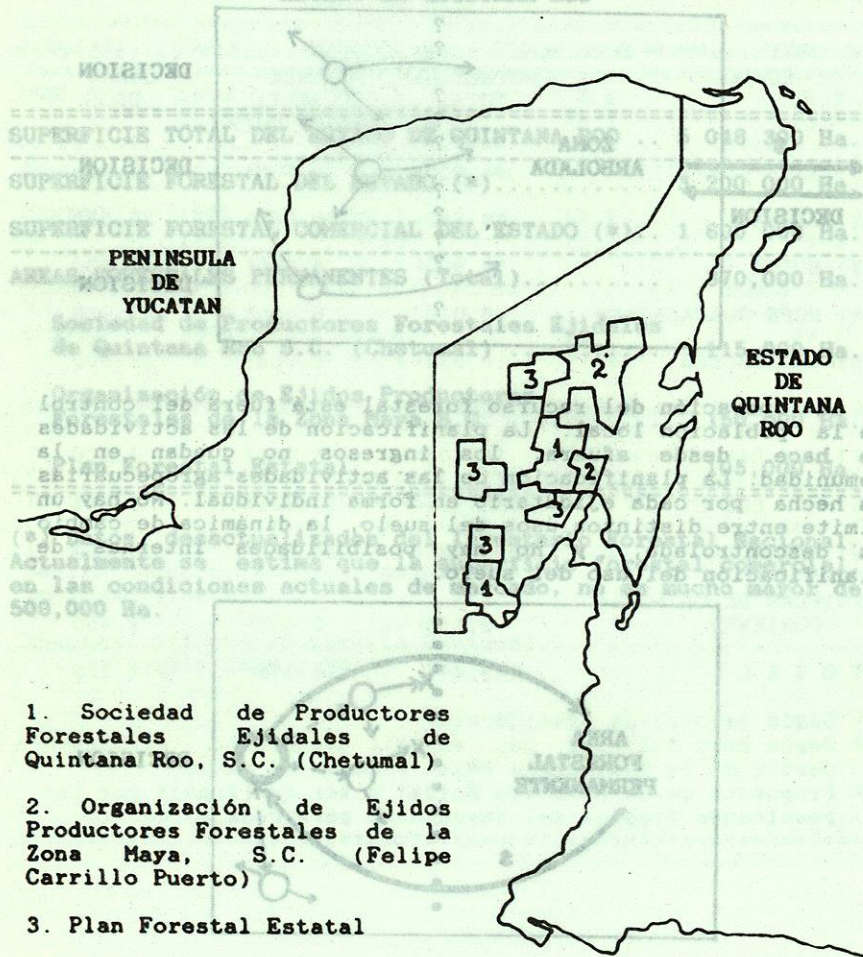


FIGURA 2

## AREAS FORESTALES EN QUINTANA ROO (\*)



(\*) El mapa muestra la ubicación aproximada de las unidades de tenencia (ejidos y propiedades) en donde están ubicadas las áreas forestales permanentes.

HERRAMIENTAS PARA EL ANALISIS ECONOMICO DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES<sup>1</sup>Enrique Serrano Galvez<sup>2</sup>

**RESUMEN.** En el diseño, implementación y/o evaluación de los Sistemas Agroforestales (SAF) se deben considerar los siguientes aspectos: (1) los aspectos físicos y biológicos, (2) los aspectos ecológicos y silvícolas, y (3) los aspectos económicos y sociales. El objetivo de la presente ponencia es mostrar la bondad de un conjunto de herramientas, tanto cualitativas como cuantitativas, en el proceso de planeación de los SAF. Se concluye que el análisis económico es una parte fundamental en tal proceso de planeación. Este análisis económico implica el uso de la economía de la producción, la teoría del capital, la teoría del portafolio, la presupuestación parcial, y la programación matemática incluyendo la técnica de simulación para generación de alternativas y la programación lineal.

Palabras claves: análisis económico, asignación óptima de recursos, programación lineal.

<sup>1</sup> Ponencia presentada en el Simposio Agroforestal en México: sistemas y métodos de uso múltiple del suelo. Linares, Nuevo León, Noviembre 14-16, 1989.

<sup>2</sup> Profesor Investigador de Tiempo Completo. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

## INTRODUCCION

Desde el punto de vista del diseño e implementación de un sistema agroforestal (SAF) es necesario considerar tres aspectos: (1) biológicos y físicos, (2) silvícolas y ecológicos, y (3) económicos.

El aspecto biológico se refiere al nivel o volumen de producción a obtener del SAF. Por ejemplo, puede ser necesaria una cierta cantidad de madera para satisfacer las necesidades de leña para combustible de una comunidad rural, los requerimientos de postes, pulpa y otros productos maderables para el abastecimiento de una industria cercana a la misma. El aspecto físico es aquel que se refiere a la capacidad del productor para mantener el SAF. Específicamente, este aspecto se refiere a la disponibilidad de mano de obra necesaria para mantener en forma permanentemente productiva el SAF.

El aspecto silvícola es aquel que trata con el diseño del SAF en términos de la disposición de los cultivos, los sistemas de cosecha y las prácticas culturales. Por otro lado, el aspecto ecológico se refiere a los factores ambientales tales como la erosión del suelo, la degradación, la presencia de sales en los ríos y corrientes y otros.

Finalmente el aspecto económico se refiere a la cantidad de ingresos económicos que se consideran financieramente rentables, particularmente desde el punto de vista individual y social. Esto no necesariamente significa máximo rendimiento económico. Más bien se refiere al ingreso suficiente que puede permitir al individuo ser autosuficiente en términos individuales y

familiares (Mendoza, 1987).

El principal objetivo de esta ponencia es abordar este último aspecto. En la primera sección de la misma, se describen los aspectos teóricos sobresalientes de la economía de la producción y la teoría del capital. Estas dos herramientas de análisis económico constituyen la base para la asignación óptima de insumos en la implementación de un SAF.

A continuación, se hace una breve revisión de las técnicas cuantitativas ampliamente utilizadas en la solución de problemas de asignación económica. Finalmente, a través de un ejemplo hipotético, se ilustra la aplicación de la técnica específica de programación lineal (PL) con el propósito de mostrar la bondad de dicha técnica.

## ECONOMIA DE LA PRODUCCION

La economía de la producción esta preocupada con la elección entre procesos alternativos de producción, principalmente el tamaño óptimo de la empresa y la asignación óptima de insumos. Cuanto y que producir y la combinación óptima de tales recursos son aspectos claves en cualquier SAF, ya sea a nivel individual o social. La economía de la producción no se preocupa únicamente con la elección de producción sino también como tales elecciones son influenciadas por cambios en diversas circunstancias técnicas y económicas.

Desde el punto de vista de la economía de la producción, las interacciones biológicas de producción en un SAF se pueden describir en los siguientes términos.

### Complementariedad

Dos productos son complementarios si el incremento en la producción de uno resulta en un correspondiente incremento en la producción del otro (Ver Figura 1).

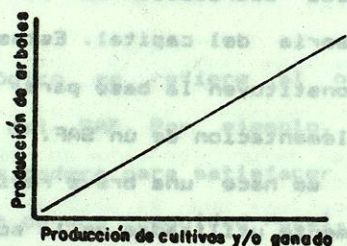


Figura 1. Interacción biológica complementaria entre árboles y cultivos anuales y/o ganado.

El ejemplo más frecuente de una relación biológica complementaria es la cría de abejas, lo cual incrementa la producción de miel beneficiando en forma simultánea la fructificación y consecuentemente la producción de semillas y frutos (Filius, 1982).

### Suplementariedad

Las interacciones biológicas entre los componentes de un SAF son suplementarios si el incremento en la producción de un componente arboreo en una superficie dada no disminuye la producción del cultivo anual y/o del ganado sobre la misma superficie (Ver Figura 2).

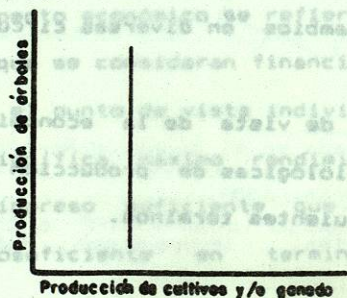


Figura 2. Interacción biológica suplementaria entre árboles y cultivos anuales y/o ganado.

Un ejemplo de interacción biológica suplementaria entre árboles y cultivos es el sistema de producción de palmas de coco y animales. Probado que la luz no es normalmente el factor limitante para los cultivos del estrato superior cuando estos se desarrollan como cultivos individuales, la presencia de palmas de coco maduras, altas y bien espaciadas no tendrá efecto alguno sobre el rendimiento de los cultivos.

### Competitividad

En un SAF las relaciones biológicas son competitivas cuando el incremento en la producción de un cultivo resulta en el decremento de otro, dado un nivel fijo de recursos (Ver Figura 3).

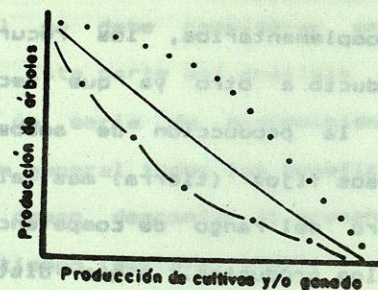


Figura 3. Interacción biológica competitiva entre árboles y/o ganado.

La relación biológica encontrada más frecuentemente en los SAF toma diversas formas. La línea sólida en la Figura 3 muestra un decrecimiento fijo en la producción de un cultivo y/o ganado con un incremento en la producción de árboles. Las líneas punteadas muestran una relación competitiva entre los componentes del SAF. Sin embargo, la parte más baja de la curva muestra que un incremento en la producción de árboles causa un decrecimiento

menos que proporcional en la producción del cultivo y/o ganado, mientras en la parte superior de la curva se presenta lo contrario. Por lo tanto, si existe tal acción entre los componentes del SAF, lo más ventajoso desde el punto de vista biológico es una combinación de los componentes. Finalmente la línea sólida y punteada muestra una relación competitiva peligrosa para ambos, y por lo tanto no se recomienda desde el punto de vista biológico.

#### Numero óptimo de arboles en un SAF

La relación de producción suplementaria debería ser ventajosa para el incremento de la producción al menos hasta el punto donde los productos comienzan a ser competitivos. En el caso de productos complementarios, los recursos deberían ser transferidos de un producto a otro ya que haciendo de esta manera se incrementa la producción de ambos. Incrementar la transferencia de recursos fijos (tierra) más allá del rango de complementariedad dentro del rango de competencia disminuirá la producción de uno de los productos. A qué distancia dentro del rango competitivo es rentable producir, dependerá básicamente de los precios relativos de los productos.

En general, se obtiene la máxima ganancia en el punto en el que la tasa de transferencia de recursos de un producto a otro ( $\Delta Y_2 / \Delta Y_1$ ) es igual a la tasa a la cual los productos se intercambian en el mercado, es decir la relación de precios ( $P_1 / P_2$ ) (Flinn, 1979). Lo anterior se deriva del hecho que el productor racional continuará transfiriendo recursos (tierra) de un producto ( $Y_1$ ) a otro ( $Y_2$ ) ya que el valor de incrementar la

producción del segundo ( $\Delta Y_2 \cdot P_2$ ) es mayor que el costo de disminuir la producción del primero ( $\Delta Y_1 \cdot P_1$ ), es decir,  $\Delta Y_2 \cdot P_2 > \Delta Y_1 \cdot P_1$ . Si el valor añadido a uno es menor que el costo de disminuir la producción del otro ( $\Delta Y_2 \cdot P_2 < \Delta Y_1 \cdot P_1$ ), los recursos se deben transferir en la dirección contraria. La asignación óptima del recurso se alcanza cuando el valor del último incremento del segundo producto es igual a su costo en términos del primero, es decir, cuando  $\Delta Y_2 \cdot P_2 = \Delta Y_1 \cdot P_1$  o equivalentemente cuando  $\Delta Y_2 / \Delta Y_1 = P_1 / P_2$  (principio de igual marginalidad).

#### TEORIA DEL CAPITAL

Los SAF involucran la producción de arboles en combinación con otros bienes y servicios. Esto normalmente implica el factor tiempo, el cual se debe considerar en el análisis económico (Hoekstra, 1985). Esta parte del análisis de los SAF implica la aplicación de un serie de procedimientos de descuentos y actualización. En general todos los beneficios y costos derivados de un SAF se deben descontar al presente para ponerlos en la misma escala de tiempo (Betters, 1987).

La relación beneficio-costos, el valor actual neto y la tasa interna de retorno son algunas herramientas económicas que se aplican en la evaluación financiera de los SAF. La premisa fundamental que encierra la teoría del capital es que este tiene un costo asociado a su uso. En el caso más simple, este costo es el interés pagado en el banco (costo de oportunidad).

En términos de los SAF en las áreas rurales se debe prestar particular atención a la selección del costo de oportunidad bajo condiciones de subsistencia donde la mayoría de los productores

producen para autosubsistencia (Hoekstra, 1985). De aquí que dentro de un área bajo algún SAF se deben utilizar diferentes tasas de descuento para el análisis dependiendo del grupo de productores de que se trate. Diversos autores (Little y Mirless, 1974; FAO, 1979) admiten que en la práctica, es difícil determinar un tasa de interés adecuada debido a que los parámetros requeridos para hacerlo se determinan moralmente y están sujetos por lo tanto a discusión.

Otro aspecto que afecta la valoración de los beneficios futuros de un SAF es el riesgo y/o la incertidumbre los cuales no deberán escapar en el análisis económico del mismo.

#### MODELOS CUANTITATIVOS

El enfoque analítico para la toma de decisiones en los SAF implica el uso de modelos matemáticos. Las herramientas cuantitativas más comunes en este enfoque son las siguientes.

##### Teoría de portafolio

La teoría del portafolio se utiliza para analizar el riesgo. El riesgo constituye un aspecto fundamental de la economía de un SAF y este se puede utilizar para ayudar en el diseño y valoración precisa de los beneficios derivados de la implementación de un SAF. De acuerdo con esta teoría, los SAF se clasifican en eficientes e ineficientes. Los SAF ineficientes son tales que existe una alternativa la cual produce una mayor ganancia dado un mismo nivel de riesgo. Por lo tanto, un SAF ineficiente no representa una elección racional (Blandon, 1985).

##### Presupuestación parcial

La presupuestación es una herramienta de planeación de las

empresas agrícolas relativamente simple. Esta descansa en la manipulación iterativa de cálculos hechos por el productor a fin de obtener sucesivamente mejores alternativas para su empresa.

La presupuestación parcial abstrae muchas de las complejidades de los resultados y toma de decisiones, para presentar valoraciones económico-cuantitativas de una empresa o combinación de empresas agrícolas de tal manera que esta pueda ser entendida tanto por economistas como por profesionales de otras ciencias (Etherington y Matthews, 1983). Tal análisis no conduce a una solución óptima, pero este ofrece una oportunidad para determinar que combinación de los sistemas propuestos es el mejor. La ventaja de esta técnica es que requiere mucho menos información que los modelos matemáticos a la vez que es fácil de entender y computar. Recientes avances en la tecnología de computación provee los medios que permiten adaptar los principios de presupuestación parcial a las necesidades de la implementación de SAF tomando en cuenta los múltiples componentes naturales, la variabilidad estacional y largos periodos de planeación.

La naturaleza del problema de asignación de uso de la tierra en los SAF conduce en sí mismo a los métodos analíticos denominados programación matemática. Dos de los mejores métodos disponibles para resolver un problema de asignación en un SAF son los siguientes.

##### Simulación para generar alternativas

La simulación para generar alternativas (SGA) es una técnica cuya principal motivación es generar alternativas satisfactorias