

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL
DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA**

CATIE

**SUBDIRECCION DE CAPACITACION Y COOPERACION TECNICA
UNIDAD DE CAPACITACION**

**GUIA DE
ACTIVIDADES**

del curso agroecosistemas

(PARTE II)

ROBERT D. HART

**TURRIALBA, COSTA RICA
FEBRERO, 1980**

PRESENTACION DE LA II PARTE

Como se dijo en la I Parte de estas Guías de Actividades, se presentan en esta II Parte las prácticas modificadas que se ofrecieron en el curso "Agroecosistemas" a partir de julio de 1980.

Las mismas fueron realizadas por el profesor Dr. Robert D. Hart con la colaboración de la Unidad de Capacitación. Para este curso la Unidad contrató a tres estudiantes avanzados de posgrado, para que colaboraran en calidad de auxiliares de docencia.

Las guías de prácticas que se presentan aquí, son solamente un avance para ejemplificar la metodología de trabajo de la Unidad de Capacitación. En ellos no se incluyen lecturas complementarias de las prácticas, informes de los estudiantes, resultados de la práctica vivencial en la República de Honduras, ni materiales educativos producidos como diapositivas, sonovisos, etc.

Unidad de Capacitación
Subdirección de Capacitación y Cooperación Técnica
Agosto de 1980

<u>FECHA</u>	<u>ACTIVIDAD</u>	<u>RESPONSABLE</u>	<u>COLABORADOR</u>
2 al 5-7-80	Organización de prácticas en Hontureas	Hart	Rockembach Jiménez
2 al 5-7-80	Organización de prácticas en Honduras		Serpa Moreno
7 al 11-7-80	Preparación práctica en Honduras	Hart	Rockembach Jiménez Serpa Moreno
13 al 20-7-80	Práctica en Honduras: Análisis de una Región como sistema	Hart	Rockembach Jiménez Serpa Moreno
9 al 11-7-80	Preparar práctica de subsistema suelos	Serpa	Hart Burgos Rockembach Jiménez
22-7-80	Dictar práctica de subsistema	Burgos	Hart Serpa Rockembach Jiménez
23 al 25-7-80	Preparar práctica de subsistema de cultivos	Serpa	Hart Holle Rockembach Jiménez
29-7-80	Dictar práctica subsistema de cultivos	Holle	Hart Serpa Jiménez Rockembach
30-7-80 al 2-8-80	Preparar práctica subsistema insectos	Jiménez	Hart Saunders Rockembach Serpa

<u>FECHA</u>	<u>ACTIVIDADES</u>	<u>RESPONSABLE</u>	<u>COLABORADORES</u>
9-5-80 al 4-6-80	Programación actividades Prácticas para el curso de Agroecosistema	Jiménez Rockembach Serpa	Hart Moreno
4 al 9-6-80	Preparar práctica #1. Análisis de sistemas por medio de simulación con modelos	Serpa	Hart Rockembach Jiménez Moreno
10-6-80	Dictar práctica #1.	Serpa	Hart Rockembach Jiménez
11-6-80 al 14-6-80	Preparar práctica #2. Análisis de productividad de un ecosistema natural	Rockembach	Jiménez Hart Serpa Moreno
16 y 17-6-80	Dictar práctica #2.	Rockembach	Hart Serpa Jiménez
18 al 21-6-80	Preparar práctica #3. Ubicación de información secundaria dentro de la jerarquía de sistemas agrícolas	Jiménez	Serpa Rockembach Hart
23 y 24-6-80	Dictar la práctica #3.	Jiménez	Serpa Rockembach
25 al 28-6-80	Preparar práctica #4. Diagramación de fincas	Rockembach	Hart Serpa Jiménez Moreno
1a-7-80	Dictar práctica #4.	Rockembach	Jiménez Serpa

Observaciones:

- a) La preparación de las prácticas en: preparación, obtención y diseño de materia, redacción e implementación de la guía de la práctica.
- b) Dictar la práctica consistió en: presentar, indicar en forma explícita la práctica y asesorar el grupo en la realización de la misma.
- c) En cada práctica impartida se asignó una tarea al grupo que posteriormente fueron corregidas.
- d) En cada práctica se le entregó al grupo de estudiantes una selección de publicaciones referentes a esa práctica.

CURSO AGROECOSISTEMA

PRACTICA N° 1

ANALISIS DE SISTEMA POR UNA SIMULACION CON MODELOS

Objetivos:

Al finalizar esta práctica el estudiante será capaz de:

1. Identificar y conocer los elementos de un sistema.
2. Conocer y comprender la metodología para analizar un sistema.
3. Diferenciar un modelo cuantitativo de uno físico y de uno matemático.
4. Como cuantificar y evaluar modelos.
5. Relacionar la estructura de un sistema con su funcionamiento.
6. Entender los conceptos de flujo, almacenamiento e integración de entradas y salidas y como describir este fenómeno usando ecuaciones diferenciales.

Materiales:

1. Un pequeño recipiente de vidrio con una salida inferior.
2. Tubería de hule que se conecten a una llave de agua cuyo flujo puede regularse.
3. Dos prensas para regular la entrada y salida del flujo de agua.
4. Una batería de 12 voltios o 2 de 6 voltios
5. Un capacitor
6. Un par de resistencias variables tipo circular.
7. Tablero de madera perforada.

ANALISIS DE UN SISTEMA HIDRAULICO

Aunque los sistemas físicos, bióticos y sociales pueden ser muy diferentes la secuencia para el análisis de cualquiera de ellos puede ser muy similar Hart (1) indica que un análisis de un sistema requiere de una serie de pasos lógicos para satisfacer el propósito de definir objetivamente la relación entre la estructura y función del sistema bajo estudio, siendo dichos pasos lógicos los siguientes:

1. Identificación del sistema que se espera analizar.
2. Construcción de un modelo conceptual y preliminar del sistema.
3. Validación del modelo preliminar
4. Modificación y revalidación de nuestro modelo.

Para entender estos pasos vamos a analizar un sistema físico (hidráulico) el cual fue tomado por ser sensible, y aunque parezca muy diferente a los sistemas con los cuales usted trabaja como investigador agrícola, la secuencia de análisis es la misma para sistemas agrícolas.

Observaciones de un sistema real:

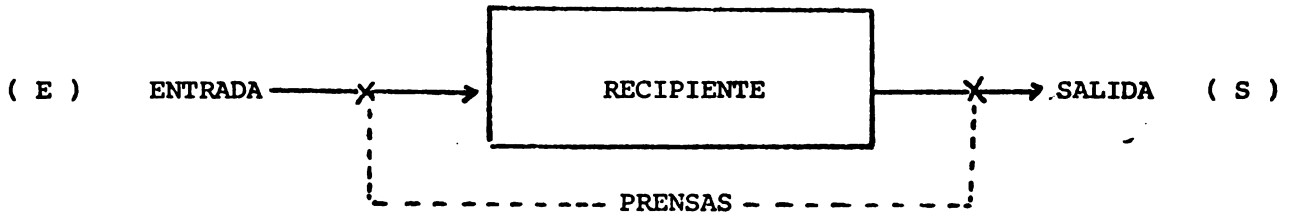
1. Identificación y descripción del Sistema.

En el laboratorio encontramos un sistema hidráulico con los siguientes componentes:

- 1.1 Dos tubos de hule con prensas para regular el flujo de agua por los tubos.
- 1.2 Una probeta modificada para tener una salida inferior.

2. Diagrama del sistema real.

Estos componentes están conectados y constituyen un sistema que podemos representar así:



3. Experimentación con un sistema real (ejercicio)

-Programa a funcionar nuestro sistema real, dejando la prensa que regula la salida como está, abra la llave que impulsa agua al sistema.

Llamaremos K_1 y K_2 a las prensas de entrada y salida.

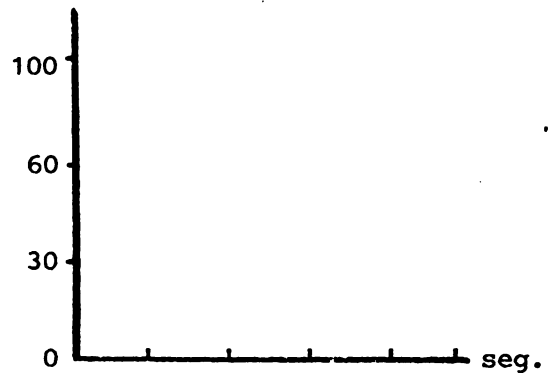
-Regule K_1 hasta que el sistema se estabilice, con líquido entrando y saliendo de él.

-Como podríamos calcular el flujo de agua que entre y sale del sistema estable. ¿Si el sistema es estable es necesario medir los dos Flujos?. Una forma sencilla para medir el flujo por el sistema es usar otra probeta y con un cronómetro medir cuantos segundo se demora en llenar 100 ml.

-Ahora podemos en el espacio de abajo elaborar un diagrama (modelo más cuantitativo que el anterior), indicando el flujo de entrada, salida y la cantidad almacenada de agua.

-Ya que se está trabajando con números reales creemos que es tiempo de dar tu toque matemático a nuestro análisis (Modelo matemático ó expresión matemática del fenómeno): Tome la probeta N° 2 de 100 ml y calcule cuantos segundos se requiere para llevarla hasta 30, 60 y 100 ml. Llene el cuadro siguiente y elabore un gráfico con los resultados.

Cantidad (ml)	Tiempo (seg)
30	_____
60	_____
100	_____

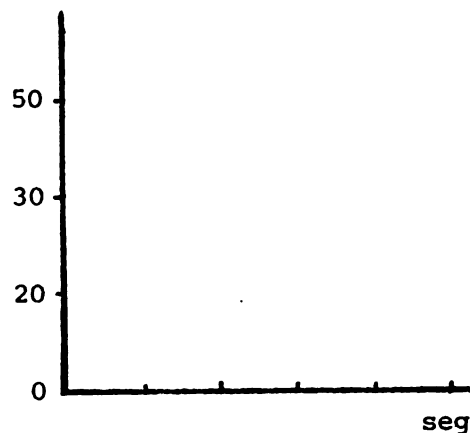


- ¿El flujo de agua que entra al sistema es afectado por la cantidad de agua dentro del recipiente?
- ¿La misma pregunta pero en forma matemática es: la entrada al sistema es función de la cantidad almacenada?
- Como el gráfico que usted elaboró es una línea recta sabemos que la cantidad de agua que entra por unidad de tiempo es una constante.

$$\text{Entrada (e)} = (K_1)$$

- Ponga a funcionar el sistema en un estado estable. Coloque $K_1 = 0$ (La entrada es cero) y calcule cuantos segundos requiere el agua almacenada (Δ) para bajar y 30 y 20 ml. Elabore un gráfico.

Cantidad (ml)	Tiempo (seg)



-¿La cantidad que sale del sistema es afectada por la cantidad que está almacenada?

Obviamente la salida es una función de Y , así como también es función de K_2 entonces podemos decir

$$\text{Salida (S)} = F (K_2 Y)$$

Se puede decir que la cantidad almacenada (Δ) varía con lo que entra y con lo que sale. Decimos que integra E y S.

$$d\Delta/dt = E - S$$

Simulación

Los modelos usados como ejemplo en el resumen del proceso de validación son modelos que incluyen hipótesis estructurales y no describen procesos relacionados con la función del sistema. El primer paso para llegar a entender el funcionamiento del sistema es empezar a cuantificar los flujos entre componentes del sistema.

Con la información sobre estos procesos es posible empezar a entenderlos lo suficiente como para describir un flujo como una función de los componentes dentro del sistema. Con base en este entendimiento se ha elaborado el siguiente modelo matemático de nuestro sistema.

$$dA/dt = E - S$$

Los modelos matemáticos tienen dos usos importantes:

- a. Sirven para predecir un flujo específico bajo diferentes condiciones ambientales.
- b. Sirven para entender el desempeño en general del sistema en relación con procesos que ocurren dentro del mismo.

Los modelos matemáticos tienen que ser validados por acumulación y su objetivo sigue siendo una simplificación del sistema real y el objetivo específico de la simulación es el de aportar una herramienta en la cual puede analizarse el sistema real que muchas veces puede ser complejo y difícil de manejar.

Para el caso específico de nuestro sistema real tendremos una simulación con un modelo electrónico.

4. Simulación con un modelo electrónico

Es relativamente fácil construir un modelo electrónico similar al modelo hidráulico, siempre y cuando se establezcan las siguientes analogías:

1. ml/seg de flujo de agua: joules/seg de flujo de electricidad.
2. ml de agua almacenada: joules de electricidad en un capacitor.
3. Tuberías con prensas: Alambres y resistencias variables
4. El chorro de agua: una batería.

Aunque no se necesita ser un experto en física para realizar un modelo electrónico es necesario recordar que:

$$(1) A = \frac{CE^2}{2}$$

A : energía almacenada (joules)

C : capacidad de un capacitor (FARADAYS)

E : voltaje (Voltios)

$$(2) P = \frac{E^2}{R}$$

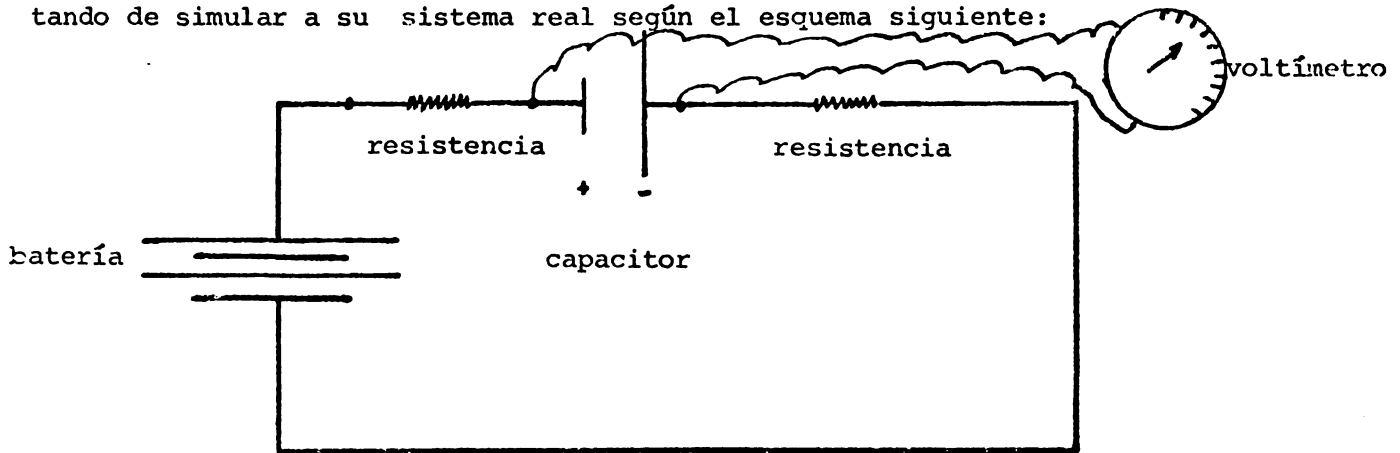
P : Poder (joules/seg)

E : Voltaje (voltios)

R : Resistencia (ohms)

Vamos a asumir que la corriente sale del lado positivo (+) y fluye de + a -. Esto va contra las leyes de física que indican que los electrones se desplazan de + a -, pero para nuestros propósitos es conveniente la exposición que presentamos.

Elabore un circuito con los componentes que se encuentran en su mesa tratando de simular a su sistema real según el esquema siguiente:



Podemos conectar un voltímetro a ambos lados del capacitor y ver la diferencia de potencial entre los dos puntos (recuerde que esto no representa la energía almacenada en el capacitor). Como tenemos el voltaje y la capacidad del capacitor podemos calcular, en cualquier posición de las resistencias variables, la energía almacenada (joules) usando la ecuación 1.

Proceda a variar las resistencias hasta que obtenga la misma proporción de almacenado en (joules) con relación al flujo de salida (joules/seg) igual a la obtenida en el modelo real.

Una vez logrado esto notará que usted acaba de elaborar un modelo preliminar del sistema real.

Experimentación con el modelo (validación)

Hay algunas observaciones que podemos hacer acerca del comportamiento del modelo que podemos usar para mejorar el modelo matemático (ecuación diferencial) que empezamos con el sistema real. Dijimos que la salida del recipiente es una función de lo que está almacenado y una constante K_2 . Para investigar esta relación podemos observar el modelo al modificar la entrada (K_1). Al variar K_1 encontramos que el modelo llega a estabilizarse con otro voltaje. Usando las ecuaciones 1 y 2 calculamos el almacenaje y la salida.

Comparando los valores obtenidos en el modelo preliminar con los valores obtenidos ahora podemos notar lo siguiente que la salida es directamente proporcional a la cantidad almacenada y a K_2 así tenemos que:

$$S = K_2 A$$

Cual es el valor de K_2

Podemos calcular K_2 en otra forma y así confirmar la relación matemática.

Coloque nuevamente su modelo en un estado estable y desconecte la entrada (batería). Notará que el voltímetro empieza a bajar.

Como la entrada al sistema ya es cero y si $S = K_2 A$ lo almacenado en el capacitor debe bajar según la siguiente ecuación.

$$(3) \frac{dA}{dt} = -K_2 A$$

Esta función es similar al proceso de descomposición de materiales radioactivos y podemos usar una ecuación para calcular la vida media para calcular K_2 .

Operando con la ecuación (3) tenemos:

$$\frac{dA}{dt} = -K_2 A$$

$$dA \cdot \frac{1}{A} = -K_2 dt$$

Integrando

$$\int dA \cdot \frac{1}{A} = \int -K_2 dt$$

$$\ln A = -K_2 t + e$$

$$A = e^{-K_2 t + e}$$

$$\frac{A}{A_0} = e^{-K_2 t}$$

$$A_0$$

$$\ln \frac{1}{2} = -K_2 t$$

$$-\ln 2 = -K_2 t$$

$$(4) \quad K = \frac{\ln 2}{t}$$

Como se notará debemos calcular el tiempo en que nuestro modelo baje a la mitad del voltaje.

Conociendo el tiempo es posible calcular K_2 .

¿ Es similar esta vlor de K_2 al que se calculó anteriormente?

Validación del modelo.

No poedemos tener confianza en un modelo hasta que no sea comprobado. Para validar nuestro modelo electrónico con el sistema hidráulico porqué no usar los datos que obtuvimos en nuestros experimentos al empezar esta práctica?

Cuanta confianza podemos tener en un modelo validado usando los mismos datos usados para elaborar el modelo?

Un experimento que no se hizo en el sistema real es medir la vida media. Regrese al sistema hidráulico, estabilícelo, desconecte la entrada y mida cuántos segundo tarda en bajar a la mitad.

Usando la ecuación 4 calcule K_2 con el sistema real. Es válido nuestro modelo.

Elaboración de un modelo práctico.

Cuando empezamos esta práctica dijimos que el agua en el recipiente (c) integra lo que entra y lo que sale

$$\frac{dA}{dt} = E - S$$

Usando lo que aprendimos del modelo y del sistema real se puede elaborar un modelo matemático mejor: recordando que si $E = K_1$ y $S = K_2A$ obtenemos el modelo $\frac{dA}{dt} = K_1 - K_2A$.

Simulaciones con computador.

Hay muy poca diferencia entre una simulación con el sistema hidráulico en una computadora y la simulación que ya hicimos con el modelo electrónico.

Simplemente simulamos la ecuación:

$$dA/dt = K_1 - K_2A$$

y donemos valores a K_1 , K_2 y A . Si usted tienen acceso a una computadora y especialmente si la computadora tiene un lenguaje de simulación como CSMP, DYNAMO, u otro lenguaje, es mu fácil simular la ecuación. Si, el computador de programación (FORTRAN, BASIC, etc.) y programar la ecuación.

$$A = A + K_1 - K_2A$$

y hacer "loops" y ver como C varía en el tiempo dando diferentes valores de K_1 y K_2 y dando diferentes "condiciones iniciales" para C .

PROGRAMA

```
5          RLM ROGRAMA D HART
10         K1 = 0
20         K2 = 0.02
30         A = 50
40         T = 0
50         PRINT "TIEMPO/SEG          CAPACIDAD          FLUJO"
60         PRINT T, A, K3
70         TO = 1
80         I = 0
100        A = A + K1 - K2*A
105        K3 = K2*A
110        IF T= 50 THEN 200
120        T = P + 10
140        IF I= 4 THEN 150
142        I= I + 1
```

```
145      COTO 100
150      PRINT T, A, K3
160      COTO 70
200      PRINT "LA CAPACIDAD LIMITE ES" A
210      PINT
220      PRINT "EL TIEMPO LIMITE ES" T
230      PRINT
240      PRINT "EL FLUJO ES" K3
250      END
```

T A R E A

Usted ha sido contratado por una compañía hidroeléctrica para hacer un análisis de un sistema. En un río pequeño, durante el año, el flujo de agua varía entre 100 y 200 metros cúbicos por minuto. Para funcionar la planta hidroeléctrica necesitan $40\text{m}^3/\text{min}$ y es obvio que va a ser necesario construir una represa, pero no saben que tamaño de represa (que volumen de agua) necesitan para siempre tener el flujo mínimo para funcionar la planta.

Usando lo que usted sabe sobre los pasos principales que se debe seguir para analizar un sistema, describe la metodología que usted seguiría para llegar a una recomendación a la compañía hidroeléctrica. Solo describe la metodología, no tiene que llegar a una recomendación.

Práctica No. 2

Análisis de la productividad de un
Ecosistema Natural

Objetivos

1. Entender el concepto de productividad a nivel de ecosistema.
2. Distinguir entre:
 - a. producción primaria bruta.
 - b. producción primaria neta.
3. Aprender los conceptos utilizados por los diferentes métodos que se emplean para analizar ecosistemas.

Materiales

1. Frascos de vidrio con tapas de 250 ml.
2. Foco de mano.
3. Equipo para medir O_2 en agua:
 - a. puede ser por el método WINKLER (Ver apéndice de esta guía).
 - b. o por un método electrónico que usaremos en esta práctica.

Análisis de productividad

Hay 7 métodos que los ecólogos usan para medir productividad de un ecosistema natural (Odum, 1972).

Estos son:

1. Por cosecha, cantidad de biomasa/superficie, es una medida de productividad neta que no da información sobre productividad bruta.

2. Medición de oxígeno. El O_2 es producido por el proceso de fotosíntesis y usado por el proceso de respiración.
3. Medición de bióxido de carbono. El CO_2 es usado por fotosíntesis y producido por la respiración.
4. Método de ph. En los ecosistemas acuáticos, el ph del agua es una función del CO_2 en el agua.
5. Desaparición de materias primas. En caso donde un nutrimento es concentrado en grandes cantidades, su desaparición puede ser una medida de productividad.
6. Con materiales radioactivos. La transferencia de una sustancia (como ^{14}C es medido directamente.
7. Método de clorofila. La cantidad de clorofila total en una comunidad está relacionada con la productividad.

Análisis de Ecosistemas Acuáticos

Es más fácil de medir la productividad de los ecosistemas acuáticos que la de los sistemas terrestres. Sabemos que el oxígeno es producido por el proceso de fotosíntesis y usado en el proceso de respiración. En los ecosistemas acuáticos, a diferencia de los ecosistemas terrestres, el oxígeno está disponible con límites que dependen de la concentración de oxígeno en el agua. Podemos aprovechar este fenómeno y medir el oxígeno en el agua y tener así una medida del desempeño del ecosistema en el tiempo.

Método de la curva Diurnal

Este método requiere información sobre la productividad durante un período de 24 horas. Se basa en la suposición (que no es necesariamente 100 %

cierto) que el nivel de respiración que ocurre durante la noche, ocurre también durante el día. El O_2 consumido durante la noche es usado para medir respiración; el incremento en O_2 que ocurre durante el día mide lo que es producido por fotosíntesis menos lo que es consumido por respiración, que obviamente también ocurre durante el día. La concentración de oxígeno en el agua (O_a) integra lo que es producido por fotosíntesis (O_p) y usado por respiración (O_r).

$$\frac{dO_a}{dt} = O_p - O_r$$

Análisis de Oxígeno en el lago del CATIE

1. El lago se ha dividido en 4 micro-ambientes ecológicos y se ha colocado carteles con los números de 1 al 4 para marcar cada sitio. Los sitios están indicados en el mapa de la figura 1.
2. Los 4 grupos deben tener 4 botellas marcadas del 1-4. Al llegar su turno, cada grupo debe sacar una muestra de agua empezando por 1, siguiendo con 2 y 3, y terminando en 4. Las muestras se deben tomar en la siguiente forma:
 - a. Tome la botella correspondiente y, por la proa de la barca (para ustedes que no son marineros ésta es la parte delantera) y la afectada por el movimiento de ella, meta la botella destapada en el agua dejándola llenar despacito y solamente con un centímetro (más o menos) debajo de la superficie.

Figura 2.

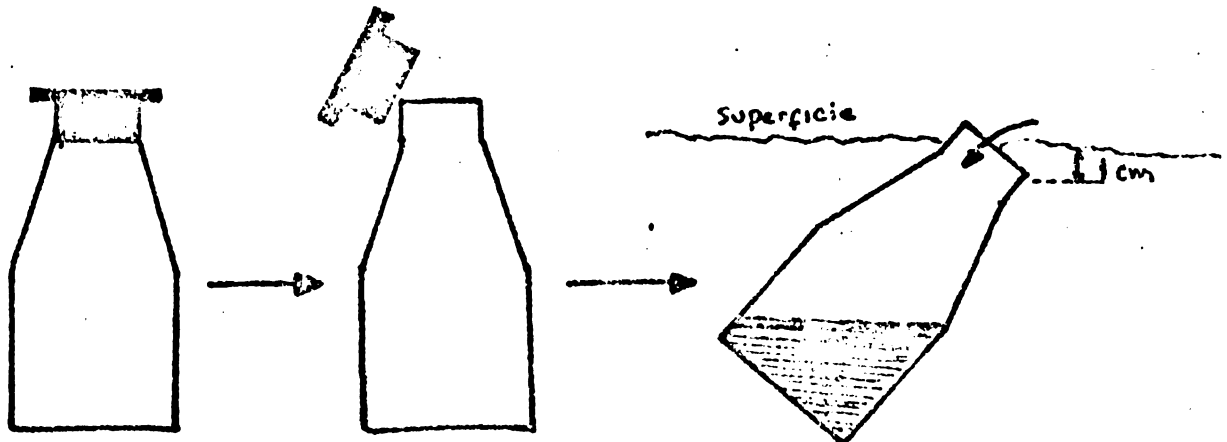
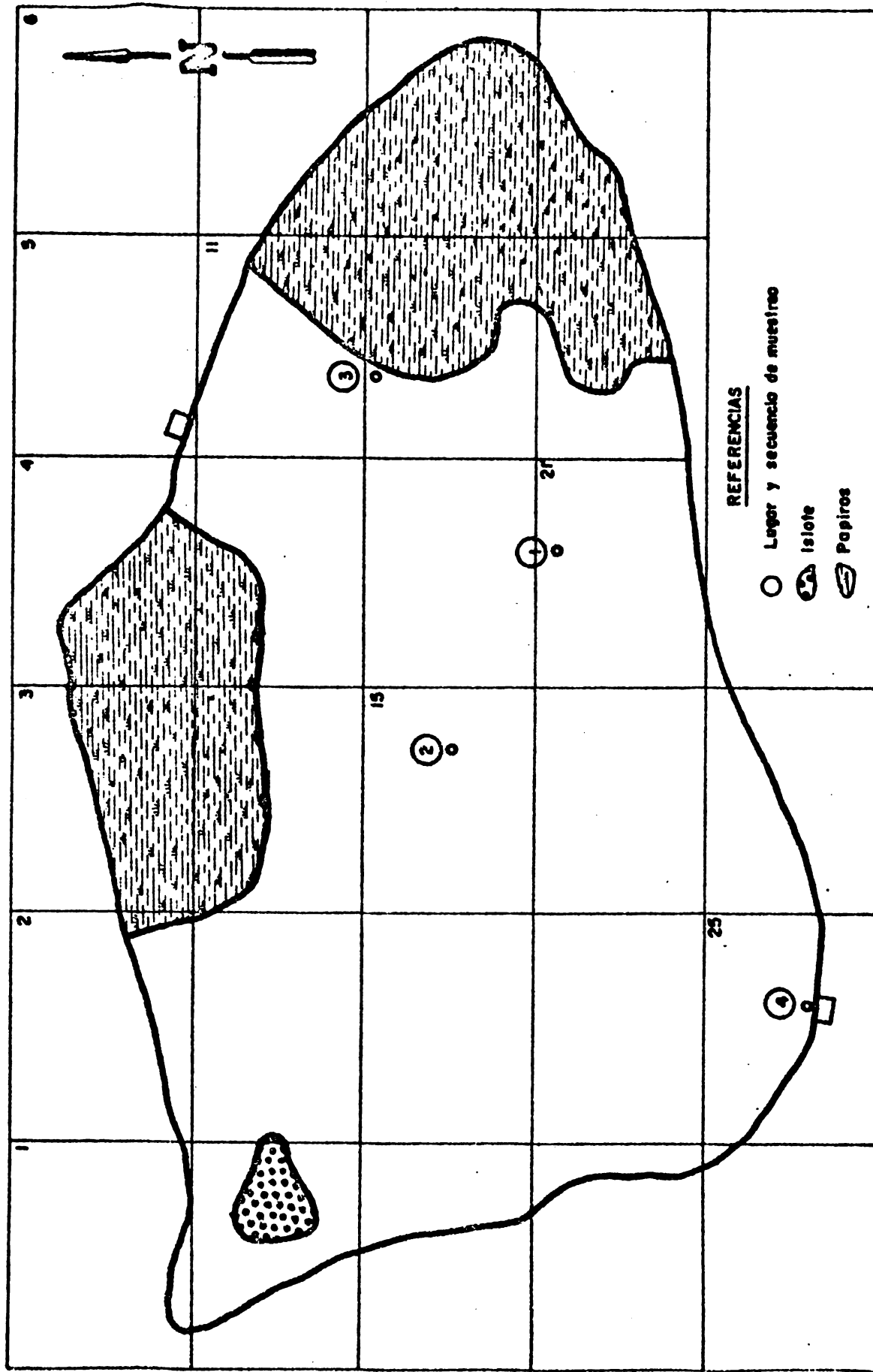
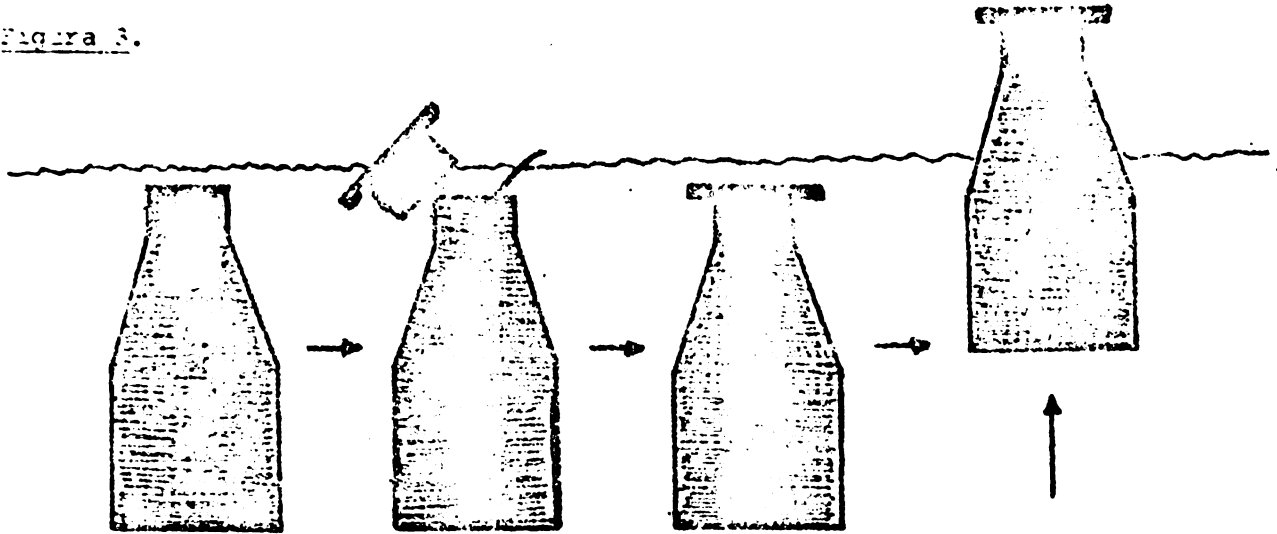


Figura 1. Características y muestreo del Lago del CATIE



- b. Dejando la botella llena en el agua (solamente un poquito bajo de la superficie) ponga la tapa de vidrio dentro del agua, sin dejar aire dentro y tape la botella.

Figura 3.



3. Las muestras de agua de los 4 sitios se sacarán cada hora y durante 24 hs. empezando a las 6:00 A.M. del lunes. No olvidar llevar un foco de mano cuando saque las muestras durante la noche. Los 4 grupos serán responsables para las siguientes horas:

Grupo Número

<u>Representantes de:</u>	<u>Hora</u>	<u>Día</u>
I, II, III, y IV	6:00 a.m.	lunes
I	7:00	lunes
II	8:00	lunes
III	9:00	lunes
IV	10:00	lunes
I	1:00	lunes
II	11:00 p.m.	lunes
III	1:00	lunes
IV	2:00	lunes

Grupo Número

Representantes de:

Hora

Día

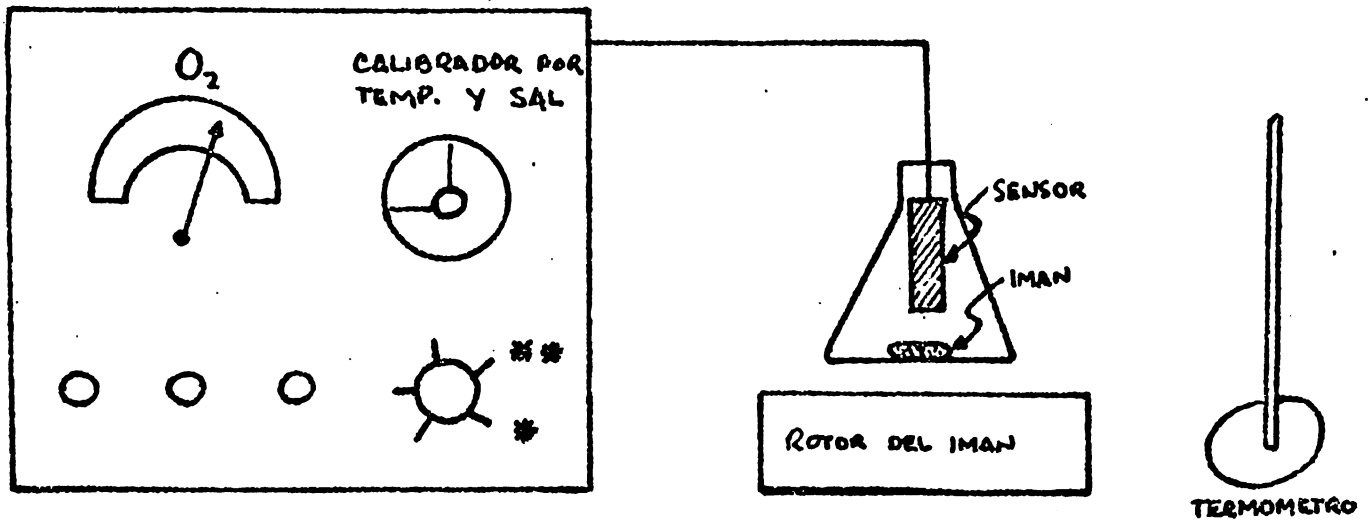
I, II, III y IV

I	3:00 p.m.	lunes
II	4:00	lunes
III	5:00	lunes
IV	6:00	lunes
I	7:00	lunes
II	8:00	lunes
III	9:00	lunes
IV	10:00	lunes
I	11:00	lunes
II	12:00 m. noche	lunes
III	1:00 a.m.	martes
IV	2:00	martes
I	3:00	martes
II	4:00	martes
III	5:00	martes
IV	6:00	martes

4. Lleve las muestras sacadas del lago al laboratorio de ecofisiología donde se medirá la concentración de oxígeno en cada muestra.

El medidor tiene los siguientes componentes:

Figura 4.



- a. Coloque el sensor en el agua saturada. Ponga la máquina en "Calib. O₂"(*).

Prenda la máquina que hace mover el imán, mida la temperatura del agua saturada y mirando al siguiente cuadro vea la concentración de O₂ que debe tener el agua destilada cuando está saturada a la temperatura que usted midió.

<u>Grados °C</u>	<u>ppm</u>
22.....	8.1
23.....	8.0
24.....	7.8
25.....	7.7
26.....	7.6
27.....	7.4
28.....	7.3
29.....	7.2
30.....	7.0

- b. Ponga el aparato en "READ O₂"(**) y dejarlo llegar a un estado estable. Si no mide O₂ en partes por millón (ppm) que debe (según el cuadro de arriba) mueva el "calibrar por temperatura y y sal" hasta que llegue al ppm donde deba estar.
- c. Destape muestra 1 y derrame un poquito de agua (para que baje un cm el agua en la botella. Ponga un imán en la botella, conecte el sensor y prenda la máquina que hace mover el imán. Espere un minuto y anote la concentración de oxígeno de la muestra.
- d. Repita el proceso "c" para cada muestra (sin recalibrar).
- e. Saque los imanes de cada botella, bote el agua y limpie las botellas para poder sacar otras muestras.
- f. Coloca el sensor otra vez en el agua destilada donde lo encontró al inicio y apague el medidor.

Análisis de productividad

Con los datos de los 4 grupos de los 4 sitios por 24 horas podemos llenar el siguiente cuadro.

MUESTRAS EN LOS SITIOS (PPM DE O₂)

<u>HORA</u>	1	2	3	4
7:00
8:00
9:00
10:00
11:00
12:00
1:00

continuación...

<u>HORA</u>	1	2	3	4
2:00
3:00
4:00
5:00
6:00
7:00
8:00
9:00
10:00
11:00
12:00
1:00
2:00
3:00
4:00
5:00
6:00
7:00

Cada grupo es responsable de analizar la productividad de un sitio. El Grupo I tiene el sitio 1; el Grupo II el sitio 2; el Grupo III el sitio 3 y el Grupo IV el sitio 4.

1. El primer paso es convertir la concentración de oxígeno en ppm a cambios en concentración. Si se obtuviera los siguientes datos cada

hora:

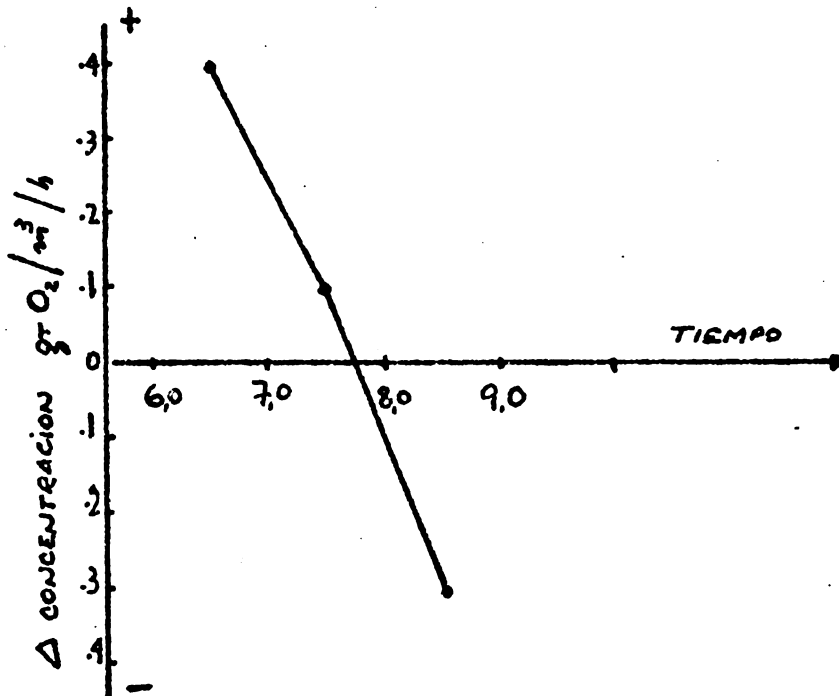
6:00 A.M.....6.8 ppm
7:00 A.M.....7.2 ppm
8:00 A.M.....7.3 ppm
9:00 A.M.....7.0 ppm

Se convertirá los datos en cambios de concentración por períodos de una hora, de la siguiente manera:

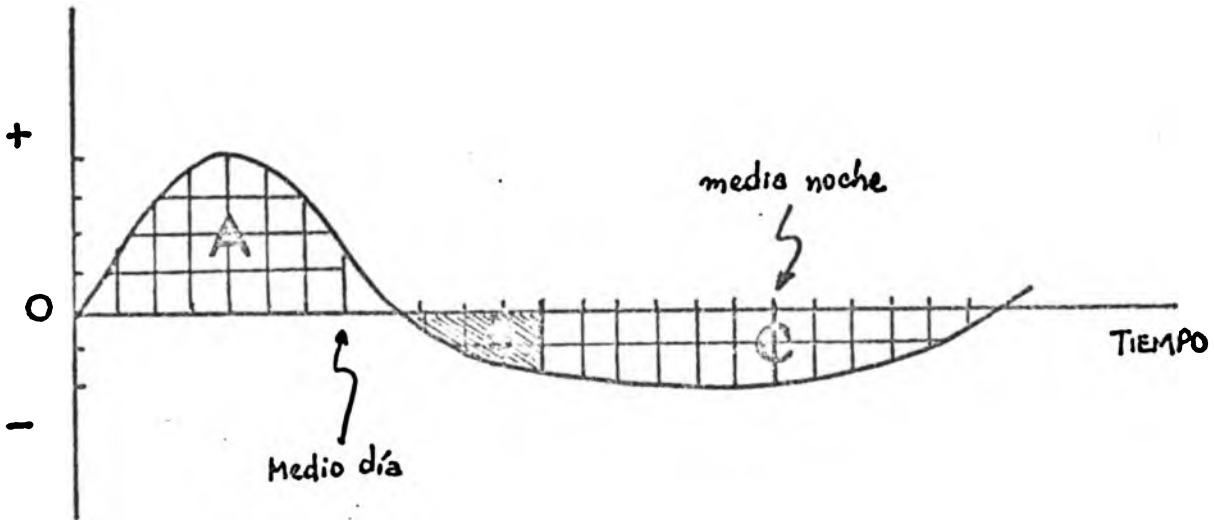
- 6:00 - 7,00 +^o,4 ppm
- 7:00 - 8,00 +^o,1 ppm
- 8:00 - 9,00 -^o,3 ppm

2. ppm de oxígeno es equivalente a gramos de oxígeno/metro cúbico grO_2/m^3 . Elabore un gráfico con cambio en $\text{grO}_2/\text{m}^3/\text{hora}$ en un lado y el tiempo en el otro lado. En el centro de cada período note el cambio de oxígeno. El ejemplo presentado arriba está graficado abajo como un ejemplo, use papel cuadrículado para realizar el gráfico.

Figura 5.



3. Elabore el gráfico para todo el período de 24 horas uniendo los valores obtenidos. Debería resultar una función similar a lo de abajo.



4. Cunte los cuadritos dentro de A, B y C para obtener el área bajo cada curva. Los totales están en unidades por día

$$A = \text{gr } O_2/m^3/\text{día}$$

$$B = \text{gr } O_2/m^3/\text{día}$$

$$C = \text{gr } O_2/m^3/\text{día}$$

5. Ahora podemos calcular la producción primaria bruta (PPB) y la producción primaria neta (PPN) del ecosistema. Recordando que la cantidad A (O_2 producido durante el día) ha sido constantemente consumido por la respiración y que en B la producción de O_2 por la fotosíntesis no es suficiente para la respiración, calculamos entonces

$$PPB = A - B + (C.2)$$

Para calcular

$$PPN = A - B - C$$

$$PPB = \text{gr } O_2/m^3/\text{día}$$

$$PPN = \text{gr } O_2/m^3/\text{día}$$

6. Para convertir estos datos a unidades de energía/superficie/tiempo, sabemos por determinaciones anteriores que el lago tiene una profundidad promedio de 1,27 m. En este caso los datos que obtuvimos para PPB y PPN podemos expresarlos en $\text{gr O}_2/\text{m}^2/\text{día}$.

Usando la siguiente relación:

$$1 \text{ gr O}_2 = 4 \text{ Kcal}$$

podemos multiplicar los datos que obtuvimos arriba por 4 y multiplicarlo por 1.27 m (profundidad del lago) y obtener PPB y PPN en términos energéticos

$$\text{PPB} = \text{Kcal}/\text{m}^2/\text{día}$$

$$\text{PPN} = \text{Kcal}/\text{m}^2/\text{día}$$

TAREA

- A- Para completar esta práctica cada grupo debe hacer un resumen de los datos que obtuvieron, en forma de cuadro y gráficos y los resultados finales de los cálculos de productividad de cada sitio.
- B- Elaborar un diagrama (con cualquier simbología) que describa un ecosistema acuático con los siguientes componentes: plantas, animales, nutrimentos, O_2 y CO_2 . En vez de usar O_2 (como hicimos en la práctica) pudiéramos calcular la productividad del ecosistema usando CO_2 . Elaborar un gráfico que incluya la concentración de CO_2 y 24 horas de tiempo. Sobre el gráfico anoten sus hipótesis de los cambios en concentración de CO_2 que ustedes esperarían en un período de 24 horas. No es necesario incluir "unidades" de CO_2 (p.e. - ppm).
- C- Expliquen como ustedes usarían el gráfico para calcular productividad bruta y neta.

CURSO DE AGROECOSISTEMAS

T. Jiménez
R. Hart

PRACTICA #3: UBICACION DE INFORMACION SECUNDARIA DENTRO DE LA JERARQUIA DE LOS SISTEMAS AGRICOLAS.

1. INTRODUCCION

La investigación agropecuaria bajo el enfoque atomístico, ha generado gran cantidad de información específica sobre suelos, insectos, enfermedades, variedades, etc. en forma aislada, como partes aisladas de un todo. Recientemente, la investigación está virando hacia un enfoque integralista por medio del análisis y evaluación de sistemas que constituyen una jerarquía de los sistemas agrícolas. Esta jerarquía está constituida por un ordenamiento vertical desde los sistemas agrícolas regionales hasta los sistemas de cultivos o animales.

Aplicar un enfoque de sistemas no significa que debe rechazarse toda la investigación básica reduccionista, por el contrario, ésta es completamente por el enfoque de sistemas.

Esta práctica busca poner al estudiante en contacto con el análisis jerárquico de los sistemas agrícolas y con el ordenamiento y ubicación de la información secundaria ya generada, dentro de los niveles correspondientes de estos sistemas agrícolas.

OBJETIVO TERMINAL

La práctica se ha diseñado con la finalidad que una vez ejecutada, el estudiante esté en capacidad de seleccionar y clasificar la información secundaria disponible, a nivel de región, finca, agroecosistema,

y sistemas de cultivos y animales, además de identificar la información necesaria para un enfoque integral a los cuatro niveles de sistemas agropecuarios.

2. MATERIALES

Para alcanzar el objetivo terminal el estudiante dispondrá al menos de los siguientes materiales:

- Un "sonoviso" sobre el "Diagnóstico Integral para el Análisis y Evaluación de Sistemas Agropecuarios", y con un texto sobre dicho diagnóstico.
- Informes sobre diagnósticos realizados en diferentes regiones y/o países latinoamericanos.

3. METODOLOGIA:

Una vez que el estudiante disponga de los materiales, deberá realizar en secuencia el procedimiento siguiente:

- a- Pasar el "sonoviso" concentrando su atención sobre los modelos diagramados a nivel de región, finca, agroecosistemas y sistemas de cultivos y animales.
- b- Realizar una lista de las entradas, los componentes y las salidas para cada uno de los modelos diagramados (región, finca, agroecosistemas y sistemas de cultivos y animales), para el estudio de caso "Coto Brus". Un ejemplo de como hacerlo es el siguiente:

NIVEL REGIONAL:

ENTRADA	COMPONENTES	SALIDA
- Derivados del petróleo	- gasolineras - tanques de transporte - carreteras	-pasajeros -café, leche, madera, etc.

- b- Realizar una lista de las entradas, los componentes y las salidas para cada uno de los modelos diagramados, en el caso de Coto Brus, Una forma de hacerlo podría ser la siguiente:

NIVEL REGIONAL:

ENTRADAS	COMPONENTES	SALIDA
Petróleo	Gasolineras	Pasajeros
.	.	.
.	.	.
.	.	.

- c- Revisar en forma general los documentos que se han asignado y hacer listas de entradas, componentes y salidas (similar al punto b), como si se estuviesen analizando sistemas. Las listas de estas informaciones deberá hacerse a los 4 niveles señalados (región, finca, agroecosistema y cultivos) aun cuando para un nivel dado la información sea poca.
- d- Realizar una comparación entre las listas b- y c- desde el punto de vista de cantidad de información. Establecer un balance y presentar los resultados y conclusiones.

NIVEL DE FINCA:

ENTRADAS	COMPONENTES	SALIDA
Insumos agrícolas	Subsistema socioeconómico	Leche Maíz Café
.	.	.
.	.	.
.	.	.

NIVEL DE AGROECOSISTEMA:

ENTRADAS	COMPONENTES	SALIDAS
Radiación Fertilizante	Suelos Plagas, etc	Maíz Café
.	.	.
.	.	.
.	.	.

NIVEL DE SISTEMA DE CULTIVO:

ENTRADAS	COMPONENTES	SALIDAS
Semillas Insecticidas	Población de cultivos Población de malezas	Frijoles Café
.	.	.
.	.	.
.	.	.

- c- Revisar en forma general el documento que se le ha asignado y hacer listas de entradas, componentes y salidas (similar al punto b-), haciendo una selección de la información para elaborar un posible modelo diagramado (si existe la formación suficiente). No se pretende evaluar el documento en sí pues este fue realizado con otros objetivos.
- d- Comparar las listas b) y c) en cuanto a la información obtenida a cada uno de los niveles citados. Presentar los cuadros de informaciones y conclusiones.

CURSO DE AGROECOSISTEMA

PRACTICA 4. DIAGRAMACION DE UN SISTEMA DE FINCA (MODELO CUALITATIVO)

O. Rockenbach

R. Hart

1. INTRODUCCION

"El todo es más complejo que la suma de sus partes" (Aristóteles). Las fincas son las unidades básicas de producción. Para entenderlas y para recomendar modificaciones, el técnico necesita enterarse de lo que pasa dentro del sistema como un todo.

El análisis de cualquier sistema empieza con su descripción. Esta descripción que puede ser a través de un diagrama o una ecuación matemática, es un modelo del sistema. Al simplificar se identifican los elementos más importantes para incluir en el modelo.

La práctica pondrá al estudiante en contacto con una finca real y tendrá que ordenar la información y ponerla en un diagrama (modelo cualitativo).

- 1.1 Objetivo: la práctica se ha diseñado con el objeto de que una vez ejecutada, el estudiante estará capacitado para diagramar una finca en base a informaciones del agricultor. El diagrama presentará la finca como un sistema donde se pueden ver: los límites, componentes, entradas salidas y los flujos dinámicos internos del sistema.

2. MATERIALES

Para alcanzar lo propuesto el estudiante dispondrá de los siguientes materiales:

- a) Una serie de transparencias sobre la simbología a ser utilizada en el diagrama.
- b) Un conjunto de transparencias que presentan los pasos que deben seguirse para elaborar un diagrama del sistema de finca.

3. METODOLOGIA

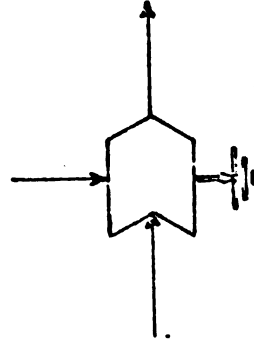
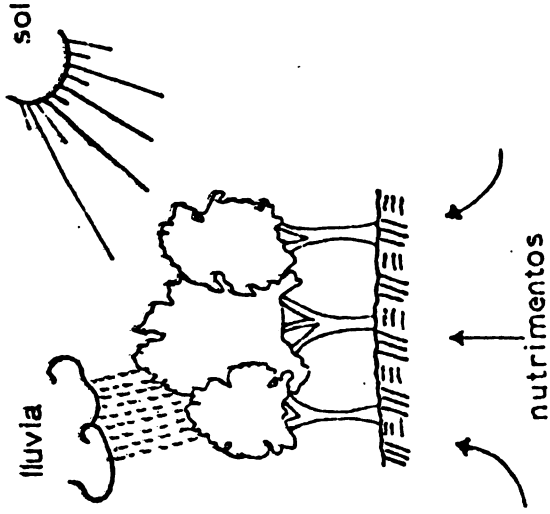
La secuencia a ser seguida en la práctica será:

- 3.1 Pasar las transparencias para conocer la simbología que se utilizará en la diagramación.
- 3.2 Pasar el conjunto de transparencias que presentan los pasos a seguirse para elaborar el diagrama.
- 3.3 Mientras se lleva a cabo la entrevista con el agricultor (dramatización) el estudiante deberá hacer su diagrama como sigue:
 - a) Determinar los límites del sistema.
 - b) Identificar los componentes.
 - c) Identificar las entradas al sistema de finca.
 - d) Identificar las salidas del sistema.
 - e) Identificar los flujos de dinero
 - f) Identificar las entradas y salidas de los subsistemas y flujos dinámicos internos.
 - g) Revisar los límites, componentes y flujos identificados.

4. TAREA

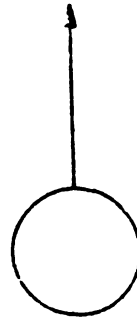
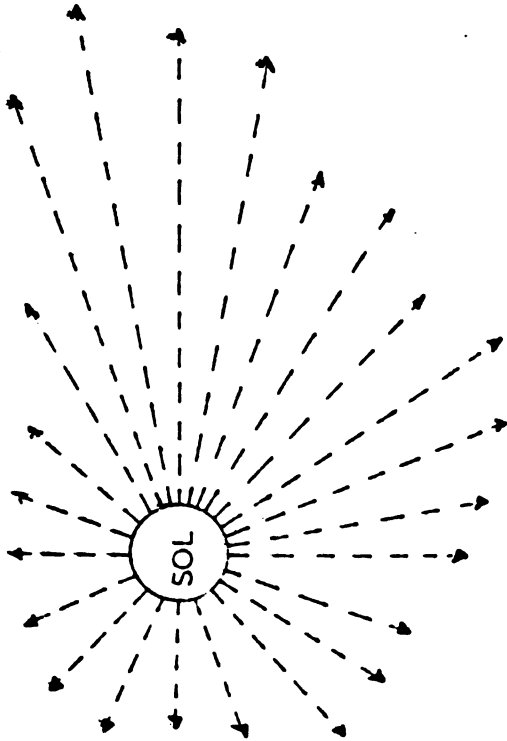
Cada estudiante, individualmente, deberá elaborar en Comayagua, Honduras, un modelo cualitativo de una finca basado en la entrevista con un agricultor y en su finca.

INTERACCION



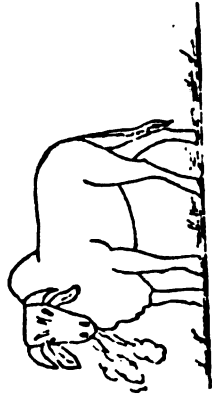
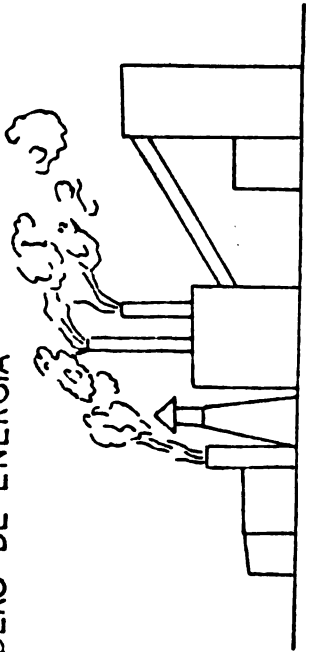
ESTE SIMBOLO INDICA LA INTERACCION DE DOS O MAS TIPOS DE ENERGIA REQUERIDOS PARA EL PROCESO: EL SOL INTERACTUA CON AGUA, SUELO, NUTRIENTES PARA PRODUCCION DE ALIMENTO.

FUENTE

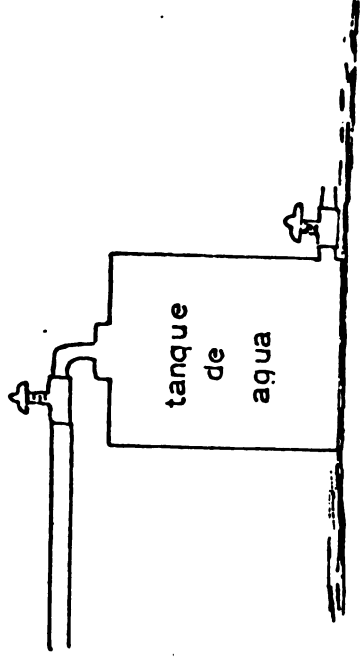


EL CIRCULO INDICA UNA FUENTE EXTERNA AL SISTEMA QUE ESTAMOS CONSIDERANDO.

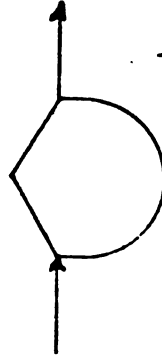
SUMIDERO DE ENERGIA



ALMACEN

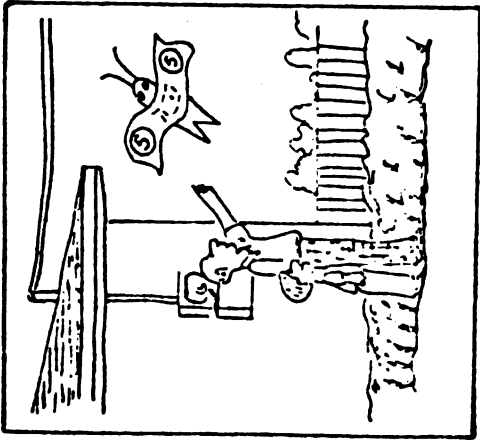


ESTE SIMBOLO INDICA PERDIDA DE ENERGIA QUE NO PUEDE MAS SER RECUPERADA PARA EL SISTEMA EN ANALISIS.

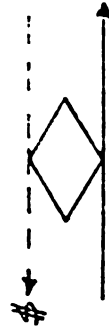


ESTE SIMBOLO INDICA UN ALMACEN DE PRODUCTO, AGUA, DINERO, ETC.

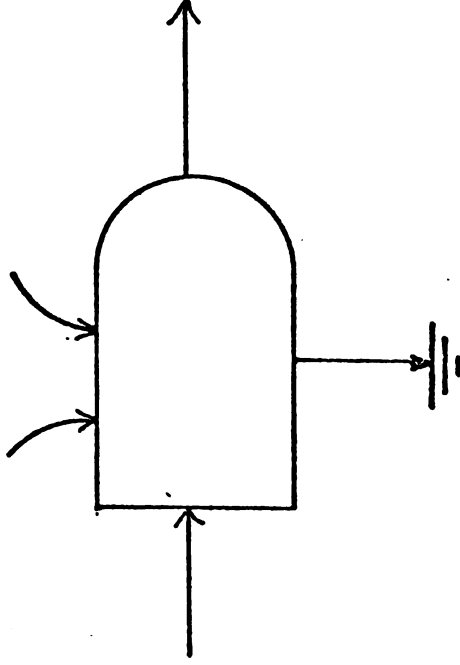
TRANSACTOR ECONOMICO



• LA ELECTRICIDAD ES UN EJEMPLO MAS FACIL, ELLA FLUYE PARA DENTRO POR UN CABLE Y EL DINERO FLUYE PARA FUERA POR EL OTRO* (RALPH DURGIN)

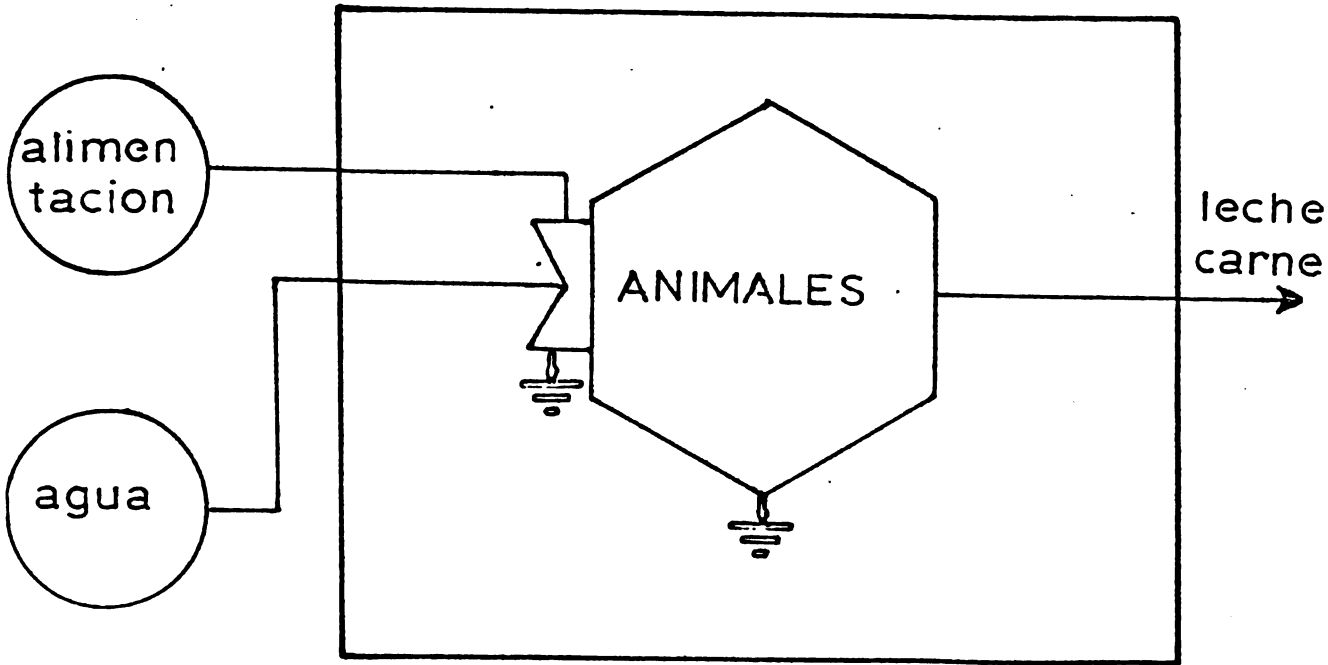
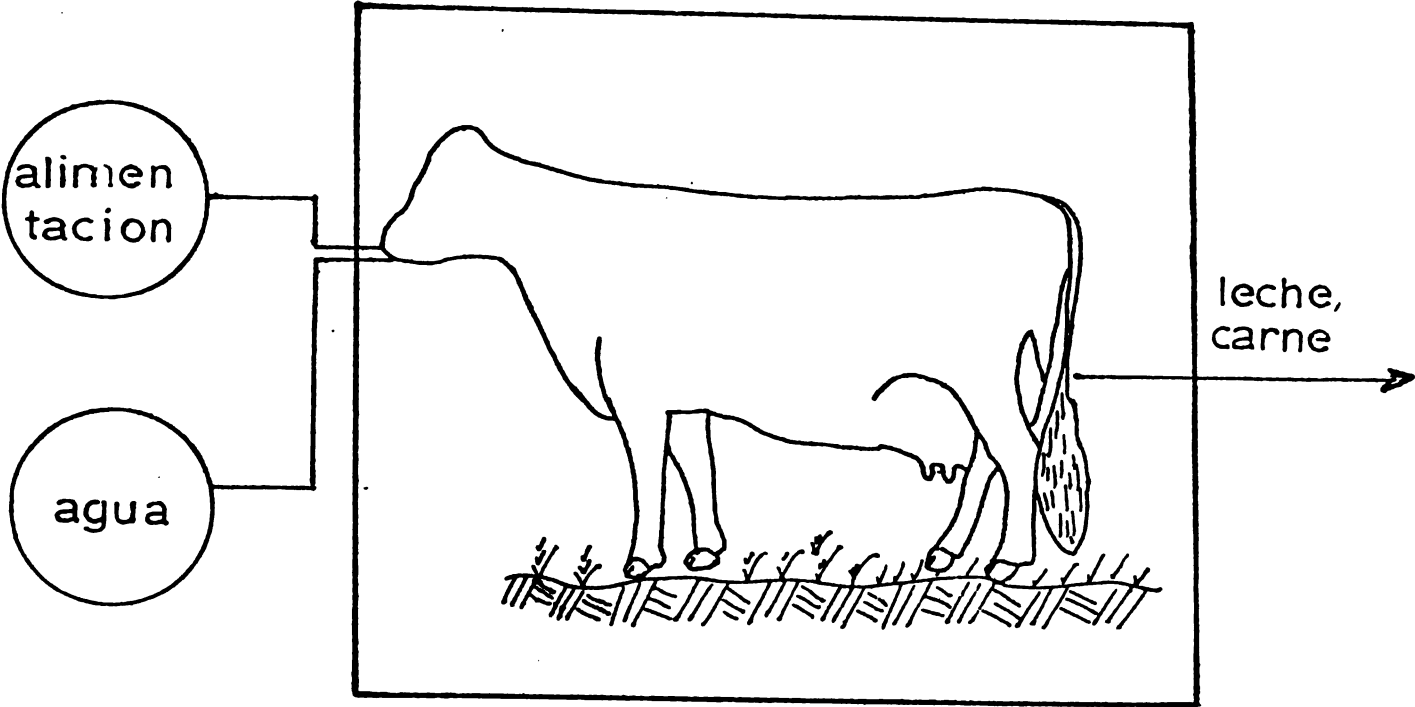


ESTE SIMBOLO INDICA EL FLUJO DE DINERO EN UNA DIRECCION PARA PAGAR EL FLUJO DE ENERGIA, MATERIALES ETC. EN LA OTRA DIRECCION.

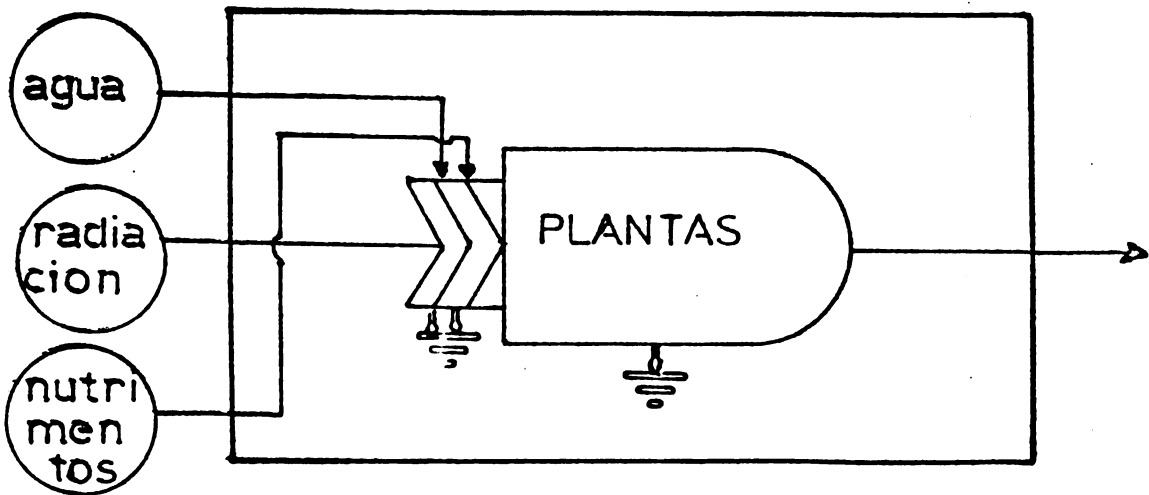
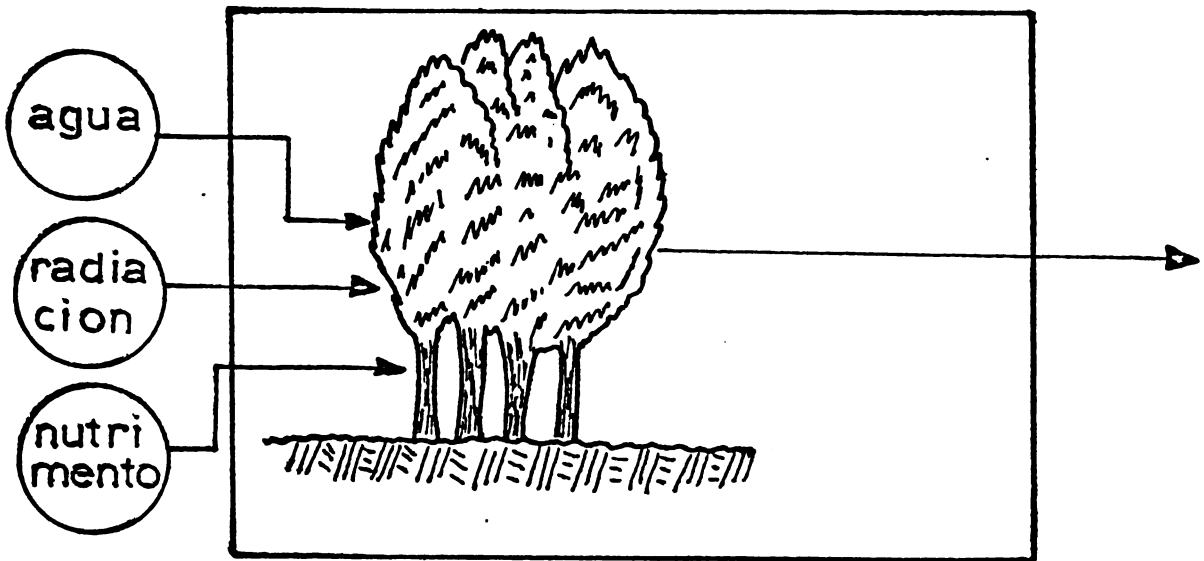


ESTE SIMBOLO INDICA UN PROCESO, INTERACCION Y ALMACENAJE INVOLUCRADO EN LA PRODUCCION DE ENERGIA DE ALTA CALIDAD. ESTA SE OBTIENE A PARTIR DE FUENTES DE ENERGIA DILUIDA, COMO LA RADIACION, Y ES UTILIZADA POR SISTEMAS PRODUCTORES, COMO POR EJEMPLO LAS PLANTAS.

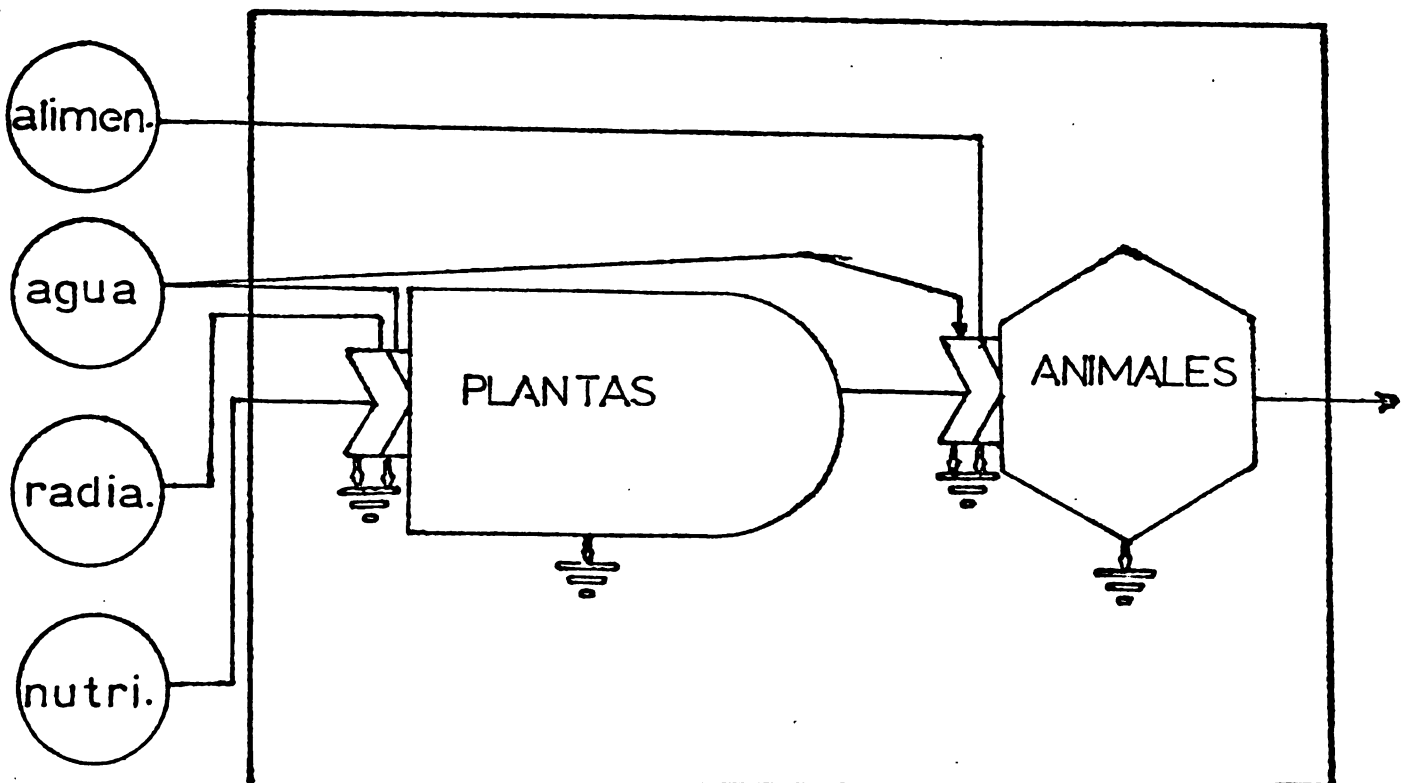
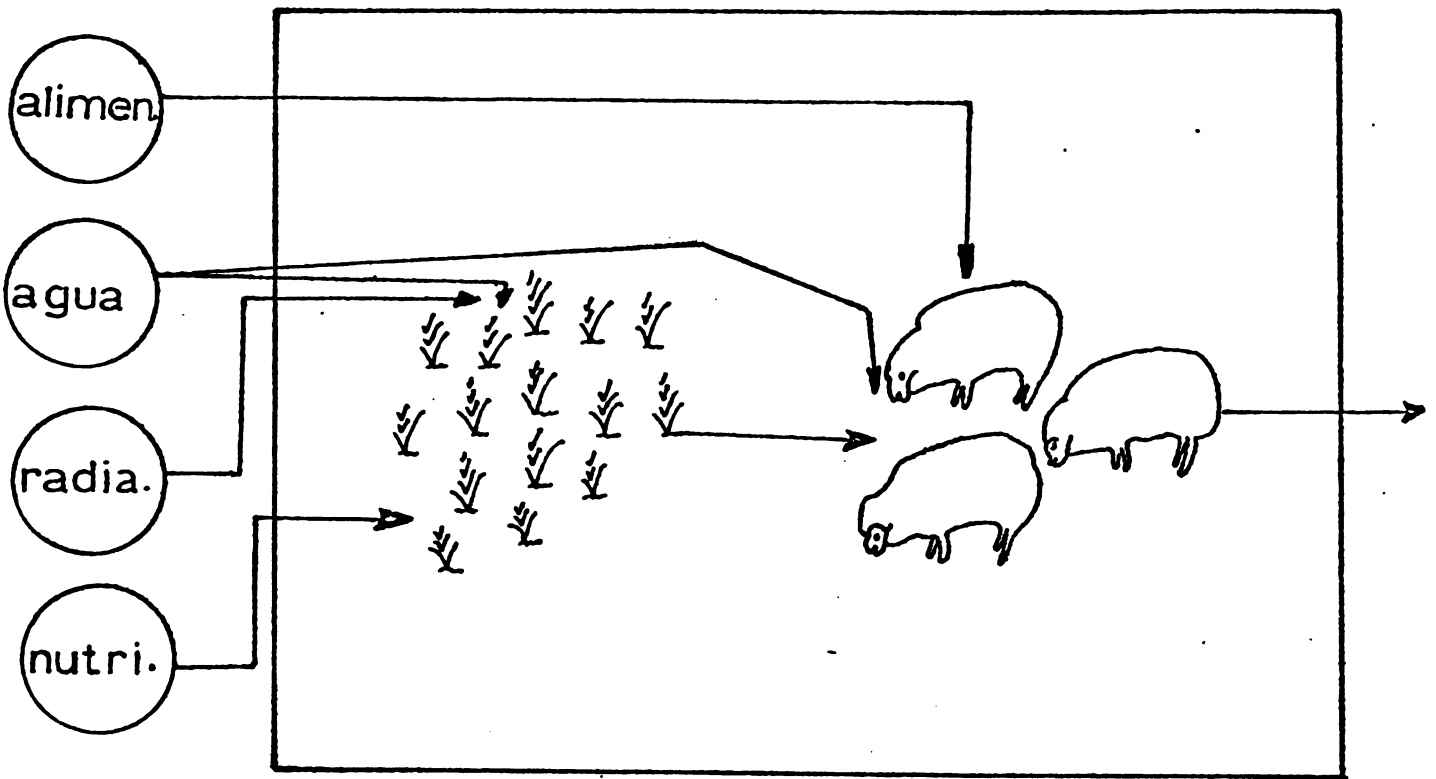
SISTEMA PECUARIO CON SOLO ANIMALES

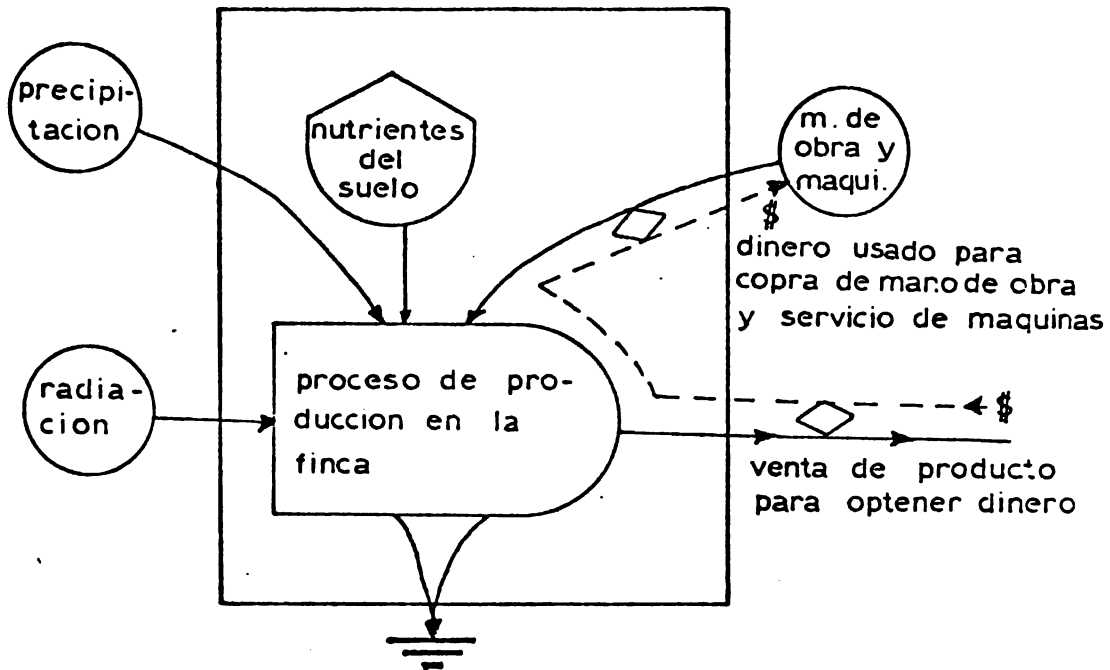


· PLANTAS

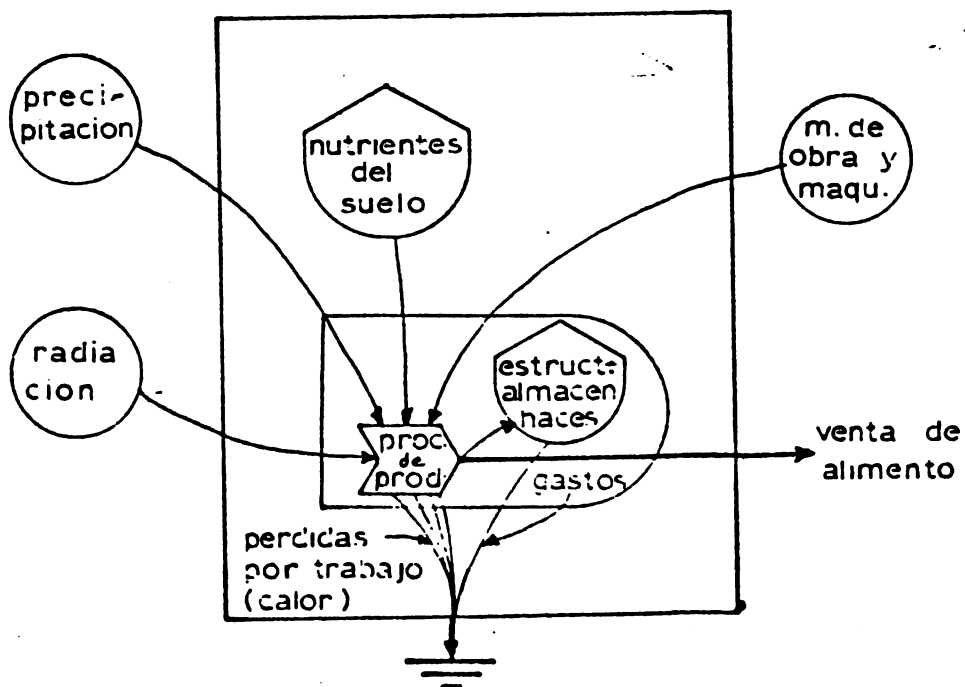


SISTEMA PECUARIO CON ANIMALES Y PASTO



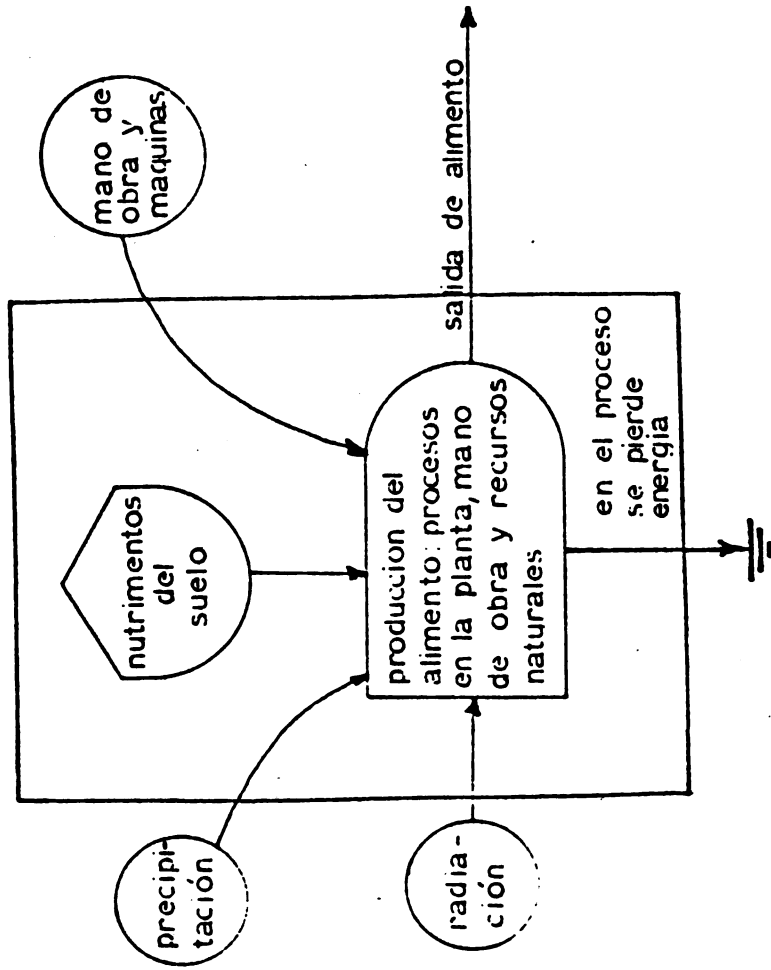


INGRESOS Y FLUJOS, INCLUYENDO DINERO, QUE ACTUAN EN UNA FINCA PARA QUE OCURRA UN PRODUCTO.

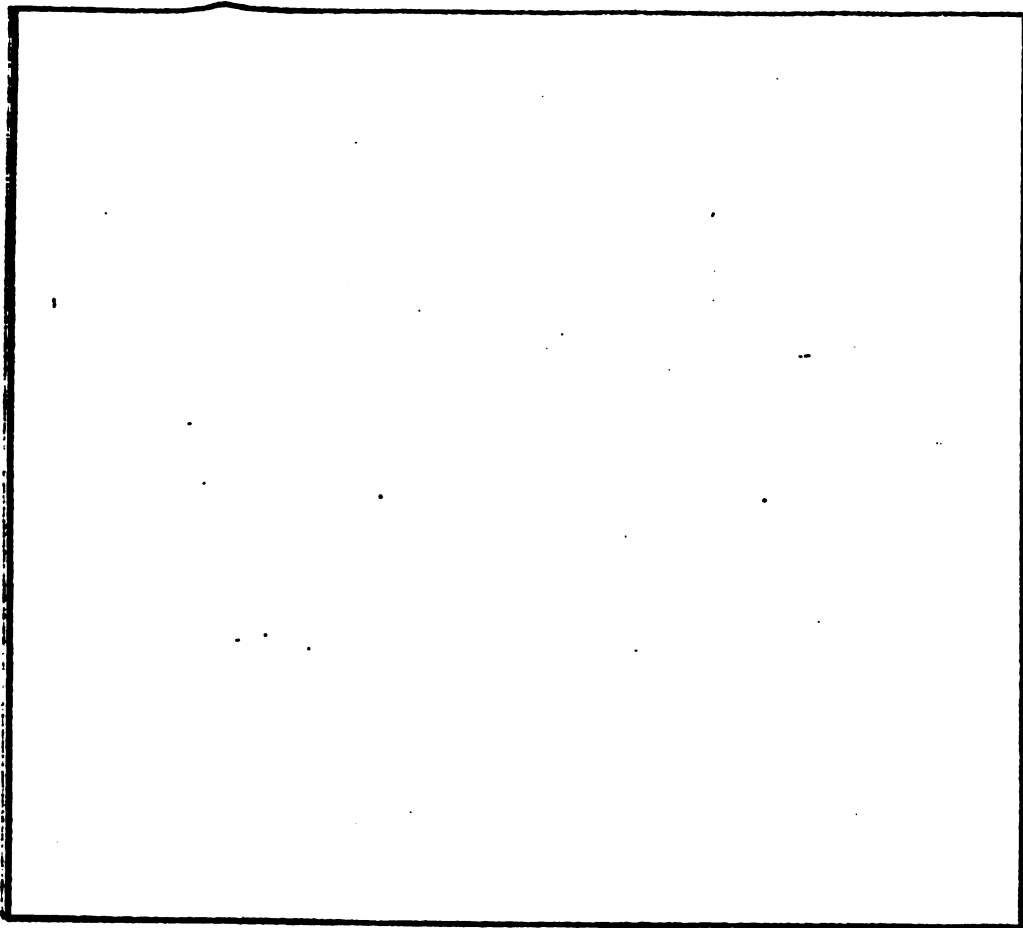


FLUJOS QUE PARTICIPAN EN UNA FINCA EN LA ELABORACION DE UN PRODUCTO, INCLUYENDO ALMACENES E INTERACCION DE FUENTES EXTERNAS DE ENERGIA (ODUM, 1976).

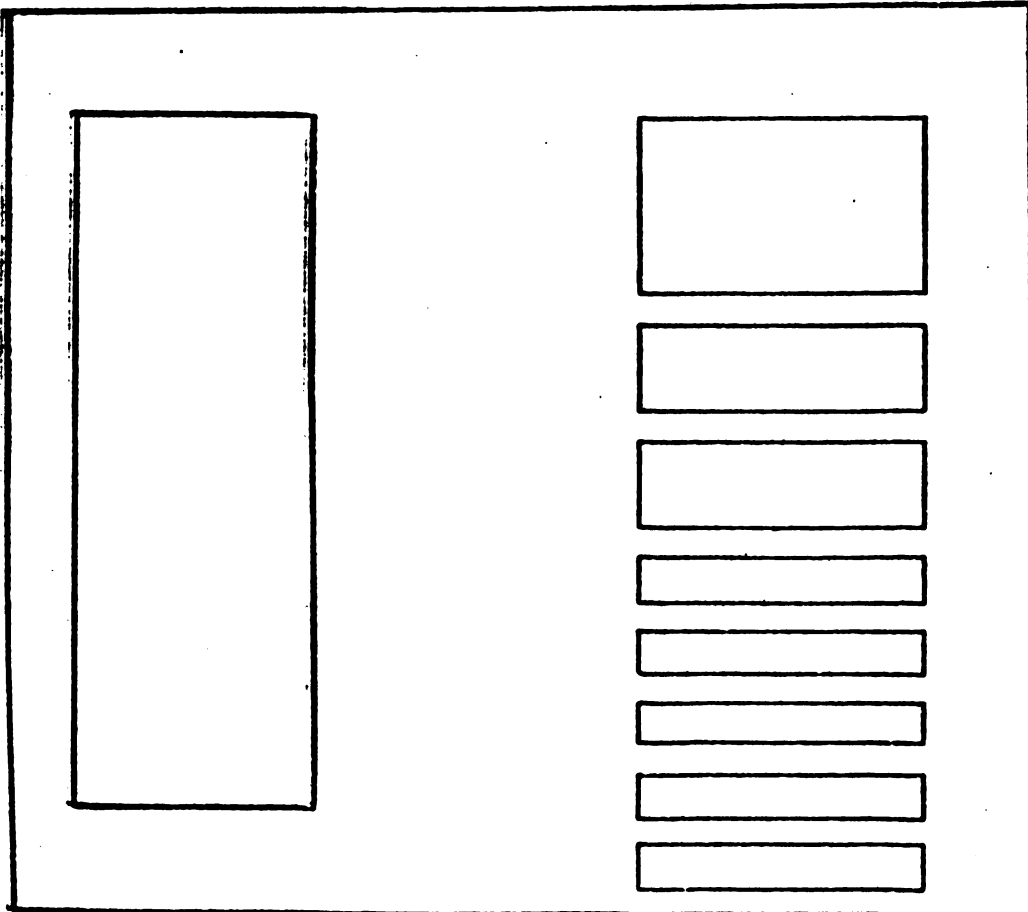
LIMITE DEL SISTEMA



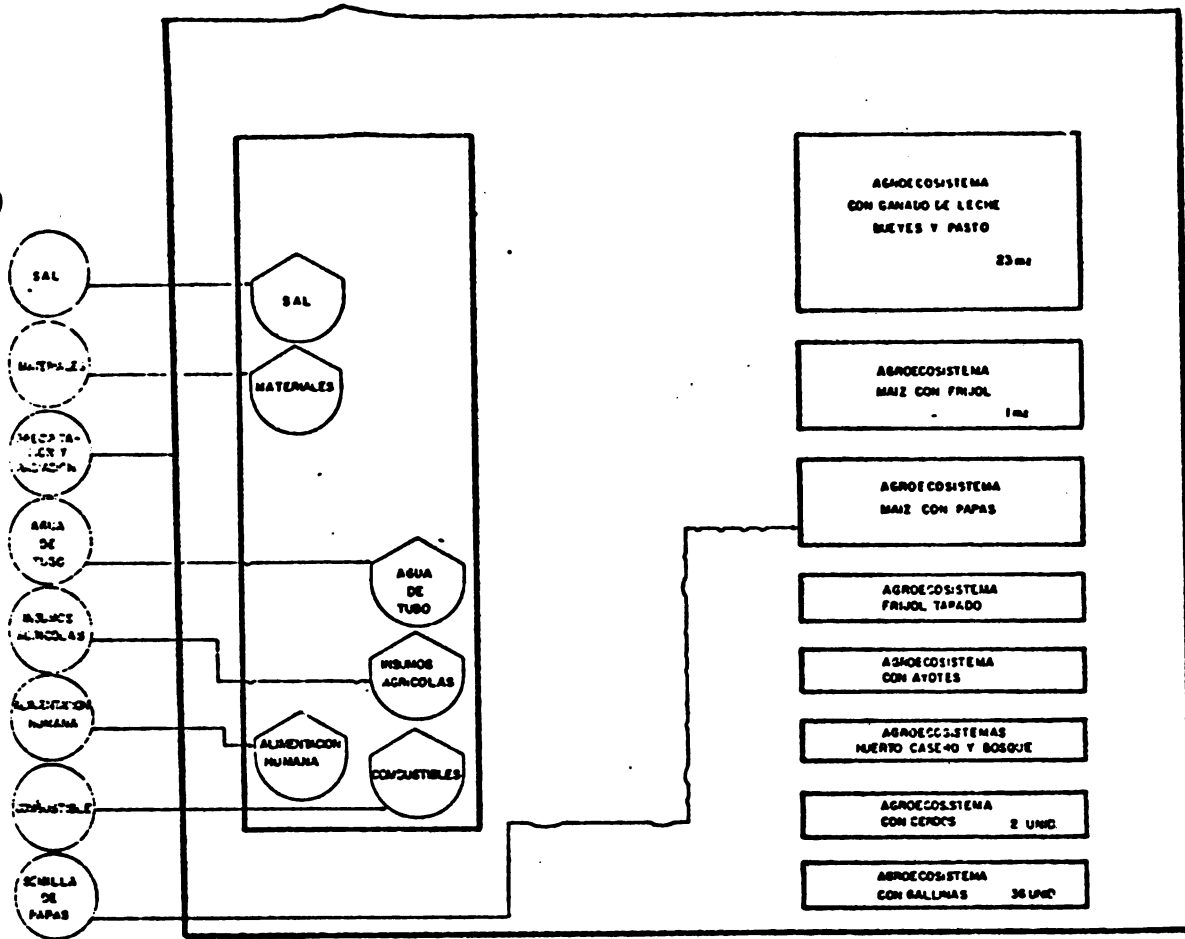
FLUJO DE ENERGIA NECESARIOS PARA QUE UNA FINCA PRODUZCA ALIMENTO (CDUH)



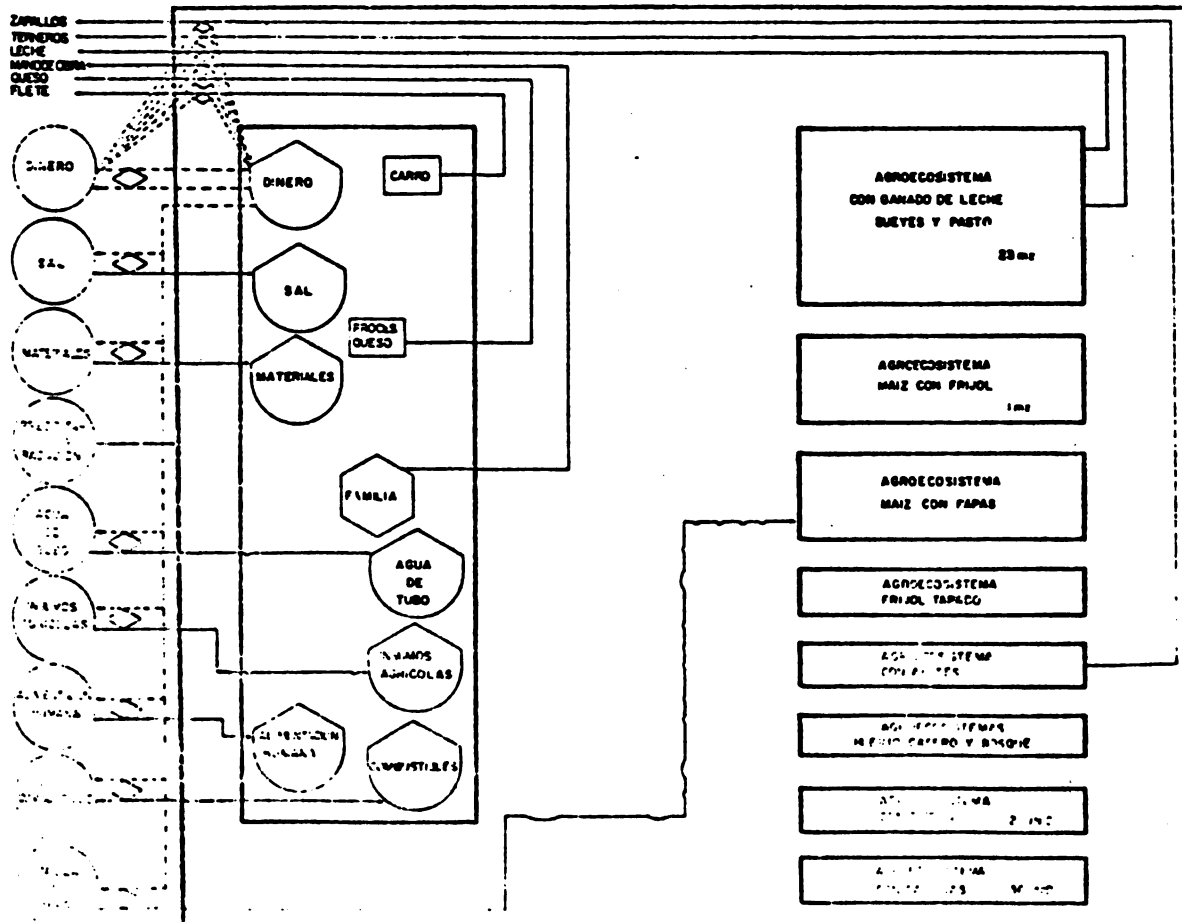
②



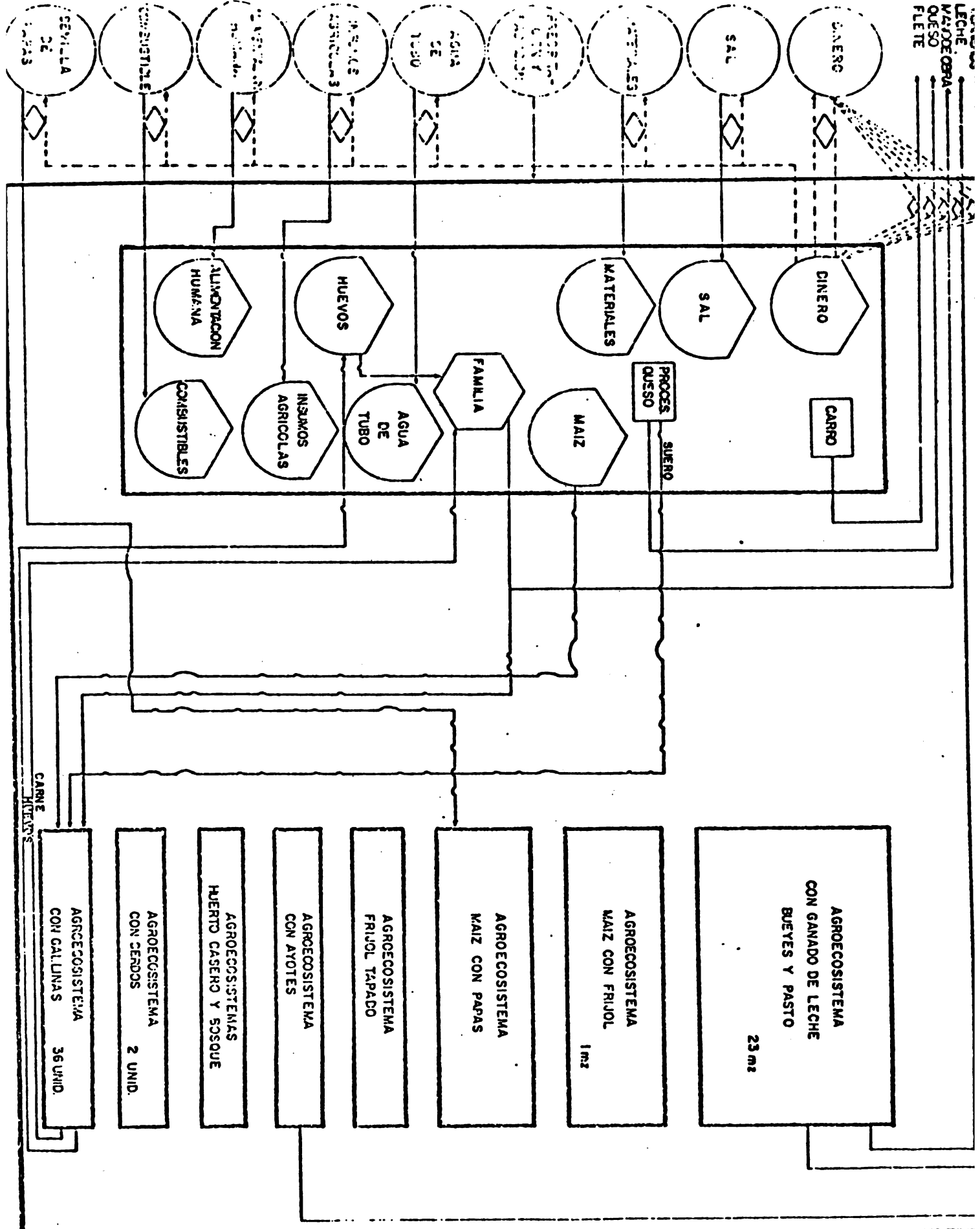
3



4



LECHE
MAYO DE ORO
QUESO
FLETE



AGROECOSISTEMA
CON GANADO DE LECHE
BUEYES Y PASTO
23 m²

AGROECOSISTEMA
MAIZ CON FRIJOL
1 m²

AGROECOSISTEMA
MAIZ CON PAPA

AGROECOSISTEMA
FRIJOL TAPADO

AGROECOSISTEMA
CON AVOTES

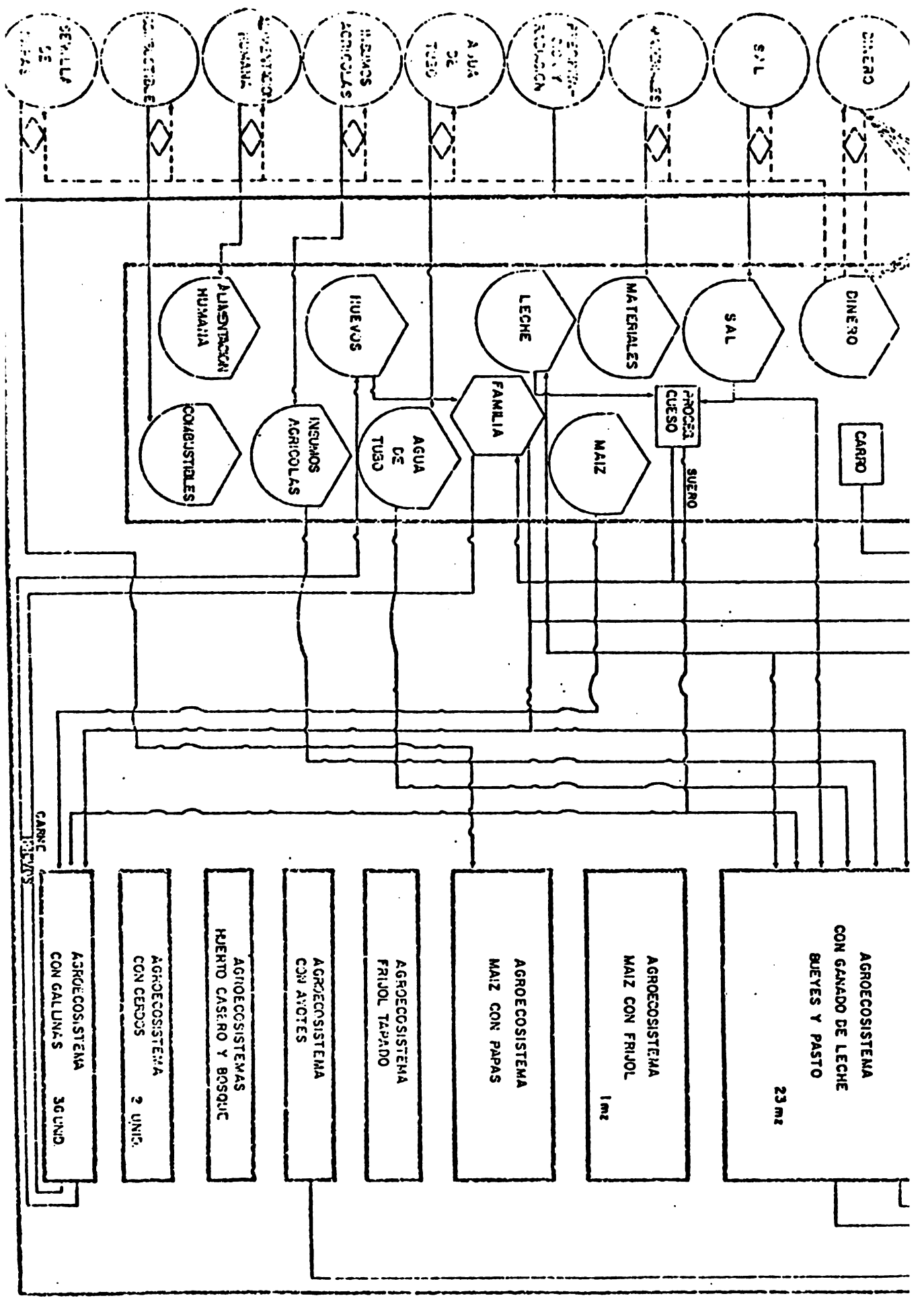
AGROECOSISTEMAS
HUERTO CASERO Y SOSQUE

AGROECOSISTEMA
CON CERDOS
2 UNID.

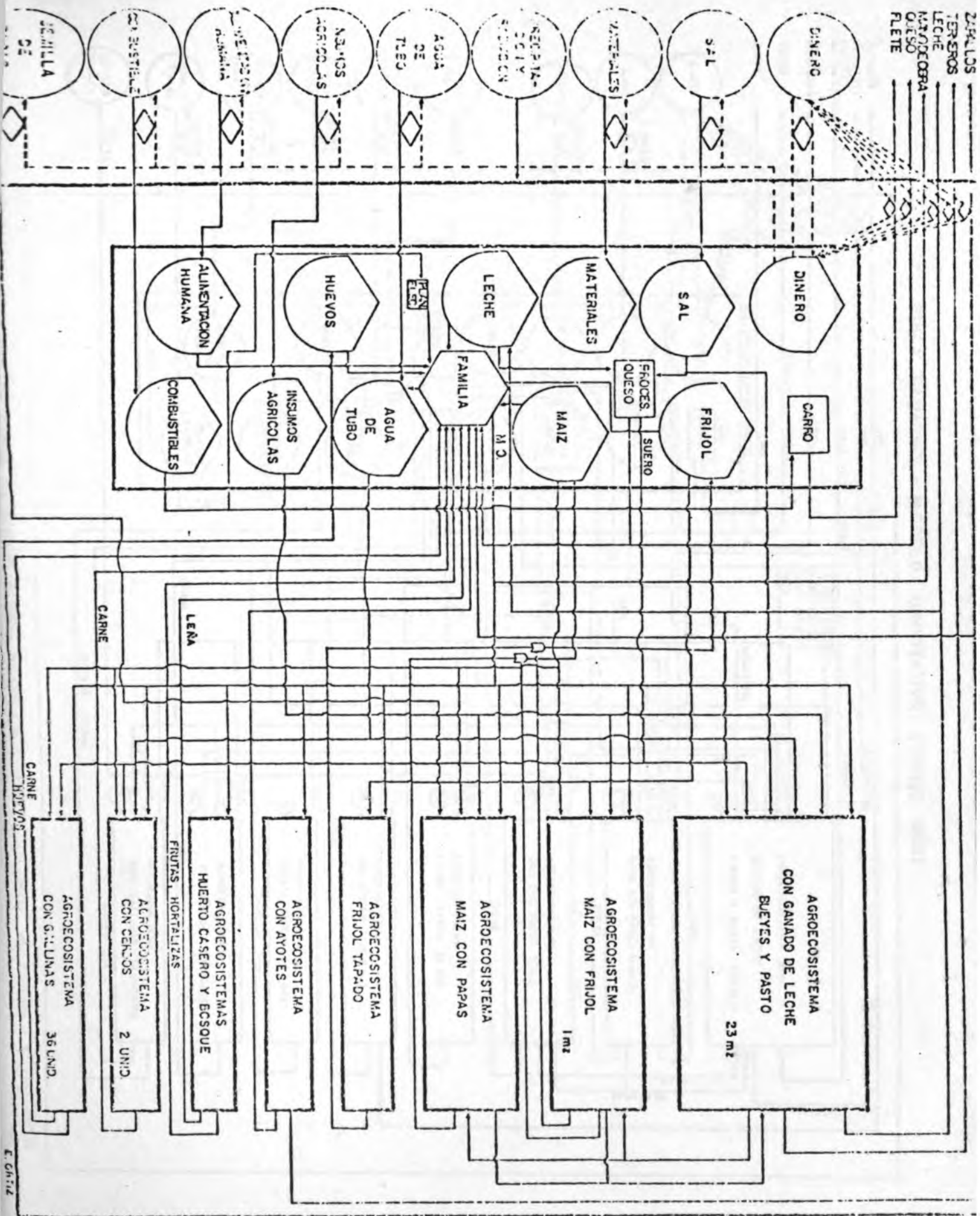
AGROECOSISTEMA
CON GALINAS
36 UNID.

DINERO
SAL
MATERIALES
FAMILIA
AGUA DE TUBO
INSUMOS AGRICOLAS
HUEVOS
MAIZ
SAL
PROCESO QUESO
SUERO
CARRO
CONSISTIBLES
ALIMENTACION HUMANA

ENERGIA
SAL
MATERIALES
AGUA DE TUBO
HUMAN LABOR
AGROECOSISTEMAS
CONSISTIBLES
CERVIJILLA DE LECHE



ZARULLOS
 TERREMOS
 LECHE
 MANEJO DE OVA
 QUESO
 FLETE



FINCA CAMACHO - MODELO CUANTITATIVO (MARZO 1960)

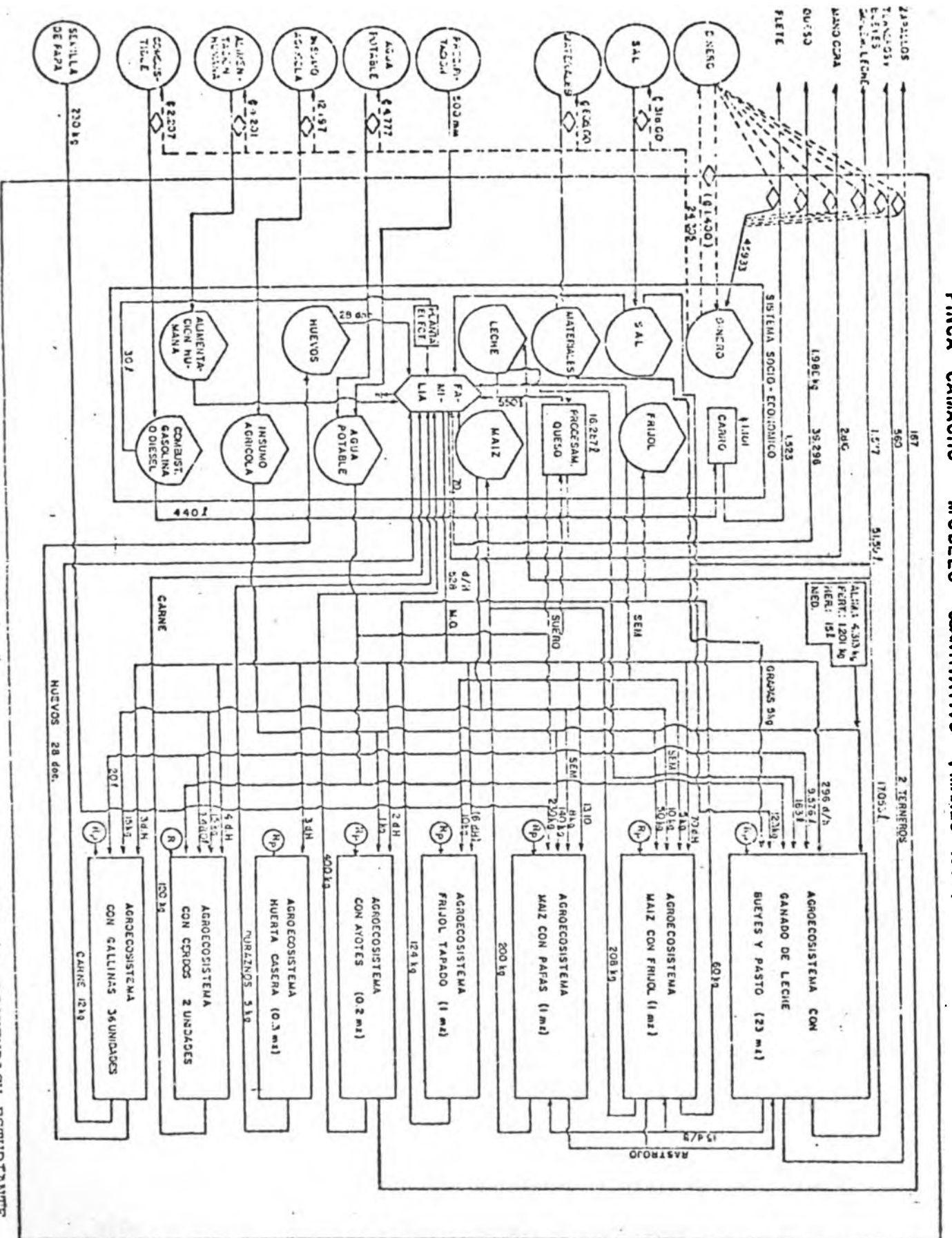


FIG. 1. UN SISTEMA DE FINCA EN BUENOS AIRES, SANTA CRUZ, COSTA RICA - (O. RÖCKENBACH ESTUDIANTE)

PRACTICA No.6

CARACTERIZACION DE SISTEMAS AGRICOLAS

1. INTRODUCCION:

El mejoramiento y diseño de mejores agroecosistemas, solo son realizables después de estudiar en detalle tanto los sistemas agrícolas que usan los agricultores, como los sistemas socioeconómicos dentro de los cuales desarrollan sus actividades.

Un enfoque de sistemas se ha aplicado a un diagnóstico integral de la Región de Coto Brus, Costa Rica, con buen éxito. No obstante, se ha criticado que la metodología aplicada debe refinarse aun más y que el diagnóstico aun no es completo. Por estas razones, se ha modificado parcialmente la metodología, se ha escogido una región muy diferente y se le ha llamado: caracterización inicial de los sistemas agrícolas de la región.

Esta práctica ha sido diseñada para cumplir un objetivo didáctico y a su vez colaborar con los programas de investigación que se llevan a cabo en la región. Los objetivos generales se pueden resumir así:

- 1- Presentar al estudiante una oportunidad para aplicar y validar los conceptos aprendidos en el análisis de los sistemas agrícolas enmarcados dentro de una realidad socioeconómica.
- 2- Realizar una caracterización inicial de los sistemas agrícolas: región, finca y agroecosistema del Valle de La Esperanza en Honduras; etapa inicial en el enfoque metodológico de la investigación hecha por CATIE.

Para alcanzar los objetivos, se planeó un viaje de estudio a la región con todos los estudiantes del curso de Agroecosistemas, un grupo

interdisciplinario de técnicos provenientes de varios países.

2. METODOLOGIA

El grupo de técnicos (estudiantes) deberá realizar las tres etapas de que consta el estudio: planeamiento y programación, ejecución y evaluación del trabajo. Para lograr estos objetivos, el grupo deberá organizarse en sub-grupos operativos que cumplen tareas específicas.

2.1. ETAPA I: PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION

Esta labor se lleva a cabo desde 2 semanas antes de la ejecución de la práctica. Se inicia con la definición del problema específico y el planteamiento sobre los objetivos y metas a alcanzar (ver diagrama 1).

Uno de los sub-grupos, en que se divide el grupo total, estará formado por los coordinadores de los otros sub-grupos y se encargará de coleccionar y analizar la información secundaria sobre la región. Además, el grupo debe mostrar un coordinador general y un coordinador administrativo. Con el propósito de coleccionar la información en la misma región y dirigir la organización de la infraestructura regional, el coordinador o algún delegado del grupo deberá trabajar en la región con anticipo al grupo.

Esta primera etapa finaliza con una reunión del grupo total, en donde se presenta y analiza la información secundaria encontrada sobre la región. En base a este análisis de información y a la organización de la infraestructura regional, se discute y concluye sobre la necesidad o no de realizar la caracterización de los sistemas agrícolas de esa zona.

2.2 ETAPA II: ACCION REGIONAL

El grupo de técnicos se traslada a la región. El mismo día de llegada, si es posible, se debe llevar a cabo una reunión con representantes de los tres sectores: agricultura, industria y servicios. El objetivo es conocer en forma general los procesos y problemas regionales e interactuar con estos representantes (ver diagrama 2).

El segundo día en la región, 3 sub-grupos salen a recopilar información a nivel regional, un sub-grupo para cada sector. Este mismo día, cada sub-grupo, en forma individual, elaborará un modelo diagramado sobre el sector estudiado. Con estos modelos regionales parciales elaborados, se reúne el grupo total, se unen los modelos de cada sector y se forma un modelo regional preliminar que integra los tres sectores.

El tercer día de trabajo en la región, el grupo total se divide en 6 sub-grupos. Un sub-grupo continuará a nivel regional, validando el modelo regional preliminar elaborado el día anterior. La validación se lleva a cabo por: 1) comparación con la información secundaria, 2) re-haciendo preguntas claves a representantes no encuestados para hacer el modelo, 3) dando el modelo a revisar por otros técnicos, 4) evaluación por consistencia interna. Los otros 5 sub-grupos recopilan información a nivel de finca. Este mismo día, cada sub-grupo elaborará un modelo de la finca estudiada y lo presentará en la reunión general en donde se discutirán y se seleccionará un modelo para una finca típica. En esta misma reunión general se seleccionarán los agroecosistemas a estudiar el próximo día.

El cuarto día, igual que el día anterior, un sub-grupo se encargará de validar los modelos de finca utilizando la metodología ya descrita para validación. Los otros 5 sub-grupos recopilarán la información a nivel de agroecosistemas, harán un modelo sobre el o los agroecosistemas estudiados y los presentarán a la reunión general del grupo. En esta reunión general, también se discutirá y analizará sobre todos los aspectos relevantes del estudio realizado, y se dejará un informe preliminar para los técnicos nacionales que laboran en la región.

Como documento básico para continuar con los programas de investigación en el futuro, el grupo total deberá publicar un informe detallado, conteniendo los modelos, explicaciones, metodología empleada, y conclusiones sobre los mejores que se podrían hacer a los sistemas agrícolas estudiados.

OMBRE	PAIS	ESPECIALIDAD	PROGRAMA
E.H. Hart	U.S.A.		Cultivos Anuales (Profesor de Sistemas)
Oscar Paniagua	Bolivia	Malezas	Cultivos Anuales
Edgar A. Martínez	Guatemala	Suelos	Cultivos Anuales
Freddy Sancho M.	Costa Rica	Suelos	Cultivos Anuales
Eduardo López C.	Guatemala	Cultivo de tejidos	Plantas Perennes
Rafael Díaz	Honduras	Semillas	Cultivos Anuales
Jorge A. Morera	Costa Rica	Recursos Genéticos	Plantas Perennes
Tomás Galomo R.	México	Leguminosas	Cultivos Anuales
Jesús A. Sánchez	Colombia	Enfermedades - cacao	Plantas Perennes
Rafael A. Mata	Costa Rica	Suelos	Cultivos Anuales
Erasmus Vallester	Panamá	Areas silvestres	Recursos Naturales
Floria Bertsch	Costa Rica	Suelos	Cultivos Anuales
Tomás A. Montás	Rep. Dominicana	Malezas	Cultivos Anuales
Manuel Carballo V.	Costa Rica	Manejo de plagas	Cultivos Anuales
Edmidlia Guzmán M.	El Salvador	Suelos	Cultivos Anuales
Eduardo Müller	Costa Rica	Producción Animal	Producción Animal
Fanny Saavedra V.	Panamá	Fitopatología	Cultivos Anuales
Mayra Alfaro	Costa Rica	Areas Silvestres	Recursos Naturales Renovables
Marcial Erazo P.	Honduras	Areas Silvestres	Recursos Naturales Renovables
Angel Paucar M.	Ecuador	Areas Silvestres	Recursos Naturales Renovables
Guillermo Véliz	Perú	Hortalizas	Cultivos Anuales
Edmundo de León	Panamá	Est. Especial	Cultivos Anuales
Oswaldo Rockenbach	Brasil	Sistemas	Cultivos Anuales
Roberto Serpa	Venezuela	Suelos	Cultivos Anuales
Tito Jiménez Chacón	Costa Rica	Sistemas y laboreo	Cultivos Anuales
E. Escalante	Venezuela	Est. especial	

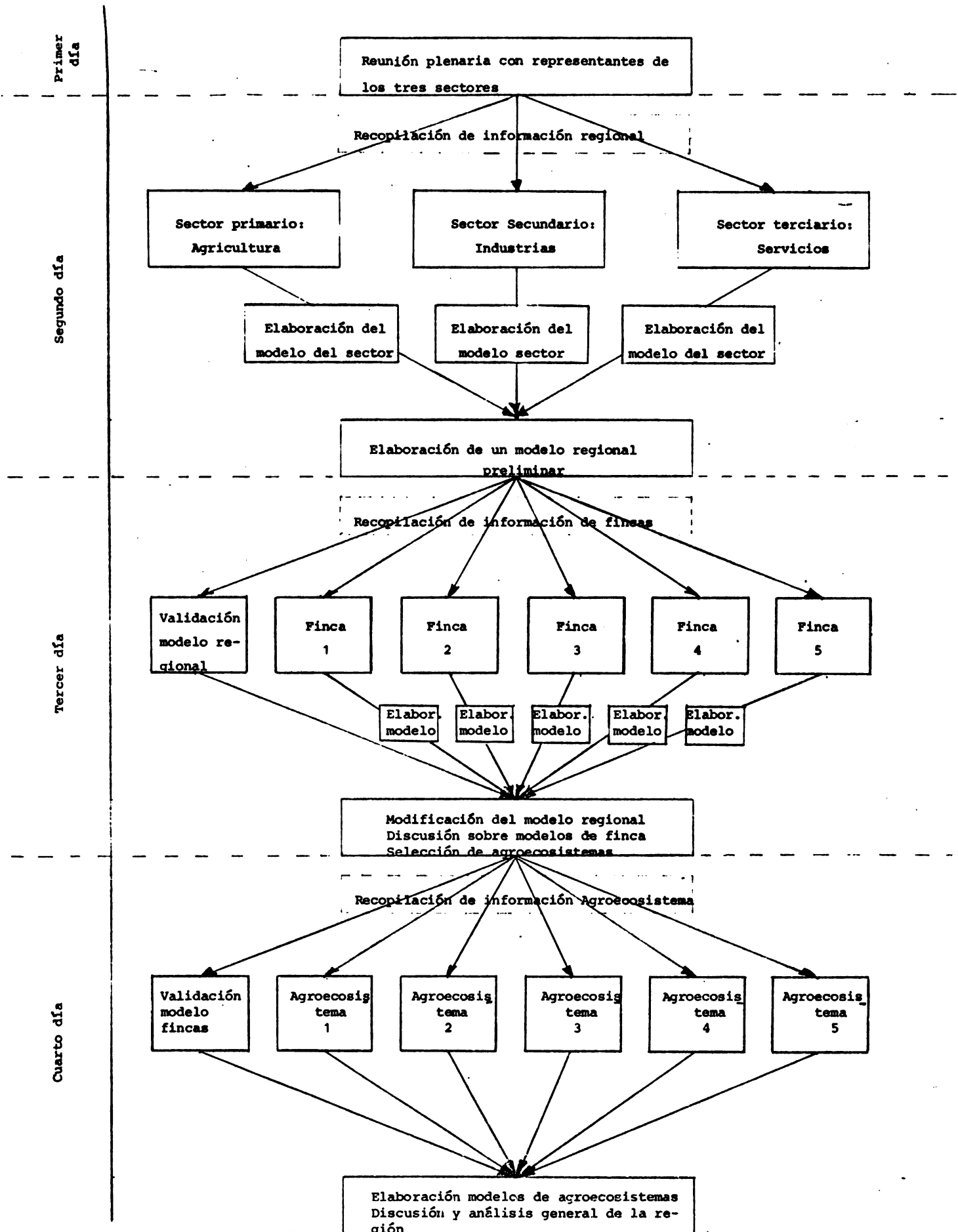


Diagrama 2: Resumen de la acción regional y la validación de los modelos

PERIODO DE TIEMPO: DESDE 15 DIAS ANTES DEL VIAJE

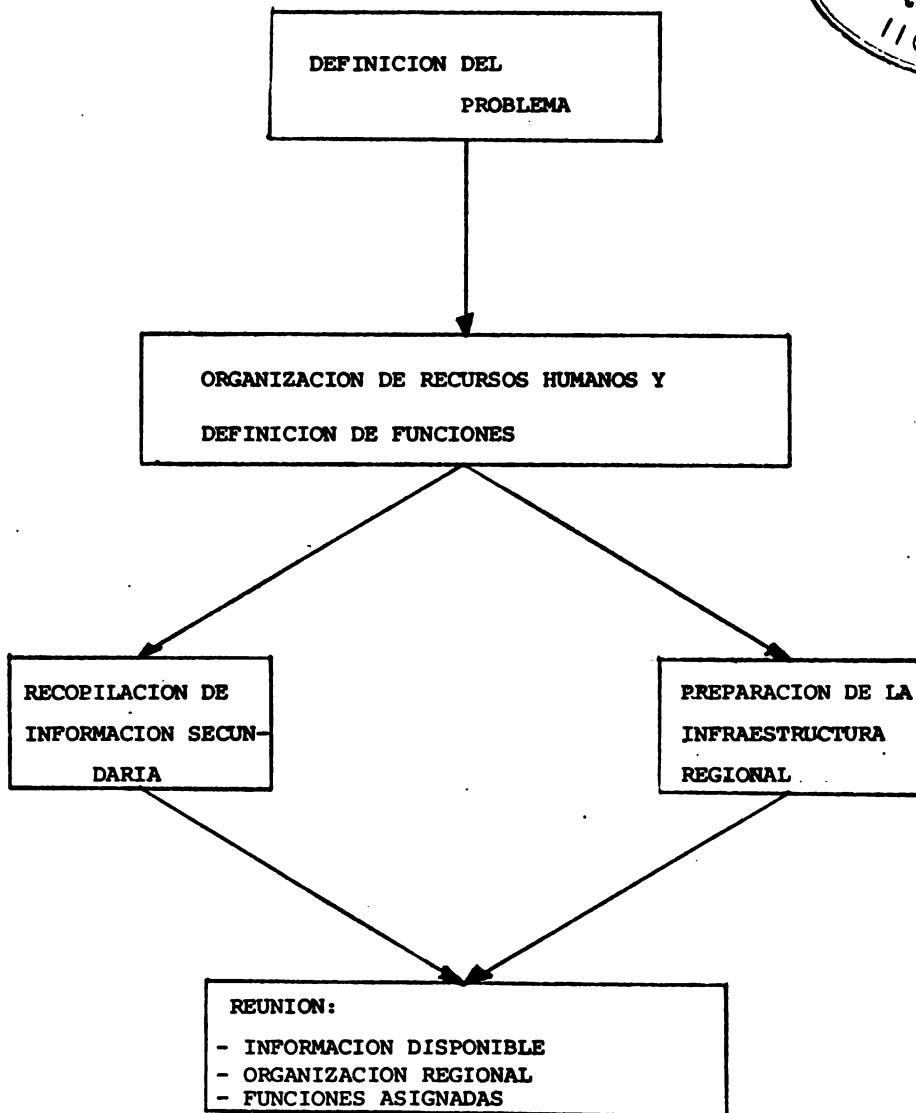


DIAGRAMA 1: RESUMEN DE LA PRIMERA ETAPA, PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION.

PRACTICA No. 7

Propósito:

Calcular por un método indirecto el balance hídrico de los diferentes experimentos con sistemas de cultivo asociados.

Bases teóricas:

Es importante estimar la rapidez con la cual las plantas usan el agua del suelo porque ello incide en el manejo que se le da al sistema suelo-planta.

Se han utilizado varios métodos para determinar el consumo de agua por las plantas las cuales se pueden clasificar como directos e indirectos.

Entre los métodos indirectos de más uso en los países latinoamericanos tenemos la fórmula empírica de Blannex y Criddle (1955).

El uso de esta fórmula implica la introducción de un coeficiente empírico (K) para representar las características fisiológicas y culturales de los cultivos en consideración. Establece que el consumo es función de la temperatura media mensual (t) y del porcentaje mensual de horas de sol en el período.

La fórmula de Blannex y Criddle tiene la fórmula:

$$UC = Kp \left(\frac{45.7T + 813}{100} \right) \quad (1)$$

100

UC = uso consuntivo, consumo de agua por las plantas o evapotranspiración expresado en milímetros

K = coeficiente empírico de consumo de agua de los cultivos durante el período de crecimiento de los mismos. Para el caso del arroz asumir 1.1

p = porcentaje mensual de horas luz en el año. El valor para cada mes, depende de la latitud del lugar en relación al Ecuador geográfico.

Estos valores para Turrialba se dan en el cuadro siguiente.

T = temperatura promedio mensual en °C

Una vez determinado el uso consuntivo, el volumen neto de agua necesaria o exceso de agua, se encuentra restándole la lluvia efectiva al valor calculado del U.C.

Conociendo la porosidad total y porosidad capilar del suelo se puede estimar el agua en el suelo para cada mes del año. Este dato provendría de la humedad gravimétrica para cada tipo de sistema de cultivo.

Conociendo la profundidad radicular se puede determinar el agua que se mueve fuera del alcance de las raíces.

Para nuestros trabajos tenemos lo siguiente:

a) Datos físicos del suelo:

Los datos de suelo se van a tomar de los perfiles modales descritos por Aguirre ().

Los datos físicos de suelo de la serie La Margot coluvial son los siguientes:

Profundidad cm	Textura	dp gr/cc	CC _____	PMP %	CC-PMP _____	da gr/cm ³	Zr d cm
0-12	F. Arcilloso	2,6	42,80	34,83		1,01	
12-35	Arcilloso	2,7	37,30	29,46		1,31	

Siendo

d = lámina de H_2O en cm

CC = capacidad de campo en % en base suelo seco

PMP = punto de marchitez permanente en % en base suelo seco

d_a = densidad aparente gr/cm^3

Z_r = profundidad efectiva (cm)

Hay que considerar los datos que han sido recolectados habiéndose determinado la humedad gravimétrica que se da en el cuadro anexo No. 2.

El uso consuntivo se puede calcular tomando en cuenta la fórmula (1) y con los datos que se dan a continuación en el cuadro anexo No. 1.

Porcentaje mensual de horas luz en el año para latitudes 0, 5 y 10 grados con respecto al Ecuador

Latitud Norte

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	C	D
0	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
5	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2	8.1	8.1
10	8.0	8.1	8.4	8.5	8.6	8.7	8.7	8.5	8.4	8.2	8.0	8.0
15	7.8	8.0	8.3	8.6	8.8	8.9	8.8	8.6	8.4	8.1	7.9	7.8

Fuente: US Weather Bureau. Sunshine tables, Bulletin 805; 1954.

Cuadro No. 1. Cálculo del uso consuntivo

Mes	P %	T °C	UC K =1.1 mm	Precip. mm	Evap. mm
Enero	7.8	21.1		143.5	99.49
Febrero	8.0	20.2		191.6	93.00
Marzo	8.3	21.6		16.8	132.39
Abril	8.6	22.2		96.1	126.30
Mayo	8.8	23.0		220.4	124.90
Junio	8.9	22.8		291.6	84.80
Julio 79	8.8	22.5		124.5	101.39
Agosto 79	8.6	22.2		213.2	104.20
Setiembre	8.4	22.5		223.1	107.20
Octubre	8.1	22.7		140.7	108.20
Noviembre	7.9	21.6		154.3	78.60
Diciembre 79	7.8	21.0		189.8	81.60

En la Figura No. 1 se presenta el diagrama cualitativo para el balance hídrico de un sistema en donde se han tomado en cuenta únicamente los subsistemas suelo, cultivos y maleza.

Tomando el diagrama como base se calculará:

- Cantidad de H_2O que entra al sistema. (Precipitación Cuadro No. 1).
- Cantidad de H_2O total capilar en cm que puede existir en el perfil del suelo. Compárela con los valores en cm de humedad gravimétrica por usted obtenido. (En humedad gravimétrica se determina tanto el

H₂O capilar como no capilar).

Qué conclusión sacaría. El almacén de aire está afectado? En qué cantidad? Qué sugeriría usted para restituirlo a su condición normal?

Qué esperaría que le sucediera a sus diferentes arreglos de cultivo?

- c) Cantidad de H₂O disponible para el maíz, arroz y maleza en la zona radical.
- d) Cantidad de H₂O perdida en el sistema suelo-planta por evapotranspiración.
- e) Estimar el H₂O en cm que se mueve fuera del alcance de las raíces (infiltración y escorrentía). Suponer el valor para la profundidad de raíces aquella obtenida para el cálculo del punto c.

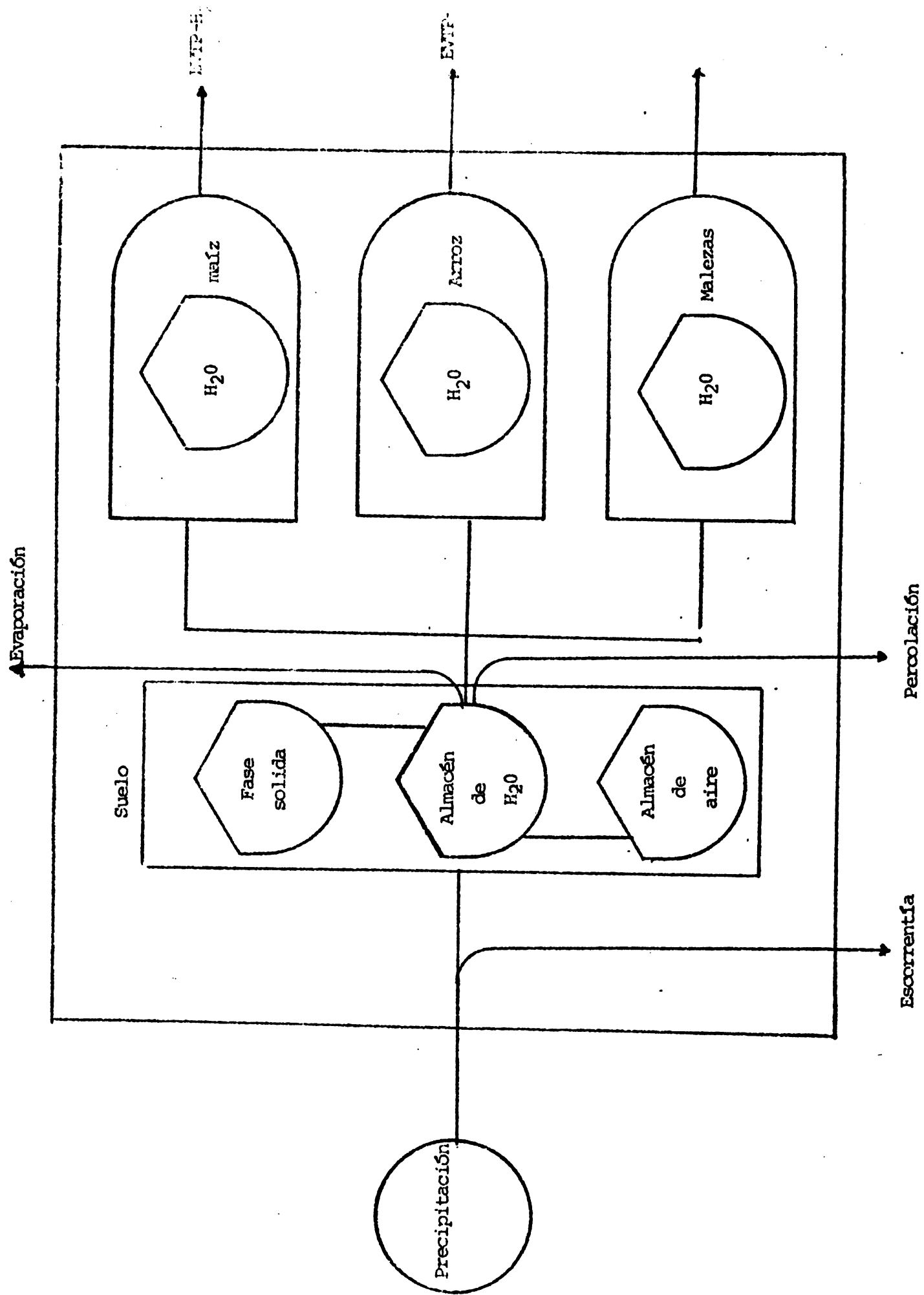
BLANEY, H.F. Climate as an index of irrigation needs. Water: The year-book of agriculture. The United States Department of Agriculture. The United States Government Printing Office. USA 1955. pp. 341-345.

Cuadro No. 2. Humedad gravimétrica (%) del experimento analítico con cultivos maíz y arroz arreglados en una gradiente topográfica.

Repetición	Mayo										Junio										Julio	
	Fecha	21	23	27	30	\bar{x}	3	9	11	13	18	20	24	27	\bar{x}	1	4					
1	44	47	46	20	47	39	40	43	47	50	47	56	45	54	48	46	50					
	67			47	55	54	52	50	40	49	54	48	32	53	47	46	48					
2	48	47	44	26	49	43	46	42	50	47	47	54	52	50	48	44	50					
	45			31	23	36	50	45	50	50	44	44	48	57	48	42	48					
3	37	42	44	21	50	37	42	43	44	43	49	48	44	48	45	59	49					
	46			25	48	41	75	42	54	47	57	50	54	55	64	55	55					
4	44	48	26	25	44	40	51	46	41	43	43	46	43	55	46	41	43					
	47			59	45	44	48	46	51	50	49	50	47	52	49	45	46					
5	46	46	46	30	54	44	57	-	54	54	45	56	57	56	54	55	47					
	57			43	63	52	69	58	61	55	48	64	54	70	60	62	45					

$$\% \text{ H. Grav.} = \frac{\text{Húmedo} - \text{seco}}{\text{seco}} \times 100$$

Fig. 1. Diagrama del flujo de H_2O de los subsistemas suelo y cultivos del agroecosistema.



Práctica No.8

Análisis del subsistema malezas en diferentes agroecosistemas

OBJETIVO GENERAL:

- Conocer las relaciones entre el subsistema malezas y los otros componentes en agroecosistemas bajo diferentes condiciones de manejo.

- Para alcanzar este objetivo se ha planeado tres actividades específicas:

- 1- Analizar y graficar los datos sobre el número de malezas, obtenidos en un experimento exploratorio con arroz y maíz con 5 factores (fertilización, arreglo espacial, variedad, población e insecticida) a 2 niveles cada factor. (CATIE, Turrialba).
- 2- Analizar y graficar los datos sobre peso de dos tipos de malezas en un cultivo de frijol (Brasil).
- 3- Verificar la cantidad de semillas de malezas aptas para germinar en muestras de suelo bajo laboreo convencional y laboreo cero, a dos profundidades: 0-5 cms bajo la superficie del suelo y 5-10 cms y en dos clasificaciones: gramíneas y otras. Los resultados deben presentarse graficados.

Cuadro 2. Rendimiento de frijol, número de malezas a 20, 40 y 80 días después de la siembra y peso de malezas totales a la cosecha para 8 tratamientos de control de malezas. Caruaru, Brasil, 1975.

Tratamiento	Epoca	Dosis (kg/ha)	Peso frijol (kg/ha)	Número de malezas (1000/ha)			Peso fresco de malezas a cosecha frijol (kg/ha x 1000)			Total		
				20 DDS ^{3/}		40 DDS		80 DDS			Gram.	
				H.A. ⁴	Gram.	H.A.	Gram.	H.A.	Gram.			
1. Trifluralina	PPI ⁴	0,5	1300	300	1,0	350	8	10	10	0,20	3,5	3,7
2. "	11	1,0	1500	200	0,5	220	5	7	8	0,21	2,18	2,4
3. E.P.T.C	11	2,0	1200	280	2,0	290	18	11	80	0,22	4,90	5,2
4. "	11	4,0	1680	180	1,0	210	16	10	70	0,22	4,78	5,0
5. DNBP+	Pre ^{2/}	2,0+0,5	1800	10	2,0	17	15	8	82	0,20	4,80	5,0
6. 12 + 11	11	3,0+1,0	1950	12	2,0	15	15	10	50	0,17	3,23	3,4
7. Limpías maualas	21 y 41 DDS	--	1900	290	22,0	48	12	15	38	0,28	3,22	3,5
8. Testigo absoluto	-	--	1100	350	20,0	200	28	9	45	0,18	4,12	4,3
D.M.S	--	--	350	96	6,1	140	8,3	7,1	14,6	0,11	1,54	1,67

Preguntas

1. Influyeron las malezas sobre el rendimiento de frijol
2. a. Qué tipo de maleza abundó más a la cosecha del frijol?
b. Cuál tipo de maleza influyó más sobre el rendimiento?
3. En qué época fue más importante la cantidad de maleza?
a. No. Porqué?
b. Sí. Qué tipo?
4. Hubo interacción entre malezas de hoja ancha y gramíneas
a. No. Porqué?
b. Sí. Qué tipo?
5. Cuál(es) de los herbicida(s) es gramicida? Para hoja ancha?
6. Cuál tratamiento es más recomendable?

1/ PPI: Pre-siembra incorporado

2/ Pre: Pre-emergencia

3/ DDS: Días después de la siembra

4/ H.A: Hoja ancha

Cuadro 2. Rendimiento de frijol, número de malezas a 20, 40 y 80 días después de la siembra y peso de malezas totales a la cosecha para 8 tratamientos de control de malezas. Caruaru, Brasil. 1975.

Tratamiento	Epoca	Dosis (kg/ha)	Peso frijol (kg/ha)	Número de malezas (1000/ha)				Peso fresco de malezas a cosecha frijol (kg/ha x 1000)				
				20 DDS ^{3/}		40 DDS		80 DDS		HA.	Gram.	
				H.A. ⁴	Gram.	H.A.	Gram.	H.A.	Gram.			
1. Trifluralina	PPI ⁴	0,5	1300	300	1,0	350	8	10	10	0,20	3,5	3,7
2. "	11	1,0	1500	200	0,5	220	5	7	8	0,21	2,18	2,4
3. E.P.T.C	11	2,0	1200	280	2,0	290	18	11	80	0,22	4,90	5,2
4. "	11	4,0	1680	180	1,0	210	16	10	70	0,22	4,78	5,0
5. DNBP+	Pre ^{2/}	2,0+0,5	1800	10	2,0	17	16	8	82	0,20	4,80	5,0
6. 12 + 11	11	3,0+1,0	1950	12	2,0	15	15	10	50	0,17	3,23	3,4
7. Limpias maules	21 y 41 DDS	--	1900	290	22,0	48	12	15	38	0,28	3,22	3,5
8. Testigo absoluto	-	--	1100	350	20,0	200	28	9	45	0,18	4,12	4,3
D.M.S	--	--	350	96	6,1	140	8,3	7,1	14,6	0,11	1,54	1,67

Preguntas

- Influyeron las malezas sobre el rendimiento de frijol
- a. Qué tipo de maleza abundó más a la cosecha del frijol?
b. Cuál tipo de maleza influyó más sobre el rendimiento?
- En qué época fue más importante la cantidad de maleza?
a. No. Porqué?
b. Sí. Qué tipo?
- Hubo interacción entre malezas de hoja ancha y gramíneas
a. No. Porqué?
b. Sí. Qué tipo?
- Cuál(es) de los herbicida(s) es gramicida? Para hoja ancha?
- Cuál tratamiento es más recomendable?

1/ PPI: Pre-siembra incorporado

2/ Pre: Pre-emergencia

3/ DDS: Días después de la siembra

4/ H.A: Hoja ancha

CARACTERIZACION DE SISTEMAS AGRICOLAS

(HONDURAS, 11 a 27 de Julio 1980)

CALENDARIO DE ACTIVIDADES

<u>DIA</u>	<u>HORA</u>	<u>ACTIVIDAD</u>
Viernes 11	7:00 a.m.	El coordinador sale hacia la región, Honduras
Sábado 19	12:00 p.m.	El grupo total sale hacia Liberia, C.R.
	5:30 p.m.	Llegada a Liberia, hospedaje en el Hotel El Bramadero
Domingo 20	6:10 a.m.	Salida hacia Tegucigalpa
	5:30 p.m.	Llegada a Tegucigalpa
Lunes 21	6:30 a.m.	Salida hacia La Esperanza
	2:00 p.m.	Llegada a La Esperanza
	3:00 p.m.	Reunión plenaria con representantes de la región
Martes 22	6:10 a.m.	El grupo total dividido, en 3 subgrupos sale al campo para recopilar información sobre los tres sectores
	7:00 p.m.	Cada grupo elabora un modelo del sector analizado
	9:00 p.m.	Reunión del grupo total y elaboración del modelo regional preliminar
Miércoles 23	6:10 a.m.	Salida del grupo total en 5 subgrupos, 1 a nivel regional y 4 a nivel de finca, para recopilar información
	7:00 p.m.	Cada grupo elabora un modelo de las fincas estudiadas
	9:00 p.m.	Reunión del grupo total, discusión sobre los sistemas de finca y selección de agroecosistemas para estudiar en detalle
Jueves 24	6:10 a.m.	Salida para recopilar información a nivel de agroecosistemas (mismos grupos del día anterior)
	2:00 p.m.	Elaboración de modelos sobre agroecosistemas por los diferentes grupos
	3:00 p.m.	Reunión general y análisis de la región
	5:00 p.m.	Salida hacia Comayagua
Viernes 25	6:10 a.m.	Salida en grupos de 2 para estudiar y diagramar fincas de tres regiones de Comayagua: San Jerónimo, La Paz y El Rosario
	7:00 p.m.	Presentación de modelos sobre fincas de Comayagua
Sábado 26	6:00 a.m.	Salida hacia Liberia, C.R.
	5:30 p.m.	Llegada a Liberia, C.R.
Domingo 27	1:00 p.m.	Salida hacia Turrialba, CATIE

PRACTICA No. 8

SUBSISTEMA DE CULTIVO

R. Serpa*
M. Holle**

Un sistema de cultivo es un arreglo espacial y cronológico de poblaciones de uno o más especies que interactúan y en conjunto forman una unidad.

En el análisis de los sistemas de cultivo es importante reconocer los límites tanto espaciales como cronológicos. La estructura, reconociendo los factores de intensidad y diversidad así como los arreglos espaciales y cronológicos de los diferentes sistemas de cultivo. Para determinar la función se puede considerar al sistema de cultivos como una caja negra relacionando las entradas con las salidas o también considerando solamente las salidas. Para lograr comprender el desempeño del sistema es imprescindible tratar de relacionar los factores de estructura con la función y así poder extraer recomendaciones válidas.

Objetivos: Usando 2 experimentos de arroz con maíz:

1. Identificar los diferentes arreglos de cultivo en diferentes experimentos.

*Estudiante del Programa de Estudios de Posgrado UCR/CATIE

**Ph. D., Horticultor, Programa de Cultivos Anuales, CATIE.

2. Analizar diferentes experimentos con diferentes estructuras y tratar de relacionar la estructura con la función de un sistema de cultivos.
3. Interpretar los resultados de análisis con el fin de indicar recomendaciones válidas para cada uno de los diferentes sistemas en estudio.

Procedimiento:

A. Experimento exploratorio

Se sembró un experimento con el título de exploratorio en el campo "La Montaña" con la finalidad de probar al nivel de importancia las siguientes variables:

a) Fertilidad: nivel 0 N OP

50 N, 100 P₂O₅

b) Arreglo espacial: 2 surcos/parcela

4 surcos/parcela

c) Variedad (=cultivar) de arroz: criollo de PANAMA

CICA-6

d) Población de maíz: 2 plantas/postura

4 plantas/postura

e) Insecticida y Fungicida: No control

Control

El **diseño** de experimento utilizado fue un diseño confundido 2^5 con un total de 32 diferentes tratamientos. La distribución de los diferentes tratamientos, el nivel de cada factor y la descripción de los tratamientos se presentan en las hojas anexas Nos. 1 y 2.

El tamaño de las parcelas fue de 6,3 m de largo x 5,7 m de ancho, siendo el área útil de dicha parcelas $13,5 \text{ m}^2$. La población inicial de maíz para los tratamientos B_1D_1 fue de 11.780 plantas/ha (2 hileras por parcela x 2 plantas por postura) para el tratamiento B_1D_2 fue de 23.556 plantas/ha (2 hileras por parcela x 4 plantas/postura) para el tratamiento B_2D_1 fue de 19.474 plantas/ha (4 surcos/parcela x 2 plantas/postura) y para el tratamiento B_2D_2 fue de 38.977 plantas/ha (4 surcos/parcela x 4 plantas/postura). La población inicial de arroz para ambas variedades fue de 1,111.110 plantas/ha.

La siembra del maíz se realizó 11 días después de haberse realizado la siembra del arroz.

Las parcelas con control de insecticidas y fungicidas se les aplicó:

- a) Furadan 0,5 gr/postura al momento de la siembra del maíz
- b) Dithane M-45 1,38 Kg/ha al arroz
- c) Sevin 0,277 Kg/ha al arroz y maíz
- d) Furadan 2,77 Kg/ha al momento de la siembra del arroz

El arreglo cronológico, el arreglo espacial y el croquis de campo se indican en la hoja anexa No. 3.

DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS

Exp. No.

Hoja No. 1

EXPERIMENTO EXPLORATORIO

Diseño: : _____
 No. Repeticiones: esta localidad 4 en total 4

DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS Y SORTEO DE PARCELAS

No. de trata.	Nivel de cada factor					DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO	Número de parcela				
	A	B	C	D	E		I	II	III	IV	V
1	2	2	1	1	1	AB	1				
2	2	1	1	2	2	ADE	2				
3	1	1	2	2	1	CE	3				
4	1	2	1	2	2	BDE	4				
5	1	1	1	1	1	(1)	5				
6	2	2	2	2	1	ABCE	6				
7	2	1	2	1	2	ACE	7				
8	1	2	2	1	2	BCE	8				
9	1	1	1	2	2	DE		9			
10	2	2	2	1	2	ABCE		10			
11	1	2	1	1	1	B		11			
12	1	1	2	1	2	CE		12			
13	2	1	2	2	1	ACD		13			
14	1	2	2	2	1	BCD		14			
15	2	2	1	2	2	ABDE		15			
16	2	1	1	1	1	A		16			

Observaciones

- | | |
|------------------------------|--|
| (A) Fertilidad: | 1 = 0
2 = NPK |
| (B) Arrreglo espacial: | 1 = 2 surcos/parcela
2 = 4 surcos/parcela |
| (C) Variedad de arroz: | 1 = Criollo de Panamá
2 = CICA-6 |
| (D) Población de maíz: | 1 = 2 pl/postura
2 = 4 pl/postura |
| (E) Insecticida y fungicida: | 1 = No control
2 = Control |

DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS

Exp. No.

--	--	--	--	--	--

Hoja No. 2

EXPERIMENTO EXPLORATORIO

Diseño: : _____

No. Repeticiones: esta localidad 4 en total 4

DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS Y SORTEO DE PARCELAS

No. de trata.	Nivel de cada factor					DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO	Número de parcela				
	A	E	C	D	E		I	II	III	IV	V
17	1	2	2	2	2	BCDE			17		
18	1	1	1	2	1	D			18		
19	2	1	2	2	2	ACDE			19		
20	1	1	2	1	1	C			20		
21	2	1	1	1	2	BE			21		
22	1	2	1	1	2	BE			22		
23	2	2	1	2	1	ABD			23		
24	2	2	2	1	1	ABC			24		
25	2	2	1	1	2	ABE				25	
26	2	1	2	1	1	AC				26	
27	1	1	1	1	2	E				27	
28	1	2	1	2	1	BD				28	
29	1	1	2	2	2	CDE				29	
30	2	1	1	2	1	AD				30	
31	2	2	2	2	2	ABCDE				31	
32	1	2	2	1	1	EC				32	

Observaciones

INFORMACION DE CAMPO

Exp. No.

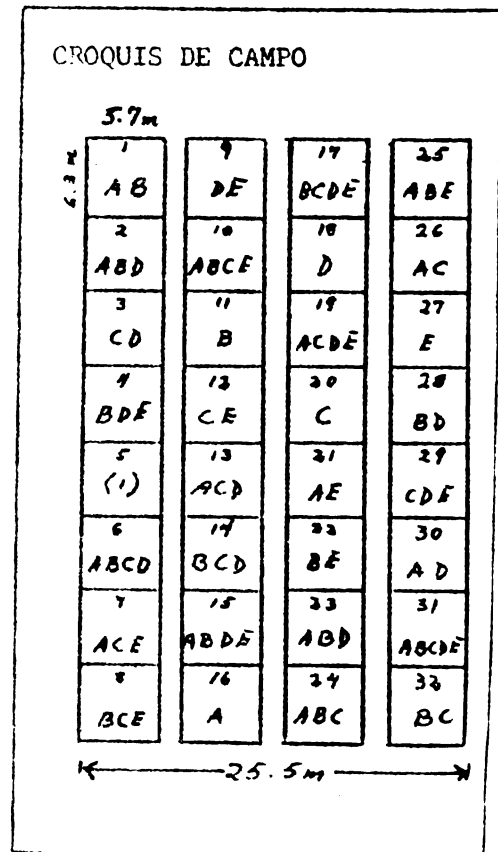
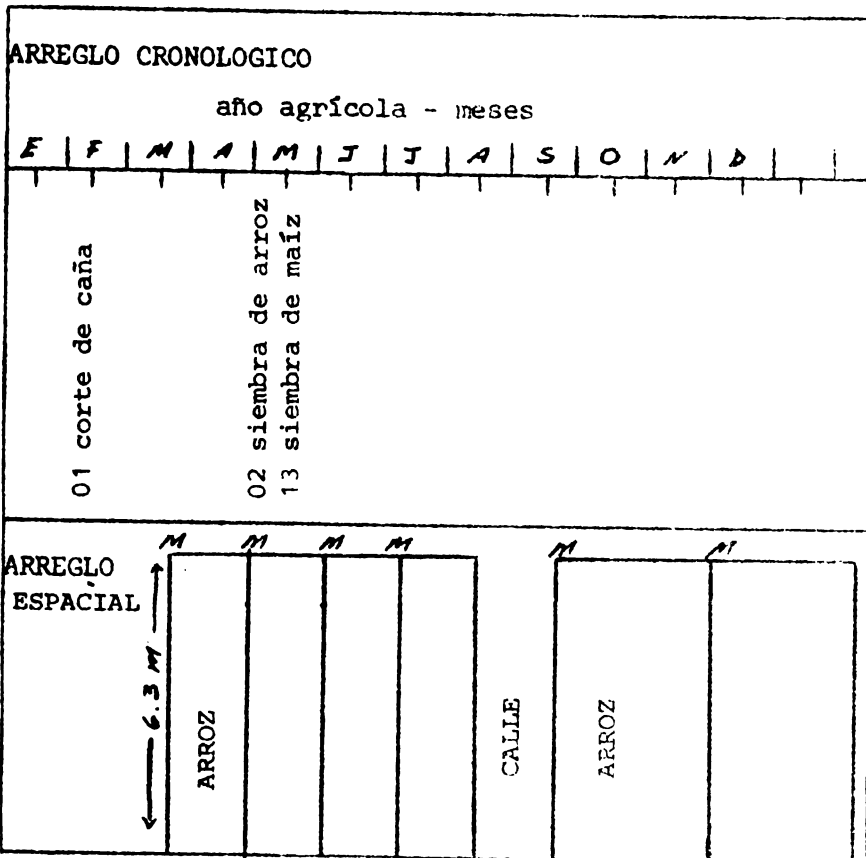
Hoja No. 3

EXPERIMENTO EXPLORATORIO

LABORES PREVIAS A LA SIEMBRA																	
1. Roza			2. Arada			3. Herbicida			4.			5.			6.		
			15	3	80												
día	mes	año	día	mes	año	día	mes	año	día	mes	año	día	mes	año	día	mes	año

Número de aradas 1, 2 rastreo
 Herbicida N/A dosis _____
 Fuerza empleada: mecánica animal humana
 cant. _____ forma aplic. _____
 Número de siembras _____

INFORMACION DE UNIDAD EXPERIMENTAL							EXPLORATORIO		
Cultivo	Parcela total			parcela útil		Forma de siembra	No. plantas/golpe o metro lineal	Observaciones	
	hileras			hileras					área
	No.	largo	dist.	No.	largo				
1. Arroz + maíz	20	6.3	0.3	10	4.5	13.5	espeque a cada 0.3 m espeque a cada 0.9 m	10 2-4	Una sola parcela con arroz y maíz
2. Arroz + maíz	20	6.3	0.3	10	4.5	13.5	espeque a cada 0.3 m espeque a cada 0.9 m	10 1-2	" "



Las actividades realizadas en el experimento exploratorio se presentan en el Cuadro 12.

Datos recolectados por parcela:

Biomasa de maíz

Rendimiento de maíz

Biomasa de malezas

Especies de malezas

Biomasa de arroz

Rendimiento de arroz

Ataque de insectos

Ataque de enfermedades

Fertilidad de suelo

Práctica con el experimento exploratorio

El objetivo de instalar un experimento exploratorio es determinar cuál de los factores y/o interacciones de primer orden están limitando la producción.

La práctica con este experimento consiste en:

- a) Hacer un diagrama del sistema de cultivo asignado y cuantificar usando los valores dados en los Cuadros 1, 2, 3, 4 y 5.
- b) El análisis estadístico del peso seco de arroz a los 45 días resultó sin factores o interacciones significativas.

- c) Tratar de relacionar el o los factores con la estructura de todo el sistema de cultivos.
- d) Identifique un factor en su diagrama y explique su efecto sobre las salidas por las diferencias en cambios de estructura e insumos.

Un ejemplo de cuantificación para 2 sistemas se presentan en la Figura 1.

B. Experimento analítico

En este experimento se ha supuesto que la gradiente topográfica y el contenido de humedad del suelo explican el desempeño del sistema maíz-arroz en una forma determinante.

Se pretende evaluar la eficiencia de cada uno de los 3 diferentes sistemas de cultivo:

- a) Arroz en monocultivo
- b) Maíz en monocultivo
- c) Maíz asociado con arroz.

El diseño de experimento fue en bloque al azar con un total de 5 repeticiones que da un total de 15 diferentes tratamientos.

El tamaño de las parcelas fue de 12 m de largo x 5.4 m de ancho, siendo el área útil de la parcela de 45 m².

La población inicial para cada uno de los sistemas de cultivo fue:

- a) Arroz en monocultivo 1,111.110 plantas/ha
- b) Maíz en monocultivo 24.642 plantas/ha
- c) Maíz asociado con arroz: maíz = 7.403 plantas/ha y arroz = 900.000 plantas/ha.

La siembra del maíz se realizó 11 días después de la siembra del arroz. El arreglo cronológico, el arreglo espacial y el croquis de campo se presentan en la hoja anexa No. 8.

Todas las parcelas fueron tratadas con Sevin y Dithane M-45 mientras que se aplicó Furadan a razón de 0,001 Kg/postura de maíz a todo.

Las actividades realizadas en el experimento analítico se presentan en el Cuadro 13.

Datos recolectados por parcela

Humedad del suelo para cada bloque	Ataque de enfermedades
Biomasa de malezas	Fertilidad de suelo
Especies de malezas	
Biomasa de maíz	
Biomasa de arroz	
Rendimiento de maíz	
Rendimiento de arroz	
Ataque de insectos	

INFORMACION DE CAMPO

Exp. No.

--	--	--	--	--	--

Hoja No. 8

EXPERIMENTO ANALITICO

LABORES PREVIAS A LA SIEMBRA																	
1. Roza			2. Arada			3. Herbicida			4.			5.			6.		
			15 3 80														
día	mes	año	día	mes	año	día	mes	año	día	mes	año	día	mes	año	día	mes	año

Número de aradas 1, 2 rastreos
 Herbicida _____ dosis _____
 Fuerza empleada: mecánica animal humana
 cant. _____ forma aplic. _____
 Número de siembras _____

INFORMACION DE UNIDAD EXPERIMENTAL ANALITICA

Cultivo	Parcela total			parcela útil			Forma de siembra	No. plantas/golpe o metro lineal	Observaciones
	hileras			hileras					
	No.	largo	dist.	No.	largo	Área m ²			
1. Arroz	60	5.4	0.3	10	4.5	13.5	Espeque a cada 0.3 m	10	monocultivo
2. Maíz	19	5.4	1.0	3	4.5	13.5	Espeque a cada 0.9 m	2	monocultivo
3. Arroz +	60	5.4	0.3	10	4.5	13.5	Espeque a cada 0.3 m	10	Una parcela con arroz y maíz y
4. maíz	7	5.4	3.0	1	4.5	13.5	Espeque a cada 0.9 m	2	5 parcelas útiles
5.									

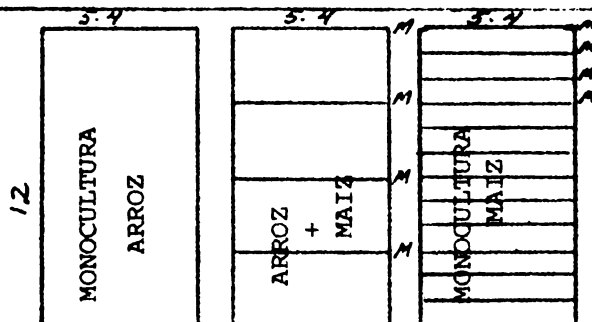
ARREGLO CRONOLOGICO

año agrícola - meses

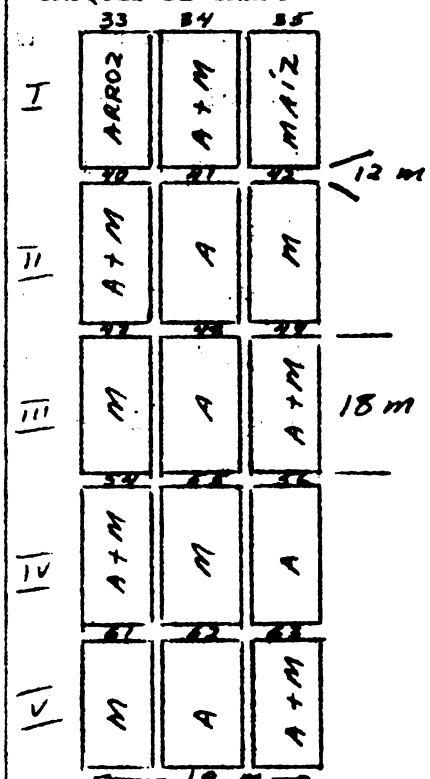
E F M A M J J A S O N D

01 corte de caña
 16 mayo siembra arroz
 06 siembra maíz

ARREGLO ESPACIAL



CROQUIS DE CAMPO



Práctica con el experimento analítico

En este experimento se pretende evaluar la eficiencia de cada uno de los sistemas de cultivo en los 2 puntos de la gradiente en relación a:

1. Materia seca de cada uno de los sistemas de cultivo (Cuadro 6), en relación a cantidad de H₂O (Cuadro 7) y estructura del sistema (Figura 2).
2. Energía producida en relación a la energía que entró de radiación y mano de obra (Figura 2). La Figura 2 se basa en los datos del Cuadro 8.
3. Índice de eficiencia por el uso equivalente de la tierra:

$$UET = \frac{A (M+A \text{ Rep}_1) = \text{Parcela 34}}{A \text{ Rep}_1 = \text{Parcela 33}} + \frac{M (\text{Parcela 34})}{M (\text{Parcela 35})}$$

Adicionalmente se calculará la estabilidad del sistema usando el índice de la variabilidad relativa para granos de materia seca de arroz, maíz y malezas al 5 de julio de 1980.

$$IVR = \frac{S_M^2 (M+A)}{S_M^2 (M)} + \frac{S_A^2 (M+A)}{S_A^2 (A)}$$

$$S^2 = \frac{\epsilon X_i^2 + \frac{(\epsilon X_1)^2}{n}}{n-1}$$

Cuadro 1. Peso seco total para cada uno de los diferentes arreglos de cultivo del ensayo exploratorio.

Tratamiento	ABCDE	Peso seco total		Peso seco total	
		MAIZ	ARROZ	ARROZ	MALEZA
		Plantas/36m ²	tallos/m ²	kg/ha	kg/ha
1	22111	9	123	138,37	883
2	21122	14	123	153,75	903
3	11221	14	275	206,25	89
4	12122	27	199	149,25	173
5	11111	10	123	107,62	13
6	22221	27	344	301,00	219
7	21212	10	344	516,00	853
8	12212	9	344	473,00	93
9	11122	14	123	153,75	1000
10	22212	9	408	663,00	1246
11	12111	9	96	84,00	239
12	11212	10	344	430,00	406
13	21221	14	344	301,00	509
14	12221	27	344	301,00	66
15	22122	27	123	153,75	546
16	21111	10	123	123,00	199
17	12222	28	344	430,00	256
18	11121	14	123	123,00	33
19	21222	14	467	1167,50	1036
20	11211	10	344	387,00	173
21	21112	6	123	107,62	336
22	12112	7	123	92,25	136
23	22121	8	141	158,62	633
24	22211	12	344	516,00	366
25	22112	28	123	153,75	1146
26	21211	14	344	602,00	1819
27	11112	12	123	169,12	236
28	12121	27	58	36,25	83
29	11222	14	229	343,50	126
30	21121	2	123	153,75	423
31	22222	26	344	559,00	1086
32	12211	9	344	301,00	49

Forma de calcular kg/ha de arroz

$$\text{kg/ha arroz} = \frac{\text{No. tallos/m}^2 \times 10.000\text{m}^2 \times \text{Peso (gr)}}{\text{No. de tallos (muestreados)} \times 1000}$$

Forma de calcular kg/ha de maíz

$$\text{kg/ha de maíz} = \frac{\text{No. de plantas/36m}^2 \times \text{Peso (gr)} \times 10.000\text{m}^2}{\text{No. de plantas (muestreadas)} \times 1000}$$

Cuadro 2. Entradas para cada uno de los diferentes arreglos de cultivo del ensayo exploratorio

Tratamiento ABCDE	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Paralan kg/ha	Sexin kg/ha	Ditane kg/ha	P ₂ O ₅ inicial kg/ha	N inicial
22111	157	100	0	0	0	54,0	
21122	157	100	5,71	0,27	1,38	54,0	
11221	0	0	0	0	0	54,0	
12122	0	0	7,61	0,27	1,38	54,0	
11111	0	0	0	0	0	65,25	
22221	157	100	0	0	0	65,25	
21212	157	100	5,71	0,27	1,38	67,5	
12212	0	0	7,61	0,27	1,38	67,5	
11122	0	0	5,71	0,27	1,38	54,0	
22212	157	100	7,61	0,27	1,38	54,0	
12111	0	0	0	0	0	54,0	
11212	0	0	5,71	0,27	1,38	54,0	
21221	157	100	0	0	0	45,0	
12221	0	0	0	0	0	65,25	
22122	157	100	7,61	0,27	1,38	65,25	
21111	157	100	0	0	0	65,25	
12222	0	0	7,61	0,27	1,38	54,0	
21222	157	100	5,71	0,27	1,38	54,0	
11211	0	0	0	0	0	54,0	
21112	157	100	5,71	0,27	1,38	45,0	
12112	0	0	7,61	0,27	1,38	45,0	
22121	157	100	0	0	0	45,0	
22211	157	100	0	0	0	65,25	
22112	157	100	7,61	0,27	1,38	54,0	
21211	157	100	0	0	0	54,0	
11112	0	0	5,71	0,27	1,38	54,0	
12121	0	0	0	0	0	54,0	
11222	0	0	5,71	0,27	1,38	45,0	
21121	157	100	0	0	0	45,0	
22222	157	100	7,61	0,27	1,38	45,0	
12211	0	0	0	0	0	45,0	

Cuadro 3. Entradas energéticas para cada uno de los diferentes arreglos de cultivo del ensayo exploratorio

Tratamiento ABCDE	N Mcal/ha	P Mcal/ha	Furadan Mcal/ha	Sevin Mcal/ha	Ditane Mcal/ha
22111	2907	146	0	0	0
21122	2907	146	136,8	6,48	33,12
11221	0	0	0	0	0
12122	0	0	182,6	6,48	33,12
11111	0	0	0	0	0
22221	2907	146	0	0	0
21212	2907	146	136,8	6,48	33,12
12212	0	0	182,6	6,48	33,12
11122	0	0	136,8	6,48	33,12
22212	2907	146	182,6	6,48	33,12
12111	0	0	0	0	0
11212	0	0	136,8	6,48	33,12
21221	2907	146	0	0	0
12221	0	0	0	0	0
22122	2907	146	182,6	6,48	33,12
21111	2907	146	0	0	0
12222	0	0	182,6	6,48	33,12
11121	0	0	0	0	0
21222	2907	146	136,8	6,48	33,12
11211	0	0	0	0	0
21112	2907	146	136,8	6,48	33,12
12112	0	0	182,6	6,48	33,12
22121	2907	146	0	0	0
22211	2907	146	0	0	0
22112	2907	146	182,6	6,48	33,12
21211	2907	146	0	0	0
11112	0	0	136,8	6,48	33,12
12121	0	0	0	0	0
11222	0	0	136,8	6,48	33,12
21121	2907	146	0	0	0
22222	2907	146	182,6	6,48	33,12
12211	0	0	0	0	0

Cuadro 4. Lluvia y evaporación semanal de base a los datos de la estación meteorológica: CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1980

Semana Fecha	Semana Absoluta No.	Precipita- ción (mm) cada 7 días	Sub- total	mm de evaporación Tanque A	Balance Semanal
30 abril- 6 mayo	18	16,4		34,6	-20,2
7-13 mayo	19	22,1		29,6	- 7,5
14-20 mayo	20	45,0		26,4	+18,6
21-27 mayo	21	101,5		29,3	+72,2
			165,0		
28 mayo- 3 junio	22	38,0		22,4	+15,6
4-10 junio	23	63,0		17,2	+45,8
11-17 junio	24	34,2		23,2	+11,0
18-24 junio	25	89,3		21,8	+67,5
			224,5		
25 junio- 1 julio	26	116,0		13,8	+102,2
2-8 julio	27	32,9		19,0	+13,9
9-15 julio	28	18,6		25,4	- 6,8
16-22 julio	29	55,5		19,4	+36,1
			223		
30-julio- 5 agosto	31				
6-12 agosto	32				
13-19 agosto	33				
20-26 agosto	34				
27 agosto- 2 setiembre	35				
3-9 setiembre	36				
10-16 setiembre	37				
17-23 setiembre	38				
24-30 setiembre	39				
1-7 octubre	40				
8-14 octubre	41				
15-21 octubre	42				
22-28 octubre	43				
29 octubre	44				
4 noviembre					

Cuadro 5. Cantidad de mano de obra utilizada por parcela en el experimento exploratorio.

Tamaño de parcela = $36m^2$

Para un obrero

1.	Siembra de arroz con espeque	90 minutos
2.	Furadan a mano 0,0010 kg/parc.	5 "
3.	Siembra de maíz espeque 3 x 0,9 y 1,5 x 0,9	45 "
4.	Furadan a mano 0,5 gr/postura	15 "
5.	Fertilizante al voleo 0,179 urea y 0,359 SFT	5 "
6.	Trasplante arroz 0,3 x 0,3	180 "
7.	Raleo de maíz a mano	15 "
8.	Aplicación de Ditane $36m^2$ con bomba	10 " (incluyendo prop. de fungicida)
9.	Aplicación de 0,199 kg de urea al voleo	5 minutos
10.	Deshierba con azadon	120 "
11.	Aplicación de 0,189 kg de urea al voleo	5 "
12.	Doblar maíz	10 "
13.	Cosechar maíz	30 "
14.	Cosechar arroz	30 "

565 minutos/60' = 9,42 horas/hombre x 544 Kcal por hora-hombre
 = 5.123 Kcal de mano de obra
 = 5,123 Mcal Parcela No. 32.

Minutos en parcela No. 5 $\overline{\text{Trat. (1)}} = 565 - 45 = 520$ minutos

520 minutos/60' = 8,67 horas/hombre x 544 Kcal/hora-hombre
 = 4715 Kcal o 4,7 Mcal. Parcela No. 5

Parcela	ARROZ				MAIZ				MAJEZA			
	8 pl./parc. Peso fresco gr	8 pl./parc. Peso seco gr	Peso seco gr/ parc.	Peso seco kg/ha	3 pl./parc. Peso fresco gr	3 pl./parc. Peso seco gr	Peso seco gr/ parc.	Peso seco kg/ha	Peso húmedo gr/ 0.3m	Peso seco gr/ 0.3m	Peso húmedo gr/ 0.3m	Peso seco kg/ha
I A	2,1	0,6	540	83	3,7	0,32	6,4	0,987	306,4	55,7	186	
I A + M	3,9	0,88	712	110	3,6	0,6	32	4,931	174,7	35,1	117	
I M					2,5	0,86	17,2	2,650	159,9	29,0	97	
I A + M	2,3	2,2	1782	275	4,8	0,6	32	4,930	126,2	12,9	43	
I A	3,6	1,8	1620	250	4,2	0,6	32	4,930	149,9	28,9	96	
-- I M									164,1	25,7	86	
47 III M									152,7	22,1	74	
48 III A	3,4	0,8	720	111	3,0	0,7	14,0	3,160	57,0	11,0	37	
II A + M	2,7	0,84	680	105	3,3	0,46	9,2	1,410	193,8	32,5	103	
V A + M	4,4	1,12	907	104	4,9	1,4	74,6	11,52	336,3	59,9	199	
V M									194,6	27,9	93	
V A	5,2	2,3	2070	319	4,7	0,7	37,3	5,76	85,5	15,2	50	
M									370,4	52,7	175	
A	3,5	1,1	990	153	2,3	0,86	17,2	2,65	241,3	42,7	142	
A + M	3,1	0,72	583	90					90,8	13,7	45	

Cuadro 7. Humedad gravimétrica (%) del experimento analítico con cultivos maíz y arroz arreglados en una gradiente topográfica.

Repetición	Mayo										Junio					Julio			
	Fecha	21	23	27	27	30	\bar{x}	3	9	11	13	18	20	24	27	\bar{x}	1	4	
1	44	47	46	20	47	55	39	40	43	47	50	47	56	45	54	48	46	50	
	67	46	47	47	55	54	54	52	50	40	49	54	48	32	53	47	46	48	
2	48	47	44	26	49	23	43	46	42	50	47	47	54	52	50	48	44	50	
	45	44	31	31	23	36	36	50	45	50	50	44	44	48	57	48	42	43	
3	37	42	44	21	50	48	37	42	43	44	43	49	48	44	48	45	59	49	
	46	44	25	25	48	41	41	75	42	54	47	57	50	54	55	64	55	55	
4	44	48	26	25	44	44	40	51	46	41	43	43	46	43	55	46	41	43	
	47	26	59	59	45	44	44	48	46	51	50	49	50	47	52	49	45	46	
5	46	46	46	30	54	63	44	57	-	54	54	45	56	57	56	54	55	47	
	57	46	43	43	63	52	52	69	58	61	55	48	64	54	70	60	62	45	

$$\% \text{ H. Grav.} = \frac{\text{Húmedo} - \text{seco}}{\text{seco}} \times 100$$

$$\text{Cantidad de H}_2\text{O en el suelo} = \frac{\% \text{ HG} \times \text{Ge} \times \text{Pr}}{100}$$

Reporte de los Resultados: Experimento Analítico

Parcela No.	Ubicación de la parcela	Cantidad de Agua en el suelo cm. (1)	Entradas (2)		Salidas (3)		Eficiencia: (4)		
			Energía Ingresada Mcal/ha	Energía producida Mcal/ha	Materia seca kg/ha	Energía producida Mcal/ha	(1)	(2)	
Arroz (A) 33	Repetición 1 (A)	11,00	747,603	332,0	83	332,0			
Maíz (N) 35	Repetición 1 (M)	11,00	747,346	19,7	4,930	19,7			
M + A 34	Repetición 1 (M) (A)	11,00	747,933	3,9	0,987	3,9			
Maíz 61	Repetición 5 (M)	13,31	747,346	23,0	5,760	23,0			
Arroz 62	Repetición 5 (A)	13,31	747,603	628,0	157	628,0			
A + M 63	Repetición 5 (M) (A)	13,31	747,933	10,6	2,65	10,6			
								junio (1)	
								<u>Repetición 5</u>	
								29,16 cm	
								18,16 cm	
								13,20 cm	
								9,08 cm	
								13,31	
								11,12 cm	
								15,93 cm	
								Exceso de agua	

(1) Datos de Sánchez, Sancho, Alfaro, López y Galomo (Pca. No. 7).

En el cuadro 11 se expresan las transformaciones energéticas.

Cuadro 9. Cantidad de mano de obra utilizada por parcela en el experimento analítico.

Tamaño de parcela = $64,8m^2$

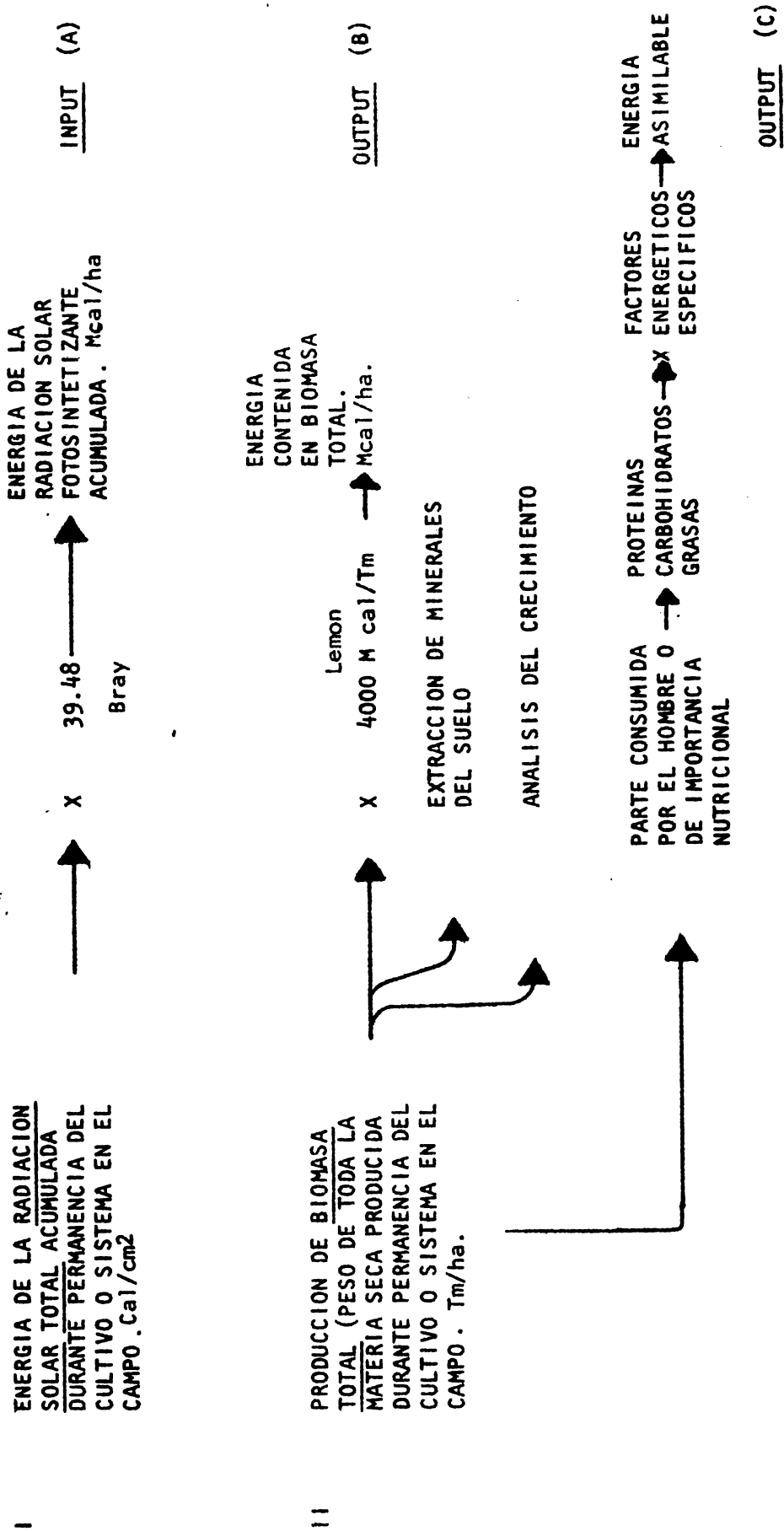
Para un obrero

1.	Siembra de arroz 0,3 x 0,3	180 minutos
2.	Siembra de maíz 0,9 x 0,9	90 "
3.	Siembra de maíz 0,9 x 3 y arroz 0,3 x 0,3	260 "
4.	Aplicación de Furadan en arroz 0,028 kg/parcela	10 "
5.	Aplicación de Furadan en maíz + arroz 30 posturas	30 "
6.	Sevin con bomba de espalda	30 "
7.	Ditane M-45 con bomba de espalda	30 "

Cuadro 10. Equivalentes energéticos (caña no azúcar)

<u>Unidad</u>	<u>Energía</u>	<u>Fuente</u>
*hora-hombre-----	544 kcal	Da Silva Sc 201:903-906-1978
*Nitrógeno (1kg N)-----	18,52 Mcal	" "
*Fósforo (1kg P ₂ O ₅)-----	1,46 Mcal	" "
*Potasio (1kg K ₂ O)-----	1,92 Mcal	" "
*Cal (1kg Ca ₂ O)-----	1,50 Mcal	" "
*Insecticida (1kg)-----	24,0 Mcal	" "
*Herbicida (1kg)	24,33 Mcal	" "
*1 Ton caña = 250 kg bagozo (50% humedad)		
*1 kg bagozo-seco (1,0kg) 2,4kg vapor	1300 kcal	" "
*1 kg vapor-----	540 kcal	" "
* Ton caña prod. —————→ 66l OH		
*1 litro (l) OH consume (5,5kg vapor)-----	2970 kcal	" "

Cuadro 11. Datos básicos de radiación solar y biomasa sus relaciones y utilidad. (J. Fargas)



Cuadro 13 Actividades en experimento analítico, campo ex-caba (maíz, arroz, maíz + arroz)

SERIE	DÍA	FECHA	ACTIVIDAD DE TRABAJO	VARIEDAD O PRODUCTO	PARCELA TRABAJADA	I.A. CANTIDAD/PARC.	I.A. CANTIDAD/EXP.	FORMA DE OPERACION
0	viernes	16 mayo	Siembra de arroz	cv. Tapiripa	Todas, menos parcelas de maíz en monocultura	0.171 Kg/parc.	1.710 Kg/exp.	Con espeque mantecado 0.3 x 0.3 m
0	"	"	Control de insectos en arroz	Furadán (5%)	"	0.028 Kg/parc.	0.285 Kg/exp.	Aplicado a mano momento de siembra
0	"	"	Cuidado de pájaros	"	"	"	"	Un hombre espantando pájaros
1	martes	23 mayo	Siembra de arroz	cv. Tico-V-2	Todas, menos parcelas de arroz en monocultura	maíz mono-0.110Kg N+A-0.035Kg	0.725 Kg/exp.	Con espeque 0.9 x 1.0 m 0.9 x 3.0 m
1	"	"	Siembra de maíz	Furadán (5%)	Todas las posturas de maíz	0.001 Kg/M+A	0.020 Kg/exp.	Aplicado a mano momento de siembra
2	domingo	1 jun	Inspección de maíz	"	"	"	"	"
2	martes	3 jun	Tercero cuidado de pájaros	"	"	"	"	"
3	viernes	6 jun	Ralco de maíz	"	Todas que tengan maíz	"	"	Ralco a mano
3	"	"	Control de insectos en arroz y maíz	Savin	Todas	"	"	Aplicado con bomba de espalda
3	"	"	Control de enfermedades en arroz y maíz	"	"	"	"	Aplicado con bomba de espalda
6	"	27 jun	Control de malezas	Difeno H 45	Todas	"	"	Deshierba con stadón
7	miércoles	9 jul	Macollamiento de arroz	"	"	"	"	"
10	domingo	27 jul	Floración masculina de maíz	"	"	"	"	"
11	miércoles	6 ago	Floración femenina de maíz	"	"	"	"	"
15	martes	2 sep	Parola de arroz	"	"	"	"	"
15	lunes	29 oct	Cuido de pájaros	"	Todas	"	"	Un hombre espantando pájaros
16	jueves	2 oct	Estado de leche de arroz	"	"	"	"	"
20	domingo	3 oct	Doblar maíz	"	"	"	"	Doblar a mano
21	lunes	27 oct	Cosecha de maíz y arroz	"	"	"	"	Cosecha a mano

Cuadro 12. Actividades en experimentos exploratorio, campo es-yuca (maíz + arroz).

SEMANA	DIA	FECHA	ACTIVIDAD DE MANEJO	VARIEDAD O PRODUCTO	PARCELA*PARADA	I. A. CANTIDAD/PARC.	I. A. CANTIDAD/EXP.	FORMA DE OPERACION
0	viernes	02 mayo	Siembra de arroz	cv. Criollo Panamá	CICA-6 en parcelas C	0.063 Kg Criollo/parc.	1.008 Kg Criollo/exp.	Con espeque manchado 0.3 x 0.3 m
0	"	"	Control de insectos en arroz	cv. CICA-6	E	0.063 Kg Criollo/exp.	1.008 Kg CICA-6/exp.	Aplicación a mano, momento de siembra
1	"	09 mayo	Preparación arroz	Puradán (53)	Todas	0.010 Kg/parc.	0.168 Kg/exp	Un hombre espartando rájaros
1	"	"	Cuidado de rájaros					
1	martes	13 mayo	Siembra de maíz	cv. Tilo-V-2	Todas	Promedio 0.026 Kg/parc.	0.332 Kg/exp.	Con espeque 3.0 x 0.9 m ó 1.5 x 0.9 m
1	"	"	Control de insectos en maíz					Aplicación a mano,
1	"	"	Fertilización	Urea (53 N)	E	0.5 gr/parc	0.017 Kg/exp	Aplicación al voleo
2	sábado	17 mayo	Fertilización de maíz	Super (53 N)	A	0.359 Kg P	5.746 Kg P	
2	domingo	20 mayo	Termino de cuidado de rájaros					
2	lunes	22 mayo	Transplante de arroz		Todas			Transplante a mano
3	viernes	23 mayo	Palear de maíz		Todas			Palear a mano
3	"	"	Aplicación de fungicida al arroz cuando aparece P. oryzae	Ditane M 45	E	0.005 Kg ² /parc.	0.080 Kg/exp.	Aplicación con bomba de espalda
5	viernes	6 jun	Repetido cuando sea necesario	Sevin	E	0.001 Kg ² /parc.	0.020 Kg/exp.	
5	"	"	Fertilización 2 ^a	Urea (53 N)	A	0.199 Kg N	3.187 Kg N	Aplicación al voleo
6	"	13 jun	Control de malezas		Todas			Deshierba con azadón
6	martes	16 jun	Recollamiento de arroz					
10	sábado	12 jul	Floración masculina de maíz					
11	martes	22 jul	Floración femenina de maíz					
11	"	"	Fertilización 3 ^a	Urea (53 N)		0.188 Kg N	3.025 Kg N	Aplicación al voleo
14	domingo	30 jul	Siembra de arroz					
15	sábado	23 ago	Cuidado de rájaros					
16	martes	26 ago	Estado de leche de arroz					
20	"	23 set	Deblar raíz		Todas			Deblar a mano
21	sábado	27 set	Cosecha de maíz y arroz		Todas			Cosechar a mano

*Producto comercial

**35.9 ha

Fig. 1 CUANTIFICACION DE 2 SISTEMAS DE CULTIVOS DEL EXPERIMENTO EXPLORATORIO, UN EJEMPLO, 17 JUNIO, 80

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CULTIVOS Nº 1 PARCELA Nº 5

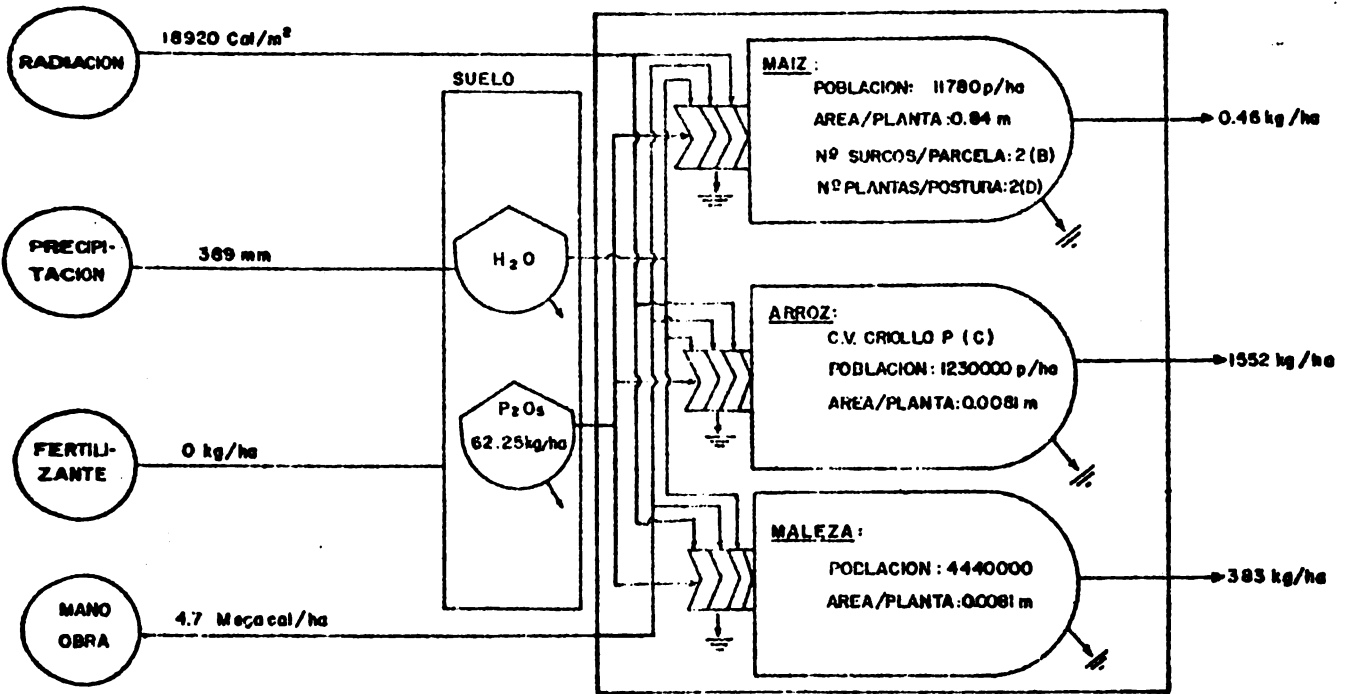


DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CULTIVOS Nº ABCDE PARCELA Nº 31

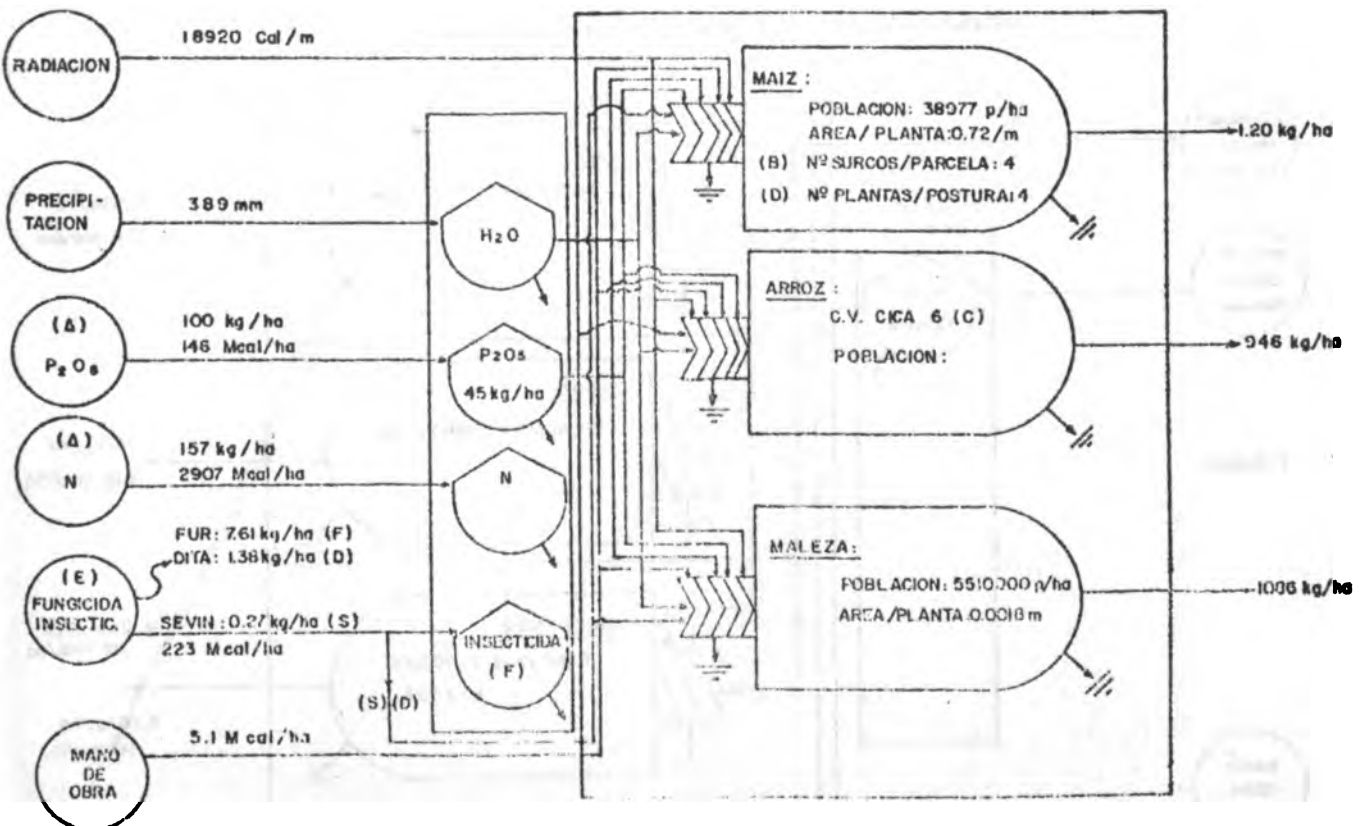


Fig. 2 DIAGRAMA DE 2 PARCELAS DEL ESTUDIO DE SISTEMAS DE CULTIVO CORRESPONDIENTE AL EXPERIMENTO ANALITICO (GRADIENTE TOPOGRAFICA)

