de sabanas y bosques, etc.

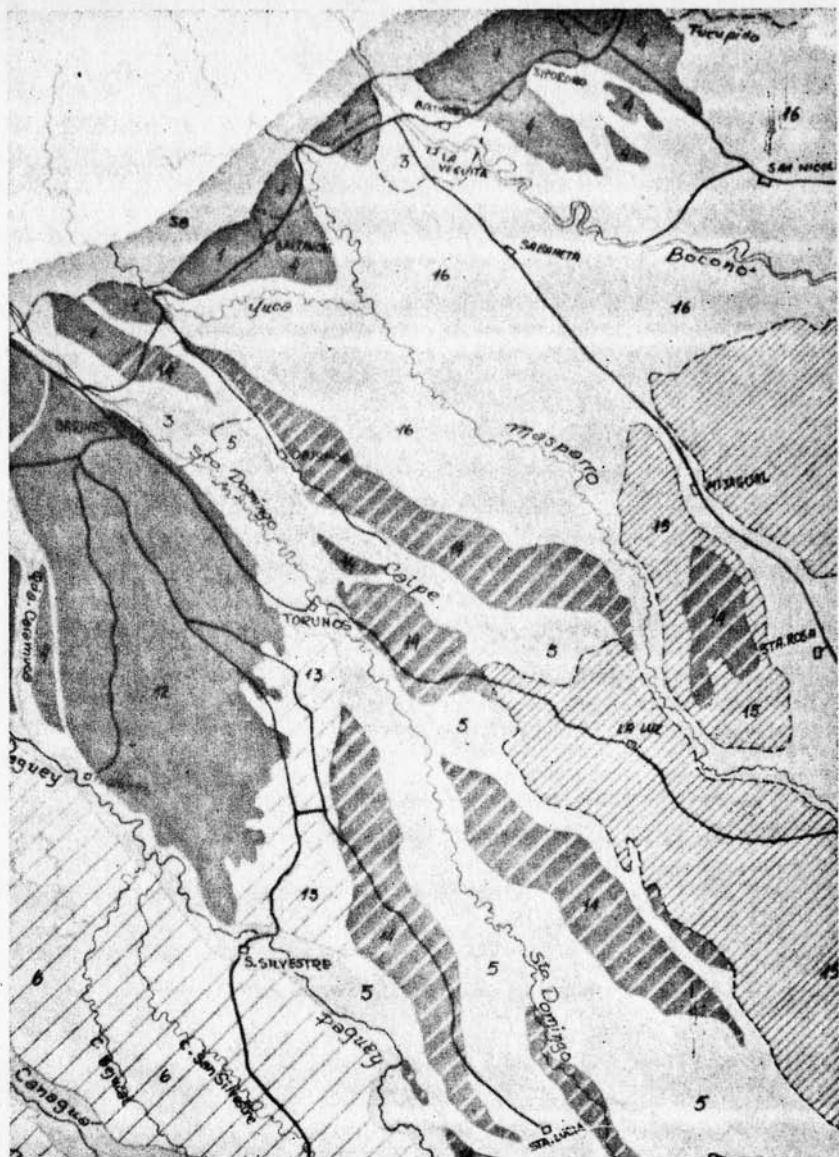


Figura 3.

Este primer trabajo de reconocimiento regional a mediana escala fue seguido posteriormente por una serie de trabajos realizados por Monasterio, Silva y Sarmiento,^{5,10,11,13} que bajo el título "Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales" aplica el mismo método anterior al estudio de una extensión mucho mayor en los Estados Portuguesa, Barinas y Apure, entre el piedemonte andino y el río Arauca. En esta área de 30.000 km² se reconocieron 30 sistemas de relieve. Un primer mapa a escala de 1:300.000 se reproduce parcialmente en la Fig. 3. Cada una de estas unidades es un área relativamente homogénea desde el punto de vista ecológico, donde se encuentran las mismas secuencias de formas de relieve —tipos de suelo— comunidades vegetales y donde el uso potencial de la tierra tendrá características similares. Así por ejemplo, las diapositivas nos muestran las características esenciales de dos de los sistemas de relieve de mayor extensión, dentro del área considerada. El perfil esquematiza el principal patrón de variación de los elementos mencionados. Los contrastes entre ambas unidades, y la implicancia de los mismos para el uso de la tierra resultan notables.

Resumiendo entonces las características y los resultados obtenidos con este tipo de análisis ecológico en distintas áreas de los Llanos, puede apreciarse que se trata de un método que gracias al poder sintetizante de las fotografías aéreas permite obtener en poco tiempo un conocimiento amplio de las características principales de áreas extensas, estableciendo así mismo una diferenciación regional útil en consecuencias prácticas y en sugerencias teóricas como planteo de nuevos problemas y guía para posteriores líneas de investigación.

Como subproducto de estos reconocimientos a mediana escala de las sabanas llaneras se elaboró un esquema de los principales tipos de sabanas, de su distribución y de sus características ecológicas. El concepto de sabana es muy amplio y encierra comunidades muy diferentes no sólo en fisonomía, sino también en composición y en características ecológicas. Desde los densos "chaparrales" del Guárico, donde los árboles típicos de la sabana casi forman un bosque, hasta los pastizales puros que cubren grandes zonas del Apure, existe una amplia gama de comunidades cuyo conocimiento es aún muy incipiente. Sarmiento y Monasterio¹² elaboraron un esquema que permite diferenciar las principales variantes de estas sabanas y comprender cuáles son en cada caso las características fundamentales de los ambientes en que se encuentran.

Una segunda línea de investigación seguida por nuestro grupo en los Llanos fue la realización de estudios detallados, es decir a gran escala, de pequeñas parcelas, con el objeto de analizar la variación

en la composición de las comunidades vegetales y los factores ambientales más directamente correlacionados con esta variabilidad. Este análisis fitosociológico se llevó a cabo en la Estación Biológica de los Llanos de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, en las proximidades de Calabozo. Este lugar ofrecía condiciones muy favorables para este tipo de estudio pues permitía separar la acción de los factores físicos del ambiente de los efectos debidos a la acción directa o indirecta del hombre. En efecto, la sabana de la Estación Biológica llevaba en el momento de realizar el trabajo 7 años protegida tanto del pastoreo de animales domésticos como de la acción de las quemas anuales. Por otra parte, los análisis regionales a mediana escala realizados anteriormente permitían colocar el estudio fitosociológico dentro de un marco de referencia adecuado, para que no quedase como un análisis aislado, detallado y preciso, pero sin referencias con respecto a la totalidad de la región que lo circundaba.

Para estudiar la vegetación a esta escala de detalle es necesario planificar cuidadosamente las condiciones de toma de datos y de análisis de los mismos, para evitar en lo posible errores de subjetividad que vicien todas las conclusiones del estudio. A este respecto un análisis fitosociológico se asemeja por su metodología a los procedimientos modernos de encuestas o censos realizados en sociología o en psicología y utiliza herramientas estadísticas bastantes similares.

Los autores realizaron este trabajo con dos criterios levemente diferentes. En un estudio publicado en Venezuela (Monasterio y Sarmiento)⁶ hicieron énfasis en los resultados concretos del trabajo, mientras que publicaron en el extranjero (Sarmiento y Monasterio)⁸ las principales conclusiones de valor teórico o metodológico.

Se escogió un procedimiento de análisis estadístico relativamente sencillo, denominado "análisis de asociación", que trabaja con datos cualitativos y permite efectuar el análisis en un tiempo breve teniendo en cuenta las facilidades de computación de que se disponía. Se seleccionó dentro de la sabana de la Estación Biológica una parcela de 190 ha. en la que se tomaron 380 muestras de vegetación mediante un procedimiento de muestreo al azar estratificado. Los datos fitosociológicos obtenidos, unos 30.000 en total, fueron procesados en la computadora IBM 360-30 del Depto. de Computación de la U.C.V. El resultado fue una clasificación de la sabana en 23 agrupamientos, caracterizados por la presencia o ausencia de ciertas especies claves. Además en cada uno de estos agrupamientos o unidades fitosociológicas se obtuvo una indicación de cuales eran los factores ambientales más correlacionados con los mismos.

De este análisis fitosociológico y ecológico a gran escala surgieron como conclusiones más importantes, en primer lugar, la gran variabilidad en la composición de una sabana en que las condiciones climáticas, la fisonomía y la utilización eran uniformes. La diapositiva muestra la distribución en la parcela estudiada de los 23 agrupamientos vegetales. En segundo lugar, los factores ambientales que aparecieron como más significativos en la diferenciación de estas comunidades fueron: la profundidad de la coraza laterítica, la textura de los horizontes edáficos situados por encima de ella, la posición topográfica con respecto al mesorelieve muy suave y la presencia o ausencia de elementos arbóreos. Finalmente se consiguió una caracterización ecológica de las especies que definen cada agrupamiento en cuanto a cuáles de las condiciones de habitat anteriormente mencionadas resultan más favorables para su subsistencia.

Como una derivación de este trabajo, surgió así mismo la posibilidad de aplicar al análisis fitosociológico algunos procedimientos originales de taxonomía numérica que estaban siendo elaborados por Araoz en la U.C.V. Para ello se realizó un nuevo análisis, utilizando los mismos datos anteriores (Araoz, Sarmiento y Monasterio)¹ que sirvió en parte para confirmar los resultados ya obtenidos, pero con una metodología completamente diferente y además para probar esta nueva metodología demostrando su indudable interés como herramienta de análisis fitosociológico.

Esta línea de trabajo de análisis fino de la variabilidad de la vegetación se piensa continuar en los Llanos de Barinas, con un estudio paralelo de vegetación y suelo a gran escala, que permita examinar las correlaciones entre las series de suelos mapeados por los edafólogos siguiendo el sistema americano y las comunidades vegetales definidas en base a procedimientos rigurosos de análisis estadístico.

Una tercera línea de trabajo en la ecología de los Llanos se abocó más directamente al problema del comportamiento de las especies frente a las condiciones ambientales. Esta implica por un lado, un examen detenido de las características climáticas de la localidad donde se debían efectuar las observaciones y por otra parte, seguir durante uno o más ciclos climáticos anuales el desarrollo de los principales procesos fisiológicos en las especies escogidas, en particular: crecimiento vegetativo, desarrollo del follaje, floración, fructificación, germinación, caída de las hojas.

Como lugar para realizar las observaciones se eligió también la Estación Biológica de los Llanos, por las mismas razones anteriormente enunciadas. Monasterio² analizó las características climáticas de

Calabozo, lugar de registros meteorológicos más próximo a la Estación Biológica, deteniéndose particularmente en los ritmos térmicos anuales así como en la periodicidad de las precipitaciones examinadas día por día y en la duración e intensidad de los períodos de sequía. Las diapositivas muestran la marcha anual de estos factores.

Estos datos climáticos fueron utilizados para compararlos con el comportamiento de 41 especies, que incluyen árboles del bosque y la sabana, arbustos, hierbas y gramíneas (Monasterio^{3,4}). Este estudio permitió establecer los ritmos anuales de actividad de estas especies. Quedó demostrado, por ejemplo, que existen diferentes respuestas a las mismas condiciones ambientales, las que reflejan diferentes mecanismos de adaptación. Así mismo se encontró que algunas especies presentan ritmos totalmente discordantes con los ciclos térmicos e hídricos. Las diapositivas muestran algunos de los resultados obtenidos en estos trabajos.

Estudios como éste servirán no sólo como punto de partida, para emprender experiencias de manejo de los distintos tipos de sabanas, sino que aportan así mismo datos de interés teórico para comprender algunos problemas fisiológicos de las especies de la sabana y aportar elementos de juicio sumamente interesantes para dilucidar algunos problemas básicos de fitogeografía, como el origen y la antigüedad de las sabanas en el continente sudamericano.

Estas han sido, brevemente expuestas, las principales líneas de investigación que nuestro grupo ha seguido en los Llanos. Creemos que si bien ellas aportan respuestas a varios problemas importantes, no constituyen sin embargo más que una línea de partida para proyectos más elaborados y ambiciosos. La experiencia que puede obtenerse de lo realizado hasta el presente podría sintetizarse así. Los estudios ecológicos pueden contribuir apreciablemente al conocimiento básico necesario para planificar el desarrollo económico de la región llanera. Estos estudios son previos, o al menos simultáneos, por sus características de rapidez y costo y por la naturaleza de la información obtenida, a proyectos específicos más elaborados, como pueden ser los programas de colonización o riego. Por otra parte los Llanos ofrecen uno de los campos de mayor interés teórico dentro de la región tropical y sin duda toda investigación ecológica bien fundamentada que analice los problemas del medio natural llanero hará aportes significativos al desarrollo científico.

B I B L I O G R A F I A

1. Araoz, J., Sarmiento, G. & M. Monasterio. An essay in the use of association and dissociation measures in phytosociological classification. *Journal of Ecology* 59:39-50, 1971.
2. Monasterio, M. Caracterización ecológica del clima en los Llanos de Calabozo. *Revista Geográfica, ULA* 21:5-38, 1970.
3. Monasterio, M. Observation sur les rythmes annuels de la savane tropicale des Llanos du Venezuela. These, Université de Montpellier, 1968.
4. Monasterio, M. Ritmos anuales de especies de la sabana y el bosque tropical en los Llanos de Venezuela. ASOVAC, XIX Convención Anual, 1969.
5. Monasterio, M., Sarmiento, G. y J. Silva. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales. III. El Sur del Estado Apure. *Acta Científica Venezolana* (en prensa).
6. Monasterio, M. y G. Sarmiento. Análisis ecológico y fitosociológico de la sabana de la Estación Biológica de los Llanos. *Boletín Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 113-114: 477-524. 1968.
7. Sarmiento, G. y M. Monasterio. Corte ecológico del Estado Guárico. *Boletín de Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 115:83-106, 1969.
8. Sarmiento, G. & M. Monasterio. Studies on the savana vegetation of the Venezuelan Llanos. I. The use of association-analysis. *Journal of Ecology* 57: 579-598, 1969.
9. Sarmiento, G. y M. Monasterio. Análisis macroecológico de los Llanos de Calabozo. *Cuadernos Geográficos, ULA*, N° 4, 1971.
10. Sarmiento, G., Monasterio, M. y J. Silva. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales. I. Las unidades ecológicas regionales. *Acta Científica Venezolana*, 22:52-60, 1971.
11. Sarmiento, G., Monasterio, M. y J. Silva. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales, IV. El Oeste del Estado Apure. *Acta Científica Venezolana* (en prensa).
12. Sarmiento, G. & M. Monasterio. The distribution and ecological significance of the main savana types in the Venezuelan Llanos. XI Botanical International Congress, Seattle, 1969.
13. Silva, J., Monasterio, M. y G. Sarmiento. Reconocimiento ecológico de los Llanos Occidentales. II. El Norte del Estado Barinas. *Acta Científica Venezolana* 22:60-71, 1971.