

**ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE  
ECOSISTEMAS TROPICALES BAJO DIFERENTES**

**SISTEMAS DE MANEJO\***

Rufo Bazán, Ph. D. \*\*  
Gilberto Páez, Ph. D. \*\*  
Jorge Soria V., Ph. D. \*\*  
Paulo de T. Alvim, Ph. D. \*\*

**CONSIDERACIONES GENERALES**

La falta de información sobre la ecología de las regiones del trópico americano, con frecuencia conduce a un uso inadecuado de los recursos existentes, ocasionando pérdidas que afectan a la población y el grado de desarrollo de la región.

Algunas de esas regiones, especialmente aquellas localizadas en el trópico húmedo, se han mantenido casi despobladas a pesar de que en épocas pasadas contribuyeron a la economía de los países a que pertenecen, a través de la explotación extractiva de recursos naturales como el hule y la castaña. En los últimos años, el tema del desarrollo del trópico americano y más propiamente de la región amazónica, ha sido objeto de seria consideración por los diferentes países comprometidos, puesto que esta región comprende áreas de considerable extensión territorial en Venezuela (30%), Perú (60%), Bolivia (60%), Colombia (32%), Ecuador (45%), y Brasil (45%); esta

---

\* Proyecto presentado en la "Reunión Técnica de Programación sobre Investigaciones Ecológicas para el Trópico Americano", Maracaibo, Venezuela, 9-14 de abril de 1973.

\*\* Respectivamente, Edafólogo, Estadístico, Genetista, IICA, Turrialba, Costa Rica; y Fitofisiólogo, IICA, Brasil.

circunstancia crea suficiente presión política, económica y social, la cual demuestra la necesidad de planificación adecuada para un uso racional de esta región.

Ciertas condiciones ambientales parecen ser similares en toda la región. El clima puede ser considerado como caliente-húmedo y caliente-seco, con precipitaciones que fluctúan entre los 1200 y 1800 mm/año y temperatura media entre 21 y 28°C.

La vegetación está caracterizada por su heterogeneidad y composición de varios estratos con diferenciaciones marcadas causadas por factores limitantes, como excesos o deficiencias de humedad. Alterna con esta vegetación, aquella característica de sabana.

Los suelos, a pesar de que soportan en muchos lugares una vegetación exuberante, dan lugar a suponer que son ricos o de alta fertilidad natural. Sin embargo, es evidente que el bosque clímax se mantiene por el ciclo de nutrimentos propio de la planta, independientemente del suelo, y su regeneración no se consigue con la misma exuberancia inicial, mostrando claramente el bajo potencial de los suelos del área amazónica desde el punto de vista de fertilidad natural.

La consideración de los tres factores antes indicados, suelo-planta-medio ambiente, como componentes de un solo sistema y dentro de un marco de igualdad en lo que respecta a su importancia en un sistema de producción, constituye la base fundamental para el desarrollo de un sistema de agricultura adecuado a las condiciones del trópico.

## INTRODUCCION

En la actualidad son dos las modalidades tradicionales de uso de los suelos del trópico americano: la agricultura migratoria (shifting cultivation) y la actividad netamente extractiva del bosque. Los efectos de ambas modalidades, en lo que respecta a alteración del bosque o cambios ecológicos de la región, son desde luego muy diferentes.

La agricultura migratoria asume una mayor importancia por su uso extendido en la región. En sí, no representa un sistema agrícola planificado propiamente dicho, aunque es posible que constituya una técnica eficiente para un nivel de subsistencia, especialmente en áreas de baja población. Sin embargo, en ningún caso podría ser recomendada para su uso en gran escala.

El trasplante al trópico americano de otros modelos de uso de suelos, de otros ambientes de características diferentes, no ha tenido el éxito esperado, demostrando la necesidad de desarrollar sistemas propios de agricultura acordes con la drasticidad del ecosistema tropical y adecuados para explotar eficientemente las potencialidades ecológicas de la región.

El proyecto que aquí se presenta tiene como premisa fundamental el investigar diversos modelos de sistemas cuyo delineamiento muestra un gradiente de drasticidad en el uso de los suelos, partiendo del bosque nativo y ciertos sistemas que se asemejan en su manejo al bosque nativo hasta llegar a sistemas de uso intensivo, como cambio completo de la cubierta vegetal. Este tipo de investigación permite estudiar una amplia gama de sistemas, que ayudará a encontrar aquella explotación que optimice el sistema en términos de rentabilidad y productividad sostenida.

El proyecto pone énfasis en uno de los ecosistemas predominantes en el trópico americano: el ecosistema de bosque tropical húmedo de la amazonía americana. Sin embargo, se plantean modelos preliminares de investigación referentes al ecosistema de sabana, por constituir otro de los más difundidos en la región.

### Objetivos

1. Analizar los cambios ecológicos producidos por efecto de los diferentes sistemas de manejo.
2. Comparar el comportamiento de los diferentes sistemas de manejo sobre la productividad de los cultivos en diferentes condiciones de clima y suelo.
3. Desarrollar un modelo (Network) de investigación para el trópico.

### Meta

Diseñar un sistema de agricultura que permita una utilización rentable y sostenida de la región tropical.

## ASPECTOS METODOLOGICOS

### Diseño espacial

La distribución espacial o la localización de los puntos que se consideraran como centros potenciales adecuados para la instalación de experimentos de campo, que cubren un amplio espectro de la gradiente tropical, recibe la denominación de nódulos del sistema de investigación. En su mayoría coinciden con localidades donde actualmente existen facilidades para experimentación.

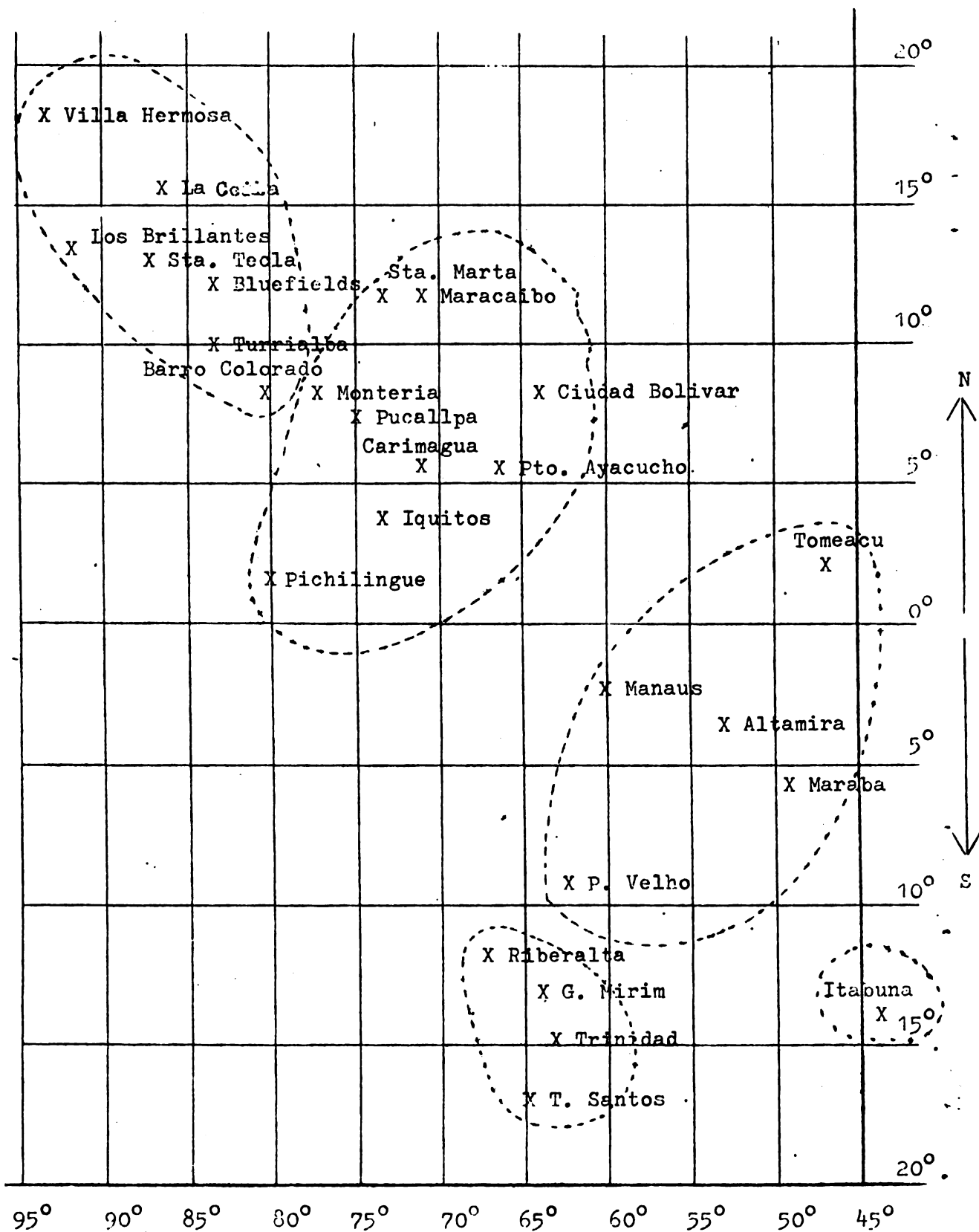


Fig. 1. DISEÑO ESPACIAL MOSTRANDO NODULOS DEL SISTEMA

La Figura 1 muestra la localización de los puntos en los diferentes países amazónicos. La selección de las localidades se ha efectuado considerando los siguientes aspectos en orden de prioridad:

- a. Posición geográfica, y
- b. Facilidades existentes.

El diagrama también permite observar que la distribución de las áreas experimentales podría en cualquier momento ser fácilmente ampliada o extendida hacia el istmo centroamericano, dando así lugar a la creación de una verdadera red, o "network", de investigación a nivel continental.

#### Diseño del experimento

En cada uno de los nódulos del sistema se instalará un experimento con 5 parcelas grandes de 2 hectáreas de superficie cada una. Cada macro-parcela será subdividida en el número de parcelas que los tratamientos indiquen. Los macro-tratamientos representan una gradiente de utilización que va desde el menos riguroso hasta el más riguroso.

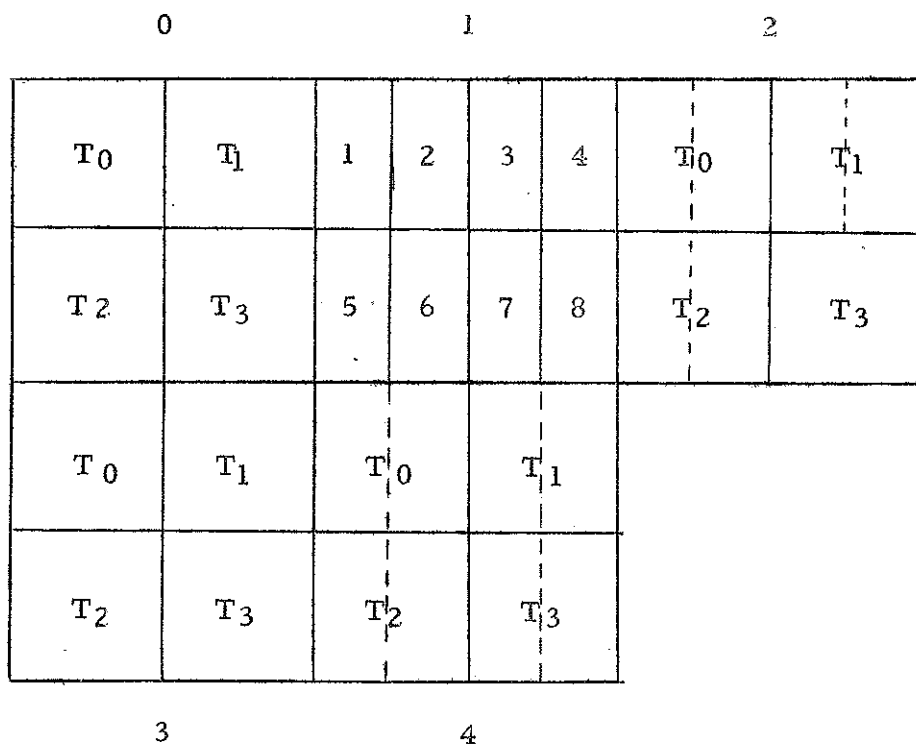


Fig. 2. Diseño del experimento

Diseño de tratamientos

Parcela	Ecosistema de bosque	
0 - Control	T <sub>0</sub>	= Testigo absoluto
	T <sub>1</sub>	= Testigo con actividad extractiva predominante en la región
	T <sub>2</sub>	= Tala parcial con regeneración natural
	T <sub>3</sub>	= Bosque nuevo con otras especies forestales maderables
1 - Cultivo en fajas o faja de explotación (Sistema Bantu)	Fajas intercaladas de explotación	
2 - Especies perennes	T <sub>0</sub>	= Cacao { Con sombra, sin fertilización Sin sombra, con fertilización
	T <sub>1</sub>	= Hule { Hule solo Hule + cultivo anual, ciclo corto
	T <sub>2</sub>	= Palma africana { Palma africana sola Palma africana + cultivo anual, ciclo corto
	T <sub>3</sub>	= Cultivos en estratos
3 - Pastos	T <sub>0</sub>	= Nativo
	T <sub>1</sub>	= Gramínea
	T <sub>2</sub>	= Leguminosa forrajera
	T <sub>3</sub>	= T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub>
4 - Cultivo anual intensivo (Anual ciclo corto vs. ciclo largo)	T <sub>0</sub>	= Gramíneas y sucesión gramínea
	T <sub>1</sub>	= Leguminosa y sucesión leguminosa alimenticia
	T <sub>2</sub>	= Gramínea + Leguminosa - Descanso - G + L
	T <sub>3</sub>	= Yuca
		Con y sin prácticas de manejo

## Descripción de tratamientos

### Parcela 0

T<sub>0</sub> = Testigo absoluto; significa la subparcela de bosque primario.

T<sub>1</sub> = Testigo con actividad extractiva predominante en la región.

Este tratamiento simula la práctica usual de explotación del bosque dirigida hacia una o más fuentes de ingreso del campesino, tales como extracción de madera, castaña, hule, otras especies comerciales, cacería, etc.

T<sub>2</sub> = Tala parcial con regeneración natural. Este tratamiento simula un raleo organizado en fajas del bosque bajo, sin afectar a las especies de bosque alto, entre las cuales se intercalan otras especies perennes como hule, cacao, etc.

T<sub>3</sub> = Bosque nuevo con otras especies forestales maderables.

Este tratamiento considera la eliminación completa del bosque natural y la formación de otro con base en especies forestales maderables.

### Parcela 1

El sistema de cultivos en fajas (sistema Bantu) da lugar a una serie de variantes. El presente modelo considera la división en 8 subparcelas, con un área de 2500 m<sup>2</sup> cada una. Cada subparcela recibirá un uso intensivo durante 3 años consecutivos, para luego quedar en descanso por un período de 21 años. Por consiguiente, se recomienda el uso de las parcelas en cultivos anuales de ciclo corto con prácticas de manejo, lo cual equivale a simular un sistema de agricultura migratoria con prácticas de manejo.



Parcela 2 - Especies perennes

- T<sub>0</sub>** = Tratamiento consistente en la plantación de cacao, con y sin prácticas de manejo:
- a. Cacao con sombra y sin fertilización
  - b. Cacao sin sombra y con fertilización
- T<sub>1</sub>** = Plantación de hule
- a. Hule solo
  - b. Hule asociado con cultivo anual de ciclo corto
- T<sub>2</sub>** = Plantación de palma africana
- a. Palma africana sola
  - b. Palma africana asociada con cultivo anual de ciclo corto
- T<sub>3</sub>** = Cultivos en estratos
- a. Primer estrato consistente en especies como castaña, hule, andiroba, especies forestales maderables
  - b. Segundo estrato consistente en especies de porte menor a los componentes del estrato anterior, como palma africana, hule, andiroba, pejibaye
  - c. Tercer estrato, consistente en especies de porte menor a los dos anteriores, como citrus u otros frutales
  - d. Cuarto estrato, formado por especies bajas como yuca y pimento do reino
  - e. Quinto estrato, formado por especies aún menores en porte, como piña y vainilla.

Parcela 3 - Pastos

- T<sub>0</sub> = Tratamiento que considera a especies nativas predominantes en la región o área
- T<sub>1</sub> = Considera especies mejoradas de gramíneas predominantes en el área o de reconocida capacidad evaluada en áreas de condiciones similares
- T<sub>2</sub> = Especies mejoradas de leguminosas predominantes en el área o de reconocida capacidad evaluada en áreas de condiciones similares
- T<sub>3</sub> = Asociación de gramíneas y leguminosas mejoradas

Parcela 4 - Cultivo intensivo anual

- T<sub>0</sub> = Considera el cultivo de gramíneas en sucesión, con y sin prácticas mejoradas de cultivo
- T<sub>1</sub> = Cultivo de leguminosas de grano en sucesión, con y sin prácticas mejoradas de cultivo
- T<sub>2</sub> = Cultivo de asociación gramínea-leguminosa de grano en sucesión, con y sin prácticas mejoradas
- T<sub>3</sub> = Considera un cultivo anual de ciclo largo, como yuca

Selección de sitios experimentales

Los sitios experimentales o nódulos principales del "Network" deberán ser representativos de áreas ecológicas predominantes en la región. Para una selección adecuada deberá obtenerse información básica referente a:

1. Perfil climático
  - 1.1 Isotermas
  - 1.2 Isoyetas
2. Perfil edáfico
  - 2.1 Características físicas
  - 2.2 Características químicas
  - 2.3 Características microbiológicas
3. Perfil económico
  - 3.1 Rentabilidad de los principales rubros agropecuarios de la región
  - 3.2 Accesibilidad y proximidad a los principales centros de consumo
4. Perfil social
  - 4.1 Estructuras predominantes en la región
    - 4.1.1 Proyectos de colonización
    - 4.1.2 Cooperativas de producción
    - 4.1.3 Empresas comunitarias

### Parámetros de evaluación

En la evaluación del sistema establecido deberán considerarse fundamentalmente los siguientes tres criterios:

1. Criterio agronómico
  - 1.1 Factor suelos

Es un hecho establecido que los rendimientos de cultivos anuales sucesivos declinan rápidamente en una agricultura migratoria. En los diferentes tratamientos deberán identificarse

el o los factores limitantes que causan la disminución de la productividad, con énfasis en:

- 1.1.1 Características físicas del suelo
  - 1.1.1.1 Compactación
  - 1.1.1.2 Relaciones suelo-agua
- 1.1.2 Características químicas del suelo
  - 1.1.2.1 Efecto de quemas en la composición química del suelo
  - 1.1.2.2 Movimiento o ciclaje de nutrimentos
  - 1.1.2.3 Relaciones materia orgánica-nitrógeno
  - 1.1.2.4 Efecto de fertilizantes en la productividad de cultivos
- 1.1.3 Características microbiológicas del suelo
  - 1.1.3.1 Cambios en la composición y actividad microbiológica del suelo
  - 1.1.3.2 Rata de mineralización de los diferentes elementos esenciales para las plantas
- 1.2 Factor planta
  - 1.2.1 Adaptación de especies y hábitos de crecimiento
  - 1.2.2 Variaciones en la composición botánica del ecosistema
  - 1.2.3 Variaciones en presencia y ausencia de malas hierbas
  - 1.2.4 Pestes y enfermedades

- 1.3 Medio externo
  - 1.3.1 Efecto en cambios de regímenes de temperatura y precipitación
- 2. Criterios económicos
  - 2.1 Productividad de los cultivos
  - 2.2 Análisis de costos y beneficios y retorno de la inversión
- 3. Criterio social
  - 3.1 Estructuras predominantes
    - 3.1.1 Proyectos de colonización
    - 3.1.2 Cooperativas de producción
    - 3.1.3 Empresas comunitarias

### MECANISMO OPERACIONAL DEL SISTEMA

El sistema deberá operar como un conjunto armónico aunque técnica y administrativamente operará sobre la base de los nódulos que en la mayoría de los casos coincide con la unidad territorial de cada país. Esto sugiere la necesidad de establecer una coordinación a nivel de país y entre países.

A continuación se sugiere el mecanismo operacional del sistema, que como base debe tener: a) un soporte institucional nacional, b) un soporte técnico nacional, y c) un coordinador general.

#### Soporte institucional nacional

Deberá existir una institución responsable en cada país cuyas responsabilidades, entre otras, serán las de obtener:

- a. Respaldo legal
- b. Soporte financiero
- c. Apoyo y cooperación de otras instituciones

Soporte técnico nacional

Deberá existir un líder técnico por país, cuya función principal será la de coordinación de actividades tendientes a mantener el normal funcionamiento del sistema a nivel nacional. Podrá contar, en lo posible, con la ayuda de un equipo técnico necesario para mantener el funcionamiento de los nódulos.

Coordinador general

Deberá existir un Coordinador General a nivel regional o de área, cuyas obligaciones entre otras serán:

- a. Mantener un flujo constante de informaciones entre países
- b. Efectuar reuniones de intercambio técnico a nivel de región o de área
- c. Promover el adiestramiento de personal técnico de los países afectados
- d. Procurar soporte técnico y financiero para el normal desarrollo del sistema en un todo.

---oooOooo---

## APENDICE

ECOSISTEMA DE SABANA

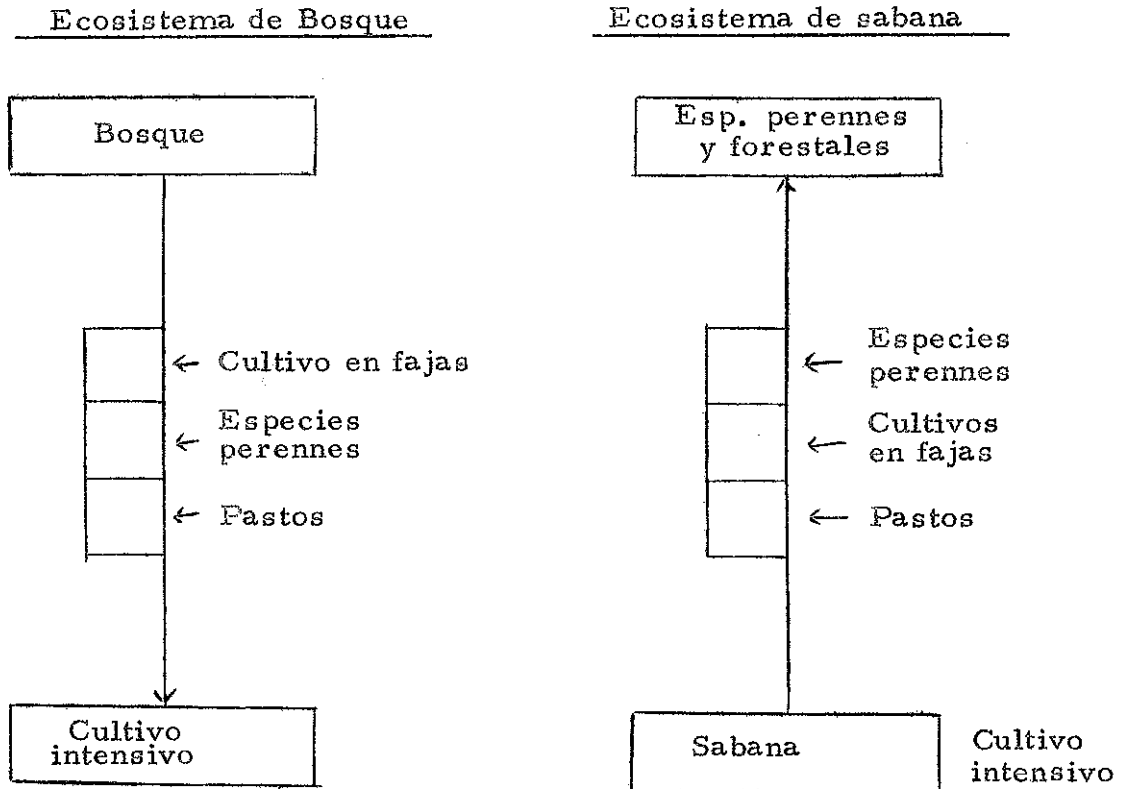
El ecosistema de sabana constituye otro de los predominantes en la región amazónica del trópico americano. Por lo general, presenta limitaciones más profundas que el ecosistema de bosque, resultantes principalmente de las condiciones de clima y de suelo que prevalecen en las áreas afectadas.

Por consiguiente, en el manejo de este ecosistema, como punto de partida se tienen condiciones de vegetación y de suelo altamente deficientes, comparadas con aquellas predominantes en una de vegetación arbórea.

Ambos ecosistemas, dentro de un modelo de investigación, presentan tanto similitudes como divergencias; por ejemplo, ambos a  $T_0$  (tiempo de partida) se encuentran en una condición clímax, aunque de condiciones diferentes, posiblemente de un mayor potencial aquella correspondiente al de bosque. Igualmente en ambos se busca un modelo de manejo adecuado que optimice el sistema.

Las divergencias se presentan fundamentalmente en la gradiente de uso que se establece en los ecosistemas, en el de bosque la gradiente de uso aumenta en rigor o drasticidad, de manera que teóricamente podría llegarse a un agotamiento del factor suelo, a la par de grandes cambios ecológicos profundos bajo un sistema intensivo de uso, si acaso no se utilizan prácticas mejoradas de cultivo. Por el contrario, en el ecosistema de sabana la gradiente de uso disminuye en intensidad conforme la cubierta se aproxima a la conformada por especies perennes y forestales. Es posible que en ambos

sistemas el punto de equilibrio en el que se optimiza el sistema llegue a coincidir en su posición respecto a los extremos.



SUGERENCIAS PARA UN MODELO DE INVESTIGACION  
EN ECOSISTEMAS DE SABANA

El modelo que se sugiere sigue el mismo diseño experimental que el considerado para el ecosistema de bosque; de esta manera, en caso de llevárselo a la práctica, pudiera hacerse comparativo entre ambos sistemas.

Posiblemente el diseño espacial podría sufrir algunas modificaciones, de manera que se requeriría localizar nuevos nódulos del sistema.



El diseño de tratamientos muestra diferencias con el otro sistema, como era de esperar. En este caso la gradiente de uso se ha establecido en sentido decreciente de drasticidad de uso, con tratamientos que promueven cambios parciales y totales de la cubierta vegetal con cultivos anuales y prácticas mejoradas hasta llegar al menos riguroso que considera la implantación de especies perennes y forestales maderables.

### Diseño de tratamientos

#### Parcela

0 - Control	$T_0$ = Testigo absoluto $T_1$ = Testigo con cierto manejo (i. e. fertilizantes) $T_2$ = Sustitución parcial $T_3$ = Sustitución total de la cubierta vegetal
1 - Pastos	$T_0$ = Nativo $T_1$ = Gramínea $T_2$ = Leguminosa forrajera $T_3$ = Asociación gramínea-leguminosa forrajera
2 - Cultivo en fajas	Fajas intercaladas de explotación, siguiendo la misma disposición de subparcelas en el ecosistema de bosque
3 - Especies perennes	Especies perennes de porte arbóreo adecuadas a las condiciones existentes, solas o en asociación con cultivos anuales de ciclo corto
4 - Especies forestales maderables	Sustitución total de la vegetación original con especies forestales maderables, adecuadas a las condiciones existentes