

EL COLEGIO DE MEXICO
CENTRO DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y DEMOGRAFICOS
(C E E D)

"ANALISIS EMPIRICO DE LA ESTRUCTURA DE PRODUCCION
AGRICOLA DE RIEGO DEL ESTADO DE SINALOA"

Trabajo que presenta CARLOS
CALDERON VIEDAS, para obtener el grado de Maestro en Economía, en El Colegio de México.

1 9 7 6

"ANALISIS EMPIRICO DE LA ESTRUCTURA DE PRODUCCION
AGRICOLA DE RIEGO DEL ESTADO DE SINALOA"

CAPITULO I.	INTRODUCCION
CAPITULO II.	MODELO UNO
CAPITULO III.	MODELO DOS
CAPITULO IV.	MODELO\$ TRES Y CUATRO
CAPITULO V.	CONCLUSIONES

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

El presente escrito recoge los resultados más importantes del estudio que se hizo sobre la estructura productiva agrícola de riego del estado de Sinaloa.

Es importante destacar el hecho de que este Estado ha sido de los más beneficiados por la inversión pública en obras de infraestructura agrícola. Además, se puede decir que Sinaloa posee vastos recursos naturales y no naturales, que ha venido combinando eficientemente para ocupar un destacado lugar en el país como ofrente de alimentos y materias primas agrícolas.

Sin duda, la alta productividad agrícola que se tiene en la región, es producto también de la orientación del gasto público federal hacia ese estado. Uno de los propósitos de este estudio es investigar los efectos cuantitativos de la inversión pública en el producto agrícola, así como de establecer hipótesis de comportamiento sobre la estructura de producción.

A continuación se bosquejan brevemente algunas características geográficas principales.

El estado de Sinaloa tiene una superficie de 58 092 Km²; este ha sido dividido en tres zonas, basadas en un criterio de carácter agrícola.

La Región de Valles que constituye alrededor del 30% del territorio estatal y comprende los principales distritos de riego del Estado.

La Región de Los Altos que representa el aproximadamente 50% de la superficie estatal y forma parte de la sierra madre occidental.

Finalmente, está la Región Sur que significa el 20% restante de la superficie total; esta región es montañosa y concentra principalmente la zona agrícola de temporal del Estado.

Según datos de la Secretaría del Desarrollo Económico de Estado para 1970 existía alrededor de 1 250 000 has. de tierra de labor de las cuales 900 000 son susceptibles de beneficiarse con riego; el resto, 350 000 queda como tierra definitiva de temporal. Así también, señala el informe, el 21% de la superficie total del estado puede ser utilizada para fines agrícolas y el 27% de dicha proporción se puede beneficiar con obras de riego; es decir, 12 199 Km² del suelo estatal pueden dedicarse a fines agrícolas, y de esos, 8 783 Km² pueden beneficiarse con obras de riego.

Para el último ciclo agrícola 73/74, la superficie de riego cosechada fue de 664 452 Has., quedando una superficie potencial de cultivo con riego de 235 548 Has., más o menos las mismas cultivadas en el ciclo 59/60.

Si, como mas adelante veremos, la tasa medida anual de crecimiento de la superficie de riego en un período de 15 años es de 215% y suponiendo que ésta se mantendrá constante en el futuro

podemos estimar aproximadamente el número de años suficientes para que el total de área cultivable susceptible de riego sea alcanzada a partir del último año de cultivo; así entonces, recurriendo a la ecuación de crecimiento no continuo^{1/}, despejamos la variable tiempo (n), y sustituyendo valores obtenemos que $n = 4.14$ años.

El resultado anterior es una aproximación -bajo el supuesto de que la tasa de crecimiento de la apertura de tierras de riego al cultivo se mantendrá constante- de una de las conclusiones más importantes de nuestra investigación: que no se puede seguir manteniendo la política de apertura de nuevas tierras de cultivo, como factor principal para aumentar la producción, ya que ésta, según nuestro resultado, llegará a su límite en un plazo relativamente corto de años. De manera que, las políticas que tiendan en otra dirección, que pueden ser mejoramiento de fertilizantes, pesticidas, créditos oportunos a los ejidatarios, colectivización, etc., podrían ser más convenientes.

En lo que sigue daremos cuenta de los resultados de nuestro estudio. En primer lugar (Capítulo II) se intentó ajustar un modelo lineal cuyas variables se expresan en tasas de crecimiento. Este modelo se elaboró a partir de una función producción del tipo Cobb-Douglas^{2/}.

1/ $A_n = A_0 (1 + r)^n$ donde:
 $n = \frac{\log A_n - \log A_0}{\log (1 + r)}$

2/ Shutyer Wayne y Weigel Dale, The Contribution of Foreign Assistance to Agricultural Development, American Journal of Agricultural Economics, N. York, noviembre 1969, Vol. 51, No 4. El modelo desarrollado por los autores es semejante al que se utiliza en el Capítulo II.

En el Capítulo III se desarrolla un análisis sobre el curso de las variables, tierra cultivada y rendimiento y sus efectos sobre el valor del producto; para esto se utilizan números índices y alternativamente tasas de crecimiento de las variables citadas.

Como los resultados obtenidos en el Capítulo II, no fueron del todo satisfactorios, intentamos una aproximación al estimar la función Cobb-Douglas en variables absolutas, que posteriormente transformamos en tasas de crecimiento. Los resultados bondadosos de la estimación permitieron desarrollar un análisis de productividad, el cual se elabora en el Capítulo IV. En esta misma sección se estima una función producción lineal, cuyas variables se expresan en términos absolutos, con el propósito de establecer alternativas ante la necesidad de escoger hipótesis de comportamientos específicos sobre la estructura productiva.

CAPITULO II

El primer modelo consiste, como ya lo habíamos señalado, en suponer una función producción Cobb-Douglas que luego habremos de expresar en tasas de crecimiento. El hecho de no disponer de datos sobre inversión privada, motivó formular la variable inversión en términos de nuevas hectáreas abiertas al cultivo*, y en términos de la inversión gubernamental federal en obras de infraestructura. Ahora bien, la inversión pública en sus diversas formas tiene diferentes impactos sobre el valor del producto agrícola, en este sentido la hemos dividido en inversiones en capital básico e inversiones en capital humano. En la primera división quedan contenidas todas aquellas inversiones en pequeña irrigación y grande irrigación; y en la segunda, lo que se entiende por proyectos de investigación agrícola, vivienda, educación, etc. Algunos autores consideran estos factores como importantes en la explicación del crecimiento.

A continuación desarrollaremos el modelo teórico que sirvió como marco para nuestra primera investigación.

La función de producción Cobb-Douglas queda expresada en estos términos:

$$Q_i = A_i L_i^a T_i^b K_i^c \quad (1)$$

donde

* De aquí en adelante siempre nos estaremos refiriendo a tierras agrícolas bajo riego.

Q_i = Valor del producto agrícola. (pesos)

A_i = Constante

L_i = Tierra cultivada. (hectáreas)

T_i = Trabajo. (expresado en número de jornadas)

K_i = Capital. (pesos)

$i = 1, 2, \dots, n.$ años

y, a, b, c , son los parámetros de la función producción.

Esta función habrá de ser transformada de tal forma que sus variables queden expresadas en tasas de crecimiento. El camino a seguir es, tomar logaritmos a toda la expresión (1) y después encontrar su derivada total.

Así pues, si

$$Q_i = A_i L_i^a T_i^b K_i^c$$

tomando logaritmos a toda la ecuación queda,

$$\log Q_i = \log (A_i L_i^a T_i^b K_i^c)$$

$$\log Q_i = \log A_i + a \log L_i + b \log T_i + c \log K_i$$

derivando ambos miembros de la ecuación anterior da,

$$d(\log Q_i) = d(\log A_i + a \log L_i + b \log T_i + c \log K_i)$$

que puede expresarse como,

$$\frac{1}{Q_i} \frac{dQ_i}{dt} = \frac{1}{A_i} \frac{dA_i}{dt} + a \frac{1}{L_i} \frac{dL_i}{dt} + b \frac{1}{T_i} \frac{dT_i}{dt} + c \frac{1}{K_i} \frac{dK_i}{dt}$$

o también^{3/}

$$\frac{\dot{Q}_i}{Q_i} = \frac{\dot{A}}{A_i} + a \frac{\dot{L}}{L_i} + b \frac{\dot{T}}{T_i} + c \frac{\dot{K}}{K_i} \quad (2)$$

^{3/} El punto sobre cada variable representa la derivada de dicha variable con respecto al tiempo, por ejemplo:

$$Q = \frac{dQ}{dt}$$

Ahora bien

$$\frac{dK_i}{dt} = I_i \text{ es la inversión neta privada} \quad (3)$$

que se define como

$$I_i = I_i dL_i + \sum_{j=1,2}^2 m_{ij} I_{gij} \quad (4)$$

en donde se relaciona la inversión neta privada con el cambio de hectáreas cultivadas de período a período (dL_i) y el efecto inducido ($m_{ij} I_{gij}$) que el gasto público tiene sobre las decisiones a invertir de los agricultores locales.

En la ecuación (4) I_i representa el costo de abrir una nueva hectárea al cultivo; que a su vez depende proporcionalmente del tipo de explotación que se lleve a cabo, ya sea intensiva en capital o mano de obra, luego entonces implica conocer el precio de los factores señalados. Lo anterior puede expresarse como

$$I_i = P k_i \quad (5)$$

donde

$$k_i = \frac{K_i}{L_i} \quad (6)$$

Así también m_{ij} en la ecuación (4) representa el número de veces de la inversión pública federal que los agricultores locales invierten en el período i , en donde $J = 1, 2$, significa el tipo específico de inversión pública.

Entonces sustituyendo (5) en (4)

$$I_i = p k_i dL_i + \sum_{j=1}^2 m_{ij} I_{gij} \quad (7)$$

llevando la ecuación (7) y (6) a la ecuación (3) se obtiene,

$$\begin{aligned} \frac{\dot{Q}_1}{Q_1} &= \frac{\dot{A}}{A_1} + a \frac{\dot{L}}{L_1} + b \frac{\dot{T}}{T} + c \left[\frac{P k_{i1} L_1 + m_{i1} I_{g1} + m_{i2} I_{g2}}{k_{i1} L_1} \right] \\ &= \frac{\dot{A}}{A} + b \frac{\dot{T}}{T} + a \frac{\dot{L}}{L} + \frac{c p k_{i1} L_1}{k_{i1} L_1} + \frac{c m_{i1} I_{g1}}{i L_1} + \frac{c m_{i2} I_{g2}}{k_{i1} L_1} \end{aligned}$$

que finalmente queda expresada,

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{A}}{A} + b \frac{\dot{T}}{T} + (a + cp) \frac{\dot{L}}{L} + c \left[\frac{m_{i1}}{k_i} \right] \frac{I_{g1}}{L_1} + c \left[\frac{m_{i2}}{k_i} \right] \frac{I_{g2}}{L_1} \quad (8)$$

La ecuación (8) permite hacer estimaciones cuantitativas del impacto de las variables,

$$\frac{\dot{T}}{T}, \frac{\dot{L}}{L}, \frac{I_{g1}}{L}, \frac{I_{g2}}{L},$$

-que son, respectivamente, la tasa de crecimiento del trabajo empleado en la agricultura de riego en Sinaloa; la tasa de crecimiento de las hectáreas cultivadas año con año; la inversión pública federal por hectárea en obras de infraestructura y, finalmente, la inversión pública federal por hectárea en otros conceptos- sobre la variable $\frac{\dot{Q}}{Q}$, que es a su vez la tasa de crecimiento del valor del producto.

La estimación de los parámetros de la ecuación (8) por medio de una regresión y con datos de una serie de tiempo de 15 años exige dos supuestos fundamentales:

Prisero. el cociente $\frac{m_{ij}}{k_i}$ sea constante, de tal forma que los parámetros estimados de la variable $\frac{I_{gij}}{L_i}$ sean constantes. Esto nos lleva a aceptar, derivado de lo anterior, de que en tanto la técnica de explotación sea más intensiva en capital, más grande será el efecto inducido (m_{ij}) en la inversión privada local. Entonces pues, a variaciones de k_i , estas se verán seguidas de variaciones de m_{ij} en el mismo sentido y magnitud.

Segundo. La constancia de los parámetros de la función producción implica que la proporción P de la ecuación (5) sea constante en todo el período.

Para própositos de la estimación, presentamos la ecuación (8) de la siguiente forma:

$$Y_i = A_1 X_{i1} + A_2 X_{i2} + A_3 X_{i3} + A_4 X_{i4} + A_5 X_{i5}$$

donde Y_i = es la tasa de crecimiento en el año, con respecto al año inmediato anterior, del valor de la producción a precios corrientes^{4/}.

$$X_{i1} = 1$$

X_{i2} = Tasa de crecimiento de la variable tierra en el año i , con respecto al año inmediato anterior.

X_{i3} = Tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo en el año i , con respecto al año inmediato anterior.

X_{i4} = Inversión en capital básico por hectárea en el año i .

X_{i5} = Inversión en capital humano por hectárea en el año i .

El siguiente cuadro presenta los datos básicos que habrán de utilizarse para la estimación de todas las regresiones que se hacen en este trabajo.

^{4/} El hecho de no haber expresado el valor de la producción a precios constantes, no influyó en gran cosa en los resultados. Tal, se con cluye porque también se intentó la regresión con valores deflacionados, sin que se notara cambios substanciales.

GUADRO 1

DATOS BASICOS*

Años	Y Millones	X1 Hectáreas	X2 ^{5/} Millones	X3 Millones	X4 ^{6/} Jornadas
1 1960	791.0	254 500	122.0	8.3	23 423.0
2 1961	764.0	281 800	62.0	4.9	56 389.0
3 1962	766.0	280 811	79.0	2.3	52 184.0
4 1963	820.0	264 531	224.0	6.1	42 969.0
5 1964	1 393.0	287 183	197.0	0.6	44 516.0
6 1965	1 693.0	304 039	601.0	1.5	39 382.0
7 1966	1 845.0	353 817	169.0	27.8	42 843.0
8 1967	2 071.0	383 875	269.0	30.9	53 092.0
9 1968	2 002.0	416 745	328.0	36.4	56 316.0
10 1969	2 571.0	441 094	430.0	48.7	69 140.0
11 1970	3 181.0	433 261	302.0	34.0	68 028.0
12 1971	3 674.0	484 493	208.0	21.0	79 055.0
13 1972	3 338.0	582 231	94.0	16.0	87 274.0
14 1973	4 541.0	587 173	136.0	14.0	85 139.0
15 1974	6 605.0	664 452	73.0	37.0	91 924.0

* Datos expresados en términos absolutos.

Fuente: Confederación Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa, (CA ADES), Análisis de la situación agrícola de Sinaloa, diez años de estadísticas agrícolas de riego, Culiacán, Sin. 1974.
Confederación Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa, (CA ADES), Costos de producción de los principales cultivos en los distritos de riego por ciclos agrícolas, Culiacán, Sin. 1974.
Secretaría de Desarrollo Económico, Sinaloa, Desarrollo integral 1970-1980, Culiacán, Sin. 1974.
Secretaría de la Presidencia, Dirección de Inversiones Públicas, México Inversión Pública Federal 1925-63, México, 1964.

Y = Valor de la producción

X1 = Hectáreas cultivadas

X2 = Inversión en obras de riego

X3 = Inversión agrícola por otros conceptos

X4 = Mano de obra.

- 5/ Para los años 66, 67 y 68, faltaron datos respecto al concepto de irrigación. Solamente se encontró el agregado para la agricultura. De aquí que se procedió a estimarla porcentualmente atendiendo a la tendencia del período en estudio.
- 6/ La ausencia de datos respecto a la mano de obra empleada año con año, nos llevó a estimar la tasa de crecimiento anual a través de la estructura de costos de cuatro cultivos. Dos de ellos destacan por su reciente importancia en el total de la superficie cultivada y los otros por una tasa moderada. Se tomó como unidad de medida el jornal de 8 hrs. por hectárea. Dentro de cada cultivo se escogió una actividad tal que, se distinguiera por su uso constante año con año. Así por ejemplo:

arroz: riego de auxilio; 3.07 hrs.-hombre- ha.
 0.38 jornadas por hectárea.
 sorgo y soya: en la labor de siembra, se tomó el concepto
 de auxiliar de operador 8 hrs. x jornada
 frijol: 9.7 hrs. hombre por hectárea
 1.2 jornada por hectárea

de esta forma se procedió a estimar la tasa de variación del total de jornadas año con año, de las cuatro actividades mencionadas. Considerando entonces que este dato, así elaborado nos serviría como una variable aproximada.

Con los datos anteriores -15 observaciones- al quedar en tasas de crecimiento, se reducen a catorce observaciones^{2/}.

Debe hacerse notar que los datos sobre la producción se presentan por ciclos agrícolas; por ejemplo, 59/60, 60/61, etc., esto significa que la labor de siembra se hace en un año y se cosecha en el próximo inmediato; en tanto que los datos de inversión pública se presentan por años. Por esto el cociente de inversión sobre hectáreas cultivadas se formuló con los datos de la inversión en un año sobre las hectáreas cultivadas en ese mismo año, por ejemplo:

Inversión de 1960 = 62.9 millones

Hectáreas cultivadas en 60/61 = 281 800 hectáreas.

$$\text{entonces } \frac{I_t}{L} = \frac{62.9 \text{ millones}}{281\,800 \text{ has.}} = 2\,232 \text{ \$/has.}$$

Los resultados de la regresión fueron:

$$Y = 0.19805 + 0.79833 X_1 - 0.23112 X_2 + 0.00005 X_3 - 0.00019 X_4$$

(0.9842) (0.2261) (0.00015) (0.00194)

donde se nota la existencia de una relación positiva que se da entre la tasa de crecimiento del valor producto y la tasa de crecimiento de la tierra cultivada.

No obstante debemos señalar que la bondad de la estimación deja mucho que desear, ya que por ejemplo: el valor de coeficiente

$$2/ \frac{264 - 791}{791} = -0.338$$

nos indica que el valor del producto del año 1961 decreció un 3.38% con respecto al año 1960.

de correlación múltiple (R) es de 0.36 y el valor de $F = 0.34$ para todos los parámetros, no permite un alto nivel de significancia que permita demostrar una estrecha relación entre las variables independientes y la variable dependiente de la ecuación (8).

Se hizo una segunda estimación formulando esta vez la variable inversión, acumulada año a año; obedeciendo esto a la impresión que se tiene de que las obras de infraestructura tienen un período de "maduración" de por lo menos mayor que un año. Los resultados en esta ocasión -tomando en cuenta sólo las variables, tierra, inversión por hectárea y trabajo- fueron:

$$Y = 0.7791 + 0.29079 X_1 - 0.10631 X_2 + 0.00002 X_3$$

donde

X_1 es tierra

X_2 es trabajo

X_3 es inversión/hectárea.

El análisis de la ecuación anterior nos indica que el valor del producto continua relacionando positivamente con el hectareaje; la variable trabajo guarda una relación negativa con el producto, presumiblemente a la adopción de técnicas de explotación desplazadoras de mano de obra, y, por lo que respecta a la variable inversión, esta se encuentra relacionada positivamente con el valor del producto, hecho que podría interpretarse a favor de nuestras apreciaciones sobre el tiempo de "maduración" de las inversiones en

infraestructura.

Por lo que respecta a la bondad de las estimaciones los indicadores nos sugieren una mejoría con respecto al primer intento, aunque no lo suficiente para poder inferir conclusiones de tipo cuantitativo, ya que el coeficiente de correlación $R = 0.46$ y el valor de $F = 0.89$ ^{8/}, siguen siendo muy bajos.

^{8/} Una interpretación económica y consistente de los parámetros estimados (en el supuesto caso que los indicadores R y F hubiesen resultado adecuados) sería que la variable tierra ha sido la más significativa para efectos del crecimiento del valor del producto. Así también que las obras de riego han influido, aunque en menor grado, al crecimiento del valor del producto agrícola. En te habremos de confirmarlo sólidamente en el curso de nuestra investigación.

CAPITULO III

El segundo modelo que se utiliza en vía de encontrar una explicación más clara a la estructura de producción agrícola de la entidad, fué a través de número índices^{9/}. La utilización de este método permite también, encontrar explicaciones a la influencia que sobre el producto tienen los cambios en los insumos o cambios en la productividad; como sabemos el cambio en el producto puede deberse a tres factores principalmente:

- i) aquel cambio relacionado con cambios en los insumos (un cambio de un punto a otro sobre la función producción),
- ii) aquel cambio relacionado con mejoras en la productividad (que significa un desplazamiento de la función producción),
- iii) aquel cambio relacionado con la combinación de los dos anteriores.

El propósito entonces de esta etapa de la investigación fué describir aproximadamente el curso de la variable valor de producto afectada por el curso de las variables tierra y rendimientos.

En ese sentido nos estamos refiriendo a una función producción, que relaciona el índice de producción agrícola a precios constantes^{10/} con los índices de las variables tierra cultivada y rendimientos.

^{9/} El número índice correspondiente al valor del producto fué calculado con los datos agregados del valor del producto.

^{10/} El índice de precios fué tomado del referente a los índices de precios agrícolas publicados por el Banco de México.

Los rendimientos físicos vienen dados por la ecuación:

$$I_R = \frac{I_Q}{I_{ha}} \times 100$$

donde

I_R = Índice de rendimientos

I_Q = Índice de producción.

I_{ha} = Índice de superficie cultivada

En el cuadro 2 presentamos los resultados obtenidos:

CUADRO 2

	I_Q	I_{ha}	I_R
1	100.00	100.00	100.00
2	90.70	100.73	81.91
3	86.83	100.34	78.69
4	86.79	103.94	83.50
5	141.04	112.84	124.99
6	172.12	119.72	143.76
7	188.30	137.70	136.74
8	204.63	150.83	132.16
9	195.69	103.75	119.50
10	244.65	173.32	141.23
11	285.90	170.44	167.74
12	324.17	190.37	170.28
13	269.74	228.77	117.90
14	290.39	230.72	125.86
15	321.40	261.08	123.10

En el cuadro anterior puede notarse que los índices de producción y superficie observan un crecimiento más pronunciado que el que se refiere a los rendimientos. Tal situación nos lleva a concluir que el factor tierra, sin duda alguna, ha explicado en mayor proporción el crecimiento del producto.

Como bien podemos ver, en el último año del período en estudio, el valor de la producción a precios corrientes aumentó en un 221.40% en tanto que la superficie cultivada lo hizo en un 161.05%. Y por lo que se refiere a los rendimientos, estos solo lograron aumentar en todo el período un 23.10%.

De aquí que se pueda afirmar que: el crecimiento en el valor de la producción durante este período de 15 años se debe más a los incrementos en las áreas sembradas que a los incrementos en los rendimientos agrícolas.

De la situación descrita anteriormente se puede concluir que, es necesario poner más énfasis en todas aquellas políticas que tiendan a mejorar la productividad agrícola, ya que la superficie potencial de riego en la entidad, según vimos a través de un cálculo muy rígido^{11/} realizado anteriormente, será en pocos años agotada. En este sentido los aumentos futuros en la producción agrícola debe-

^{11/} El hecho de suponer la tasa de crecimiento de superficie de 7%, implica necesariamente mantener, más o menos semejante la política de inversiones públicas de riego de los años pasados.

rán contemplarse como respuestas a desplazamientos hacia arriba de la función producción acompañados de pequeños incrementos en la superficie cultivada.

El procedimiento alternativo al de números índices, es el que se presenta en términos de tasas de crecimiento.

Formulando la función producción en términos de superficie cultivada por sus rendimientos

$$Q = T \cdot R \quad \text{--- a)}$$

tomando logaritmos a la expresión, queda

$$\log Q = \log T + \log R$$

derivando lo anterior en forma total, tenemos que

$$\frac{\dot{Q}}{Q} = \frac{\dot{T}}{T} + \frac{\dot{R}}{R} \quad \text{--- b)}$$

De la ecuación anterior nos damos cuenta que si conocemos las tasas de crecimiento del valor producto y de la superficie podemos conocer la tasa de crecimiento de los rendimientos.

$$\frac{\dot{Q}}{Q} - \frac{\dot{T}}{T} = \frac{\dot{R}}{R} \quad \text{--- c)}$$

Hemos calculado esta expresión con los datos del cuadro número 1. Primeramente lo hicimos a precios corrientes y después a precios constantes. La diferencia fué notable.

Extrayendo el valor de la producción a precios corrientes estimamos la tasa media de crecimiento para todo el periodo en 18.56%

en tanto que la tasa para la superficie es 7.15%.

$$\frac{\dot{R}}{R} = 18.56\% - 7.15\% = 11.91\%$$

Esto nos dice que en todo el período los cambios de la producción se han explicado en 38.53% por aumentos de tierra, lo cual contradice los resultados anteriores. Cálculos posteriores expresados en precios constantes nos condujeron a rechazar el resultado anterior y, seguir sosteniendo nuestra conclusión original.

La tasa media anual para el período en estudio, a precios constantes, del valor del producto calculamos en 10.936% en tanto que la tasa de crecimiento media anual de superficie es la misma; así entonces, nuestra tasa de crecimiento medio anual de los rendimientos agrícolas resultó en un 3.79%.

De esta forma el cambio en el valor de la producción para el período, resultó explicado en un 65.29% por la tierra, en tanto que las mejoras en la productividad explicaba tan solo el 34.71%. Lo cual viene a coincidir, aproximadamente, con nuestros resultados originales. Queda entonces estimar en qué magnitud el cambio en precios origina un cambio en la tasa de crecimiento de los rendimientos.

Volviendo a la ecuación (c)

$$\frac{\dot{R}}{R} = \frac{\dot{Q}}{Q} - \frac{\dot{T}}{T}$$

Se observa que si mantenemos constante la tasa media anual del factor tierra, entonces los cambios en la tasa de rendimientos no cesariamente se deberán a cambios en la tasa de crecimiento del valor

producto. Como sabemos, el valor del producto cambia, ya sea por cambio en los precios del producto o por cambios en el producto mismo; en ese sentido quitando el efecto de los cambios en los precios, podemos obtener la tasa de crecimiento de los rendimientos haciendo abstracción del factor precios. Entonces, la diferencia entre la tasa de crecimiento de los rendimientos a precios corrientes y constantes expresada como por ciento de la tasa de crecimiento a precios corrientes, nos dá el efecto que el factor precios tiene sobre los rendimientos agrícolas. Así:

$$\frac{11 + 41 - 3.79}{11.41} = 0.66783$$

Entonces podemos decir que, el primer resultado que obtuvimos donde las tasas de rendimientos explicaban la mayor porporción que la tierra y los cambios en el valor de producción, estaban sobre estimados ya que estos a su vez estaban explicados en un 66.7% debido a cambios en los precios, lo que evidentemente no nos habla de una mejoría en técnicas de explotación, insumos mejorados, etc.

CAPITULO IV

En esta sección se abordan los modelos lineal y Cobb-Douglas, cuyas variables se expresan en términos absolutos; la escasez de datos en ambos casos, llevó a considerar el valor del producto en función solamente de las variables tierra e inversión pública federal. Para el caso de la Cobb - Douglas se hizo un intento de formular el valor del producto en función de cuatro variables: tierra, inversión pública, capital y trabajo; las variables capital y trabajo se obtuvieron indirectamente a través de valores standar por unidad de hectáreas para la agricultura de tipo moderna.^{12/} Este hecho produjo que al estimar la ecuación de regresión la variable tierra estuviera afectada con signo negativo, lo cual, según hemos comprobado, no es cierto. La explicación de esto se encuentra, posiblemente, en haber formulado las variables capital y trabajo en función de la variable tierra, lo cual define una alta coliniaridad entre las variables independientes.

El siguiente cuadro, que muestra la matriz de coeficientes de correlación que se obtuvo al estimar la ecuación con las cuatro variables citadas, refuerza nuestra explicación anterior sobre la existencia de coliniaridad entre las variables independientes de la ecuación.

^{12/} Fuente: Banco de México, Oficina de Proyección Agrícolas, Características de la Agricultura Mexicana, México 1964.

CUADRO 3

	Y	X ₁ (tierra)	X ₂ (Inv. Páb.)	X ₃ (capital)	X ₄ (trabajo)
Y	1.0	0.95239	0.07897	0.70479	0.95170
X ₁		1.0	-0.11718	0.64143	0.99673
X ₂			1.0	0.28929	-0.15112
X ₃				1.0	0.63664
X ₄					1.0

Observamos que existe una estrecha correlación entre las variables X_1 y X_4 y X_1 y X_3 , y también entre X_3 y X_4 ; lo cual provoca que las estimaciones de los parámetros sean imprecisas.^{13/}

Función de Producción Lineal:^{14/}

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

los resultados de la regresión fueron

$$Y = -327.148 + 3.86X_1$$

que significa el producto se explica solamente por la variable tierra; ya que la variable X_2 no fue lo suficientemente significativa, como para aparecer en la ecuación.

^{13/} Ver Gramer, J. S. "Econometría Empírica", F.C.E. México, pp. 102-106.

^{14/} Se utilizó esta forma de producción - a pesar de que es claro que el tipo de explotación agrícola del sector que se estudia, la tasa de sustitución de factores no es cero - con el ánimo de emitir un juicio, digamos preciso, sobre la clase de función producción que más se ajusta a el sector que se estudia. Los resultados de la función lineal y la exponencial servirán de referencia.

El valor de F fue igual a 113.583 el cual es suficientemente grande para poder afirmar de la alta relación existente entre la tierra y el valor del producto. El coeficiente de correlación (R) alcanza un valor de 0.9473.

Función Producción Cobb-Douglas:

En esta ocasión se calcula la regresión a partir de la expresión $\log Q_i = \log A_i + b_1 \log X_{i1} + b_2 \log X_{i2}$ donde X_{i1} y X_{i2} expresadas en términos absolutos representan las variables tierra e inversión pública en irrigación, respectivamente y Q_i es el valor del producto en el año i .

b_1 y b_2 son los coeficientes de elasticidad de los insumos X_{i1} y X_{i2} respectivamente y miden el cambio porcentual del producto ante cambios porcentuales de cada insumo; se expresan de esta forma:

$$EX_2 = \frac{\frac{dQ}{dX_2}}{\frac{Q}{X_2}} = \frac{dQ}{dX_2} \cdot \frac{X_2}{Q}$$

Ahora bien $\frac{dQ}{dX_2}$ es la primera derivada del valor del producto con respecto al factor X_2 , que a saber es

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{dX_2} &= \frac{d(A X_1^{b_1} X_2^{b_2})}{dX_2} = A b_2 X_2^{b_2-1} X_1^{b_1} \\ &= A b_2^2 \frac{X_2^{b_2}}{X_2} X_1^{b_1} = b_2^2 \frac{Q}{X_2} \end{aligned}$$

sustituyendo este valor en la ecuación de elasticidad

$$EX_2 = \frac{dQ}{dX_2} \cdot \frac{X_2}{Q} = b_2 \frac{Q}{X_2} \cdot \frac{X_2}{Q} = b_2$$

donde finalmente

$$EX_2 = b_2$$

De igual forma se puede calcular EX_1 , para la cual se obtiene,

$$EX_1 = b_1$$

La suma de todos los parámetros da el coeficiente de elasticidad total de la función. De esta forma se puede determinar la naturaleza de los rendimientos a escala. Si la suma de los coeficientes es igual, mayor o menor a uno, se dice entonces que los rendimientos a escala son constantes, crecientes o decrecientes respectivamente.

Los resultados obtenidos al estimar la regresión con los datos del cuadro 1 fueron:

$$\log Q = -9.18141 + 2.15489 \log X_1 + 0.19458 \log X_2$$

o bien,

$$Y = 0.000, 000 001518 X_1^{EXP.} (2.15489) X_2^{EXP.} (0.19458)$$

En el cuadro número 4 se presentan los principales indicadores que demuestran la bondad de la estimación efectuada.

CUADRO 4

Análisis de varianza	Suma de cuadrados	Gdos. de libertad	Cuadrado medio
Variabes	1.187	2	0.59356
Residuo	0.00928	12	0.00577
Total	1.25628	14	

$F = 102.80449$
 $R = 0.97204$
 $R^2 = 0.94486$

error típico = 0.07598

La ecuación anterior:

$$Y = (0.1518) (10^{-8}) X_1^{2.15489} X_2^{0.19458}$$

nos describe entonces que:

- 1) Que los coeficientes de elasticidad de los factores tierra e inversión pública son 2.15489 y 0.19458 respectivamente; el valor de $F = 102.80449$ con (2.13) grados de libertad es significativo al 1% de tal forma que se puede concluir que existe una estrecha asociación entre las variables valor del producto, tierra e inversión pública. Los valores F para las variables X_1 y X_2 son 204.252 y 8.018, los cuales tienen un nivel de significancia al uno y cinco por ciento respectivamente.

ii) Que en el caso de la variable X_2 , significa que si la inversión en riego aumenta en uno por ciento (1%) el valor del producto se aumenta en 0.195%, en tanto que si la tierra aumenta un 1%, el valor del producto lo hará en un 2.15489%; sin duda alguna lo anterior coincide con los resultados anteriores, donde señalábamos que el crecimiento de la tierra explicó en gran medida el crecimiento del producto, aunque en esta ocasión estamos en posición de determinar en qué grado se guarda esta relación de causalidad.

iii) El coeficiente de elasticidad total de la función producción es:

$E = 2.34947$, lo cual indica que existen rendimientos crecientes a escala. Se observa que el factor más importante es la tierra, lo cual coincide con los resultados que se han venido obteniendo.

Análisis de productividad.

El cálculo de las productividades marginales se puede llevar a cabo para cada uno de los factores. Este concepto es de gran utilidad en tanto que nos permite conocer en qué medida, en términos de eficiencia, está siendo utilizado un recurso. Es decir, nos permite conocer hasta qué grado es redituable aumentar determinado insumo-manteniendo constante los demás para obtener aumentos en la producción.

El cálculo de la productividad marginal, partiendo de los resultados de una ecuación de regresión se hace de esta manera.

Ya hemos dicho que la productividad marginal de un insumo X_i es:

$$\frac{dQ}{dX_i} = b_i \frac{Q}{X_i}$$

que significa que la productividad marginal del factor X_i es igual al coeficiente de la elasticidad b_i multiplicada por el producto medio de X_i .

Para efectos de cálculo, el nivel de los otros insumos se supondrá constante el valor de su media geométrica.^{15/} Así:

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{dX_1} &= P_{mg.} X_1 = b_1 \frac{X}{X_1} = 2.15489 \cdot \frac{1940 \text{ millones de } \$}{382 \text{ 000 hectáreas}} \\ &= 0.0109899 \frac{\text{millones de } \$}{\text{hectáreas}} \\ &= 10990 \frac{\text{pesos}}{\text{hectáreas}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{dX_2} &= P_{mg.} X_2 = b_2 \frac{X}{X_2} = 0.19458 \frac{1940 \text{ millones de } \$}{183.6 \text{ millones de } \$} \\ &= 2.05601 \text{ } \$/\$ \end{aligned}$$

Resta ahora conocer los costos de oportunidad de cada factor para poder así emitir un juicio acerca del grado de eficiencia económica con que se utilizan estos factores.

Un indicador del costo de oportunidad de la tierra sería, el valor de alquiler de la tierra. Si por ejemplo el costo de aumentar una hectárea más al proceso de cultivo cuesta más que el valor del producto obtenido por dicha hectárea, resulta entonces no redutuable aumentar la producción a través de aumento en ese factor y lo contrario se dará si el

^{15/} Media geométrica = Media aritmética de los logaritmos.

producto marginal fuera mayor que el costo de oportunidad. Datos precisos referentes al alquiler de la tierra no se tienen. Aunque suponemos que éste es mucho menor que la cantidad que resultó del análisis de productividad. Lo anterior implica que aún es productivo el abrir nuevas tierras de riego para el cultivo con objeto de aumentar la producción y por otra parte explica más claramente, lo ya conocido por nosotros, de que el factor tierra ha sido sin lugar a dudas el más importante insumo de la producción agrícola bajo sistema de riego.

En lo que toca a la inversión federal en obras de riego, el punto de referencia para emitir juicios acerca de la viabilidad económica de continuar o no, la política de inversiones llevada hasta la fecha será calcular el valor actual de un peso a la tasa de inversión más adecuada a un período de un año. Suponiendo que la tasa de interés es de 0.12, obtenemos un valor presente de $V_0 = 1.12 \frac{.16}{.12}$, que sería el costo de oportunidad a pagar en caso de invertir un peso en obras de riego. Evidentemente, es costeable continuar invirtiendo en obras de riego ya que

$$\text{Pag. } X_2 = 2.0561 > \text{Cag. } X_2 = 1.12$$

$$\frac{.16}{.12} V_0 = V(1+r)^n$$

$$\text{si } r = 0.12$$

$$n = 1$$

$$V = 1$$

$$\text{Entonces } V_0 = 1.12.$$

CAPITULO V

CONCLUSIONES

En esta sección haremos un resumen general de lo realizado. Antes de entrar a ello hemos de señalar que la bondad de los parámetros estimados en cada una de las ecuaciones de regresión utilizadas deben ser evaluadas teniendo en cuenta que:

1. Las formulaciones de las hipótesis se vieron en cierta forma ajustadas a los datos existentes.

2. La variable tierra no fue ponderada atendiendo a sus diferentes calidades, aunque se supone que tratándose de tierra de riego esta tiene una calidad más o menos semejante. Por otra parte la serie de datos de inversión pública dista mucho de mantener un nivel de agregación semejante.

Hechas las salvedades, pasaremos a discutir en términos generales los resultados obtenidos.

Las conclusiones fundamentales son:

- 1) Que el factor tierra ha sido, sin lugar a dudas, el elemento más importante que explica el crecimiento del producto agrícola en la agricultura de riego del Estado de Sinaloa.

- ii) La política de inversión, mantenida por el gobierno federal ha contribuido en buena medida a este crecimiento.
- iii) Las altas tasas de crecimiento de la tierra en comparación con las obtenidas por los rendimientos, hacen prever que de continuar más o menos constante esta situación, en un plazo relativamente corto de años, el aumento de tierras de riego llegará a su fin. Esto lleva a poner más atención en los otros factores del proceso productivo de tal manera que se aumente su eficiencia económica.
- iv) El factor precio es un elemento importante que explica el valor del producto agrícola y, según lo notamos, altera enormemente los valores de los rendimientos agrícolas.
- v) Las estimaciones de la función producción del tipo Cobb-Douglas, nos permite aproximarnos a lo que pudiera haber sido los resultados del modelo descrito en el Capítulo II.

$$\text{si } Q = 0.1518 \times 10^{-8} X_1^{2.15489} X_2^{0.19458}$$

entonces tomando logaritmos queda

$$\log Q = 0.000\ 000\ 001518 + 2.15489 \log X_1 + 0.19958 \log X_2$$

y derivando en forma total obtenemos

$$\frac{\frac{\partial Q}{\partial Q}}{Q} = 2.15489 \frac{\frac{\partial X}{\partial X_1}}{X_1} + 0.19458 \frac{\frac{\partial X}{\partial X_2}}{X_2}$$

La ecuación anterior nos indica que las tasa de crecimiento de la tierra y la inversión están relacionadas lineal y positivamente con la tasa de crecimiento del producto.

vi) Considerando exclusivamente los coeficientes de correlación de las funciones lineal y Cobb - Douglas, que se estimaron en el Capítulo IV, podemos concluir que la función multiplicativa se ajusta mejor a la estructura de producción agrícola de riego del Estado de Sinaloa, ya que el coeficiente de correlación de la Cobb - Douglas es mayor que el de la función lineal.^{17/}

^{17/} Solow, R. M., "Cambio Tecnológico y la función producción agregada" en Lecturas de Macroeconomía, Ed. C.E.C.S.A. España 1973, pp. 339-350.

BIBLIOGRAFIA

- Banco de México, Oficina de proyecciones agrícolas, Características de la agricultura Mexicana, México 1974.
- CAAMES, Análisis de la situación agrícola de Sinaloa; diez años de estadísticas agrícolas de riego, Culiacán, Sin., 1974.
- CAAMES, Costos de producción de los principales cultivos en los Distritos de Riego por ciclos agrícolas, Culiacán, Sin., 1974.
- Cramer, J.S., Ecconometría empírica, F.C.E. México, 1973.
- Hendersen y Quandt, "Microeconomic Theory: a mathematical approach", Ed. International Student Edition, Nueva York, 1971.
- Jhonston, J., "Econometric-Methods" Ed., International Student Edition, Nueva York, 1972.
- Secretaría de Desarrollo Económico, Sinaloa, Desarrollo Integral 1970-1980 Culiacán, Sin., 1974.
- Secretaría de la Presidencia, Dirección de Inversiones Públicas, México, inversión pública federal 1925-1963, México, 1964.
- Secretaría de la Presidencia, Dirección de Inversiones Públicas, México, inversión pública federal 1965-1970, México, 1970.
- Weigel Dale, Shutyer Wayne, The contribution of foreign assistance to agricultural development, American Journal of agricultural Economics, Nueva York, noviembre 1964, Vol. 51, N° 4.