

PL  
02464

Gdiane

## TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE SISTEMAS DE PRODUCCION.

Dr. Luis A. Gurovich  
Consultor IICA/EMBRAPA/CPATSA.  
Petrolina PE. - 1979



Técnicas para el estudio de  
1979 PL - 02645



34364 - 1

## TECNICAS PARA EL ESTUDIO DE SISTEMAS DE PRODUCCION

Seminario CPATSA/EMBRAPA, Petrolina, Agosto 13, 1979

Dr. Luis A. Gurovich

### RESUMEN

#### 1. Se analizan los conceptos de:

Sistema, Sistema de Producción Agrícola, Modelos, Análisis de Sistema y Simulación de Sistemas.

#### 2. Se describen algunas técnicas para predecir comportamiento de un sistema frente a cambios en uno o más componentes.

#### 3. Se describen los pasos a seguir en la elaboración de un modelo y el papel de la experimentación científica en la generación de funciones y cuantificación de parámetros.

#### 4. Se explica como se trabaja con un modelo para predecir el comportamiento del sistema.

#### 5. Comparación entre los resultados obtenidos con el modelo (predicción) y los resultados experimentales, o sea, la evaluación del modelo.

#### 6. Se discuten los conceptos aquí tratados en relación con los proyectos de pesquisa de CPATSA.

#### 7. Requerimientos para trabajar en Análisis de Sistemas:

Equipo Humano - Equipo Técnico - Modelo con objetivos muy claros y precisos.

### REFERENCIAS

#### 1. Análisis de Sistemas. Teoria e Pratica

Chandos, A., Graham, I. Williamson, R.  
Coleção Universitaria de Administração

#### 2. Systems Analysis in Agricultural Management

Dent, J. B., Anderson, I. R.  
John Wiley and Sons. 1971

Ha sido muy interesante para mí, saber que el Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Arido (CPATSA/EMBRAPA), ha organizado parte de sus actividades de pesquisa alrededor de un enfoque de sistemas de producción, porque es la única forma adecuada de estudiar científicamente un problema tan complejo y dinámico como el de la producción agropecuaria. Como todas las disciplinas, el estudio de los sistemas usa una técnica que le es característica y que se llama ANÁLISIS DE SISTEMAS o PESQUISA OPERATIVA. Esta técnica de estudio tiene algunas características muy especiales, como se presenta a continuación.

Yo estoy dirigiendo en Chile un grupo de pesquisadores para desarrollar el tema "Análisis de Sistemas aplicado a problemas de Irrigación". Después de conversar con algunos pesquisadores de este Centro, y de acuerdo con la Dirección de CPATSA, ha parecido conveniente presentar este Seminario sobre técnicas para el estudio de Sistemas de Producción, con el fin de definir más exactamente en qué consiste este tipo de estudios y cual es el papel que a cada uno de nosotros nos corresponde como pesquisadores en este enfoque integral y dinámico de pesquisa que se llama Sistema de Producción.

En primer lugar, vamos a definir que es un sistema:

Es un conjunto de componentes complejos, que están interrelacionados entre sí y que generalmente tienen un comportamiento variable en el tiempo.

Ejemplos - El sistema económico brasileño

- El sistema suelo-agua-planta-atmósfera
- El sistema de pesquisa agropecuaria EMBRAPA
- El sistema de producción del colono.

Vemos aquí que los sistemas tienen dos características fundamentales para nosotros:

1. Son demasiado complejos para experimentar directamente con ellos.
2. Deben tener límites muy precisos de acción porque si no, es imposible estudiarlos. Por ejemplo, el Sistema 2. - del ejemplo afecta en cierta forma al sistema 1.- y también al sistema 3.-, pero el estudio de estos efectos está fuera del ámbito de la pesquisa agropecuaria misma.

Como podemos entonces estudiar y pesquisar un Sistema ? Esto se hace a través de un MODELO DEL SISTEMA.

Es una representación simplificada de un sistema **complejo**:

Se seleccionan los factores que parecen tener la relación más directa con el problema que se quiere estudiar, dejando de lado otros factores que son menos importantes.

Tipos de modelos para representar un sistema:

M. físicos: Casa de bonecas, **columna** de suelos, parcela de pesquisa.

M. Matemáticos: ecuaciones que relacionan cuantitativamente dos o más componentes.

- analítico: ej. evaporación =  $f(\text{radiación})$
- empírico : ej. regresión entre datos experimentales
- dinámico : ej. flujo de agua en el suelo entre dos riegos.
- Estático : ej. rendimiento =  $f(\text{fertilizante})$
- determinístico : ej. rendimiento =  $f(\text{dosis semiente})$
- estocástico : ej. clima, precios.

Los modelos físicos son tangibles y los modelos matemáticos son conceptuales y se expresan a través de ecuaciones.

Los modelos analíticos son expresiones matemáticas que tienen soluciones a través de operaciones matemáticas independientes de la experimentación física; los modelos empíricos relacionan entre sí datos experimentales. Los modelos estáticos no varían en el tiempo y los modelos dinámicos sí. Los modelos deterministicos tienen parámetros que varían en forma fija y los modelos estocásticos tienen parámetros que varían en forma probabilística.

Una teoría acerca de un sistema es la representación de un modelo, que trata de explicar como si comportan los componentes de un sistema e cuales son las relaciones entre los componentes.

Ejemplo: Es rendimiento de una cultura es

#### MODELO

Rendimiento  $^1 = f$  ( dosis de semiente, régimen de irrigación, ataque de plagas).

#### TEORÍA

El rendimiento es una función lineal de la dosis de semiente, sigue una relación exponencial respecto al número de irrigaciones y una función lineal directa respecto a la carga total de agua aplicada y una función inversa logarítmica respecto a la población de insectos, y el modelo sirve para resumir lo que ya se conoce acerca del sistema y para predecir cual será la respuesta del sistema frente a un cambio en uno o más componentes.

Ejemplo: Cuál es la relación entre rendimiento de la cultura y régimen de irrigación ? E entre rendimiento y costo de producción ?

Rendimiento =  $f$  ( irrigación )

Rendimiento =  $f$  ( Costo )

Como varía el rendimiento si se varía el regimen de irrigación por problemas de costo Capital de trabajo limitado ?

Para el caso do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Arido el sistema el el lote del colono.

El modelo debemos definirlo, o sea, establecer los componentes más relevantes (encuesta Dr. Calegar) y las selecciones cuantitativas entre esos componentes (experimentos de los pesquisadores).

La teoría es el conjunto de relaciones entre los componentes del sistema. Debe ser definida por el Coordinador del Proyecto ayudado por el analista de sistemas en base a la literatura y el conocimiento del sistema que existe como resultado de investigaciones anteriores.

Aquí es conveniente indicar el papel de la experimentación de campo con fines de modelación de sistemas de producción:

La experimentación o pesquisa de campo con fines de modelación , sirve para:

1. establecer los coeficientes de las relaciones entre parámetros.
2. comparar las predicciones de respuesta del sistema frente a cambios en los componentes.

Si la predicción que se obtiene con el modelo es buena, se tiene un modelo que "trabaja" y se pueden extrapolar los resultados a otras condiciones. Si la predicción no es buena, se debe incorporar al modelo otros componentes y relaciones, que lo hagan más representativo del sistema en estudio. Así, la teoría no puede avanzar sin experimentación, porque no tendría los coeficientes de las funciones que la forman, pero la experimentación sin la teoría es estéril, porque no pueden agruparse en forma coherente los datos obtenidos en el campo.

Este ocurre a veces, cuando se diseñan experimentos para "resolver o responder" a problemas, sin elaborar primero una teoría adecuada y seleccionar aquellos tratamientos y metodologías que realmente puedan permitir alcanzar los objetivos de la pesquisa. La aplicación del METODO CIENTIFICO a la pesquisa es algo que parece obvio, pero que muchas veces se deja de lado, con

resultados que no tienen relación ni con el problema que se pretendió resolver ni con el esfuerzo económico y humano invertido en la pesquisa.

La experimentación con fines de modelos de sistemas de producción tiene algunas características muy especiales, como por ejemplo:

Experimentación (pesquisa de campo) con fines de modelos de sistemas de producción.

Qué experimentos ?

Los que indique la modelación

Cómo hacerlos ?

Ojalá dentro de experimentos específicos más completos.

Cuáles son los objetivos ?

Primera etapa: Preparar las relaciones cuantitativas entre componentes

Segunda etapa: Comparar resultados de simulación con datos de campo obtenidos en experimentos comparables.

Aquí debemos plantear una inquietud que ha surgido de mi conversación con algunos pesquisadores de CPATSA. Existe la idea que todos Uds están trabajando en Sistemas de producción, lo cual es efectivo, pero de manera indirecta solamente.

Cada uno de Uds en su especialidad y con las técnicas de pesquisa que son propias de la especialidad, coopera con la pesquisa en Sistemas de producción, dentro de otras pesquisas que cada uno de Uds realiza. Los que realmente trabajan en sistemas de producción, deben usar técnicas específicas de esta disciplina y recibir su cooperación.

Las técnicas para trabajar en Análisis de sistema son:

- 1. Control de inventarios
- 2. Teoría de juegos
- 3. Cadenas de Markov
- 4. Teoría de filas
- 5. Análisis de redes
- 6. Programación lineal
- 7. Simulación.

Estas son algunas de las técnicas, que resumidas en forma base sirven para:

1. Control de inventarios - es importante cuando los productos y los insumos pueden comprarse, venderse en distintas épocas del año y para maximizar los beneficios se optimiza los inventarios o **existencias** en el tiempo.

2. La teoría de juegos - se ha desarrollado para ayudar en la planificación en condiciones de incertidumbre o de conocimientos imperfectos (clima - precios, etc.).

3. Las Cadenas de Markov - se usan para pesquisas de proyección en el tiempo (Ejemplo : cuántos colonos pueden adaptar una tecnología de adubo determinada en uno dos cinco años ?).

4. La Teoría de filas - sirve para estudiar que pasa con operaciones que deben esperar en el tiempo, en relación con beneficios (Ejemplo :

En cuánto van a disminuir los beneficios del sistema de producción, si se atrasa la siembra o el control de plagas en 2 semanas ?).

5. El Análisis de redes - sirve para optimizar las actividades en el tiempo, es una técnica para tener los insumos a tiempo para las operaciones que se requiere hacer en el sistema de producción.

6. La programación lineal - es un método computacional que sirve para determinar el mejor plan de acción, entre muchos planes posibles en relación con la disponibilidad de recursos. Ejemplo de un uso de Programación lineal.

#### Rendimiento de la Cultura (kg.)

AGUA	NIVEL DE ADUBO				
	1	2	3	4	5
A	120	140	160	180	220
B	130	150	170	190	230
C	150	180	200	215	240
D	160	190	210	230	245
E	180	210	200	190	185

1 m<sup>3</sup> de agua aplicada = Cr 100.-

1 ton. Adubo = Cr 1.800.-

1 Kg. Rendimiento = Cr 1.10.- (TOMATE)

Capital total disponible para agua y adubo = Cr 15.000.-

Qué superficie plantar, cuanta agua aplicar, cuanto adubo usar, con el fin de maximizar la rentabilidad de la operación ?

La tabla de ejemplos ha sido resultado de las pesquisas de los especialistas en adubos y irrigación, con las técnicas de pesquisa de sus especialidades, pero ellos no pueden responder a la pregunta del ejemplo. Esto lo hace el pesquisadores de Análisis de Sistemas de Producción.

No siempre las relaciones entre los parámetros son lineales y entonces la programación que debe usarse es la Programación geométricas, un caso especial de esta programación es la Programación cuadrática.

En el estudio de sistemas de producción, una técnica muy importante y útil es la simulación, una técnica para estudiar y predecir el comportamiento de un sistema en el tiempo, al variar uno o más componentes.

#### Etapas de la simulación:

1. Desarrollo (Síntesis) de un modelo que represente al sistema en estudio.
2. Predicción del comportamiento del modelo.
3. Comparación de los resultados de la simulación (predicción) con los resultados experimentales.

En la modelación con fines de simulación de sistemas, **cuatro** aspectos son importantes:

1. Definir el objetivo
  - i. biológico e bioeconómico
  - M. descriptivo, analítico e constructivo
2. Justificación del modelo
3. Modelo diagramático

Sirve para definir el tipo de datos que se necesitan y la forma en que se necesitan

Analista - pesquisador

Sintetista - Coordinador

4. Validación del modelo

Como pueden aplicarse a la realidad las relaciones entre componentes obtenidos en la pesquisa ?.

El objetivo para el Centro de Pesquisa Agropecuária del Trópico Semi-Árido debe ser netamente utilitario o sea, bio-económico. Luego debe justificarse si para resolver un problema debe usarse la simulación o basta una experimentación estadística, lo que depende del problema. Para el caso del estudio de Sistemas de Producción, solo puede hacerse en esta forma y no con experimentación estadística convencional.

El modelo diagramático, uno ejemplo del cual veremos a continuación, debe hacerlo el pesquisadores encargado, con la ayuda de los especialistas, y esta es una de las partes más complejas e importante de todo el proceso.

La validación es subjetiva y se refiere por ejemplo a: Hasta que punto es lícito usar los datos de rendimiento en función de la cantidad de agua aplicada, pesquisados en la experimentación en parcelas convencionales, para las condiciones de operación del colono ?. Qué transformaciones hay que hacer a esos datos experimentales para que realmente refejen la situación del colono ?

Como se usa la simulación para estudiar el comportamiento del sistema ?

1. Se le entregan las condiciones iniciales
2. Se le entregan las condiciones que van variando en el tiempo y en esta forma se realiza una experimentación con el modelo del sistema.

Por ejemplo, a un modelo del sistema suelo-agua-planta-atmósfera, que hemos desarrollado en Chile, y cuyos resultados presentaré luego, se le entrega el contenido inicial de agua de las estratas del perfil de suelo y las variaciones de clima y el manejo de la irrigación, siendo los tratamientos por ejemplo intervalos de irrigación, o diferente láminas de agua y los objetivos que se persigue son:

1. comparar alternativas (tratamientos)
2. estudiar la respuesta del sistema frente a cambios en un solo componente (funciones de producción).
3. Predecir la respuesta del sistema frente a cambios en combinaciones de componentes (superficies de respuesta).
4. estimar la combinación de componentes requerida para obtener respuestas óptimas (optimización del sistema).

El modelo diagramático del sistema es conforme anexo.

No hay que olvidar que para llegar a estos resultados solo se le entrega al modelo el contenido inicial de agua del suelo, el número de plantas por hectárea, los días en que se riega y las características del clima, que pueden también simularse.

Como el modelo "trabaja" bien, esto es, como las predicciones obtenidas son similares con los resultados de la experimentación en el campo, si se cambian los regímenes de riego o las características del suelo o clima, puede predecirse las respuesta del sistema en un rango amplio de condiciones.

Volviendo al estudio del sistema de producción a través de la simulación, los resultados que pueden esperarse son:

1. Evaluación de la rentabilidad en el tiempo, con la contribución relativa de los parámetros de costo (insumos) y de entradas (productos)
2. Evaluación del uso de los recursos productivos en el tiempo: suelo-agua-mano de obra-capital.
3. flujo de caja (entradas y gastos).
4. eficiencia en el aprovechamiento de los recursos.

Y los requerimientos mínimos para enfocar el trabajo de Análisis de Sistemas de Producción es:

1. Equipo Humano

1 pesquisador agronómico con conceptos de sistemas (coordinador)  
1 analista de sistemas

Apoyo de los pesquisadores especialistas con sus técnicas específicas de trabajo.

2. Equipo técnico

Hardware; un terminal de computación o un minicomputador  
Software: programas de computación que implementen los modelos.

3. Recursos económicos

Tiempo de computación

Tranquilidad para el coordinador y el analista de sistemas.