

JICA-CIDIA

CATIE

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Programa de Cultivos Anuales

AGROECOSISTEMAS DEL TROPICO

Robert D. Hart

NO

Documento presentado en el Curso sobre Control Integrado de Plagas en Sistemas de Producción para Pequeños Agricultores, Turrialba, agosto 27 - setiembre 20, 1979.

Turrialba, Costa Rica

1979

AGROECOSISTEMAS DEL TROPICO

Robert D. Hart*

Un ecósistema es un sistema de organismos vivientes y el medio con el cual intercambian materia y energía (2); este sistema es una de las unidades más estudiadas en Ecología. Existen muchas metodologías y herramientas que los ecólogos han desarrollado durante los últimos años para analizar y entender como funcionan estas unidades.

Un agroecosistema es un ecosistema que cuenta por lo menos con una población con valor agrícola; la población o las poblaciones agrícolas pueden ser cultivos, animales o ambos. Estos cultivos o animales interactúan con otras poblaciones bióticas como malezas, insectos, y enfermedades para formar una comunidad biótica. La comunidad biótica interactúa con el ambiente físico para formar un agroecosistema.

Una importante diferencia entre ecosistemas naturales y agroecosistemas es que el desempeño de un agroecosistema está directamente influido por la intervención del hombre. Esta intervención es programada; el agricultor tiene un propósito para el sistema y maneja el sistema a base de un plan de manejo.

Aunque los agroecosistemas no son ecosistemas naturales, todavía son ecosistemas y muchos de los conceptos ecológicos como flujo de energía, ciclaje de materiales, etc. son aplicables al estudio de agroecosistemas. Como los agroecosistemas contienen poblaciones de plantas y animales que interactúan, los conceptos ecológicos relacionados con la interacción entre poblaciones, como competencia y depredador-presa, también tienen aplicabilidad.

Hay dos tipos de agroecosistemas; los que tienen un subsistema de cultivos (pueden ser anuales, perennes, árboles, etc.) y los que tienen un subsistema pecuario. En la siguiente discusión de la estructura y función de agroecosistemas, se enfatizan los agroecosistemas con cultivos.

Existen muchas similitudes entre agroecosistemas del trópico y agroecosistemas de zonas templadas, pero también existen muchas diferencias importantes. Tienen diferentes características estructurales y a la vez diferencias en funcionamiento. Lo que sigue es un resumen de las características generales de estructura y función de agroecosistemas tropicales. Esta caracterización es seguida por una breve descripción de las

* Especialista en Sistemas de Producción. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

diferencias principales entre agroecosistemas del trópico y los de zonas templadas.

ESTRUCTURA

Los componentes de un agroecosistema con cultivos son:

1. Poblaciones de plantas; cultivos y malezas.
2. Poblaciones de animales; herbívoros y carnívoros naturales.
3. Poblaciones de micro-organismos; virus, bacterias y hongos beneficiosos y también micro-organismos dañinos.
4. Nutrientes del suelo.
5. Agua del suelo.

Estos componentes interactúan para formar arreglos con características relacionadas con la estructura de los agroecosistemas. Esta distribución puede ser en el tiempo y en el espacio. Ejemplos hipotéticos de arreglos espaciales y arreglos cronológicos de diferentes componentes de un agroecosistema están resumidos en la Figura 1.

Arreglos de cultivos

Quando las poblaciones de plantas de un agroecosistema incluyen cultivos, se puede separar estas poblaciones de las otras plantas e identificar un arreglo de cultivos. Un arreglo de cultivos es la distribución de los cultivos en el tiempo y el espacio. Se notará que un arreglo de cultivos no es un sistema de cultivos, porque no incluye el concepto de función. En inglés se refiere a esta unidad como un "cropping pattern"

Arreglos de malezas

Las malezas de un agroecosistema también están distribuidas en el tiempo y el espacio. Durante un período de tiempo es posible describir el cambio en especies de malezas al desarrollarse un agroecosistema. También, en un instante de tiempo dado se puede describir la posición espacial (por ejemplo, en los surcos sembrados con cultivos, o en la calle entre los surcos) de los diferentes tipos de malezas que ocupan el sitio.

Arreglos:

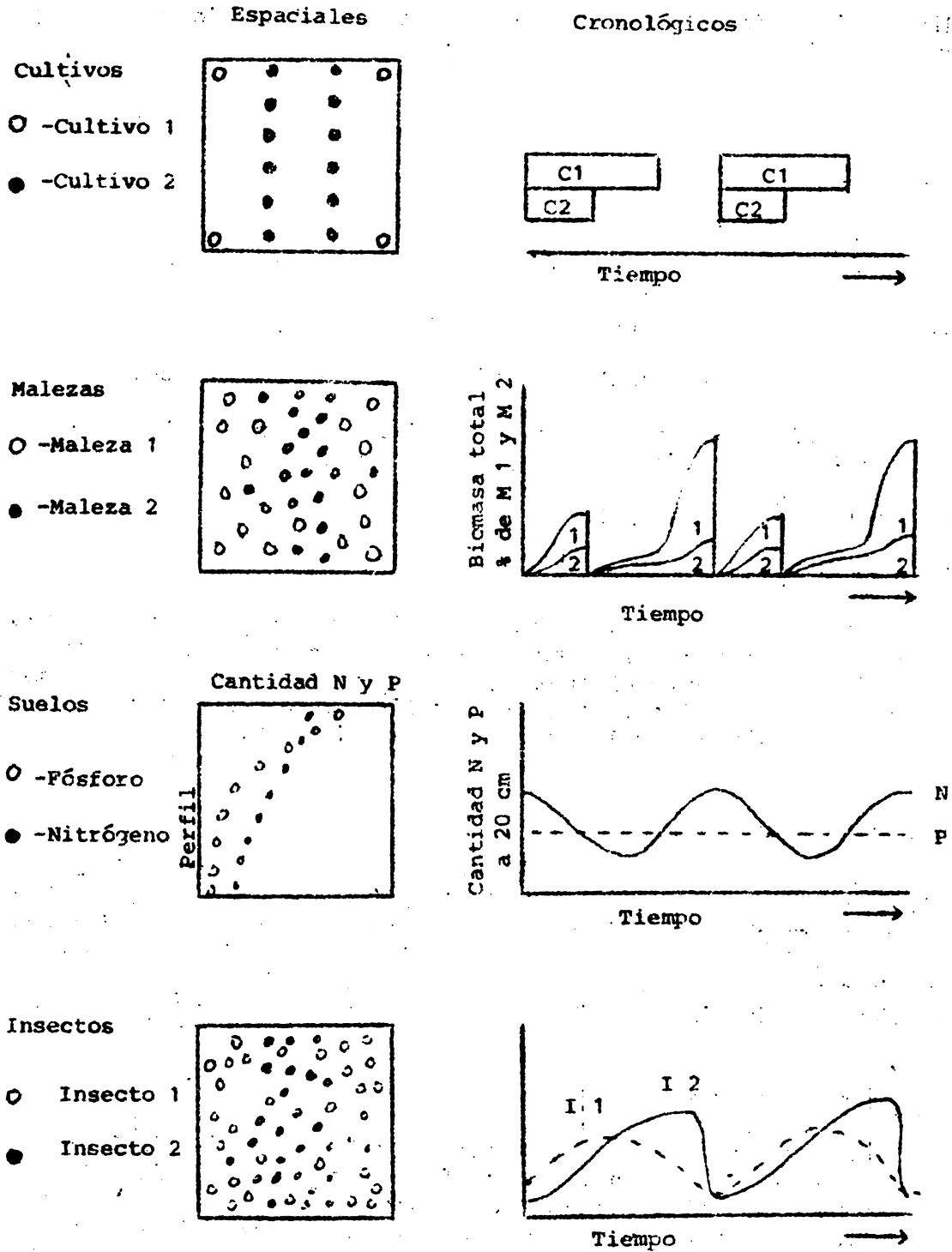


Figura 1. Arreglos espaciales y cronológicos hipotéticos de cultivos malezas, nutrientes de suelo, e insectos de un agroecosistema.

Arreglos de insectos y enfermedades

De la misma manera que se puede describir la distribución de plantas en el tiempo y el espacio, los insectos y enfermedades también pueden tener un arreglo cronológico y espacial. El ciclo de vida de un insecto dañino tiene mucha relevancia en el estudio de estructura de un agroecosistema. La distribución espacial de enfermedades también puede contribuir a la estructura de un agroecosistema. La distribución espacial de enfermedades también puede contribuir a la estructura del agroecosistema.

Arreglos físicos dentro del suelo

Los nutrientes y el agua del suelo dentro del subsistema de suelos de un agroecosistema también tienen una distribución en el tiempo y el espacio. Tal vez la distribución espacial más importante de estos componentes está relacionada con la disponibilidad de nutrientes y agua a diferentes niveles de profundidad en el perfil del suelo. Cambios en esta disponibilidad en el tiempo generan un arreglo cronológico.

FUNCION

Los componentes bióticos y físicos del agroecosistema interactúan y funcionan como un sistema. Flujos de energía, materiales e información entran y salen en los diferentes subsistemas y el resultado es un desempeño dinámico del agroecosistema.

La Figura 2 es un diagrama de un agroecosistema con un sistema de cultivos con dos cultivos. Las fuentes del sistema incluyen radiación solar, precipitación, nutrientes disponibles como resultado de mineralización, herbívoros, enfermedades, micro-organismos del suelo, semillas de cultivos, malezas, energía humana y energía de maquinaria o animales de tracción. Esta energía de manejo, las semillas de los cultivos y los insumos agrícolas (fertilizante, herbicida, insecticida y fungicida) entran al sistema a base de un plan de manejo del agricultor. Las otras entradas como radiación, precipitación, herbívoros, etc. están fuera del control del agricultor, aunque el agricultor sí puede afectar estos flujos cuando ya están dentro del sistema.

Subsistema de suelos

Agua, nutrientes y semilla entran al agroecosistema por medio del subsistema de suelos y este subsistema funciona como un almacenamiento de estas entradas. Estos flujos entran al subsistema de suelos del

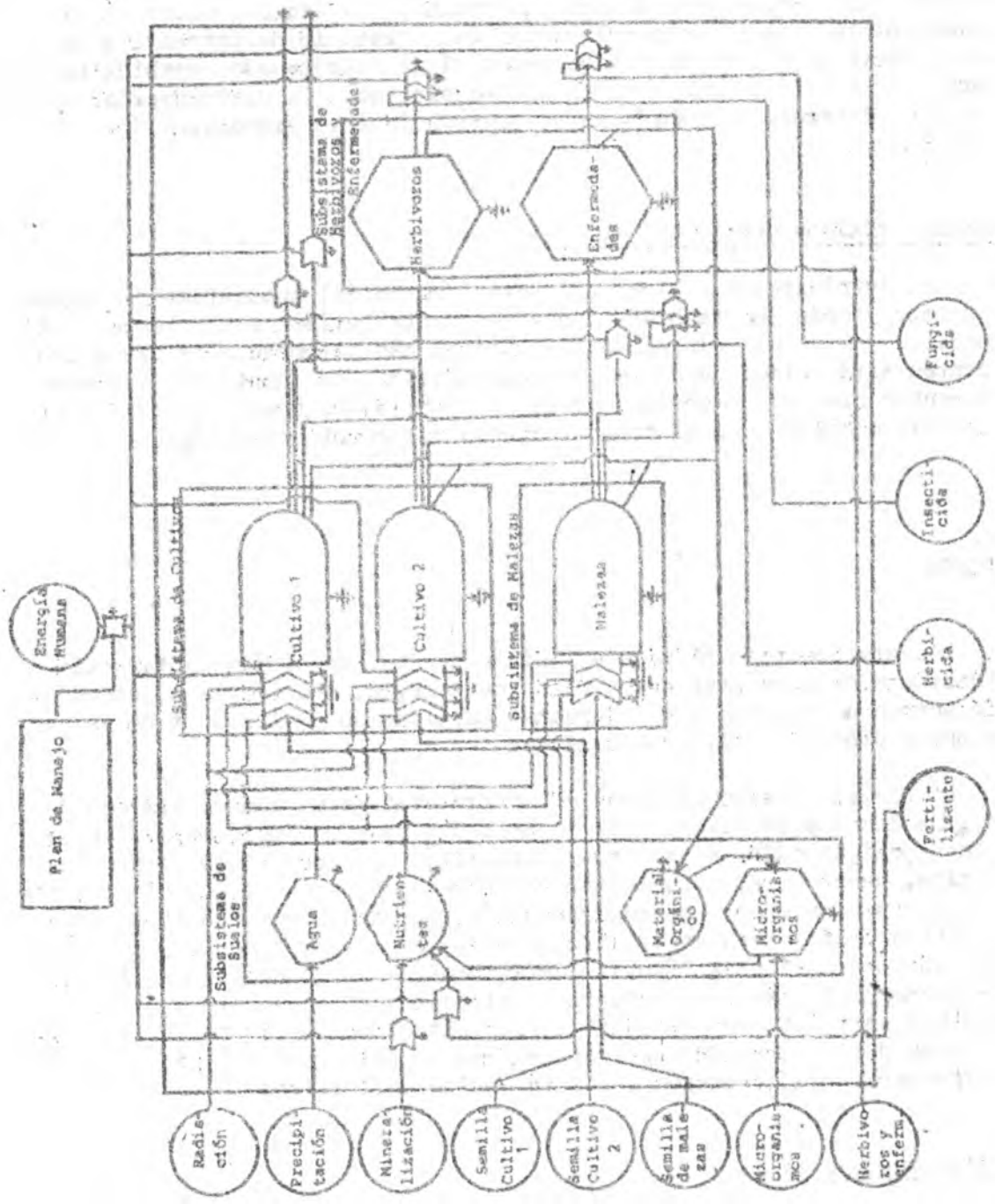


Figura 2 Flujo de materiales, energía e información por un agroecosistema con un subsistema de cultivos con dos cultivos

medio ambiente. La materia orgánica es otra entrada al subsistema de suelos, pero este flujo entra cuando mueren las plantas y animales del agroecosistema. El subsistema de suelos es un sistema muy complejo, contiene procesos bióticos como la actividad de micro-organismos que liberan nutrientes de la materia orgánica, procesos físicos como el movimiento de agua y procesos químicos como fijación de nutrientes, etc.

Subsistema de cultivos y subsistema de malezas

Las poblaciones de cultivos y malezas compiten por el agua, los nutrientes del suelo y por radiación solar. Estos arreglos de cultivos y arreglos de malezas toman estas entradas y por medio de procesos fisiológicos producen biomasa de cultivos y malezas y funcionan como sistemas de cultivos y sistemas de malezas.

Generalmente hay un incremento en las poblaciones de cultivos cuando se incrementa las entradas de semillas, agua, nutrientes y radiación, hay una disminución cuando mueren las plantas (cuando terminan un ciclo de vida o con la aplicación de herbicida en el caso de malezas) y cuando los herbívoros y las enfermedades imponen un efecto negativo.

Subsistema de herbívoros y enfermedades

Los arreglos espaciales y cronológicos de herbívoros y enfermedades también funcionan como un sistema. Las poblaciones aumentan con el consumo de cultivos y malezas y con la migración de más organismos, y disminuyen cuando los organismos mueren (o por causas naturales o por efecto de la aplicación de insecticida y fungicida), cuando los organismos salen del agroecosistema, y cuando hay menos cultivos y malezas para comer. La relación entre las plantas y los insectos de un agroecosistema es de tipo depredador-presa.

Plan de manejo

Los objetivos del agricultor al manejar un agroecosistema siempre están relacionados con el sistema de cultivo (o el sistema de animales en casos cuando el agroecosistema tiene un subsistema pecuario). Pero para conseguir un desempeño del sistema de cultivo consistente con sus necesidades, el agricultor aplica un plan de manejo a nivel de agroecosistema y realiza los siguientes tipos de actividades:

1. Introduce semillas de cultivos, sembrándolas en un arreglo espacial y realiza actividades de manejo de los cultivos como raleo, podas, etc. si es necesario.
2. Aumenta las entradas naturales del sistema, añadiendo nutrientes (fertilizante), preparando el suelo para aumentar la mineralización natural e incorporando materia orgánica.

3. Disminuye la competencia de las malezas, preparando el suelo en una forma para disminuir la propagación de malezas, sacando las malezas a mano, o aplicando herbicida.
4. Disminuye el efecto negativo de los herbívoros y enfermedades aplicando insecticidas y fungicidas.
5. Cosecha la biomasa de cultivos con valor agrícola.

La decisión de realizar estas actividades es un resultado de un plan de manejo. Antes de tomar una decisión, el agricultor considera la fecha, el ambiente y el estado actual del agroecosistema. La Figura 3 es un bosquejo de un plan de manejo para un agroecosistema con un sub-sistema de cultivos de maíz y maicillo (sorgo). Se supone que al empezar un ciclo, el agricultor tiene en mente los cultivos que va a sembrar y como va a preparar el terreno, deshierbar, controlar insectos y enfermedades y cosechar los cultivos. También se supone que el agricultor tiene en mente sobre cual base va a tomar la decisión de implementar estas actividades.

En el plan resumido en la Figura 3 el agricultor decide chapear las malezas antes de preparar el suelo, considerando solamente la fecha. Por ejemplo, el agricultor se pregunta: ¿es el mes de marzo?, si la respuesta es no, él espera; si la respuesta es sí, el agricultor implementa su plan de cómo chapear.

Un agricultor puede tomar decisiones a base de las condiciones del agroecosistema sin considerar otros factores. Por ejemplo, pudiera decidir cuando limpiar mirando la cantidad de malezas en el agroecosistema y decidir cuando cosechar usando criterios asociados con la madurez fisiológica de los cultivos. El ambiente también puede ser un factor sobre el cual toma decisiones. Por ejemplo, un agricultor pudiera decidir sembrar a base de la cantidad de lluvia en un período.

En muchos casos las decisiones de manejo se toman con base en una combinación de la fecha, el ambiente y la condición del agroecosistema. Por ejemplo, un agricultor pudiera decidir aplicar fertilizante en el mes de mayo (fecha), cuando ha llovido por lo menos dos veces (ambiente), y cuando el maíz tiene 30 cm de altura (el agroecosistema).

El plan de manejo resumido en la Figura 3 es mucho más simple que un plan real de un agricultor. En muchos casos los planes no son ciclos simples; el agricultor considera opciones. Un diagrama de un plan de manejo con opciones tendría más de una manera para completar el ciclo. Un ejemplo de un plan con opciones sería el caso en el cual un agricultor espera sembrar una rotación de arroz-frijol o una rotación de maíz y frijol intercalado seguido por frijol. El agricultor decide sembrar arroz o maíz + frijol en base a la lluvia; si llueve en mayo, él siembra arroz; si no llueve hasta junio él siembra maíz + frijol. Al terminar la cosecha de arroz o de maíz + arroz, el agricultor prepara el terreno y siembra frijol. Un diagrama de este plan de manejo tendría una línea

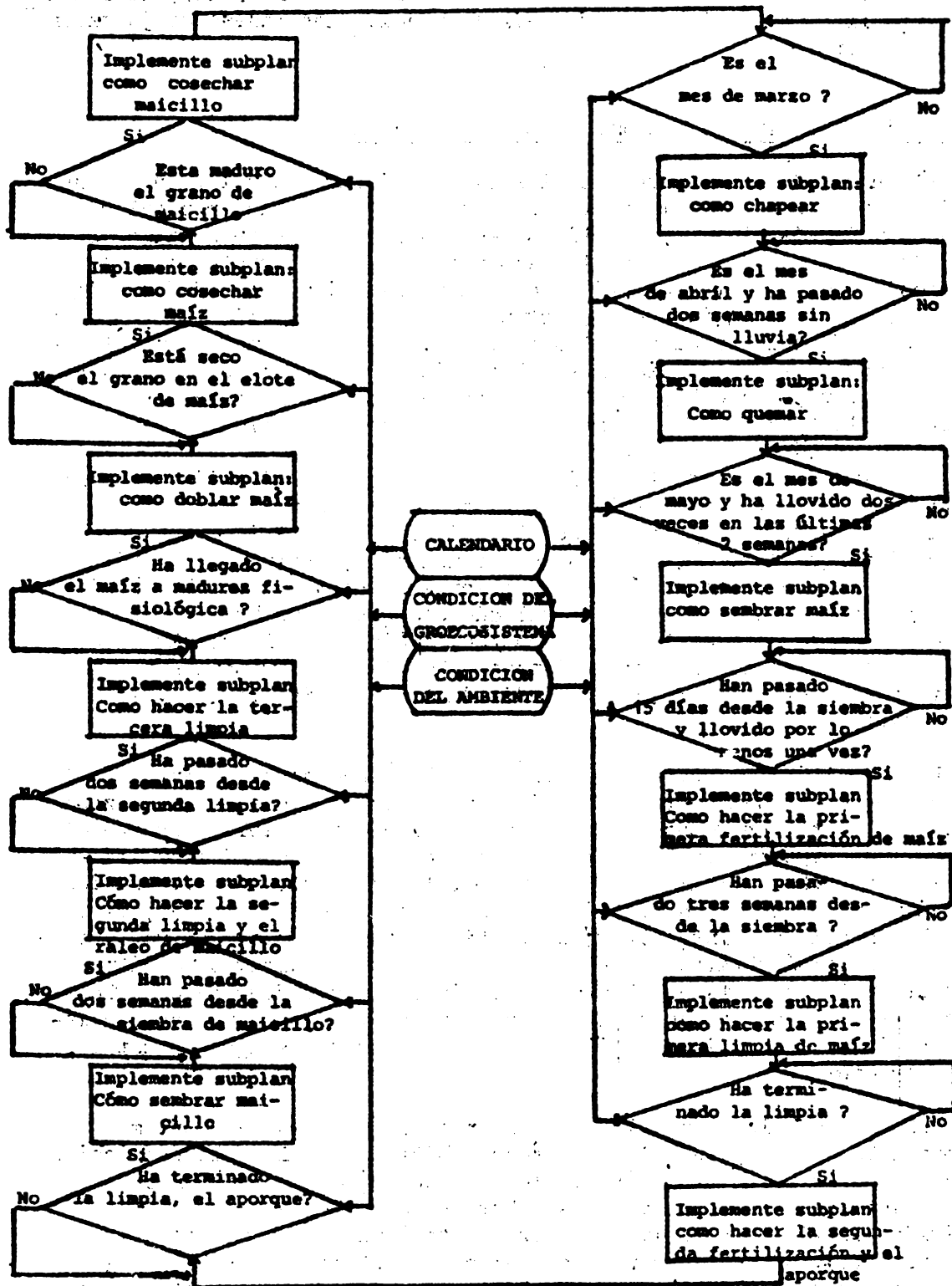


Figura 3 Un plan de manejo hipotético para un agroecosistema con un sistema de cultivos de maíz y maicillo.

describiendo las decisiones en el manejo de arroz y otra línea, describiendo las decisiones en el manejo de maíz + frijol. Las líneas se juntarán con la siembra del frijol.

Comparación con agroecosistemas de zonas templadas

El Cuadro 1 es un resumen de las diferencias principales entre agroecosistemas de zonas templadas y agroecosistemas de zonas tropicales. La diferencia más obvia entre climas templados y climas tropicales es la variabilidad cronológica de la temperatura. Las estructuras de los agroecosistemas en estos dos tipos de climas reflejan estas diferencias. A su vez, las diferencias en las estructuras de los dos tipos de agroecosistemas afectan la función de los sistemas. Las diferencias en estructura y función de agroecosistemas del trópico y de zonas templadas son suficientes, tanto que hay que tener mucho cuidado en la transferencia directa de la tecnología de zonas templadas a zonas tropicales.

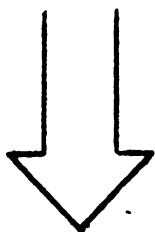
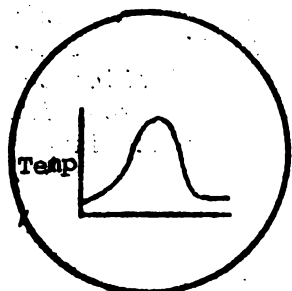
El cultivo individual ha sido la unidad de investigación agrícola que tradicionalmente ha recibido mayor atención en zonas templadas. Este enfoque ha tenido éxito porque los sistemas de cultivos de los agroecosistemas en zonas templadas son simples, generalmente con sólo un cultivo. La baja temperatura en el invierno reduce las malezas, insectos y enfermedades a un estado tal, que el cultivo sembrado en la primavera recibe relativamente poca competencia biótica. El resultado es que el cultivo domina el agroecosistema. Es lógico, por lo tanto, que investigación enfocada al cultivo individual sea aplicable a nivel de agroecosistema.

En el trópico la poca variabilidad de la temperatura durante el año produce una comunidad biótica muy diferente a un agroecosistema de zonas templadas. Para aprovechar los recursos físicos disponibles durante el año, y para competir con las malezas, insectos y enfermedades que también se aprovechan del ambiente favorable, los agricultores del trópico tradicionalmente han diseñado sistemas de cultivos con dos o más cultivos. Estos cultivos interactúan en el tiempo (rotaciones, relevos, etc.) y en el espacio (cultivos intercalados, etc.). Los cultivos también interactúan fuertemente con las malezas, insectos y enfermedades. Ecológicamente, un cultivo es solamente un componente más en un agroecosistema tropical y no domina el sistema como en el caso de agroecosistemas en zonas templadas.

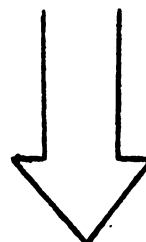
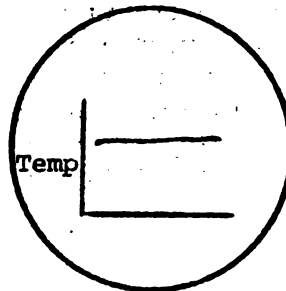
Debido a que los agricultores del trópico usan generalmente menos insumos químicos, y porque la competencia biótica es alta, la producción agrícola de agroecosistemas tropicales en muchos casos es menor que agroecosistemas de zonas templadas. Esto sucede a pesar de que la productividad ecológica (cultivos, malezas, etc.) puede ser más alta en el trópico (1). Pero los agroecosistemas del trópico generalmente producen más diversidad de productos y la producción de un producto ocurre más frecuentemente en el año.

Cuadro 1. Una comparación entre la estructura y función de agroecosistemas de ambientes templados y ambientes tropicales.

Ambiente templado

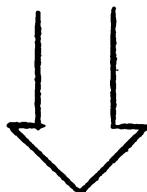


Ambiente tropical

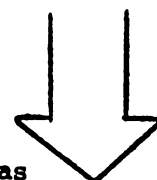


Estructura de agroecosistemas

- Un cultivo con cero interacción espacial y poca interacción cronológica.
- Baja diversidad de malezas, insectos y enfermedades; baja interacción entre especies.



- Dos o más cultivos con interacción espacial y con interacción cronológica.
- Alta diversidad de malezas, insectos y enfermedades; alta interacción entre especies.



Función de agroecosistemas

- Baja eficiencia en la fijación de energía solar y nutrientes.
- Reciclaje de nutrientes, de poca importancia.
- Producción alta, pero solamente una vez al año.
- Producción limitada por aspectos físicos.

- Alta eficiencia en la fijación de energía solar y nutrientes.
- Reciclaje de nutrientes de alta importancia.
- Producción baja, pero ocurre dos o más veces en el año.
- Producción limitada por aspectos físicos (agua) en zonas húmedo-secas y aspectos bióticos en zonas húmedas.

Las diferencias en la estructura y función de agroecosistemas tropicales y agroecosistemas de zonas templadas es tal que las estrategias de manejo de los dos sistemas pueden ser muy diferentes. En zonas templadas, se ha enfatizado el incremento de insumos y la selección de variedades que responden a estos insumos. La complejidad e interacción entre los componentes de agroecosistemas tropicales implica una estrategia compleja que incluye un control integrado de malezas, insectos y enfermedades. La investigación para mejorar los agroecosistemas tropicales tiene que partir de esta realidad.

LITERATURA CITADA.

1. JANZEN, D. H. Tropical Agroecosystems. Science 182:1212-1219. 1973.
2. SUTTON, D. B. y HARMON N. P. Fundamentos de ecología. Traducido al español por J. G. Velasco F. México, Editorial Limusa. 1977. 295 p.

