

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRICOLA

**ESTUDIO SOBRE ASIGNACION OPTIMA DE
RECURSOS EN LOS VIVEROS FORESTALES
DEL ESTADO DE MEXICO.**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMIA
DEL DESARROLLO RURAL**

P R E S E N T A

JOSE LUIS ROMO LOZANO



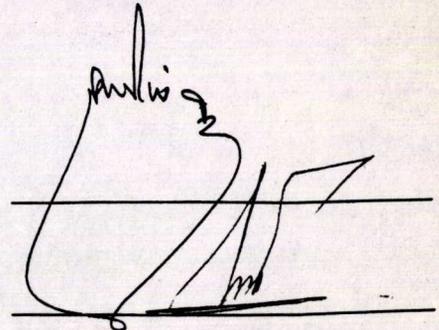
CHAPINGO, MEXICO

1990

DIRECCION ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESTADÍSTICOS
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

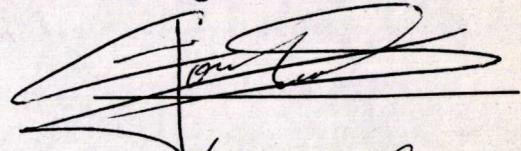
La presente tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Economía del Desarrollo Rural del Departamento de Economía Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, ha sido aprobada por el H. jurado:

DR. FRANCISCO JOSE ZAMUDIO SANCHEZ
Presidente

Handwritten signature of Francisco José Zamudio Sánchez, written in black ink over a horizontal line.

M.C. MARCOS PORTILLO VAZQUEZ
Secretario

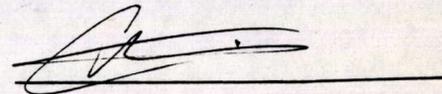
M. C. JORGE A. TORRES PEREZ
Vocal

Handwritten signature of Jorge A. Torres Pérez, written in black ink over a horizontal line.

M. C. DOMINGO MUÑANTE PEREZ
Representante Departamental

Handwritten signature of Domingo Muñante Pérez, written in black ink over a horizontal line.

DR. FELIX R. CARVALLO GARNICA
Representante de la Coordinación

Handwritten signature of Félix R. Carvallo Garnica, written in black ink over a horizontal line.

A G R A D E C I M I E N T O S

Al Dr. Teobaldo Eguiluz Piedra, Director del Centro de Genética Forestal, y a PROBOSQUE por haberme permitido utilizar la información para la realización de este trabajo.

Al Dr. Francisco José Zamudio Sánchez, quien tuvo la paciencia de escucharme y orientarme en la dirección de esta tesis.

Al M.C. Marcos Portillo Vásquez y M.C. Jorge A. Torres Perez, por su abierta disponibilidad en la asesoría de la tesis.

Al Dr Felix Carvallo Garnica y M.C. Domingo Muñante por la revisión y sugerencias aportadas al trabajo de tesis.

Al Ing. Eusebio Pedraza Cerón, por las largas horas de su tiempo y desinteresada ayuda en el manejo de la información estudiada.

Al Dr. Carlos Rodríguez Franco y Dr. Aurelio M. Fierros González, cuya amistad me ha sido bastante constructiva en lo profesional y en lo personal.

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, Jorge Romo Solís, cuya ejemplar vida de honradez, trabajo y humildad, constituyen los valores que aspiro heredar.

A mi madre, Aurora Diamantina Lozano v. de Romo , con mi amor de siempre.

A mi hermano Jorge, a quien le debo la oportunidad de haber estudiado.

A mi esposa Verónica y mis hijos José Luis y Carlos Alonso, con todo mi amor.

A mis hermanos: Homero, Oralia, Olinda, Alma Rosa, Angélica y Martha Lidia, con cariño.

A Jesús Ariel Cueto Rodríguez y Francisco Niebla Vargas, amigos con quien guardo una enorme deuda en mi formación personal.

I N D I C E

	pag.
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iii
1. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Identificación del problema	7
1.3 Objetivo General	9
1.3.1 Objetivos específicos	9
1.4 Hipótesis	9
2. REVISION DE LITERATURA	11
2.1 Estudios Realizados sobre viveros realizados en México.	11
2.2 Funciones de Producción	12
2.3 Conceptos relacionados con las -- funciones de producción.	13
3. METODOLOGIA	27
3.1 Area de estudio	27
3.1.1 El recurso forestal	30
3.2 Información utilizada	30
3.3 Especificaciones del modelo	38
3.4 Método de estimación	42
4. ANALISIS DE RESULTADOS	45
4.1 Análisis estadístico de la fun-- ción.	45

4.2	Análisis Económico	53
4.3	Interpretación de los resultados	60
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1	Conclusiones	72
5.2	Recomendaciones para estudios -- futuros.	73
6.	LITERATURA CITADA	74
7.	ANEXOS	76
	Anexo A	77
	Anexo B	95
	Anexo C	100

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	pag.
1.1	Participación del Estado de México en la producción nacional forestal.	4
1.2	Valor del Producto Interno Bruto -- Estatal en la Agricultura, Ganade-- ría, Silvicultura, la Caza y Pesca	5
1.3	Volumen de la producción forestal - maderable por especies en la Enti-- dad (1989).	6
1.4	Producción forestal maderable por - productos en la entidad (1989).	6
4.1	Tabla de análisis de varianza para- la función de producción.	47
4.2	Valores de la función tipo Cobb---- Douglas para las condiciones medias de operación en cada región.	69

B.1	Región Norte (I). Niveles de los insumos que minimizan el costo al nivel de producción observado.	95
B.2	Región Oriente al Valle de Toluca - (II). Niveles de los insumos que minimizan el costo al nivel de producción observado.	96
B.3	Región del Valle de Toluca (III).- Niveles de los insumos que minimizan el costo al nivel de producción observado.	97
B.4	Región Amanalco-Valle de Bravo (IV) Niveles de los insumos que minimizan el costo al nivel de producción observado.	98
B.5	Región Este (San Rafael) (V) Niveles de los insumos que minimizan el costo al nivel de producción observado.	99

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	pag.
1	Regiones del Estado de México en que se distribuyen los viveros.	37
4.1	Isocuantas para los valores - de la producción observada en los viveros de la Región I y combinación de los insumos -- que minimizan el costo.	67

1. INTRODUCCION

Estudios recientes indican que México cuenta actualmente con una superficie arbolada de 38.9 millones de hectáreas, cifra que representa casi el 20% de su superficie total y lo define como un país con alta vocación forestal natural.

No obstante esta riqueza forestal, las actividades productivas que se desarrollan en este sector distan mucho de cumplir con la función que se esperaría en el conjunto de la economía Nacional; su participación en el Producto Interno Bruto ha permanecido estancada durante muchos años en cifras por debajo del 1.5%; su papel como proveedor de insumos para la industria ha sido notablemente insuficiente, hecho que se ha traducido en saldos negativos de la balanza comercial al menos en los últimos años.

Tal situación es producto de grandes y complejos problemas que durante mucho tiempo ha venido enfrentando la actividad forestal en México, entre los cuales se puede destacar: aprovechamientos irracionales, cambio de uso del suelo, incendios, plagas, enfermedades y otros que conjuntamente han marcado una tendencia hacia el deterioro del recurso forestal.

El análisis de estos problemas es algo que rebasa las pretensiones del presente trabajo, sin embargo es importante el señalarlos pues éstos constituyen el marco general donde se inscribe el tema que aquí se aborda.

1.1. Antecedentes

El Estado de México es una de las Entidades de mayor importancia económica en el país. Su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) ha reflejado un comportamiento creciente; en 1970 fué de 38,299.6 millones de pesos; en 1975 fué de 112,759.5 millones de pesos y para 1980 su participación fué de 467,740.7 millones de pesos. Cifras en pesos corrientes que representaron el 8.6%, 10.2% y 10.9% respectivamente del total nacional, ocupando el segundo lugar entre los Estados de la República, solamente rebasado por el Distrito Federal (12). La densidad de población del Estado también es de las mas altas del país, para 1980 fué de 354.2 habitantes por Km², ocupando el segundo lugar nacional, después del Distrito Federal. Su población en 1980 fué de 7,564,000 habitantes la cual representó el 11.3% del total de la población nacional. La tasa de crecimiento de la población también es de las mas altas, de 1960 a 1970 creció en un 7.3% mientras el crecimiento nacional fué del 3.4%. De 1970 a 1980 creció en un 6.8% y el crecimiento en el país fué del 3.2%. Estimaciones hechas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (4) señalan que la población Estatal para 1990 es aproximadamente de 12,441,000 habitantes.

A principios del presente siglo el Estado de México contaba con casi la mitad de su territorio, 1,180,000 hectáreas, de superficie boscosa, sin embargo, por estar ubicado en la región que en este siglo ha registrado el mayor índice de crecimiento demográfico en el país, el recurso forestal fué sometido a una

intensa y desmedida explotación que lo redujo de manera substancial.

Una respuesta que intentó detener este proceso de deterioro fué la veda total dictada por el Gobierno Federal en el año de 1947, pero ésto no fue suficiente ya que la presión demográfica siguió incrementandose, lo cual en gran parte propició nuevamente la gradual destrucción del recurso silvícola.

En 1970 se levantó la veda y se creó el Organismo Público descentralizado Protectora e Industrializadora de Bosques (**Protinbos**), pretendiendo con ello establecer una estructura que permitiera atender la problemática existente en los bosques del Estado de México, así como el de incorporarse a la producción forestal nacional.

Han transcurrido 20 años desde la creación de **Protinbos**, y en ese lapso la participación del Estado de México en la producción forestal maderable del país ha sido variable (cuadro 1.1); ésta fué del 2% en sus inicios, misma que se incrementó hasta alcanzar el 6% en 1984 y en el presente participa con el 3% del total producido.

En la actualidad el Estado de México cuenta con una superficie arbolada de 698,000 hectáreas, de las cuales solo alrededor de 250,000 son aprovechables comercialmente. Su producción en 1989 fue de 271,000 m³ rollo, lo cual lo ubica en el sexto lugar entre los Estados de la República de mayor producción, precedido por: Durango(30%), Chihuahua (18%), Michoacán (13%), Jalisco (9.6%) y Oaxaca(6.4%) (3).

Cuadro 1.1 Participación del Estado de México en la producción Nacional Forestal Made-
rable.

(miles de m³ rollo)

año	Producción Nacional	Producción Estatal	Porcentaje
1970	5917	115	1.94
1971	5441	192	3.54
1972	5679	249	4.38
1973	6015	268	4.45
1974	6671	232	3.48
1975	6933	321	4.63
1976	7162	317	4.42
1977	7677	299	3.89
1978	8181	394	4.85
1979	8958	409	4.56
1980	9048	419	4.63
1981	8954	401	4.48
1982	8997	466	5.18
1983	8748	419	4.79
1984	9449	564	5.97
1985	9946	557	5.60
1986	8959	410	4.58
1987	9791	422	4.31
1988	9314	361	3.87
1989	8888	271	3.05

Fuente: SARH. Programa Nacional de Desarrollo Forestal 1981 y Cámara Nacional de la Industria forestal, Memoria Económica 1989-1990.

No obstante su producción, la participación de la silvicultura en la estructura del Producto Interno Bruto Estatal en 1980 apenas alcanza el 0.16% (cuadro 1.2).

Las especies que mayormente se aprovechan son el pino (66.08%) y el oyamel (22.9%), y los productos principales que se obtienen son los de escuadría (51.8%) y el material celulósico representa el 41.6% (cuadro 1.3 y 1.4).

La producción no maderable representa un porcentaje muy bajo en la producción forestal de la Entidad, en 1989 solo se produjeron 1,628 toneladas de resina y 5 de rizomas.

Cuadro 1.2 Valor del Producto Interno Bruto Estatal en la Agricultura, Ganadería, Silvicultura, la Caza y Pesca.

Rama	millones de pesos corrientes			Estructura porcentual		
	1970	1975	1980	1970	1975	1980
Total del sector	2358.7	6157.0	22333.3	6.16	5.46	4.77
Agricultura	1204.6	3151.4	14452.3	3.15	2.79	3.11
Ganadería	1094.6	2784.5	6993.0	2.86	2.47	1.49
Silvicultura	59.5	221.1	752.0	0.15	0.20	0.16
Caza y pesca	-	-	36.0	-	-	0.01

Fuente: Estructura Económica del Estado de México. INEGI-1987

Cuadro 1.3 Volumen de la producción forestal maderable por especies en la Entidad (1989).

Especie	volumen m³ r.	porcentaje
total	271,341	100
pino	179,312	66.08
oyamel	62,287	22.95
otras conif.	4,226	1.56
encino	18,653	6.87
otras latif.	6,501	2.40
preciosas	362	-

Fuente: Cámara Nacional de la Industria Forestal.
Memoria Económica 1989-1990.

Cuadro 1.4 Producción Forestal Maderable por producto en la Entidad (1989).

Producto	volumen m³ r.	porcentaje
Total	271,341	100
Escuadría	140,631	51.82
Material Celulósico	112,928	41.26
Combustibles	17,783	6.55

Fuente: Cámara Nacional de la Industria Forestal
Memoria Económica 1989-1990.

1.2. Identificación del Problema.

El recurso forestal como tal, no solamente debe ser visto como una fuente directa de materias primas para su transformación y producción de satisfactores, que adquieren un valor en el mercado y cuyo volumen representa una cifra en el Producto Interno Bruto del país o un índice en la balanza comercial, el recurso forestal es mucho mas que eso. Su condición natural lo ubica en el centro de un conjunto de relaciones biológicas que son vitales para el hombre. Su existencia tiene que ver de manera fundamental con la existencia misma del hombre; tiene que ver con la protección del agua, suelos, clima, aire, fauna, recreación etc., aspectos todos cuya importancia es a todas luces inobjetable.

La relación hombre-recurso forestal plantea una contradicción representada por una doble dependencia: por un lado, el hombre requiere obtener satisfactores que tienen un valor económico y que son insustituibles para su desarrollo, pero implican el "sacrificio" del recurso. Por otro lado, el hombre necesita de la permanencia del recurso forestal pues ésta implica también la producción de satisfactores directos e indirectos, que por no ser negociables en el mercado no le son tangibles.

Esta contradicción es afrontada por la silvicultura que basada en el caracter renovable del recurso, su objetivo es el de producir y mantener el bosque, obteniendo los mas altos beneficios del mismo.

Para su propósito de mantener el recurso forestal, la silvicultura recurre a diferentes métodos de regeneración artificial.

Dos de éstos son la siembra directa y la plantación. La siembra directa se hace mediante la diseminación de semillas en el lugar que se desea la nueva población, pero para que ésta tenga éxito las condiciones deben ser muy favorables. La plantación es un método de regeneración que ofrece mas garantías, éste consiste en el establecimiento de árboles en la superficie que se quiere repoblar, después de que éstos han pasado con éxito las fases críticas de germinación y desarrollo. El ambiente protegido en donde ocurren estas primeras fases constituyen un conjunto de instalaciones conocidas como viveros.

En México la degradación del recurso forestal es una realidad. Aun cuando no hay coincidencia en las distintas fuentes sobre el número de hectáreas de bosque que por diferentes razones se pierden anualmente, las cifras que se manejan no dejan de ser preocupantes.

Es en esta perspectiva en donde adquieren gran importancia los viveros forestales, como unidades productoras de plantas destinadas a la repoblación de superficies con suelos de vocación forestal.

Cifras de 1981 señalan que en el Estado de México se han perdido aproximadamente 450,000 hectáreas de masas arboladas, de las cuales 41,000 presentan grados severos de erosión (9).

Ante esta situación, el Gobierno del Estado de México, mediante Protinbos, en 1981 puso en operación un programa denominado **Recuperación Forestal**, en el cual se contemplaba la creación de un vivero forestal por cada municipio de la Entidad.

Dado el importante volumen de recursos que este esfuerzo implica, resulta de interés conocer la productividad de los insumos que intervienen en el proceso productivo de los viveros, cuyos niveles de optimización actualmente se desconocen.

1.3 Objetivo general.

Analizar, desde un punto de vista económico, la relación funcional entre insumos y producto del proceso productivo de plantas forestales en los viveros del Estado de México.

1.3.1 Objetivos específicos.

- Determinar la combinación de insumos que minimiza el costo para la producción observada en cada vivero.
- Determinar los niveles óptimos de los insumos para la maximización de la ganancia.
- Observar la eficiencia de los insumos en las distintas regiones.

1.4 Hipótesis.

a) La mayor parte de los viveros del Estado de México se encuentran operando por debajo de la eficiencia media observada en cada región.

b) El rendimiento de escala en los viveros es menor que 1 y de todos los insumos, el trabajo es el de mayor elasticidad de producción.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Estudios realizados sobre viveros en México

El análisis de los viveros del Estado de México ha sido tema de investigación en varias ocasiones, aunque principalmente desde el punto de vista técnico. Una de estas investigaciones es la de Galván Díaz (7) quien encuestó un importante número de viveros ubicados en la región central del país, encontrando que uno de los problemas mas importantes es que las técnicas empleadas en estos viveros consisten en prácticas empíricas sin ningún criterio de optimización. Por otro lado en la producción de los viveros no existe una coordinación con los responsables de la reforestación.

García Villalpando (8) realizó una caracterización de los viveros forestales ubicados en la región de Texcoco, la cual comprende el análisis de 25 viveros y se concluye que existe una deficiente planeación en la ubicación de los viveros y hay fuertes excedentes de plántulas que no son trasladadas a las áreas de plantación, incumpliendo con ésto las metas programadas en materia de recuperación forestal.

En 1987, el Centro de Genética forestal (4) realizó un estudio donde se evaluaron desde el punto de vista técnico los viveros forestales del Estado de México establecidos por PROTINBOS. En esta evaluación se encontró, entre otras cosas, que el sistema de viveros municipales opera con muy bajo nivel de eficiencia y calidad de las plantas producidas, además de que las metas de produc-

ción no son compatibles con los programas locales de plantación y la selección de especies apropiadas deja mucho que desear.

Otra investigación realizada en el área y con un enfoque económico es la de Callejas Juárez (2), cuyo estudio se ocupa de 12 viveros de la mesa central de México. En este trabajo se probaron varios modelos para analizar la función de producción y se encontró que los viveros presentan un rendimiento de escala decreciente, que ante un aumento proporcional en el capital y la mano de obra, traería como respuesta una disminución en la producción.

2.2. Funciones de Producción

El uso de las funciones de producción se inicia en 1855 cuando se intentó definir la relación fundamental entre nutrientes y producto en algunos cultivos (10).

Uno de los primeros en sugerir una forma algebraica para la función de producción, por cierto en la producción agrícola, fué Knut Wicksel, quién señaló que el producto agrícola era claramente una función matemática de las cantidades de trabajo, tierra y capital utilizados en el proceso productivo. La ecuación que estableció la expresó como:

$$p = a^{\alpha} b^{\beta} c^{\gamma} \quad (2.1)$$

donde:

- a: trabajo
- b: tierra
- c: capital

α , β y γ son parámetros que satisfacen la igualdad $\alpha + \beta + \gamma = 1$.

En 1928 Cobb y Douglas aplicaron una función muy similar a la de Wickselel en la industria manufacturera de los EEUU y ésto constituyó el primer intento empírico en esta rama. La función ajustada fué de la forma:

$$p' = bL^k C^{1-k} \quad (2.2)$$

donde:

p' : índice del producto industrial del período.

L : índice de empleo en la industria manufacturera.

C : índice de capital fijo en la industria.

b y k : parámetros

2.3. Conceptos relacionados con las funciones de producción

De manera general, la función de producción es un modelo que se utiliza para analizar la relación entre los insumos empleados en un proceso productivo y el producto final, describe la tasa a la cual los recursos son transformados en producto (5). Simbólicamente puede ser escrita como sigue:

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2.3)$$

donde:

y : producto

X_1, X_2, \dots, X_n : insumos que se utilizan en el proceso productivo.

Se supone además, que la función es continua y unívoca, cuya primera y segunda derivada existen y son también continuas.

Asumiendo el caso de dos factores variables, la función de producción podemos denotarla por:

$$y = f(X_1, X_2) \quad (2.4)$$

donde los factores X_1 y X_2 son variables. También se puede suponer que uno de ellos es fijo, es decir, se presentan dos posibilidades:

$$y = f(X_1 | X_2)$$

$$y = f(X_2 | X_1)$$

a) Productividad media

La productividad media de un insumo se define como el cociente de la producción total dividida por la cantidad del insumo, es decir:

$$PMe_1 = \frac{y}{X_1} = \frac{f(X_1, X_2)}{X_1} = \quad (2.5)$$

$$PMe_2 = \frac{y}{X_2} = \frac{f(X_1, X_2)}{X_2} = \quad (2.6)$$

La productividad media de un insumo nos indica el producto por unidad de este insumo.

b) Productividad Marginal

La productividad marginal de un insumo es la adición en el producto total atribuible a la adición de una unidad de insumo variable en el proceso productivo, cuando los demás insumos permanecen constantes. (6). Esto se expresa como:

$$PMg_1 = \frac{\delta y}{\delta X_1} = \frac{\delta f(X_1, X_2)}{\delta X_1} = f_1 \quad (2.7)$$

$$PMg_2 = \frac{\delta y}{\delta X_2} = \frac{\delta f(X_1, X_2)}{\delta X_2} = f_2 \quad (2.8)$$

Si admitimos la variación de X_1 y X_2 , en cantidades arbitrarias (pero arbitrariamente pequeñas), dX_1 y dX_2 , entonces el cambio en el producto es dado por el diferencial

$$dy = f_1 dX_1 + f_2 dX_2 \quad (2.9)$$

donde f_1 y f_2 son las productividades marginales de X_1 y X_2 .

c) Isocuantas

Una isocuanta es una curva que considera todas las combinaciones de factores dada una producción constante (1). La ecuación de una isocuanta puede ser representada escribiendo a X_2 en función de X_1 y y de la función de producción original $y = f(X_1, X_2)$. Suponer que lo anterior lo escribimos como $X_2 = g(X_1, y)$ entonces, la isocuanta puede ser escrita como:

$$X_2 = g^{-1}(X_1, y); \text{ con } y \text{ igual a una constante.}$$

d) Tasa Marginal de Sustitución

La pendiente de la línea tangente sobre un punto de una isocuantas es la tasa a la cual un factor puede ser sustituido por otro, manteniendo el mismo nivel de producción, conocida como tasa marginal de sustitución (TMS), ésto es,

$$\text{TMS}_{12} = - \frac{dX_2}{dX_1} \quad (2.10)$$

La TMS se obtiene al considerar el diferencial total dado por (2.9), y debido a que los cambios en el producto dy son cero a lo largo de la isocuantas, tenemos:

$$f_1 dX_1 + f_2 dX_2 = 0 \quad (2.11)$$

de este modo, la pendiente de la isocuantas es:

$$\text{TMS}_{12} = - \frac{dX_2}{dX_1} = \frac{f_1}{f_2} \quad (2.12)$$

e) Elasticidad de la Tasa Marginal de Sustitución

Si una función de producción tiene isocuantas convexas, la TMS de X_1 por X_2 y la razón de los insumos X_2/X_1 decrecerán a medida que se sustituye X_2 por X_1 a lo largo de una isocuantas. La elasticidad de sustitución, denotada por σ , es un número que mide el ritmo al que tiene lugar la sustitución (11).

$$\sigma = \frac{\frac{d(X_2/X_1)}{(X_2/X_1)}}{\frac{d(f_1/f_2)}{(f_1/f_2)}} \quad (2.13)$$

Para isocuantas convexas, el valor de σ se situa entre cero e infinito. Mientras mas grande sea el valor de σ mayor es el grado de sustitución entre los factores. Si σ es infinito, X_1 y X_2 son perfectamente sustitutos; si $\sigma = 0$, X_1 y X_2 deben ser usados en proporciones fijas.

e) Isoclínas

Una isoclína es una línea que une los puntos que tienen la misma tasa marginal de sustitución, ésto es, donde las isocuantas tienen la misma pendiente. La ecuación de una isoclína esta dada por:

$$\text{TMS}_{12} = - \frac{dX_2}{dX_1} = \frac{f_1}{f_2} = k \quad (2.14)$$

donde k es una constante arbitraria.

f) Elasticidad de la Producción

La elasticidad parcial de la producción con respecto a un factor en particular, es una medida del cambio porcentual en el producto, como resultado de un cambio porcentual en ese factor, cuando los otros factores se mantienen constantes. En notación matemática las elasticidades parciales de producción son definidas

por:

$$E_1 = \frac{\delta Y}{\delta X_1} \left(\frac{X_1}{Y} \right) = \frac{PMg_1}{PMe_1} \quad (2.15)$$

$$E_2 = \frac{\delta Y}{\delta X_2} \left(\frac{X_2}{Y} \right) = \frac{PMg_2}{PMe_2} \quad (2.16)$$

El concepto de elasticidad de la producción, así como los conceptos de productividad media y marginal son frecuentemente relacionados con las tres etapas de la producción, exhibidas por la función clásica que contiene rendimientos crecientes, constantes y negativos.

La etapa I comprende desde el nivel cero del uso del insumo variable hasta el punto donde el producto medio es igual al producto marginal, o sea donde el producto medio es máximo. En esta etapa el producto marginal aumenta y luego disminuye, pero siempre es positivo y mayor que el producto medio, el cual siempre es creciente.

La etapa II comprende desde el punto en donde el producto medio es máximo hasta el punto en que el producto total también es máximo. En esta etapa el producto marginal es siempre decreciente, al igual que el producto medio, pero este último siempre mayor que el producto marginal

La etapa III comienza en el punto en que el producto total es máximo. La característica de ésta es que el producto medio es siempre decreciente y el producto marginal también lo es, pero negativo.

Se dice que las etapas I y III son irracionales debido a que en la I, por la característica de que en ésta siempre ocurre que $PMg > PMe$ y PMe siempre es creciente, entonces los rendimientos pueden ser incrementados aplicando mayores cantidades del insumo variable. La etapa III también se considera irracional dado que el producto total puede ser incrementado disminuyendo el uso del insumo variable.

Las tres etapas también pueden ser definidas en términos de la elasticidad de la producción como:

Etapa I si $E_i > 1$

Etapa II si $0 < E_i < 1$

Etapa III si $E_i < 0$

g) Rendimiento de Escala y coeficiente de la función

El coeficiente de la función, denotado por ε , mide el cambio proporcional en el producto que resulta del cambio proporcional en una unidad en todos los insumos; ésto es, ε es el cambio porcentual en el producto cuando todos los insumos están variando en alguna proporción fija. A diferencia de la elasticidad parcial, el coeficiente de la función es un concepto que implica el largo plazo, mientras que la elasticidad parcial es un concepto que involucra el corto plazo.

El coeficiente de la función es definido matemáticamente como:

$$\varepsilon = \frac{dy / y}{dX_k / X_k} \quad (2.17)$$

donde:

$$\frac{dX_k}{X_k} = \frac{dX_1}{X_1} = \frac{dX_2}{X_2} \quad (2.18)$$

Asumiendo un modelo de dos factores, el coeficiente ϵ denota el cambio porcentual en el producto dividido por el cambio porcentual en cada insumo, donde el cambio porcentual de ambos insumos es el mismo.

Dado que todos los insumos (en este caso dos) son expandidos en proporciones fijas, el coeficiente de la función es una medida de los rendimientos que exhibe la función. Si ϵ es una función de X_1 y X_2 , entonces los rendimientos denominados a escala difieren en los distintos puntos de la superficie de la producción. Por otro lado, si ϵ no depende de X_1 y X_2 , lo que significa que es constante en todos los puntos sobre la superficie, la función exhibe rendimientos proporcionales constantes (que es el caso de las funciones homogéneas). Finalmente, si $\epsilon = 1$, se tiene el caso especial de rendimientos constantes a escala.

El coeficiente de la función para dos factores es representado en término de las elasticidades parciales de producción por:

$$\epsilon = E_1 + E_2 = \frac{PMg}{PMe_1} + \frac{PMg}{PMe_2} \quad (2.29)$$

h) Funciones de producción homogénea

Una función de producción es homogénea cuando exhibe rendimientos proporcionales constantes, es decir, $\epsilon = k$. Si $\epsilon > 1$, en-

tonces la función exhibe rendimientos de escala creciente. Cuando $\varepsilon < 1$, la función exhibe rendimientos de escala decrecientes, y cuando $\varepsilon = 1$, los rendimientos de escala son constantes para la función, la cual es conocida como linealmente homogénea.

La función homogénea de grado k puede ser expresada como:

$$f[(tX_1), (tX_2)] = t^k f(X_1, X_2) \quad (2.20)$$

donde k es una constante y t es un número real positivo.

Las propiedades mas notables de las funciones homogéneas son las siguientes (1):

1. La primer derivada de una función homogénea de grado k es homogénea de grado $k-1$.

2. Las isoclínas para funciones homogéneas de producción son líneas rectas que parten del origen.

3. Para una función homogénea de producción se satisface la igualdad $ky = f_1 X_1 + f_2 X_2$, ya que

$$k = \varepsilon = E_1 + E_2 = \frac{PMg_1}{PMe_1} + \frac{PMg_2}{PMe_2} = f_1 \frac{X_1}{Y} + f_2 \frac{X_2}{Y}$$

entonces:

$$ky = f_1 X_1 + f_2 X_2 = \delta y / (dX_1/X_1) + \delta y / (\delta X_2/X_2) \quad (2.21)$$

Esta propiedad es conocida como el Teorema de Euler y se interpreta en el sentido de que si una función de producción es homogénea de grado uno ($k = 1$) y cada factor es pagado de acuerdo con su productividad marginal (mercado competitivo en el mercado de factores) entonces el producto debiera agotarse. Similarmente, si $k < 1$ (> 1) entonces un sistema similar no agotaría (sobrepasaría) el producto.

i) Senda de expansión

La senda de expansión es una ecuación cuyos puntos representan la combinación de insumos a menor costo para todos los niveles dados del producto (1).

Los puntos de la senda de expansión se encuentran resolviendo un problema de minimización del costo, condicionado a un nivel de producción predeterminado (y^0).

Si tenemos una función de producción $f(X_1, X_2)$ donde el costo de los insumos es r_1 y r_2 para X_1 y X_2 respectivamente, donde estos costos permanecen constantes, la función del costo total es dada por:

$$C = r_1 X_1 + r_2 X_2 + b \quad (2.22)$$

donde b representa los costos fijos.

El problema de minimización a resolver es:

$$\begin{array}{l} \text{Min.} \\ x_1, x_2 \end{array} \quad r_1 X_1 + r_2 X_2 + b \quad (2.23)$$

$$\text{Sujeto a } y^0 - f(X_1, X_2) = 0$$

Con ésto se puede formar una función de Lagrange, que no es otra cosa que la incorporación de la restricción a la función del costo total:

$$LC = r_1 X_1 + r_2 X_2 + b + \lambda [y^0 - f(X_1, X_2)] \quad (2.24)$$

Donde λ se conoce como el multiplicador de Lagrange. Asumiendo

competencia perfecta en el mercado de ambos insumos, las condiciones de primer orden son:

$$\frac{\delta LC}{\delta \lambda} = Y^0 - f(X_1, X_2)$$

$$\frac{\delta LC}{\delta X_1} = r_1 - \lambda \frac{\delta [f(X_1, X_2)]}{\delta X_1} = 0 \quad (2.25)$$

$$\frac{\delta LC}{\delta X_2} = r_2 - \lambda \frac{\delta [f(X_1, X_2)]}{\delta X_2} = 0$$

Resolviendo este sistema obtenemos que :

$$\frac{PMg_1}{PMg_2} = \frac{r_1}{r_2} \quad (2.26)$$

Es decir, en cada punto de la senda de expansión, los niveles de uso de ambos insumos debe ser tal que la razón de las productividades marginales de ambos sea igual a la razón de sus precios.

La condición de segundo orden consiste en que el determinante Hessiano debe ser negativo, o sea

$$|H| = \begin{vmatrix} \frac{\delta^2 LC}{\delta \lambda^2} & \frac{\delta^2 LC}{\delta \lambda \delta X_1} & \frac{\delta^2 LC}{\delta \lambda \delta X_2} \\ \frac{\delta^2 LC}{\delta \lambda \delta X_1} & \frac{\delta^2 LC}{\delta X_1^2} & \frac{\delta^2 LC}{\delta X_1 \delta X_2} \\ \frac{\delta^2 LC}{\delta \lambda \delta X_2} & \frac{\delta^2 LC}{\delta X_1 X_2} & \frac{\delta^2 LC}{\delta X_2^2} \end{vmatrix} < 0 \quad (2.27)$$

j) Maximización de la ganancia

La ecuación de la ganancia es dada por:

$$\pi: P_y y - C \quad (2.28)$$

Donde :

π : ganancia

P_y : precio del producto

y : cantidad del producto

C : costo total.

La función de la ganancia también puede ser expresada como:

$$\pi = P_y f(X_1, X_2) - r_1 X_1 - r_2 X_2 - b \quad (2.39)$$

Asumiendo competencia perfecta en el mercado de los insumos y el producto, las condiciones de primer orden para la maximización de la ganancia (o beneficio) son:

$$\frac{\delta \pi}{\delta X_1} = P_y \frac{\delta [f(X_1, X_2)]}{\delta X_1} - r_1 = 0$$

(2.30)

$$\frac{\delta \pi}{\delta X_2} = P_y \frac{\delta [f(X_1, X_2)]}{\delta X_2} - r_2 = 0$$

Esto es lo mismo que:

$$P_y \text{PMg}_1 = r_1$$

(2.31)

$$P_y \text{PMg}_2 = r_2$$

Donde $P_y \text{PMg}_1$ y $P_y \text{PMg}_2$ son el valor del producto marginal (VPMg) de los insumos X_1 y X_2 respectivamente. Es decir, las condiciones de primer orden de la maximización del beneficio requieren que el valor del producto marginal de cada insumo se iguale a su precio.

Las condiciones de segundo orden requieren que los menores principales del determinante Hessiano alternen en signo, empezando con un signo negativo, ésto es:

$$\frac{\delta^2 \pi}{\delta X_1^2} < 0$$

$$\frac{\delta^2 \pi}{\delta X_2^2} < 0$$

$$\begin{vmatrix} \frac{\delta^2 \pi}{\delta X_1^2} & \frac{\delta^2 \pi}{\delta X_1 \delta X_2} \\ \frac{\delta^2 \pi}{\delta X_2 \delta X_1} & \frac{\delta^2 \pi}{\delta X_2^2} \end{vmatrix} > 0$$

3. METODOLOGIA

3.1 Area de Estudio

El Estado de México se encuentra localizado en la parte Sur de la altiplanicie meridional que corresponde a la región central del país, envolviendo prácticamente al Distrito Federal. Al Norte colinda con los Estados de Querétaro e Hidalgo; al Sur con los Estados de Guerrero y Morelos; al Oriente con las Entidades de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla y al Occidente con los Estados de Guerrero y Michoacán.

La localización del Estado de México sobre el eje neovolcánico determina que en toda su extensión se encuentran parajes altos y montañosos. Dentro de la Entidad se localizan cuatro conjuntos montañosos: la Sierra Nevada, en el extremo Este del Estado, que limita con Puebla y Tlaxcala y comprende al Popocatepetl, al Ixtaccihuatl, la Sierra de Tecama y el Cerro Gordo, que se encuentra frente a Teotihuacan; el sistema del Monte de las Cruces y los montes de Ocuilan que forman los límites con el Estado de Morelos y Distrito Federal; el tercer sistema, localizado en dirección Sureste-Noroeste, incluye como principal núcleo el Nevado de Toluca y finalmente, el sistema correspondiente a la Sierra de Guadalupe que limita la cuenca de México por el Norte (14).

La Entidad cuenta con tres grandes sistemas hidrográficos; el del río Pánuco, que irriga la porción Oriente y Noreste del Estado, el río Lerma, que se forma en los manantiales de Almoloya del Río y atraviesa gran parte de la entidad, formando parte del sis-

tema Lerma-Chapala-Santiago y desemboca en el Océano Pacífico; finalmente el río Balsas que alimenta la subcuenca del río Amacuzac e incluye las porciones Sur, Sureste y Suroeste del Estado.

Dentro de la entidad predominan las siguientes unidades de suelos:

Rigsoles (R), que son suelos sin horizonte de diagnóstico (a menos que se encuentren a más de 50 cm. de profundidad).

Verisoles (V), suelos que abajo de los 50 cm. tienen un 30% o más de arcilla en todos los horizontes.

Xerosoles (X). Suelos que tienen un horizonte A ócrico débil, un régimen de humedad árido y carecen de congelamiento permanente dentro de los primeros 200 cm. de suelo.

Cambisoles (B). Suelos que tienen un horizonte B cámbicos o un horizonte A úmbrico, los cuales tienen un espesor mayor de 25 cm..

Andosoles (T). Suelos derivados de material vítrico que tienen una densidad aparente de menos de 0.85 (medida de capacidad de campo en la fracción de tierra fina).

Litsoles (L). Suelos que están limitados en profundidad por una roca dura, continua y coherente dentro de los primeros 10 cm. de la superficie.

Castañozems (K). Suelos con una profundidad, por lo menos, de 1.5 cm.

Rendzinas (E). Suelos que presentan un horizonte A mólico, cuyo espesor no es mayor de 50 cm.

Nitzoles (N). Suelos que tienen un horizonte B argílico con una distribución de arcillas tal que su porcentaje no disminuye de su cantidad máxima en un 20% a través de los primeros 150 cm. de profundidad.

En la región montañosa, que cubre la mayor parte del Estado, predomina el clima templado moderado lluvioso, teniendo en el mes más frío variaciones de -3° C a 18° C, con lluvia periódica en el verano. En la parte Sur (cuenca del Balsas), el clima es tropical con temperatura en todos los meses mayor a los 18° C y la lluvia anual es mayor a los 750 mm. Hacia el Noroeste, en los límites con el Estado de Hidalgo y Tlaxcala, se registra un clima seco de estepa, con una temperatura media anual inferior a los 18° C. Las partes más altas de los volcanes Popocatepetl, Ixtaccihuatl y Nevado de Toluca, tienen un clima frío tipo "E" con temperatura en todos los meses inferior a los 10° C.

La precipitación media anual en el Estado de México va desde los 500 mm en la región Noroeste, hasta un máximo de 1800 mm en la región de la Sierra Nevada y 1700 mm en el SW del Nevado de Toluca. La lluvia media anual en todo el Estado es de 985 mm.

El territorio de la Entidad tiene una altitud de entre los 2000 y 3000 msnm, con excepción de la porción Sur donde la altitud desciende rápidamente en la cuenca del Balsas.

3.1.1 El recurso forestal

Las superficies con que cuenta el Estado de México (3) son:

Superficie de Bosques de coníferas
y latifoliadas.....406,800 ha

Superficie de bosques
de latifoliadas.291,600 ha

Superficie total de bosques templados fríos..... 698,400 ha

Superficie total arbolada..... 698,400 ha

Superficie de selvas bajas
caducifolias.....16,400 ha

Superficie de Chaparrales..... 2,800 ha

Superficie de mezquitales.....26,800 ha

Superficie de matorral crasicaule.....12,800 ha

Superficie total de matorral y arbustiva.....58,800 ha

Superficie forestal dedicada a otros usos.....532,200 ha

Superficie forestal total.....1,288,400 ha

Superficie no forestal total..... 857,700 ha

Superficie total de la Entidad.....2,146,100 ha

3.2. Información utilizada

La captura de la información sobre los viveros en estudio fué realizada por el Centro de Genética Forestal, durante el período de Septiembre a Diciembre de 1988. El objetivo del Centro fué la evaluación del sistema municipal de viveros de Protinbos, principalmente desde el punto de vista técnico. La obtención de la

información fué mediante un cuestionario (anexo A). Al principio se informó de la existencia de 128 viveros, pero al aplicar el cuestionario sólo se encontraron 105, los demás ya habían sido cerrados.

La forma inicial para el tratamiento del conjunto de datos disponibles fué la siguiente:

a) Se identificaron las variables de interés económico representadas por los insumos participantes en el proceso productivo de los viveros.

b) Dada la amplia variedad de los insumos se procedió a hacer un primer agrupamiento de ellos, en las siguientes variables:

Producción: producción de plantas en 1985, 1986 y 1987.

Trabajadores: jefe de vivero, personal administrativo, peones de planta y peones eventuales.

Herramienta: regaderas, carretillas, palas zapapicos, tijeras de podar, navajas de injertar, rastrillos, azadones y machetes.

Equipo: bombas de agua, aplicadores de insecticidas y equipo de aspersion.

Maquinaria: sembradoras, tractores, camiones, camionetas y otros.

Construcciones : construcciones en oficina y bodega.

Almácigos.

Superficie en camas de crecimiento.

Superficie del vivero.

c) Las principales limitaciones de la información para los fines de este trabajo fueron las siguientes:

i) Una de las variables sobre la cual se tuvo interés fué la correspondiente a las especies de planta producida, pero no fué posible obtenerla debido a que la producción se manejó en números totales.

ii) Tampoco fué posible obtener las cantidades físicas de fertilizantes, fungicidas, insecticidas y herbicidas que se aplican en promedio por año en cada vivero. En la información se tienen los tipos de productos pero no las cantidades aplicadas.

iii) La variable semilla tampoco fué posible definirla como insumo, pues ésta en casi la totalidad de los viveros no es comprada sino que es recolectada en las áreas forestales del Estado de México, y en la recolección muchas veces participan los mismos empleados de los viveros.

iv) El diseño del cuestionario con que se obtuvo la información es bastante amplio y completo, pero muchos de los viveros no cuentan con la infraestructura que se esperaba y es por eso que buena parte de los aspectos contemplados aparecen vacíos.

v) Una parte de los 105 viveros aparecen incompletos en las variables de interés para el presente trabajo, principalmente en la variable producción, los cuales fueron eliminados y solamente se utilizan 67 de ellos.

Dado que los viveros se encuentran distribuidos en toda la entidad, se consideró necesario hacer una regionalización basada en las características naturales que inciden en el recurso forestal. A continuación se da una caracterización muy general de cada

una de las regiones resultantes así como la distribución de los viveros entre éstas.

I. Región Norte. La superficie arbolada de esta región se compone principalmente de encino y alguna asociaciones de pino-encino. Las altitudes que se observan están entre los 1500 y 2000 msnm. La temperatura media anual está entre los 12° y 18° C, con heladas entre 80 y 100 días al año en promedio y precipitación media anual entre 500 y 700 mm. Los viveros comprendidos en esta región son (13):

1. Atlacomulco
2. San Bartolo M.
3. Acambay
4. Temascalcingo
5. El Oro
6. San José del R.
7. Aculco
8. Soyaniquilpan
9. Chapa de M.

II. Región Oriente del Valle de Toluca. En esta región el bosque está compuesto básicamente por oyamel, asociaciones de pino-encino y bosque de pino. Las alturas que se encuentran oscilan entre los 1500 y 2200 msnm. La temperatura media anual es de 12° a 16° C, con heladas distribuidas entre 50 y 70 días al año y precipitación media anual de 1000 a 1200 mm (13).

1. Temoaya
2. Lerma

3. Xalatlaco
4. Huixquilucan
5. Naucalpan
6. Cuautitlán
7. Tepotzotlán
8. Tlazala
9. Cahuacan
10. Jiquipilco
11. Villa del Carbón

III. Región del Valle de Toluca. En esta región predomina el bosque mesófilo de montaña, le sigue en importancia el bosque de oyamel, encontrándose también asociaciones de oyamel-pino y bosque de pino. Las alturas que se registran van desde los 1500 a los 2000 msnm. La temperatura media anual es de 14° a 16° C, con una frecuencia de heladas de entre 80 y 100 días al año y una precipitación media anual de 1200 a 1300 mm (13).

1. Yucón
2. Xonacatlán
3. Almoloya de J.
4. Metepec
5. Palmillas
6. Almoloya del R.
7. S. María Rayón
8. Malinalco
9. Tenancingo

IV. Región Amanalco-Valle de Bravo. La región se caracteriza por contar con la mayor riqueza forestal arbolada en el Estado. En las partes altas de esta región se encuentra bosque mesófilo de montaña; asimismo se tiene bosque de oyamel, bosque de pino, asociaciones oyamel-pino y bosque de transición pino-encino. Las alturas que se observan van desde los 1500 a 4600 msnm. Los rangos de temperatura que se registran varían entre los 4° y 16° C, con una frecuencia de heladas de 140 a 180 días al año y precipitación media anual de 1200 a 1500 mm (13).

1. Zultepec
2. Almoloya de A.
3. Texcatitlan
4. V. Guerrero
5. Amanalco de Becerra
6. Donato Guerra
7. San José Villa de Allende
8. Valle de Bravo

V. Región Este (San Rafael). En ésta predomina el bosque de pino y le sigue en importancia el bosque de oyamel y asociaciones de oyamel-pino y pino-encino. Las alturas que se registran van desde los 2200 a los 4000 msnm. La temperatura media anual es de 6° a 16° C, con heladas ocurridas entre los 60 y 80 días al año y una precipitación media anual de 800 a 1200 mm (13).

1. Tezoyuca
2. S. J Teotihuacan
3. Otumba

4. Acolman
5. Axapusco
6. Tecamac
7. Melchor Ocampo
8. Nextlalpan
9. Apaxco
10. Tequixquiac
11. Heuypoxtla
12. Tultepec
13. Tultitlan
14. Los Reyes
15. Tepetlaoxtoc
16. Atenco
17. Texcoco
18. Chimalhuacan
19. Chalco
20. Ixtapaluca
21. Teneango del A.
22. Juchitepec
23. Ozumba
24. Atlahuatla
25. S. Vicente Chicoloapan
26. Amecameca
27. Coacalco
28. Ecatepec
29. Netzahualcoyotl
30. Tlalmanalco

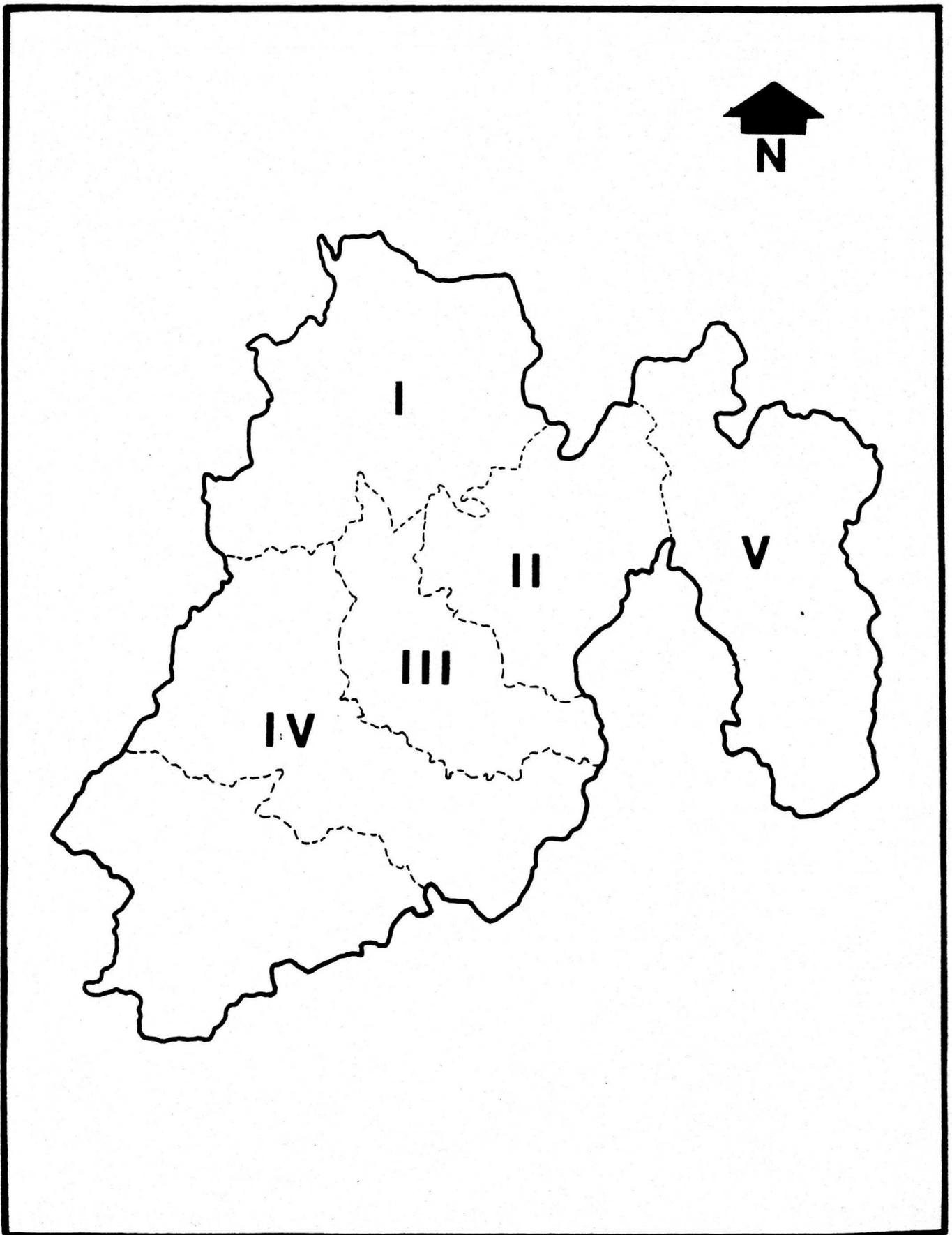


Fig. 1. Regiones del Estado de México en que se distribuyen los viveros.

3.3 Especificaciones del modelo

Para la realización de este trabajo se utilizó una función de producción anual de los viveros con la cual se trata de explicar la forma en que están relacionados los insumos que participan en el proceso productivo, con la cantidad de planta producida. El modelo teórico es como sigue:

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

donde:

y: cantidad de plantas producidas por año.

X_1, \dots, X_n : cantidad de cada insumo utilizado en la producción.

Sobre la base de éste modelo, se probaron modelos lineales, cuadráticos, cúbicos y exponenciales de la siguientes formas:

$$1) Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_k X_{ik} + e_i$$

$$2) Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_1^* X_{i1}^2 + \dots + \beta_k X_{ik} + \beta_k^* X_{ik}^2 + e_i$$

$$3) Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_1^* X_{i1}^2 + \beta_1^{**} X_{i1}^3 + \dots + \beta_k X_{ik} + \beta_k^* X_{ik}^2 + \beta_k^{**} X_{ik}^3 + e_i$$

$$4) Y_i = \beta_0 X_{i1}^{\alpha_1} X_{i2}^{\alpha_2} \dots X_{ik}^{\alpha_k} e_i$$

Con $i = 1, \dots, n$, para cada caso.

En estos modelos se trabajó con las variables resultantes del primer agrupamiento, que fueron las siguientes:

a) Variable dependiente

Producción de plantas. Dado que se contó con la producción de plantas en los años 1985, 1986 y 1987, la producción que se tomó en cuenta para los modelos fué el promedio de éstos, ya que los viveros mantienen básicamente la misma infraestructura durante esos años.

b) Variables independientes:

- Valor de la herramienta en pesos a precios de diciembre de 1989.
- Valor del equipo en pesos a precios de diciembre de 1989.
- Número de peones de planta y eventuales. En los eventuales sólo se contabilizaron los meses trabajados. Ninguno de los viveros cuenta con personal administrativo, excepto el jefe del vivero.
- Construcciones en m^2 .
- Almácigos en m^2 .
- Superficie del vivero en ha.
- Superficie de camas de crecimiento en m^2 .

Después de la especificación de los modelo se procedió a estimar las ecuaciones de regresión, buscando en una primera instancia obtener una función global para los 67 viveros.

En estos primeros intentos no se encontró ningún modelo que

satisficiera las condiciones estadísticas aceptables. Los coeficientes de algunas de las variables no resultaron estadísticamente significativas y otros mostraron un comportamiento contrario a lo que teóricamente se esperaba.

A partir de estos resultados se consideró necesario hacer un reagrupamiento de variables, así como el probar regresiones con variables clasificatorias tales como: escolaridad del jefe del vivero, tamaño del vivero y la variable región. Los modelos estimados fueron los siguientes:

i) Modelos utilizando la variable clasificatoria escolaridad (ES) del jefe del vivero.

$$5) Y_{ji} = ES_j + \beta_1 K_{i(j)} + \beta_2 T_{i(j)} + e_{i(j)}$$

$$6) Y_{ji} = ES_j + \beta_1 K_{i(j)} + \beta_2 K_{i(j)}^2 + \beta_3 T_{i(j)} + \beta_4 T_{i(j)}^2 + e_{i(j)}$$

$$7) Y_{ji} = ES_j + \beta_1 K_{i(j)} + \beta_2 K_{i(j)}^2 + \beta_3 K_{i(j)}^3 + \beta_4 T_{i(j)} + \beta_5 T_{i(j)}^2 + \beta_6 T_{i(j)}^3 + e_{i(j)}$$

$$8) Y_{ji} = ES_j K_{i(j)}^{\alpha_1} T_{i(j)}^{\alpha_2} + e_{i(j)}$$

Con $j = 1, \dots, 5$ e $i = 1, \dots, n_j$, para cada caso.

ii) Modelos utilizando la variable clasificatoria tamaño (V).

$$9) Y_{ji} = V_j + \beta_1 K_{i(j)} + \beta_2 T_{i(j)} + e_{i(j)}$$

donde de manera similar al caso de la variable clasificatoria

escolaridad, se estimaron además los modelos cuadrático, cúbico y exponencial.

iii) Modelos utilizando la variable clasificatoria región (γ_j).

$$10) Y_{ji} = \gamma_j + \beta_1 K_{i(j)} + \beta_2 T_{i(j)} + e_{i(j)}$$

Del mismo modo, en este caso de la variable clasificatoria región, se estimaron además los modelos cuadrático, cúbico y exponencial.

Las variables utilizadas en estos últimos modelos fueron:

y: Producción de plantas promedio de los años 1985, 1986 y 1987.

ES_j: Escolaridad del jefe del vivero. Esta se divide en cinco categorías que son:

j = 1: Primaria

j = 2: Secundaria

j = 3: Preparatoria

j = 4: Técnico

j = 5: Profesional

V_j: Tamaño del vivero, medido por el volumen de producción de plantas. Las categorías de tamaño son:

j = 1: $V < 100,000$

j = 2: $100,000 \leq V < 200,000$

j = 3: $200,000 \leq V < 400,000$

j = 4: $400,000 \leq V < 600,000$

j = 5: V \geq 600,000

γ_j : Región. Las categorías de región son:

j = 1: Región Norte

j = 2: Región Oriente al Valle de Toluca

j = 3: Región del Valle de Toluca

j = 4: Región Amanalco-Valle de Bravo

j = 5: Región Este (San Rafael).

K: Capital en miles de pesos. En esta variable fueron reagrupadas las variables: herramienta, equipo y construcciones. Ninguno de los viveros contó con los conceptos contenidos en maquinaria, por lo cual esta variable fué eliminada.

T: Número de peones de planta y eventuales.

e: error aleatorio

De todos los modelos probados, el que arrojó mejores resultados y por lo mismo fué el seleccionado, es un modelo exponencial tipo Cobb-Douglas, con la variable clasificatoria región. El cual quedó como sigue:

$$Y = \gamma_j K_{i(j)}^{\beta_1} T_{i(j)}^{\beta_2} \quad j = 1, 2, 3, 4, 5 \quad e \quad i = 1, \dots, n_j$$

3.4 Método de estimación

El método de estimación para las ecuaciones de regresión fué el de mínimos cuadrados ordinarios y se utilizó el paquete "Statistical Analysis System" (S A S).

Considerando un modelo econométrico simple:

$$y = X\beta + e$$

en donde:

$$\underline{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & \dots & X_{1k} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & \dots & X_{2k} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & \dots & X_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & X_{n3} & \dots & X_{nk} \end{bmatrix}$$

$$\underline{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}, \quad \underline{e} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ \vdots \\ u_g \end{bmatrix} \sim N(\underline{0}, \sigma^2 I_n)$$

La suma de los cuadrados de los errores es:

$$\underline{u}'\underline{u} = \sum_{i=1}^n u_i^2$$

$$\underline{u}'\underline{u} = \underline{y}'\underline{y} - \underline{\beta}'X'\underline{y}$$

El estimador mínimo cuadrático de $\underline{\beta}$ es:

$$\hat{\underline{\beta}} = (X'X)^{-1}X'\underline{y}$$

donde $\hat{\beta}$ tiene la propiedad de ser el mejor estimador lineal insesgado. Además el estimador de máxima verosimilitud para σ^2 está dado por :

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{y'(I - X(X'X)^{-1}X')y}{n}$$

y el estimador insesgado mínimo cuadrático es

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{y'(I - X(X'X)^{-1}X')y}{n-1}$$

donde n es el número total de observaciones.

4. ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis estadístico de la función

Dado la forma teórica de la función seleccionada:

$$y_{ji} = \gamma_j K_i^{\beta_1} T_i^{\beta_2} e_{ji} \quad j = 1, \dots, 5; i = 1, \dots, n_j$$

donde:

y_{ji} : producción en miles de plantas en el i -ésimo vivero de la j -ésima región.

$K_{i(j)}$: Capital en el i -ésimo vivero de la j -ésima región en miles de pesos.

$T_{i(j)}$: Número de trabajadores (peones) en el i -ésimo vivero de la j -ésima región.

e_{ji} : error estadístico asociado al i -ésimo vivero de la j -ésima región.

γ_j : $j = 1, \dots, 5$, β_1 y β_2 : coeficientes de la regresión asociados a la región, el capital y el trabajo respectivamente.

La función puede ser linealizada aplicando logaritmos,

$$\ln y_{ji} = \ln \gamma_j + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln T_i + e_i \quad j = 1, \dots, 5$$
$$i = 1, \dots, n_j$$

el cual es el modelo completo.

1) Ajuste del modelo

En los resultados obtenidos mediante el procedimiento GLM de SAS, mostrados en la tabla de análisis de varianza (cuadro 4.1), se observa lo siguiente:

$$R^2 = 0.989066$$

Con este resultado del coeficiente de determinación, se puede afirmar que la suma de cuadrados del modelo (SCM) explica casi la totalidad de la suma de cuadrados total (SCT), por lo que se puede considerar que el ajuste es bueno.

2) Pruebas de hipótesis

a) Prueba para la significancia total de la regresión.

$$H_0: \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \vdots \\ \gamma_5 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

H_a : Cuando menos uno de los parámetros es diferente de cero.

El estadístico de prueba para esta hipótesis que reporta la tabla de análisis de varianza es:

$$F_c = \frac{SCR/K}{SCE/n-K} \quad \text{con } K = 7 \text{ para este caso,}$$

$$F_c = \frac{2081.8780226/7}{23.014293/60} = 775.37$$

$$F_{\text{tab } \alpha=.01; 7, 60} = 2.953$$

Como $F_c > F_{\text{tab}}$ ($775.37 > 2.953$), entonces se rechaza la hipótesis nula con un nivel de significancia $\alpha = .01$.

Cuadro 4.1 Tabla de análisis de varianza para la función de producción.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F_c
Regresión	7	2081.87802	297.411	775.37
Error	60	23.01429	0.3836	
Total	67	2104.89232		

Fuente: Elaboración directa.

b) Prueba de hipótesis sobre el conjunto de los parámetros correspondientes a las regiones.

Para la realización de esta prueba se hizo la regresión de un modelo reducido en donde se omitieron las variables de regionalización, las hipótesis fueron:

$$H_0: \gamma_1 - \gamma_2 = \gamma_1 - \gamma_3 = \gamma_1 - \gamma_4 = \gamma_1 - \gamma_5 = 0$$

$H_a: \gamma_1 \neq \gamma_j$ para alguna $j = 2, 3, 4, 5$.

En este caso el modelo reducido ya linealizado es:

$$\ln Y_i = \ln \gamma + \beta_1 \ln K_i + \beta_2 \ln T_i + e_i$$

El estadístico de la prueba es:

$$F_c = \frac{SCE_{(red)} - SCE_{(comp)}}{(4) CME_{(comp)}}$$

$$F_c = \frac{50.7478812 - 23.014293}{4 (0.3835716)} = 18.0759$$

$$F_{tab \alpha=.01; 4, 60} = 3.649$$

Por lo que se rechaza H_0 y se concluye que las regiones son diferentes, a un nivel de significancia de $\alpha = .01$

c) Pruebas de hipótesis individuales sobre los parámetros,

$H_0: \beta_i = 0$ vs $H_a: \beta_i \neq 0$.

El procedimiento GLM de SAS reporta este tipo de pruebas mediante el estadístico :

$$t_c = \frac{\hat{\beta}_i}{S \hat{\beta}_i} - t_{(n-k)}$$

La regla de decisión es:

Se rechaza H_0 si $|t_c| > t_{\alpha/2, n-k}$

i) variable γ_1 (Región Norte).

$$H_0: \gamma_1 = 0$$

$$H_a: \gamma_1 \neq 0$$

$$t_c = \frac{3.8007837}{1.1005304} = 3.07$$

$$t_{\text{tab}} (\alpha/2=.05, 60) = 1.671$$

Dado que $t_c > t_{\text{tab}}$ ($3.07 > 1.671$), se rechaza H_0 y se concluye que el coeficiente γ_1 es significativamente diferente de cero, con un nivel de significancia del .10.

ii) Variable γ_2 (Región Oriente del Valle de Toluca)

$$H_0: \gamma_2 = 0$$

$$H_a: \gamma_2 \neq 0$$

$$t_c = \frac{2.71181410}{1.11766699} = 2.43$$

$$t_{\text{tab}} (\alpha/2=.05, 60) = 1.671$$

Ya que $t_c > t_{\text{tab}}$ ($2.43 > 1.671$), se rechaza H_0 y se concluye que γ_2 es significativamente diferente de cero con un nivel de

significancia del .10.

iii) Variable γ_3 (Región del Valle de Toluca)

$$H_0: \gamma_3 = 0$$

$$H_a: \gamma_3 \neq 0$$

$$t_c = \frac{3.206226299}{1.116482305} = 2.7525$$

$$t_{\text{tab}} (\alpha/2=.05, 60) = 1.671$$

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta γ_3 como significativamente diferente de cero, con un nivel de significancia del .10.

iv) Variable γ_4 (Región Amanalco-Valle de Bravo)

$$H_0: \gamma_4 = 0$$

$$H_a: \gamma_4 \neq 0$$

$$t_c = \frac{3.200748141}{1.10435107} = 2.898$$

$$t_{\text{tab}} (\alpha/2=.05, 60) = 1.671$$

Se rechaza H_0 y se acepta γ_4 como significativamente diferente de cero, con un nivel de significancia del .10.

v) Variable γ_5 (Región Este-San Rafael)

$$H_0: \gamma_5 = 0$$

$$H_a: \gamma_5 \neq 0$$

$$t_c = \frac{1.834834242}{1.13214266} = 1.62$$

$$t_{\text{tab}} (\alpha/2=.05, 60) = 1.671$$

NO se rechaza H_0 y se concluye que γ_5 es significativamente igual a cero, con un nivel de significancia del .10.

vi) Variable Capital (K)

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_a: \beta_1 \neq 0$$

$$t_c = \frac{0.224600697}{0.11597958} = 1.94$$

$$t_{\text{tab}} (\alpha/2=.05, 60) = 1.671$$

Por lo que se concluye que el parámetro correspondiente a la variable capital es significativamente diferente de cero, con un nivel de significancia del .10.

vii) Variable Número de Trabajadores (T)

$$H_0: \beta_2 = 0$$

$$H_a: \beta_2 \neq 0$$

$$t_c = \frac{0.445634525}{0.23781877} = 1.8738$$

$$t_{\text{tab}} (\alpha/2=.05, 60) = 1.671$$

Se rechaza H_0 y se acepta que el parámetro que corresponde a la variable número de trabajadores es significativamente diferente de cero, con un nivel de significancia del .10.

4.2 Análisis Económico

Después de haber analizado estadísticamente la función, ésta queda como sigue:

$$Y = \gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2}$$

Donde:

$$\gamma_1 = \text{antilog. n. de } 3.38 = 29.37$$

$$\gamma_2 = \text{antilig. n. de } 2.71 = 15.03$$

$$\gamma_3 = \text{antilog. n. de } 3.21 = 24.78$$

$$\gamma_4 = \text{antilog. n. de } 3.20 = 24.53$$

$$\gamma_5 = \text{antilog. n. de } 1.83 = 6.23$$

$$\beta_1 = 0.225$$

$$\beta_2 = 0.446$$

Las propiedades generales de esta función son:

a) Forma de la función

Dado un nivel fijo determinado de la variable T, tenemos que:

$$\frac{\delta Y}{\delta K} = \frac{\delta}{\delta K} (\gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2}) = \beta_1 \gamma_j K^{\beta_1-1} T^{\beta_2} > 0$$

y

$$\frac{\delta^2 Y}{\delta K^2} = \frac{\delta}{\delta K^2} (\beta_1 \gamma_j K^{\beta_1-1} T^{\beta_2}) = (\beta_1 - 1) \beta_1 \gamma_j K^{\beta_1-2} T^{\beta_2} < 0$$

Por lo que se observa que la función de producción es estrictamente cóncava hacia el origen. Lo mismo ocurre si fijamos en un nivel determinado la variable K y hacemos variar T.

Para el caso de nuestra función, el producto total nunca alcanza un máximo, es decir, para niveles muy grandes de uso del insumo variable (K o T), la pendiente del producto tiende a cero pero es asintótica a este valor.

b) Productividad media de los insumos

$$PMe_k = \frac{Y}{K} = \frac{\gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2}}{K} = \gamma_j K^{\beta_1-1} T^{\beta_2}$$

y

$$PMe_T = \frac{Y}{T} = \frac{\gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2}}{T} = \gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2-1}$$

Las funciones de productividad media de los insumos son estrictamente convexas hacia el origen, puesto que:

$$\frac{\delta PMe_k}{\delta K} = (\beta_1 - 1) \gamma_j K^{\beta_1-2} T^{\beta_2} < 0$$

y

$$\frac{\delta^2 PMe_k}{\delta K^2} = (\beta_1 - 2) (\beta_1 - 1) \gamma_j K^{\beta_1-3} T^{\beta_2} > 0$$

Lo mismo ocurre con la variable T.

c) Productividad Marginal de los insumos

$$PMg_k = \beta_1 \gamma_j K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2} = \frac{\beta_1 Y}{K} = \beta_1 PMe_k$$

$$PMg_T = \beta_2 \gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 1} = \frac{\beta_2 Y}{T} = \beta_2 PMe_T$$

Las funciones de productividad marginal de los insumos son estrictamente convexas hacia el origen, dado que:

$$\frac{\delta PMg_k}{\delta K} = (\beta_1 - 1) \beta_1 \gamma_j K^{\beta_1 - 2} T^{\beta_2} < 0$$

y

$$\frac{\delta^2 PMg_k}{\delta K^2} = (\beta_1 - 2) (\beta_1 - 1) \beta_1 \gamma_j K^{\beta_1 - 3} T^{\beta_2} > 0$$

de igual manera ocurre para la productividad marginal del insumo T.

Las funciones de productividad media y marginal para ambos insumos son siempre decrecientes pero su pendiente nunca alcanza el valor cero, es decir no tienen un mínimo. Asimismo, el producto marginal nunca llega a tocar el eje del insumo variable, o sea que no alcanza el valor de cero. Esto obedece a que esta función equivale a la pendiente del producto total, la cual, como ya se vió nunca alcanza el valor de cero.

d) Isocuantas

La función de la isocuanta para un nivel fijo y, es dada por:

$$T = f^{-1}(K, Y)$$

De este modo, usando T como variable dependiente, se tiene que:

$$T = \left[\frac{Y}{\gamma_j K^{\beta_1}} \right]^{1/\beta_2}$$

e) Tasa marginal de sustitución técnica

$$TST_{kT} = - \frac{dT}{dK} = \frac{f_k}{f_T}$$

Donde f_k y f_T son la primera derivada parcial de la función con respecto a la variable K y T, respectivamente, es decir PMg_k y PMg_T , entonces:

$$TST_{kT} = \frac{PMg_k}{PMg_T} = \frac{\frac{\beta_1 Y}{K}}{\frac{\beta_2 Y}{T}} = \frac{\beta_1 T}{\beta_2 K}$$

La naturaleza del cambio en la pendiente de la isocuanta nos permite establecer la convexidad o no convexidad de la misma:

$$\text{Si, } \left. \frac{dT}{dK} \right|_{dy=0} = \frac{\delta T}{\delta K} < 0$$

y

$$\frac{d^2T}{dK^2} \Big|_{dy=0} = \frac{\delta^2 T}{\delta K^2} > 0$$

Entonces las isocuantas son de pendiente negativa y convexas al origen. dT/dK y d^2T/dK^2 se consideran matemáticamente equivalentes a las derivadas parciales correspondientes de la isocuanta, dado que y permanece constante.

Dada nuestra función de isocuanta, tenemos que:

$$\frac{\delta T}{\delta K} = \frac{\delta}{\delta K} \left[\frac{Y}{\gamma_j K^{\beta_1}} \right]^{1/\beta_2} = -TST_{KT} = -\frac{\beta_1 T}{\beta_2 K}$$

$$\delta^2/\delta K^2 \left[-\frac{\beta_1 T}{\beta_2 K} \right] = -\frac{\beta_1 T}{\beta_2} (-1/K^2) = \frac{\beta_1 T}{\beta_2 K^2} > 0$$

Por lo que se puede observar que se cumplen las condiciones para que la función de las isocuantas sean convexas ya que $\delta T/\delta K$ es menor a cero y $\delta^2 T/\delta K^2$ es positivo.

f) Elasticidad de la tasa marginal de sustitución.

Las isocuantas de la función que estamos considerando son convexas y en éstas el valor de σ se sitúa entre cero e infinito, para el caso de las funciones de producción tipo Cobb-Douglas el grado de sustituibilidad medido por σ es igual a 1.

$$\frac{d(f_k/f_T)}{d(T/K)} \frac{T/K}{f_1/f_2} = \frac{\beta_1}{\beta_2} \frac{T/K}{(\beta_1/\beta_2)(T/K)} = 1$$

g) La elasticidad parcial de la producción con respecto a la variable K esta dada por:

$$E_k = \frac{\delta y}{\delta K} \frac{K}{Y} = \frac{PMg_k}{PMe_k} = \frac{\beta_1 \frac{Y}{K}}{\frac{Y}{K}} = \beta_1$$

y con respecto a la variable T:

$$E_T = \frac{\beta_2 \frac{Y}{T}}{\frac{Y}{T}} = \beta_2$$

Es por esta razón que en las funciones tipo Cobb-Douglas se reconoce a los exponentes como las elasticidades parciales de la producción.

h) Coeficiente de la función

$$\varepsilon = \beta_1 + \beta_2 = E_k + E_T$$

$$\varepsilon = 0.671$$

i) Homogeneidad de la función

Dada nuestra función:

$$Y = \gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2} = f(K, T)$$

$$f(tK, tT) = \gamma_j (tK)^{\beta_1} (tT)^{\beta_2}$$

$$= \gamma_j t^{\beta_1 + \beta_2} K^{\beta_1} T^{\beta_2} = t^{\beta_1 + \beta_2} \gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2} = t^{\beta_1 + \beta_2} f(K, T)$$

$$= t^{0.671} f(K, T)$$

Es decir, nuestra función es homogénea de grado 0.671, que también equivale al coeficiente de la función. Este valor de ϵ también nos revela la forma en que se espacian las isocuantas a medida que el producto total crece. Cuando $\epsilon > 1$ las isocuantas tienden a acercarse. Cuando $\epsilon = 1$ tienen igual espacio y cuando $\epsilon < 1$, nuestro caso, las isocuantas tienden a separarse.

j) Interdependencia técnica de los insumos

Dos insumos son técnicamente independientes si la productividad marginal de uno no es función del otro, esto significa que la productividad marginal de uno no es alterada cuando la cantidad del otro es cambiada. Existen tres tipos de interrelación técnica: complementariedad, competitividad e independencia.

Dos insumos son complementarios si:

$$\frac{\delta^2 Y}{\delta K \delta T} = (\delta/\delta K) (\delta Y/\delta T) = f_{KT} > 0$$

Para el caso de nuestra función :

$$f_{kT} = \beta_1 \beta_2 (Y/KT) > 0$$

por lo que se reconocen los insumos como complementarios.

4.3 Interpretación de los resultados

Uno de los objetivos principales de este trabajo fué el determinar la combinación de insumos que brinde el menor costo, dado el nivel de producción observado en cada vivero. Para lograr ésto, se construyó la función de costo como sigue:

$$C = r_1 K + r_2 T + b$$

Donde el costo por unidad de capital asumido es $r_1 = 1000$ pesos y el costo por unidad de trabajo (peón) es el salario mínimo anual para diciembre de 1989, o sea, $r_2 = 2,750,400$ pesos.

Asumiendo competencia perfecta en el mercado de los insumos, el problema de minimización a resolver fué:

$$\text{MIN}_{kT} \quad r_1 K + r_2 T + b$$

$$\text{Sujeto a} \quad Y^0 - f(K, T)$$

Donde Y^0 representa el nivel de producción observado en cada vivero y b el costo fijo.

La función de Lagrange quedó como sigue:

$$LC = r_1 K + r_2 T + b + \lambda [Y^0 - f(K, T)]$$

y las condiciones de primer orden:

$$\frac{\delta LC}{\delta \lambda} = Y^0 - \gamma K^{\beta_1} T^{\beta_2} = 0$$

$$\frac{\delta LC}{\delta K} = r_1 - \lambda \gamma_j \beta_1 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2} = 0$$

$$\frac{\delta LC}{\delta T} = r_2 - \lambda \gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 1} = 0$$

Donde la variable clasificatoria región (γ_j) toma un valor distinto para cada una de las cinco regiones.

La primer condición es obvio que se satisface por si misma al igualar y^0 a la producción observada en el vivero en cuestión.

La segunda y tercera condición se pueden resolver igualando a λ cada una de ellas, es decir,

$$\lambda = \frac{r_1}{\beta_1 \gamma_j K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2}}$$

$$\lambda = \frac{r_2}{\beta_2 \gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 1}}$$

Igualando ambas ecuaciones obtenemos,

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\beta_1 T}{\beta_2 K}$$

$$T = \frac{\beta_2 r_1}{\beta_1 r_2} K$$

Esta última ecuación es la que nos da la senda de expansión.

Para examinar si se cumple la condición de segundo orden requerimos evaluar el determinante Hessiano.

$$|H| = \begin{vmatrix} 0 & -\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2} & -\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 1} \\ -\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2} & -\lambda \gamma_j \beta_1 (\beta_1 - 1) K^{\beta_1 - 2} T^{\beta_2} & -\lambda \gamma_j \beta_1 \beta_2 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2 - 1} \\ -\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 1} & -\lambda \gamma_j \beta_1 \beta_2 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2 - 1} & -\lambda \gamma_j \beta_2 (\beta_2 - 1) K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 2} \end{vmatrix}$$

$$|H| = -(-\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2}) \begin{vmatrix} -\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2} & -\lambda \gamma_j \beta_1 \beta_2 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2 - 1} \\ -\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 1} & -\lambda \gamma_j \beta_2 (\beta_2 - 1) K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 2} \end{vmatrix}$$

$$+ (-\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 1}) \begin{vmatrix} -\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2} & -\lambda \gamma_j \beta_1 (\beta_1 - 1) K^{\beta_1 - 2} T^{\beta_2} \\ -\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2 - 1} & -\lambda \gamma_j \beta_1 \beta_2 K^{\beta_1 - 1} T^{\beta_2 - 1} \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned}
|H| &= (\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1-1} T^{\beta_2}) (-\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1-1} T^{\beta_2}) (-\lambda \gamma_j \beta_2 (\beta_2-1) K^{\beta_1} T^{\beta_2-2}) \\
&- (\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1-1} T^{\beta_2}) (-\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2-1}) (-\lambda \gamma_j \beta_1 \beta_2 K^{\beta_1-1} T^{\beta_2-1}) \\
&+ (-\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2-1}) (-\gamma_j \beta_1 K^{\beta_1-1} T^{\beta_2}) (-\lambda \gamma_j \beta_1 \beta_2 K^{\beta_1-1} T^{\beta_2-1}) \\
&- (-\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2-1}) (-\gamma_j \beta_2 K^{\beta_1} T^{\beta_2-1}) (-\lambda \gamma_j \beta_1 (\beta_1-1) K^{\beta_1-2} T^{\beta_2})
\end{aligned}$$

$$|H| = \lambda \gamma_j^3 K^{3\beta_1-2} T^{3\beta_2-2} \beta_1^2 \beta_2 (\beta_2 - 1) - \lambda \gamma_j^3 K^{3\beta_1-2} T^{3\beta_2-2} \beta_1^2 \beta_2^2$$

$$- \lambda \gamma_j^3 K^{3\beta_1-2} T^{3\beta_2-2} \beta_1^2 \beta_2^2 + \lambda \gamma_j^3 K^{3\beta_1-2} T^{3\beta_2-2} \beta_2^2 \beta_1 (\beta_1 - 1)$$

$$|H| = \lambda \gamma_j^3 K^{3\beta_1-2} T^{3\beta_2-2} [\beta_1^2 \beta_2 (\beta_2 - 1) - 2\beta_1^2 \beta_2^2 + \beta_2^2 \beta_1 (\beta_1 - 1)]$$

$$|H| = \lambda \gamma_j^3 K^{3\beta_1-2} T^{3\beta_2-2} (-\beta_1^2 \beta_2 - \beta_2^2 \beta_1)$$

Como tenemos que $\lambda > 0$ y $K, T > 0$, entonces el determinante Hessiano es negativo y se satisfacen las condiciones de segundo orden para γ_j, β_1 y $\beta_2 > 0$. Lo cual tradicionalmente ocurre con las funciones del tipo Cobb-Douglas.

Para obtener los niveles de los insumos cuya combinación minimiza el costo, se sustituye en la función de producción el ni-

vel de producción observado en cada vivero, según sea la región de que se trate, luego se despeja uno de los insumos, es decir, se obtiene la ecuación de la isocuanta para ese nivel de producción observado, luego se sustituye en ella la ecuación de la senda de expansión y se obtiene el nivel del insumo que quedó como término independiente en la ecuación de la isocuanta, el cual minimiza la función del costo. El nivel del otro insumo que minimiza el costo, se obtiene al sustituir en la ecuación de la senda de expansión el nivel del insumo ya determinado. Es decir, tenemos nuestra función

$$y = \gamma_j K^{\beta_1} T^{\beta_2}$$

La función de la isocuanta para el nivel de producción observado está dada por:

$$K^{\beta_1} = \frac{Y_{\text{obs}}}{\gamma T^{\beta_2}}$$

Sabemos además que la función de la senda de expansión es:

$$T = \frac{\beta_2 r_1}{\beta_1 r_2} K$$

Sustituyendo esta última en la función de la isocuanta, con sus respectivos valores, obtenemos el capital que minimiza el nivel de producción y_{obs} , o sea:

$$K = \left[\frac{Y_{\text{obs}}}{\gamma (\beta_2 r_1 / \beta_1 r_2)^{\beta_2}} \right]^{1/(\beta_1 + \beta_2)}$$

Tomemos el caso del vivero 1 (Atlacomulco) de la región I, donde:

$$\gamma = 29.37$$

$$K = 22440$$

$$T = 5$$

$$\beta_1 = 0.225$$

$$\beta_2 = 0.446$$

$$r_1 = 1000$$

$$r_2 = 2750400$$

$$Y_{\text{obs}} = 340$$

Donde obtenemos: $K = 5136.17$

Para la obtención de la cantidad de trabajo que minimiza este nivel de producción,

$$T = \frac{\beta_2 r_1}{\beta_1 r_2} (5136.17) = 3.70$$

Para hacer ésto en todos los viveros, se elaboró un programa en SAS que aparece en el anexo (C). Los resultados obtenidos se pueden ver en los cuadros B.1 al B.5 del anexo B.

Dicho de otro modo, lo que se ha hecho para obtener la combi-

nación de menor costo, dada una isocuanta representada por el nivel de producción observado y conocidos los precios de ambos insumos (K y T), es localizar el punto en el cual la línea de isocosto es tangente a la isocuanta. Esto puede ser observado gráficamente en la figura 4.1, donde se han dibujado las isocuantas correspondientes a los niveles de producción observados en la región I (En esta figura se omitió el vivero 6 por tener un nivel de producción muy cercano al del vivero 4, igualmente, el vivero 8 no se contempló por tener un nivel de producción demasiado grande que saldría del cuadro).

Cabe mencionar que lo que aquí hemos llamado combinación de menor costo en realidad es una combinación de los valores promedios de K y T de menor costo, que representa la eficiencia media de la región, ya que ésta es obtenida a partir de una función que resulta de una regresión aplicada a los datos observados.

De este modo, analizando la región Norte (Cuadro B.1) podemos decir que los viveros de Acambay, Temascalcingo, San José R., Aculco y Soyaniquilpan, se encuentran operando por encima de la eficiencia media de la región, sobresaliendo el vivero de Soyaniquilpan. Por otra parte, los viveros de Atlacomulco, San Bartolo M., El Oro y Chapa de M., se encuentran trabajando por debajo de la eficiencia media, ya que el costo observado es mayor que el costo mínimo que representa la eficiencia media.

Para el caso de la región Oriente al Valle de Toluca, (Cuadro B.2), observamos que los viveros de Temoaya, Lerma, Tepetzotlán y Cahuacan, para el período observado se encuentran trabajando por encima de la eficiencia media, mientras que los viveros de Xala-

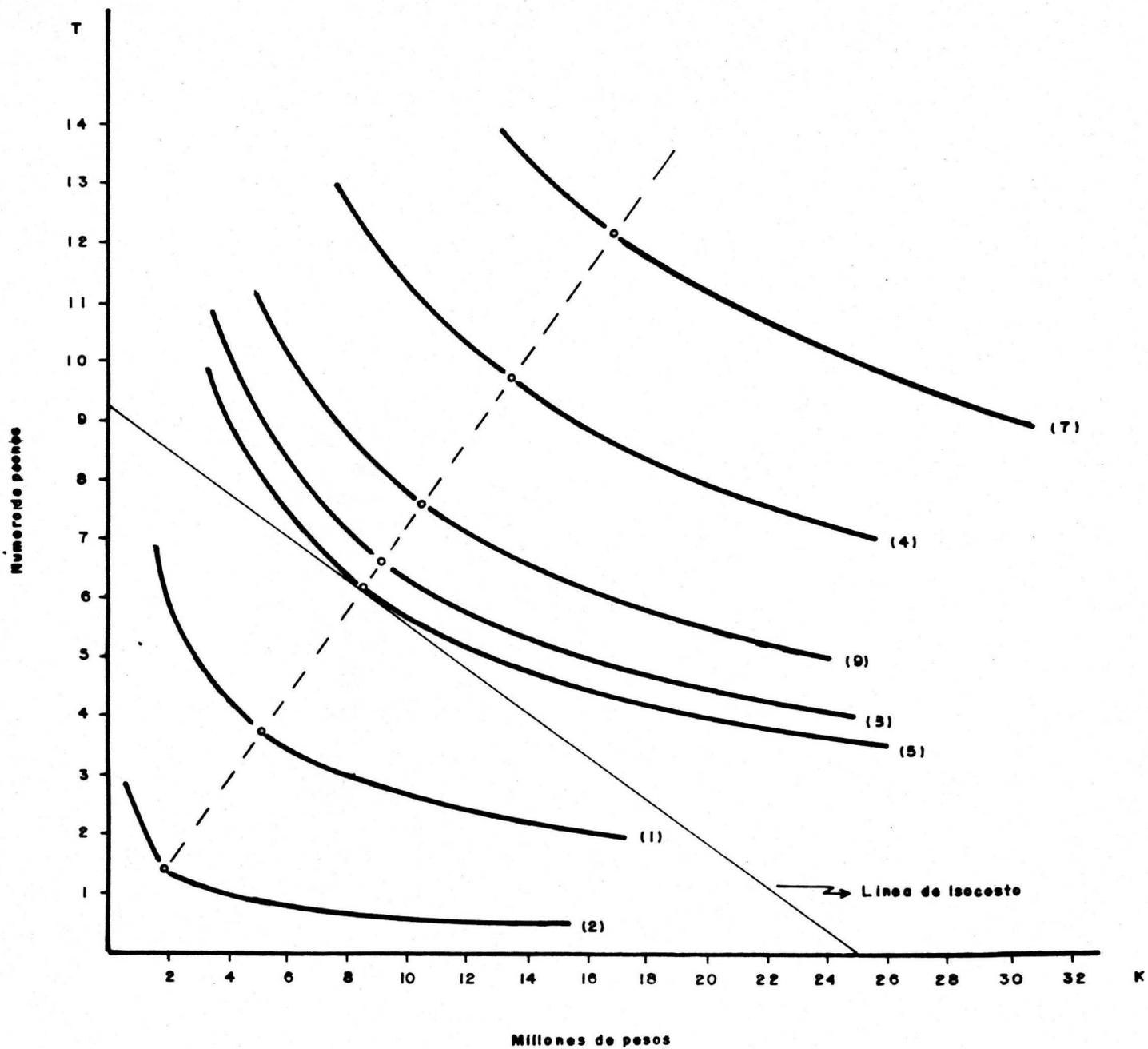


Fig. 4.1 Isocuantas para los valores de la producción observada en los viveros de la Región I y combinación de los insumos que minimizan el costo.

tlaco, Huixquilucan, Naucalpan, Cuautitlán, Tlazala, Jiquipilco y V. del Carbón operan por debajo de la eficiencia media.

En la región del Valle de Toluca (Cuadro B.3), los viveros de Yucón, Almoloya de Juárez y Palmillas, se encuentran trabajando por encima de la eficiencia media y los viveros de Xonacatlán, Metepec, Almoloya del Río, Santa María Rayón, Malinalco y Tenancingo, operan con una eficiencia por debajo de la media en la región.

Los viveros que operan por encima de la eficiencia media en la región de Amanalco-Valle de Bravo (Cuadro B.4) son los de Zultepec, Almoloya de A, V. de Guerrero y Juan V. A. Mientras que los viveros de Texcotitlán, Amanalco de B., Donato Guerra y Valle de Bravo, operan con una eficiencia por debajo de la media en la región.

En la región Este-San Rafael (Cuadro B.5), la mayoría de los viveros se encuentra operando por debajo de la eficiencia media, éstos son: Tezoyuca, Acolman, Axapusco, Tecamac, Melchor O., Nextlalpan, Apaxco, Tequisquiác, Hueypoxtla, Tultepec, Tepetlaxtóc, Atenco, Texcoco, Chimalhuacán, Juchitepec, Atlahuatla, Chicoloapan y Netzahualcoyotl. Los viveros que se encuentran trabajando por encima de la eficiencia media son: Teotihuacán, Otumba, Tiltitlán, Los Reyes, Chalco, Ixtapaluca, Tenango del A., Tlalmanalco, Amecameca, Coacalco y Ecatepec. El municipio de Ozumba se encuentra operando en un punto muy cercano del nivel medio de eficiencia en la región.

Pasando a otros aspectos, y con el fin de comparar los niveles de operación entre las regiones, se procedió a determinar las

condiciones medias a partir del uso promedio de los insumos K y T en cada región. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro (4.2), en el cual podemos observar que el insumo capital (K) presenta mayor eficiencia en la región Norte (I) donde por cada 1,000 pesos invertidos en los conceptos que comprende el capital, se obtienen 27 plantas al año. La menor eficiencia del insumo capital ocurre en la región Este-San Rafael (V), donde por cada 1,000 pesos invertidos se producen alrededor de 4 plantas.

El insumo trabajo presenta su mayor eficiencia en la región del valle de toluca (III), donde por cada trabajador se producen anualmente 106,299 plantas, mientras que para la región Este-San Rafael se producen 26,890 plantas anuales por trabajador, y es ésta la región de menor eficiencia en el trabajo.

Cuadro 4.2. Valores de la función tipo Cobb-Douglas para las condiciones medias de operación en cada región.

Región	γ	K	T	Y	PMe_k	PMe_T	PMg_k	PMg_T
I	29.37	23493	6.4	647.025	0.0275	101.098	0.006196	45.089
II	15.03	27197	6.6	346.93	0.0128	52.565	0.002870	23.444
III	24.78	30772	4.8	518.235	0.0166	106.299	0.003700	47.409
IV	24.53	22492	5.9	516.064	0.0229	86.451	0.005160	38.557
V	6.23	30056	4.7	126.409	0.0042	26.890	0.000950	11.995

Fuente: Elaboración directa.

Los valores de la elasticidad de producción para cada insumo representados respectivamente por $\beta_1 = 0.225$ y $\beta_2 = 0.446$, para el capital y el trabajo, son los mismos para la función en todas las regiones y nos indican la magnitud de respuesta porcentual en el producto, ante un cambio porcentual en el insumo (para cambios pequeños). De este modo, si aumentásemos el uso del insumo K, digamos en un 1% en cualquiera de las regiones, permaneciendo constante el uso de número de trabajadores, esperaríamos en respuesta un incremento del 0.225% en la producción. De igual manera ocurriría con el insumo T, ante un cambio del 1% en el uso de este insumo, se esperaría una respuesta de cambio del 0.446% en la producción.

En el caso de que ambos insumos fueran expandidos, pero en alguna proporción fija, digamos nuevamente el 1%, entonces la respuesta en la producción estaría medido por el coeficiente de la función, o sea, $\epsilon = E_K + E_T = \beta_1 + \beta_2 = 0.671$ en por ciento.

Debido a la condición de expandir ambos insumos en alguna proporción fija, el coeficiente de la función se interpreta también como una medida de los rendimientos de escala que exhibe la función. Dado el valor obtenido para este indicador (<1), se puede decir que en caso de que se quisiera aumentar de manera importante el nivel de producción (digamos 100%), no resultaría conveniente duplicar el nivel de uso de los insumos, sino más bien convendría crear otras unidades.

Otro de los objetivos que se plantearon al inicio del presente trabajo fué el de obtener las combinaciones de los insumos que permiten obtener la máxima ganancia, y en consecuencia, obtener también el nivel de producción que garantizara tal ganancia.

Dichos valores fueron obtenidos, sin embargo se observó que tales valores quedaron muy alejados del intervalo de los valores observados, por lo que no se les consideró .

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

Como resultado del análisis desarrollado y las condiciones bajo las cuales se efectuó el presente estudio, podemos concluir lo siguiente:

1. De la totalidad de los viveros estudiados (67), se observó que la mayoría (47) se encuentra trabajando por debajo de la eficiencia media en las regiones respectivas.

2. En lo que se refiere al nivel de uso del insumo capital observado en los viveros, se puede decir que en la mayoría es superior a la cantidad que teóricamente minimiza el costo. Caso contrario es el insumo trabajo donde se observa que para la mayoría de los viveros su nivel de uso es inferior al nivel que minimiza el costo.

3. De acuerdo a las condiciones medias de operación de las distintas regiones, podemos decir que el insumo capital presenta su mayor eficiencia en la región I y es menos eficiente en la región V. Por su parte, el insumo trabajo es mas eficiente en la región III y es menos eficiente en la región V.

4. El insumo que reportó una mayor elasticidad de producción es el trabajo (.446), mientras que el capital reportó una elasticidad menor (.225) y dado que en ambos casos éstas son mayores que cero y menores que uno, ambos insumos estan siendo utilizados en la etapa II de la producción.

5. Dado el coeficiente de la función $\epsilon = .671$, se puede concluir que no es recomendable incrementar sustantivamente la

producción en las unidades existentes, mas bién convendría crear otras.

6. Las combinaciones de insumos que maximizan la ganancia, conocido el precio del producto y los precios de los insumos, resultan muy alejadas de los rangos observados, lo cual representa un problema para la capacidad de predicción del modelo ajustado y, por lo mismo, dichos valores no son muy confiables.

5.2 Recomendaciones para estudios futuros.

a) Una de las principales limitantes de esta investigación, la cual ya fué señalada, consistió en que la información fué recabada para fines de análisis técnico de los viveros en cuestión, por lo que una recomendación que se deriva de ésto es que resulta mas conveniente elaborar un cuestionario cuyo objetivo principal sea el análisis económico.

b) En la información recabada se debe de incluir la identificación de las especies para constituir las como variable a considerar en los modelos.

c) Se debe determinar cuidadosamente y con claridad las cantidades físicas de todos los insumos que participan en el proceso productivo, así como las unidades apropiadas de éstos.

6. LITERATURA CITADA

1. BEATTIE B., AND TAYLOR, ROBERT. 1985. The economics of production. Jhon Wiley & Sons. New York U.S.A.
2. CALLEJAS J., J. S. 1986. Análisis de eficiencia económica en los viveros forestales de la mesa central de México. Tesis profesional. División de ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México.
3. CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FORESTAL. 1990. Memoria Económica 1989-1990. México.
4. CENTRO DE GENETICA FORESTAL. 1989. Reporte sobre la evaluación de los viveros municipales del Estado de México. Mimeo. Chapingo, México.
5. DOLL, J. P. AND ORAZEM, F. 1978. Production economics. Theory with applications. Inc. Columbus, Ohio. U.S.A.
6. FERGUSON, C. E. 1977. Teoría Microeconómica. F.C.E. México
7. GALVAN, D., M. 1983. Situación actual de los viveros forestales de la región central de México. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
8. GARCIA V., A. 1980. Caracterización de los viveros forestales de PROTINBOS, ubicados en la región III Texcoco. Seminario de Titulación. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
9. GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO. 1985. La actividad forestal del Estado de México. Toluca, Mex.
10. GUILLEN P., V. M. 1980. Estudio sobre la asignación óptima de insumos en el cultivo de sorgo de grado en el Estado de Tamaulipas. Tesis profesional. Centro de Economía Agrícola. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

11. HENDERSON, J. M. Y QUANDT, R. E. 1972. Teoría Microeconómica. Ariel. México.
12. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA e INFORMATICA. 1987. Estructura económica del Estado de México.
13. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA e INFORMATICA. 1987. Síntesis Geográfica del Estado de México.
14. ROMAHAN DE LA V. CARLOS F. y AVILA A. JORGE. 1979. Relación entre la situación económica y la deforestación. Estudio de dos comunidades forestales. Inédito.

7. ANEXOS

ANEXO A

CUESTIONARIO PARA LA EVALUACION DE LOS
VIVEROS DE PROTINBOS.

1. Datos de ubicación y generales del vivero.

1.1 Nombre del vivero. _____

1.2 Nombre y puesto del entrevistado. _____

1.3 Nombre del administrador _____

1.4 Escolaridad del administrador:

A. Primaria () B. Secundaria () C. Preparatoria ()

D. Técnico () E. Profesional.

1.5 Experiencia del administrador en viveros _____ años.

1.6 Fecha de establecimiento del vivero _____

1.7 Superficie del vivero:

A. Total _____ B. Plana _____ C. Terraceada _____

1.8. ASNM _____ m.

1.9 Exposición general del vivero: A. Zenital ()

B. Norte () C. Sur () D. Este () E. Oeste ()

1.10 Orientación de las camas de crecimiento:

A. Norte () B. Sur () C. Este () D. Oeste ()

1.11 Orientación del Invernadero:

A. Norte () B. Sur () C. Este () D. Oeste ()

1.12 Pendiente promedio _____ %

1.13 Precipitación media anual _____ mm

1.14 Temperatura media anual _____ °C

1.15 Fuente del abastecimiento del agua: A. Aguas negras ()

B. Arroyo () C. Pozo () D. Potable () E. Otro _____

1.16 Consumo de agua promedio por día _____ lts.

1.17 Distancia a la estación metereológica mas cercana ___ kms

1.18 Número de helada anuales _____

1.19 Fechas mas frecuentes de heladas _____

1.20 Regimen de tenencia de la tierra: A. Particular ()

B. Ejidal () C. Comunal () D. Federal ()

E. Estatal () F. Municipal () G. Rentado ()

1.21 Tipo de protección: A. Cerca () B. Barda ()

C. Cortina () D. Brecha cortafuego E. Ninguna ()

1.22 Distancia del vivero al poblado mas próximo. _____ Kms.

1.23 Distancia del vivero al terreno o zonas a reforestar:

A. Promedio _____ Km. B. Mínima _____ Km. C. Máxima _____ Km.

1.24 Producción de planta durante los últimos tres años:

A. 1985 por semilla _____ por estaca _____ otro _____

B. 1986 por semilla _____ por estaca _____ otro _____

C. 1987 por semilla _____ por estaca _____ otro _____

1.25 Algunas dimensiones:

A. Camas de crecimiento ancho _____ largo _____

B. Almácigos ancho _____ largo _____

C. Invernadero ancho _____ largo _____

D. Pasillos ancho _____

E. Calles ancho _____

1.26 Observaciones sobre los datos de ubicación y generales del vivero: _____

2. Datos del personal.

2.1 Mano de obra calificada (jefe de vivero, técnicos, etc)

Puesto	Cantidad	Salario individual	Prestaciones económicas	días trab./año
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

2.2 Personal administrativo (secretarias almacenista etc.)

Puesto	Cantidad	Salario individual	Prestaciones económicas	días trab./año
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

2.3. Personal no calificado (peones. peones eventuales, ayud)

Puesto	Cantidad	Salario individual	Prestaciones económicas	días trab./año
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

2.4 Observaciones generales sobre datos del personal

3. Rendimiento por jornal de diversas labores

Llenado de bolsa _____ bolsas
Siembra directa _____ bolsas
Trasplante _____ plantas
Estacas labradas _____ piezas
Deshierbe _____ bolsas
Riego _____ bolsas
Remoción (poda de raiz) _____ plantas
Injertado _____ piezas
Aplicación de agroquímicos _____ bolsas
Duración de jornada de trabajo _____ horas efectivas/día
tiempo para almuerzo _____ hora
Días trabajados por semana _____.

3.1 Observaciones generales sobre el rendimiento por día.

4. Instalaciones y construcciones.

	Cantidad	Dimensión total a rox.	Valor presente
A. Oficina	_____	_____ m ²	_____
B. Bodega o almacén	_____	_____ m ²	_____
C. Invernaderos	_____	_____ m ²	_____
D. Almacigos	_____	_____ m ²	_____
E. Camas de crecimiento	_____	_____ m ²	_____
F. Lugares de llenado de envase.	_____	_____ m ²	_____

G. Lugares de trasplante	_____	_____ m ²	_____
H. Cortinas rompevientos	_____	_____ m	_____
I. Caminos	_____	_____ m	_____
J. Cercas	_____	_____ m	_____
K. Caseta de vigilancia	_____	_____ m ²	_____
L. Pozo profundo	_____	_____	_____
M. Pileta o cisterna	_____	_____ m ³	_____
N. Cuarto para almacén de semilla	_____	_____ m ³	_____
O. Zona para secado conos	_____	_____ m ²	_____
P. Cuarto frío para almacén d semilla	_____	_____ m ³	_____
Q. Refrigerador	_____	_____	_____
R. Zonas de descanso	_____	_____ m ²	_____
S. Estacionamiento	_____	_____ m ²	_____
T. Otros (especifique)	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

4.1 Observaciones generales sobre infraestructura

5. Maquinaria

Máquina:	Cantidad	Valor presente
A. Sembradora	_____	_____
B. Tractores	_____	_____
C. Bomba de agua (capacidad)	_____	_____
D. Camiones	_____	_____
E. Camionetas	_____	_____
F. Otros (especifique):		
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

6. Equipo y materiales

Concepto:	Cantidad	Valor presente
A. Regaderas	_____	_____
B. Carretillas	_____	_____
C. Palas	_____	_____
D. Zapapicos	_____	_____
E. Tijeras de podar M. C.	_____	_____
F. Tijeras de podar M. L.	_____	_____
G. Navajas de injertar	_____	_____
H. Rastrillos	_____	_____
I. Azadones	_____	_____
J. Machetes	_____	_____
K. Golpeadora de conos	_____	_____
L. Desaladora de semillas	_____	_____

M. Estufa secadora de frutos

N. Aplicadores o bombas de:

Insecticidas

Herbicidas

Fungicidas

O. Fertilizantes:

P. Fungicidas:

Q. Insecticidas:

R. Herbicidas:

S. Semilla almacenada:

Especie	Cantidad Kg.	Precio
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

T. Semilla utilizada por año (promedio):

Especie	Cantidad Kg.	Precio
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

U. Envases.

Tipo	Dimenciones	Cantidad	Costo
Cónico	_____	_____	_____
Bolsa	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
	_____	_____	_____
Tubo	_____	_____	_____
Maceta	_____	_____	_____
Botes	_____	_____	_____
Tambor	_____	_____	_____

V. Equipo de aspersion Capacidad _____

Costo total _____

W. Otros (especifique)

Concepto	Cantidad	Valor presente
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

6.1 Observaciones generales sobre equipo y materiales

7. Reproducción por estacas o acodado

7.1 Datos generales

Especie	Canti- dad	Fecha de plantación	Supervi- vencia	altura de la planta (prom)
_____	_____	_____	_____	_____m
_____	_____	_____	_____	_____m
_____	_____	_____	_____	_____m
_____	_____	_____	_____	_____m
_____	_____	_____	_____	_____m
_____	_____	_____	_____	_____m
_____	_____	_____	_____	_____m
_____	_____	_____	_____	_____m
_____	_____	_____	_____	_____m

7.2 La producción es en:

A. Envase (% del tot.) _____ B. Terreno (% del tot.) _____

7.3 Dimensiones de envases mas comunes _____

7.4 Enraizadores: no se aplican () si se aplican ()

Cuales y en que dosis _____

7.5 Tipo de estaca:

A. Madera dura _____ % fecha de plantado _____

B. Brotes _____ % fecha de plantado _____

7.6 Tipo de sustrato:

A. Tierra de monte _____ % B. Orgánico _____ %

C. Mezcla (indicar cual) _____

7.7 Observaciones generales sobre reproducción por estacas.

8. Reproducción por injerto

8.1 Datos generales

Especie	canti- dad	edad del patrón	fecha de injertado	supervi- vencia	altura de la plant. (prom)
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m

8.2 La producción es en:

A. Envase (% del total) _____ B. Terreno (% del total) _____

8.3 Dimensiones de envasesmas comunes _____

8.4 Enraizadores para el patrón: no se usan ()

si se usan ().

Cuales y en que dosis _____

8.5 Materiales usados al injertar (anotarlos)

8.6 Tipos de injerto (anotar el porcentaje de cada uno)

8.7 Tipo de sustrato:

A. Tierra de monte _____ % B. Orgánico _____ %

C. Mezcla (indicar cual) _____

8.8 Observaciones generales sobre injertado

9. Reproducción sexual

9.1 Datos generales

Especie	canti- dad	fecha de siembra	fecha de transplante	supervi- vencia	alt. prom. la planta
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m
_____	_____	_____	_____	_____	_____ m

9.2 La siembra se hace:

A. directa al envase _____% B. por trasplante _____%

C. siembra y trasplante _____%

9.3 Los almácigos son: A. fijos _____% B. portátiles _____%

9.4 Materiales de construcción de los almácigos:

A. Madera () B. Mampostería () C. Otros () indicar

cuales _____

9.5 Método de siembra: A. voleo () B. chorillo ()

9.6 Sustrato en el almácigo:

A. tierra de monte _____% B. orgánico _____%

C. mezcla (indicar cual) _____

9.7 Sustrato en los envases:

A. tierra de monte _____% B. orgánico _____%

C. mezcla (indicar cual) _____

9.8 Esterilización del sustrato:

A. en almácigo () producto y dosis _____

B. Para envase () producto y dosis _____

9.9 distancias promedio de las que se transportan los
sustratos _____ Km.

9.10 Tipo de riego empleado:

A. aspersión _____% B. regadería _____%

C. manguera _____% Inundación _____%.

9.11 Tipo de envase utilizado:

A. polietileno con fondo () B. polietileno sin fondo ()

C. otros (especifique) _____

10. Suministro de semilla

10.1 Se colecta: no () si () _____% del total

Calidad germinativa: A. buena () B. mala ()
regular ().

10.2 Se obtiene regalada: no () si () _____% del total

10.3 Se compra no () si () _____% del total
proveedor(es) _____

10.4 Origen de la semilla: desconocido () conocido ()
procedencias mas frecuentes _____

10.5 Calidad genética:

A. bosques naturales () B. rodales semilleros ()
C. áreas semilleras () C. plantaciones ()

10.6 Tipo de envase en que se almacena la semilla (cartón,
lata, costal etc.) _____

10.7 Se utilizan fungicidas al almacenar la semilla:

si () no () cuales y en que dosis _____

10.8 Existen registros de lotes en el almacenado:

no () si () cuales _____

10.9 Observaciones generales sobre suministro de semillas

11. Objetivo de la planta producida

11.1 Destino de la producción (promedio en los últimos tres años)

Objetivo	Especies	No de planta
A. Recuperación de suelos	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
	_____	_____
B. Comerciales	_____	_____
C. Ornato	_____	_____
D. Vialidades	_____	_____
E. Deslinde	_____	_____
F. Huertos familiares	_____	_____
G. Cortinas rompevientos	_____	_____
H. Otros	_____	_____
	_____	_____

11.2 Destino de la planta sobrante:

- A. Planta sobrante (prom. últimos tres años) _____
- B. Se mantiene hasta la próxima temporada _____ %
- C. Se envía a otros viveros _____ %
- D. Otros (especifique) _____

11.3 Observaciones generales sobre destino de la planta producida _____

12. Plagas y enfermedades

12.1 plagas en almácigo

tipo	Especie afectada	medidas preventivas	medidas de control
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

12.2 Plagas en camas de crecimiento

tipo	especie afectada	medidas preventivas	medidad de control
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

12.3 Enfermedades en almácigo

tipo	especie afectada	medidas preventivas	medidasde control
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

12.4 Enfermedades en camas de crecimiento

tipo	espece afectada	medidas preventivas	medidad de control
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

12.5 Daños físicos o bilógicos

12.6 Observaciones generales sobre Plagas y enfermedades

13. Precio de plantas que se venden

Especie	cantidad al año	tamaño de envase	tamaño de planta	precio
_____	_____	_____	_____ m	_____
_____	_____	_____	_____ m	_____
_____	_____	_____	_____ m	_____
_____	_____	_____	_____ m	_____
_____	_____	_____	_____ m	_____
_____	_____	_____	_____ m	_____

14. Inventario de plantas

Especie	cantidad	tamaño de envase	tamaño de planta	edad de la planta
_____	_____	_____	_____ m	_____
_____	_____	_____	_____ m	_____
_____	_____	_____	_____ m	_____
_____	_____	_____	_____ m	_____

_____ m _____
_____ m _____

14.1 Observaciones generales sobre inventario de plantas

15. Esquematizar el organigrama administrativo.

ANEXO B

Cuadro B.1 Región Norte (I). Niveles de los insumos que mimimizan el costo al nivel de producción observado.

Vivero	K_{obs}	T_{obs}	y_{obs}	K_{min}	T_{min}	C_{obs}	C_{min}
1. Atlacomulco	22440	5	360.00	5136.17	3.7017	36192.0	15317.21
2. San Bartolo M.	6163	4	189.33	1971.14	1.4206	17164.6	5878.39
3. Acambay	8671	6	532.00	9192.01	6.6247	25173.4	27412.60
4. Temascalcingo	14142	6	686.87	13451.78	9.6947	30644.4	40116.20
5. El Oro	63830	6	506.67	8547.44	6.1602	80332.4	25490.35
6. San José R	11915	4	685.97	13425.52	9.6758	22916.6	40037.89
7. Aculco	8386	8	800.00	16883.46	12.1680	30389.2	50350.23
8. Soyaniqulipan	18952	10	1866.67	59684.73	43.0150	46456.0	177993.12
9. Chapa de M..	56937	7	583.33	10544.52	7.5995	76189.8	31446.10

Fuente: Elaboración directa.

Cuadro B.2 Región Oriente al Valle de Toluca (II).
niveles de los insumos que minimizan el
costo al nivel de producción observado.

Vivero	K_{obs}	T_{obs}	y_{obs}	K_{min}	T_{min}	C_{obs}	C_{min}
1. Temoaya	28391	5.0	580.667	28422.64	20.4843	42143.0	84762.6
2. Lerma	15916	6.0	320.667	11731.49	8.4549	32418.4	34985.9
3. Xalatlaco	21829	4.0	221.500	6759.10	4.8713	32830.6	20157.1
4. Huixquilucan	18078	4.0	109.000	2349.37	1.6932	29079.6	7006.3
5. Naucalpan	81837	7.5	500.000	22743.53	16.3913	102465.0	67826.2
6. Cuautitlán	8798	13.0	326.667	12060.12	8.6918	44553.2	35965.9
7. Tepotzotlán	13900	9.0	402.333	16451.13	11.8564	38653.6	49060.9
8. Tlazala	30768	7.0	352.000	13480.11	9.7152	50020.8	40200.6
9. Cahuacan	9415	7.0	415.000	17228.95	12.4170	28667.8	51380.5
10. Jiquipilco	61800	4.0	352.000	13480.11	9.7152	72801.6	40200.6
11. V. del Carbón	8430	6.0	200.000	5805.01	4.1837	24932.4	17311.8

Fuente: Elaboración directa.

Cuadro B.3 Región Valle de Toluca (III). Niveles de los insumos que minimizan el costo al nivel de producción observado.

Vivero	K_{obs}	T_{obs}	y_{obs}	K_{min}	T_{min}	C_{obs}	C_{min}
1. Yucón	50187	3	1346.00	47227.43	34.0370	58438.2	140842.68
2. Xonacatlán	28338	3	553.33	12555.75	9.0490	36589.2	37444.05
3. Almoloya de J.	59345	6	1300.00	44842.31	32.3180	75847.4	133729.75
4. Metepec	21557	3	200.00	2755.45	1.9859	29808.2	8217.37
5. Palmillas	23915	4	716.67	18461.08	13.3050	34916.6	55055.05
6. Almoloya del R	11327	3	210.00	2963.27	2.1356	19578.2	8837.13
7. S. María Rayón	138299	9	702.00	17900.74	12.9011	163052.6	53383.98
8. Malinalco	17034	3	140.00	1619.35	1.1671	25285.2	4829.26
9. Tenancingo	26949	9	500.00	10795.63	7.7804	51702.6	32194.96

Fuente: Elaboración directa.

Cuadro B.4 Región Amanalco-Valle de Bravo(IV). Niveles de los insumos que minimizan el costo al nivel de producción observado.

Vivero	K_{obs}	T_{Obs}	y_{obs}	K_{min}	T_{min}	C_{obs}	C_{min}
1.Zultepec	4167	4	500.00	10960.01	7.8989	15168.6	32685.18
2.Almoleya de A	8227	6	900.00	26317.63	18.9672	24729.4	78485.02
3.Texcatitlán	20136	7	253.67	3986.71	2.8732	39388.8	11889.24
4.V. de Guerrero	62738	7	1296.67	45351.43	32.6849	81990.8	135248.03
5.Amanalco de B	17555	5	416.67	8352.40	6.0196	31307.0	24908.71
6.Donato Guerra	25141	5	292.95	4940.78	3.5608	38893.0	14734.49
7.Juán J. V. A.	16335	6	684.45	17500.38	12.6126	32837.4	52190.01
8.Valle de Bravo	25637	7	227.85	3397.31	2.4485	44889.8	10131.55

Fuente: Elaboración directa.

Cuadro B.5 Región Este-San Rafael (V). Niveles de los insumos que minimizan el costo al nivel de producción observado.

Vivero	K_{obs}	T_{obs}	y_{obs}	K_{min}	T_{min}	C_{obs}	C_{min}
1. Tezoyuca	34968	5	50.00	2732.41	1.9693	48720.00	8148.66
2. Teotihuacán	10467	5	309.33	41310.22	29.7724	24219.00	123196.26
3. Otumba	40572	4	253.50	30706.39	22.1302	51573.60	91573.29
4. Acolman	32882	3	46.00	2413.12	1.7391	41133.20	7196.46
5. Axapusco	34826	6	165.00	16191.77	11.6695	51328.40	48287.46
6. Tecamac	71845	4	130.00	11349.75	8.1798	84221.80	33847.49
7. Melchor O	26841	4	62.00	3765.08	2.7135	37842.60	11228.30
8. Nextlalpan	12447	5	52.00	2896.89	2.0878	26199.00	8639.16
9. Apaxco	10737	4	57.00	3321.64	2.3939	21738.60	9905.86
10. Tequixquiac	28775	6	60.00	3585.51	2.5841	45277.40	10692.79
11. Hueypoxtla	15083	7	60.00	3585.51	2.5841	34335.80	10692.79
12. Tultepec	7315	3.3	50.00	2732.41	1.9693	16391.32	8148.66
13. Tultitlán	50651	8.5	395.00	59469.13	42.8596	74029.40	177350.16
14. Los Reyes	27308	3.7	345.10	48627.46	35.0460	37484.48	145017.88
15. Tepetlaoxtoc	21746	5	52.50	2938.50	2.1178	35498.00	8763.25
16. Atenco	28028	6	150.00	14047.73	10.1242	44530.40	41893.47
17. Texcoco	114380	16.5	123.00	10451.10	7.5321	159761.60	31167.50
18. Chimalhuacán	19788	5	194.90	20753.22	14.9569	33540.00	61890.72
19. Chalco	28531	6	191.00	20137.38	14.5131	45033.40	60054.13
20. Ixtapaluca	33874	5.5	275.75	34808.17	25.0864	49001.20	103805.70
21. Tenengo del A	19780	3.7	141.30	12850.91	9.2617	30094.00	38324.28
22. Juchitepec	40831	4.5	121.55	10268.02	7.4002	53207.80	30621.51
23. Ozumba	17850	4.3	118.50	9886.41	7.1252	29676.72	29483.47
24. Tlalmanalco	43357	4	240.85	28450.98	20.5047	54358.60	84847.14
25. Atlahuatla	31379	6.6	128.90	11206.93	8.0769	49531.64	33421.55
26. Chicoloapan	43132	4.5	79.75	5479.28	3.9489	55508.80	16340.42
27. Amecameca	39500	4.3	339.50	47456.16	34.2018	51326.72	141524.82
28. Coacalco	8688	5.5	185.30	19248.35	13.8723	23815.20	57402.85
29. Ecatepec	36359	4.5	231.65	26846.61	19.3484	48735.80	80062.57
30. Nezahualcoyotl	15340	3	72.00	4704.96	3.3909	23591.20	14031.24

ANEXO C

PROGRAMA SAS PARA LA OBTENCION DE LOS NIVELES DE INSUMOS QUE MINIMIZAN EL COSTO DE PRODUCCION OBSERVADO (CASO DE LA REGION I).

```
OPTIONS NODATE REPLACE LS=80 PS=61;
DATA UNO; INPUT K T Y; B1=.225; B2=.446; G=29.37;
R1=1000; R2=2750400;
CARDS;
    22440  5   360
    6163  4  189.33
    8671  6   532
    14142 6  686.87
    63830 6  506.67
    11915 4  685.97
    8386  8   800
    18952 10 1866.67
    56937 7  583.33
DATA DOS; SET UNO;
KO=((Y*(B1)**B2*(R2)**B2)/(G*(B2)**B2*(R1)**B2))**(1/(B1+B2));
TO= ((B2*R1)/(B1*R2))*KO;
CKT=(R1*K+R2*T)/1000;
CKOTO=(R1*KO+R2*TO)/1000;
PROC PRINT; VAR K T Y KO TO CKT CKOTO;
RUN;
```

Donde:

K, T y Y : Niveles de capital (pesos), trabajo (peones/año) y Producción (miles de plantas) observados.

B1 y B2: Elasticidades parciales de la producción para K y T.

G: efecto de la región.

R1 y R2: Precio del capital (pesos) y precio del trabajo (pesos/peon/año).

KO: Cantidad de capital que minimiza el nivel de producción observado.

TO: Número de peones que minimiza el nivel de producción observado.

CKT: Costo del capital y trabajo observados.

CKOTO: Costo del capital y trabajo que minimizan la producción observada.

