

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO – ADMINISTRATIVAS

**SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN,
ANTES Y DESPUÉS DE
PROCAMPO DE 1961 A 2012**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE
LOS RECURSOS NATURALES

GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE
LOS RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

CARLOS ZARAGOZA LÓPEZ

Chapingo, México, Diciembre 2014



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES



**SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN, ANTES Y DESPUÉS DE PROCAMPO DE 1961 A
2012**

Tesis realizada por Carlos Zaragoza López, bajo la dirección del Comité Asesor indicado,
aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales

Director:



Dr. Marcos Portillo Vázquez

Asesor:



Dr. Sergio Ernesto Medina Cuéllar

Asesor:



M.C. José Apolonio Venegas Venegas

Agradecimientos

A CONACYT, por la confianza y el apoyo económico brindado para lograr esta meta profesional

A la Universidad Autónoma Chapingo por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al Dr. Marcos Portillo por aportar la idea original de esta investigación.

Dedicatoria

A mis padres, a mi tía Lolita.

Datos Bibliográficos

Carlos Zaragoza López, originario de San Luis Huexotla, Texcoco Estado de México. Es Actuario por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México; Titulado por tesis: “Desagregación Temporal de Series de Tiempo”.

Se ha desempeñado en el mundo laboral como Analista Técnico de Crédito en el Fideicomiso de Recuperación Crediticia del Distrito Federal. Como Responsable Análisis de Explotación en el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, para el Segundo Censo De Población y Vivienda del Distrito Federal. Analista de Información para la Operadora de Casinos CODERE. Analista de la Demanda para la aerolínea Volaris. Analista de Riesgos en la arrendadora automotriz LeasePlan, y finalmente Especialista de Análisis e Información en la Aseguradora MetLife.

Abreviaturas Usadas:

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

DOF: Diario Oficial de la federación

ENIGH: Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

ha: hectáreas

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

km²: Kilómetros Cuadrados

ln(ha): Hectáreas logarítmicas.

ln(ton): Toneladas logarítmicas.

PIB: Producto Interno Bruto

PROCAMPO: Programa de Apoyos Directos al Campo

TLCAN: Tratado de Libre Comercio de América del Norte

ton/ha : Cantidad de Toneladas repartidas en una hectárea

ton: Toneladas

SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN: ANTES Y DESPUÉS DE PROCAMPO DE 1961 A 2012

SURFACE AND PRODUCTION: BEFORE AND AFTER "PROCAMPO" FROM 1961 TO 2012

Carlos **Zaragoza López**¹; y Marcos **Portillo Vázquez**²

Resumen

En la presente investigación se analiza la eficiencia de la producción y la superficie utilizada en el campo mexicano antes y después de "PROCAMPO". En particular se enfocó en 8 de los 9 cultivos beneficiados por este programa. Las variables de análisis fueron: Superficie Cosechada, Producción, Superficie Agrícola, Superficie de Tierras Arables, Superficies Destinadas a Cultivos Permanentes, Superficies de Praderas y Pastos, y Producción por Hectárea Cosechada. Todas abarcan desde 1960 hasta 2012. Uno de los principales resultados de esta investigación, fue encontrar una aceleración en la producción, evidencia suficiente para argumentar la tecnificación del campo Mexicano, además en todos se identificó una mejora para "pequeños productores" en el aprovechamiento de las hectáreas usando la tecnificación del campo, después de la aparición de PROCAMPO.

Palabras clave: Velocidad, Aceleración, Umbral, Superficie y Producción

Abstract

This research discusses Mexican production efficiency and the cultivated area before and after "PROCAMPO" subsidies. This research was focused on 8 of the 9 crops benefited by PROCAMPO. The main variables analyzed were: harvested area, production, agricultural land, area of arable land, area destined to permanent crops, areas of meadows and pastures, and production by harvested acre; all of them from 1961 to 2012. One of the main results was finding acceleration of production, which was sufficient evidence to argue that better techniques were applied in the Mexican countryside after PROCAMPO. Also, it was found that these new techniques are available for more farmers since PROCAMPO started.

Keywords: Speed, Acceleration, threshold, Surface and Production..

¹ Tesista

² Director

Índice General

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1.1	Justificación:	1
1.1.2	Planteamiento del Problema	1
1.1.3	Objetivos	2
1.1.4	Hipótesis	2
1.2	Antecedentes:	3
1.2.1	Metodología	3
1.2.2	Estructura de la Tesis	8
2	ANTECEDENTES	9
2.1	El campo en México	9
2.1.1	Importancia del campo en el desarrollo económico, social y ambiental	12
2.1.2	El uso de la Superficie Agrícola	13
3	MARCO TEÓRICO	15
3.1	Descripción de un comportamiento	15
3.1.1	La recta:	15
3.1.2	La función Exponencial	17
3.2	Conceptos de Probabilidad y Estadística	19
3.2.1	Conceptos de Probabilidad	19
3.2.2	Conceptos de Análisis de Regresión	22
3.2.3	Estimadores	23
3.2.4	Conceptos y estimadores de Estadística Multivariada	24
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1	Tierras Arables.	30
4.1.1	Tierras Arables, Superficie.	30
4.1.2	Tierras Arables, Cambios Porcentuales.	31
4.2	Tierras de Cultivos Permanentes.	33

4.2.1	Tierras de Cultivos Permanentes, Superficies.	33
4.2.2	Tierras de Cultivos Permanentes, Cambios Porcentuales.	35
4.3	Tierras de Praderas y Pastos Permanentes.	37
4.3.1	Tierras de Praderas y Pastos Permanentes, Superficie.	37
4.3.2	Tierras de Praderas y Pastos Permanentes, Cambios Porcentuales.	38
4.4	Algodón con semilla	40
4.4.1	Algodón, Producción y Superficie para su Cultivo.	40
4.4.2	Algodón, Producción por hectárea.	43
4.4.3	Algodón, Modelo General para la Producción y la Superficie.	45
4.5	Arroz con Cáscara	51
4.5.1	Arroz, Producción y Superficie para su Cultivo.	51
4.5.2	Arroz, Producción por hectárea.	54
4.5.3	Arroz, Modelo General para la Producción y la Superficie.	57
4.6	Cebada	62
4.6.1	Cebada, Producción y Superficie para su Cultivo.	62
4.6.2	Cebada, Producción por hectárea.	65
4.6.3	Cebada, Modelo General para la Producción y la Superficie.	69
4.7	Frijol	75
4.7.1	Frijol, Producción y Superficie para su Cultivo.	75
4.7.2	Frijol, Producción por hectárea.	78
4.7.3	Frijol, Modelo General para la Producción y la Superficie.	82
4.8	Maíz	87
4.8.1	Maíz, Producción y Superficie para su Cultivo.	87
4.8.2	Maíz, Producción por hectárea.	90
4.8.3	Maíz, Modelo General para la Producción y la Superficie.	96
4.9	Sorgo	101
4.9.1	Sorgo, Producción y Superficie para su Cultivo.	101
4.9.2	Sorgo, Producción por hectárea.	104
4.9.3	Sorgo, Modelo General para la Producción y la Superficie.	107
4.10	Soya	112
4.10.1	Soya, Producción y Superficie para su Cultivo.	112

4.10.2	Soya, Producción por hectárea. _____	115
4.10.3	Soya, Modelo General para la Producción y la Superficie. _____	117
4.11	Trigo _____	122
4.11.1	Trigo, Producción y Superficie para su Cultivo _____	122
4.11.2	Trigo, Producción por hectárea. _____	125
4.11.3	Trigo, Modelo General para la Producción y la Superficie. _____	129
5	CONCLUSIONES. _____	136
5.1	Uso de la superficie agrícola, Conclusiones _____	137
5.2	Los cultivos, Conclusiones Generales _____	139
5.2.1	Desempeño por Hectárea _____	139
5.2.2	Umbrales tecnológicos _____	140
5.2.3	Crecimiento en el tiempo _____	142
5.2.4	Crecimiento por Aumento en las Áreas de Cultivo _____	143
5.3	Los Cultivos, Conclusiones en particular _____	145
5.3.1	Algodón con semilla. _____	145
5.3.2	Arroz con Cáscara. _____	146
5.3.3	Cebada. _____	148
5.3.4	El frijol. _____	149
5.3.5	El Maíz. _____	151
5.3.6	Sorgo. _____	153
5.3.7	La Soya. _____	155
5.3.8	Trigo. _____	156
5.4	Recomendación a futuras investigaciones _____	159
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. _____	160
6.1.1	Literatura Citada _____	160
6.1.2	Páginas Web _____	160
7	ANEXOS. _____	162

Índice de Cuadros

2	ANTECEDENTES	9
2.1	El campo en México	9
	Estancia en los terrenos del cultivo	10
	Superficie del Territorio Nacional	11
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1	Tierras Arables.	30
	Tierras Arables, Superficie.	31
4.2	Tierras de Cultivos Permanentes.	33
	Tierras de Cultivos Permanentes, Superficie.	34
4.3	Tierras de Praderas y Pastos Permanentes.	37
	Praderas y Pastos Permanentes, Superficie.	38
4.4	Algodón con semilla	40
	Algodón, Producción Vs Superficie.	41
	Algodón, La Producción y Superficie en el Tiempo.	42
	Algodón, Producción por hectárea.	44
	Algodón, Comparativo de Modelos Lineales.	46
	Algodón, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.	46
	Algodón, Productividad y Umbral Tecnológico.	50
4.5	Arroz con Cáscara	51
	Arroz, Producción Vs Superficie.	52
	Arroz, Producción y Superficie en el Tiempo.	53
	Arroz, Producción por hectárea.	55
	Arroz, Comparativo de Modelos Lineales.	57
	Arroz, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.	58
	Arroz, Productividad y Umbral Tecnológico.	60
4.6	Cebada	62
	Cebada, Producción Vs Superficie.	63
	Cebada, Producción y Superficie en el Tiempo.	64

Cebada, Producción por hectárea.	66
Cebada, Comparativo de Modelos Lineales.	69
Cebada, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.	70
Cebada, Productividad y Umbral Tecnológico.	73
4.7 Frijol	75
Frijol, Producción Vs Superficie.	76
Frijol, Producción Superficie en el Tiempo.	77
Frijol, Producción por hectárea.	79
Frijol, Modelo Lineal para ton/ha.	81
Frijol, Comparativo de Modelos Lineales.	82
Frijol, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.	82
Frijol, Productividad y Umbral Tecnológico.	85
4.8 Maíz	87
Maíz, Producción Vs Superficie.	89
Maíz, Producción y Superficie en el Tiempo.	89
Maíz, Producción por hectárea.	91
Maíz, Modelo Lineal para ton/ha.	93
Maíz, Modelo de Transformación Logarítmica para ton/ha.	94
Maíz, Comparativo de Modelos Lineales.	96
Maíz, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.	96
Maíz, Productividad y Umbral Tecnológico.	99
4.9 Sorgo	101
Sorgo, Producción Vs Superficie.	102
Sorgo, Producción y Superficie en el Tiempo.	103
Sorgo, Producción por hectárea.	105
Sorgo, Modelo Lineal para el Desempeño de ton/ha.	107
Sorgo, Comparativo de Modelos Lineales.	107
Sorgo, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.	108
Sorgo, Productividad y Umbral Tecnológico.	111
4.10 Soya	112
Soya, Producción Vs Superficie.	113
Soya, Producción y Superficie en el tiempo.	114
Soya, Producción por hectárea.	115
Soya, Comparativo de Modelos Lineales.	117

Soya, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales. _____	118
Soya, Productividad y Umbral Tecnológico. _____	120
4.11 Trigo _____	122
Trigo: Producción Vs Superficie _____	124
Trigo: Producción Vs Superficie en el Tiempo _____	124
Trigo, Producción por hectárea. _____	126
Trigo, Modelo Lineal para ton/ha. _____	127
Trigo, Modelo de Transformación Logarítmica para ton/ha. _____	128
Trigo, Comparativo de Modelos Lineales. _____	130
Trigo, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales. _____	131
Trigo, Productividad y Umbral Tecnológico. _____	133
5 CONCLUSIONES. _____	136
5.1 Uso de la superficie agrícola, Conclusiones _____	137
Cambios en las Superficies _____	137
5.2 Los cultivos, Conclusiones Generales _____	139
Producción de Toneladas por Hectárea al Año _____	139
Umbral tecnológico para cada cultivo. _____	141
Incremento de la Producción en el Tiempo _____	143
Incremento en la Producción por Aumento de Áreas de Cultivo. _____	144
5.3 Los Cultivos, Conclusiones en particular _____	145
Algodón, Resumen. _____	146
Arroz, Resumen. _____	147
Cebada, Resumen. _____	149
Frijol, Resumen. _____	151
Maíz, Resumen. _____	152
Sorgo, Resumen. _____	154
Soya, Resumen. _____	156
Trigo, Resumen. _____	157
7 ANEXOS. _____	162
Superficie Agrícola _____	162
Algodón con semilla _____	163

Arroz, cascara _____	164
Cebada _____	165
Frijol, secos _____	166
Maíz _____	167
Sorgo _____	168
Soya _____	169
Trigo _____	170

Índice de Figuras

2.1 EL CAMPO EN MÉXICO	9
Superficie Agrícola y Monto pagado por PROCAMPO	13
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Tierras Arables.	30
Tierras Arables y Superficie Agrícola	30
Porcentaje de Tierras Arables en Superficie Agrícola.	32
4.2 Tierras de Cultivos Permanentes.	33
Tierras de Cultivos Permanentes y Superficie Agrícola.	33
Porcentaje de Tierras de Cultivos Permanentes en Superficie Agrícola.	35
4.3 Tierras de Praderas y Pastos Permanentes.	37
Tierras de Praderas y Pastos Permanentes y Superficie Agrícola.	37
Porcentaje de Tierras de Praderas y Pastos Permanentes en Superficie Agrícola.	39
4.4 Algodón con semilla	40
Algodón, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.	40
Algodón, Superficie y Producción.	41
Algodón, Toneladas por hectárea.	44
Algodón, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.	48
Algodón, Comparativo de Producción Vs Estimación.	48
4.5 Arroz con Cáscara	51
Arroz, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.	51
Arroz, Superficie y Producción.	52
Arroz, Toneladas por hectárea.	54
Arroz, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha.	56
Arroz, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.	58
Arroz, Comparativo de Producción Vs Estimación.	59
4.6 Cebada	62
Cebada, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.	62
Cebada, Superficie y Producción.	63
Cebada, Toneladas por hectárea.	65

Cebada, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha. _____	68
Cebada, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción. ____	71
Cebada, Comparativo de Producción Vs Estimación. _____	71
4.7 Frijol _____	75
Frijol, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo. _____	75
Frijol, Superficie y Producción. _____	76
Frijol, Toneladas por hectárea. _____	79
Frijol, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción. ____	83
Frijol, Comparativo de Producción Vs Estimación. _____	84
4.8 Maíz _____	87
Maíz en Grano, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo. ____	87
Maíz, Superficie y Producción. _____	88
Maíz, Toneladas por hectárea. _____	91
Maíz, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha. _____	94
Maíz, Comparativo del Desempeño Vs Estimaciones de ton/ha. _____	95
Maíz, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción. ____	97
Maíz, Comparativo de Producción Vs Estimación. _____	98
4.9 Sorgo _____	101
Sorgo, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo. _____	101
Sorgo, Superficie y Producción. _____	102
Sorgo, Toneladas por hectárea. _____	104
Sorgo, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha. _____	106
Sorgo, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción. ____	108
Sorgo, Comparativo de Producción Vs Estimación. _____	109
4.10 Soya _____	112
Soya, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo. _____	112
Soya, Superficie y Producción. _____	113
Soya, Toneladas por hectárea. _____	115
Soya, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción. ____	118
Soya, Comparativo de Producción Vs Estimación. _____	119
4.11 Trigo _____	122
Trigo, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo. _____	122
Trigo, Superficie y Producción. _____	123

Trigo, Toneladas por hectárea. _____	125
Trigo, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha. _____	128
Trigo, Comparativo del Desempeño Vs Estimaciones de ton/ha. _____	129
Trigo, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción. ____	132
Trigo, Comparativo de Producción Vs Estimación. _____	133

1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 Justificación:

Es evidente la necesidad de crear, incentivar y promover acciones que beneficien al campo mexicano, ello repercutirá en buena medida a favor de la economía local y nacional. Sin embargo también es importante medir los logros y así compararlos e identificar su efectividad. Esto dará herramientas de decisión que brinden certeza a las acciones tomadas en apoyo al campo mexicano.

Es aquí donde nace el principal empuje para esta investigación, dada la importancia del campo y los recursos limitados, es necesario crear parámetros que den un estatus de lo hecho por PROCAMPO. Y de esta manera brindar una herramienta que ayude a identificar y discernir entre diferentes eventos, cómo han aportado al desarrollo del campo mexicano.

1.1.2 Planteamiento del Problema

El campo mexicano es importante en el desarrollo de la economía nacional, y no sólo como un factor exclusivo, sino como una fuente importante que tiene implicaciones directas e indirectas a muchos sectores económicos y sociales. Ahora bien, la riqueza de México no sólo radica en él, y no es posible explicar todo el desarrollo del país únicamente con él, también habría que analizar cada componente del sector Primario, el Sector Industrial y el Sector Servicios. De la misma forma no es posible sostener el desarrollo social de las comunidades rurales con un solo pilar, si bien dentro de las metas de PROCAMPO está el beneficio de las familias rurales, también es importante indagar sobre las necesidades en salud, y educación, tanto cívica, como tecnológica, financiera y cultural, sólo por citar algunas. Pero entender el desempeño de PROCAMPO dará una pauta para comprender el desarrollo del campo y por consecuencia en México.

1.1.3 Objetivos

Objetivos Generales:

- Mostrar que PROCAMPO ha sido un programa con impacto en la tecnificación del campo mexicano. Observando la relación que guarda la superficie y la producción por hectárea a nivel nacional.

Objetivos específicos

- Observar el comportamiento que ha tenido el uso del suelo para la agricultura y sus cultivos antes y después de PROCAMPO, analizando la relación lineal entre la producción, la superficie y el tiempo.
- Observar el comportamiento de la producción antes y después de PROCAMPO, analizando la producción por hectárea en el tiempo
- Analizar desempeño de las hectáreas, estimando el modelo lineal de transformación logarítmica de la producción, y la superficie en el tiempo.

1.1.4 Hipótesis

- A partir de la aparición de PROCAMPO, La tecnificación se hace presente en los cultivos analizados, impulsando la productividad de forma potencial por hectárea y de forma exponencial en el tiempo.
- La tecnificación del campo se ha aproximado más al alcance de productores a partir de la entrada de PROCAMPO.

1.2 ANTECEDENTES:

1.2.1 Metodología

Para la ejecución de esta investigación, se decidió analizar a nivel nacional los cultivos que dieron elegibilidad a los predios registrado cuando inició programa según el Decreto de Creación de PROCAMPO (1994), a saber:

- Algodón
- Cebada
- Maíz
- Soya
- Arroz
- Frijol
- Sorgo
- Trigo
- Cártamo

De este listado fue necesario eliminar “Cártamo” por la escasa información oficial tanto en las fuentes nacionales como las internacionales.

En lo referente a la información se procedió a la búsqueda en fuentes oficiales, escogiendo entre ellas a: INEGI (2013), FAO (2013), y CEPAL (2013) mismas que reportan y actualizan su información constantemente a nivel nacional, en ellos, se buscó la información relevante a la superficie cosechada, medida en hectáreas al año; mientras que la producción se obtuvo en toneladas cosechadas de forma “simple” sin procesar los cultivos, en Miles de toneladas al año, es decir, se consideraron cifras que no implicaran otro proceso extra en la cosecha, como la limpieza de la semilla o depuración de residuos.

Se delimitó la búsqueda de datos tomando información a partir de 1961 a 2012. Aunque se consideran series temporales de menor longitud, debido a la poca información.

Para la selección de etapas en los cultivos, se recurrió a estudios anteriores, donde se localizan eventos importantes en el campo Mexicano, 1980 y 1994, el primero es el año de la crisis económica según lo relata en su publicación Daniel Oks y Sweder van Wijnbergen (2009-9), mientras que 1994 es el año en que entra en vigor el TLCAN (Diario Oficial 1993-12) y hace su aparición PROCAMPO (DOF, 1994).

El desempeño de un cultivo en su producción, puede ser afectado por muchos factores, que incentivan o merman la producción, como puede ser la calidad de las semillas, los nutrientes en terrenos de cultivo, factores climáticos así como, mecánicos, abonos y fertilizantes, y control de plagas y enfermedades por mencionar solo algunos. Pero se considera que todos ellos tienen influencia sobre las áreas cultivadas que a su vez definirán la producción, por ello se toma como variable explicativa a la cantidad de hectáreas cultivadas y a la producción en toneladas como variable dependiente.

Para la ejecución del análisis se fijaron dos cortes importantes en el tiempo, la crisis de 1980, y El tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) junto con la aparición de PROCAMPO; y estos dos cortes en el tiempo dan lugar a tres observaciones en el comportamiento de la superficie y la producción; se procede a definir las variables usadas:

Ton_i = Producción en toneladas del cultivo i

Ha_i = Hectáreas cultivadas del cultivo i

t = Año, desde 1960 a 2012

$i = \{\text{Algodón, Arroz, Cebada, Frijol, Maíz, Sorgo, Soya, Trigo}\}$

Con la ayuda de estadística descriptiva, se procede al cálculo de la correlación entre la producción y la superficie para cada etapa de estudio. Y así explicar la influencia que tiene las áreas de cultivo sobre la producción (Maddala 1996).

$$S_{TonHa} = \left(\frac{1}{n-1} \right) \sum_{i=1}^n (Ton_i - \overline{Ton}) (Ha_i - \overline{Ha}) \quad [1.B.1]$$

Con el criterio de mínimos cuadrados se calculan modelos lineales, entre la producción y las hectáreas cultivadas para cada etapa del cultivo, observando el promedio cultivado por hectárea en todo el periodo

$$\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right)_{ETAPA} = \frac{\left(\sum_{j=1}^n \text{Ha}_{ij} \text{Ton}_{ij}\right) - n\overline{\text{Ton}}_{ij}}{\left(\sum_{j=1}^n \text{Ton}_{ij}^2\right) - n\overline{\text{Ha}}_{ij}^2} \quad [1.B.2]$$

También, por medio del coeficiente de determinación, se observa el grado explicativo que guardan los modelos lineales en cada etapa, y se calcula el porcentaje de representatividad del promedio de producción por hectárea en el periodo calculado

$$R_{iE}^2 = 1 - \frac{\left(\text{Ton}_{iE} - \text{Ton}_{iE}\right)^t \left(\text{Ton}_{iE} - \text{Ton}_{iE}\right)}{\text{Ton}_{iE}^t \text{Ton}_{iE} - n\left(\overline{\text{Ton}}_{iE}\right)^2} \quad [1.B.3]$$

Una vez analizada la producción y la superficie por separado, se procede a analizar el desempeño de la tierra, por cada etapa, usando el cociente entre la producción obtenida y las hectáreas cultivadas. Y calculando el desempeño de las hectáreas en el tiempo por cada etapa, con [1.B.4]. Y midiendo la representatividad con el coeficiente de determinación por etapa [1.B.5].

$$\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right)_{ETAPA} = \frac{\left(\sum_{j=1}^n \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right)_{ij} j\right) - n\bar{n}}{\left(\sum_{j=1}^n j^2\right) - n\left(\overline{\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}}\right)_{ij}^2} \quad [1.B.4]$$

$$R_{iE}^2 = 1 - \frac{\left(\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right)_{iE} - \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right)_{iE}\right)^t \left(\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right)_{iE} - \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right)_{iE}\right)}{n_{iE}^t n_{iE} - n\left(\overline{\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right)_{iE}}\right)^2} \quad [1.B.5]$$

Además se estiman dos modelos que describan el desempeño por año desde 1960 hasta 2012, con el método de mínimos cuadrados, uno lineal y otro exponencial, dando peso a aquel modelo que calcule el mayor coeficiente de determinación (R^2) y parámetros significativos ($p < \alpha = 0.05$); y que con la ayuda de una histograma de frecuencias maximice la probabilidad de un error cero,.

$$\left(\frac{Ton_i}{Ha_i} \right)_t = b_1 + b_2 t \quad [1.B.6]$$

O bien:

$$\left(\frac{Ton_i}{Ha_i} \right)_t = C_0 \exp(b_2 t) \quad [1.B.7]$$

Donde

$$\left(\frac{Ton_i}{Ha_i} \right)_t = \text{toneladas producidas por cada hectárea del cultivo } i \text{ en el año } t$$

t = Año de observación

Nuevamente se procede a graficar el comportamiento al paso de los años, antes y después de los años importantes para esta investigación, 1980 y 1994, observando y midiendo los cambios de tendencia, si es que existieran, con estadística descriptiva y los mismos estimadores puntuales e in-sesgados obtenidos por mínimos cuadrados o máxima verosimilitud

Por último se procede a la estimación de un modelo exponencial por cada cultivo, que describa el movimiento de la producción desde 1960 hasta 2012, escogiendo a los coeficientes estimados con mayor probabilidad significativa, ($p < \alpha = 0.05$); dando preferencia a aquellas estimaciones que calculen el mayor coeficiente de determinación R^2 , o en su defecto demuestren maximizar la probabilidad del error “cero” con un histograma de frecuencias relativas, aunque no fueran significativas.

$$Ton_i = C_0 (Ha_i)^{b_3} \exp(b_2 t) \quad [1.B.8]$$

Como último paso se procede a analizar el crecimiento de la producción dado los incrementos en el tiempo y superficie por medio de las derivadas parciales, y se discuten sus propiedades.

$$\frac{dTon_i}{dHa} = C_0 b_3 (Ha_i)^{b_3-1} \exp(b_2 t) \quad [1.B.9]$$

$$\frac{dTon_i}{dt} = C_0 b_2 (Ha_i)^{b_3} \exp(b_2 t) \quad [1.B.10]$$

Además se consideran el desempeño de la producción en el tiempo aislando la variable de las hectáreas:

$$\frac{d \ln(Ton_i)}{dt} = b_2 \Rightarrow \Delta \ln(Ton_i) = b_2 \Delta t \quad [1.B.11]$$

Así como el desempeño de la producción incentivada por el aumento de hectáreas, aislando la variable del tiempo:

$$\frac{d \ln(Ton_i)}{d \ln(Ha)} = b_3 \Rightarrow \Delta \ln(Ton_i) = b_3 \Delta \ln(Ha) \quad [1.B.12]$$

Para comparar los crecimientos en producción por tiempo y por aumento de hectáreas se calcula el cociente de ambas tasas de crecimiento, y se discute la necesidad de un punto a partir del cual un avance tecnológico supere en producción a un aumento en producción con el sólo incremento de las hectáreas de cultivo; se localiza el punto a partir del cual la producción incentivada por un cambio tecnológico supera a la producción incentivada por el incremento en las áreas de cultivo

$$\frac{dTon_i / dHa_i}{dTon_i / dt} = \frac{b_3}{b_2} (Ha_i)^{-1} \quad [1.B.13]$$

$$\frac{dTon_i / dHa_i}{dTon_i / dt} = \frac{b_2}{b_3} Ha_i \quad [1.B.14]$$

$$\left(\frac{dTon_i}{dHa} \right) \leq \left(\frac{dTon_i}{dt} \right) \Rightarrow \frac{dTon_i / dHa_i}{dTon_i / dt} \leq 1 \Rightarrow \frac{b_3}{b_2} \leq Ha_i \quad [1.B.15]$$

Finalmente se hace mención que para el cálculo numérico y gráfico se utilizó el paquete de cómputo Sistema SAS para Windows Versión 9.0, y Microsoft Excel 2010

1.2.2 Estructura de la Tesis

La presente investigación se compone de 7 capítulos, en el primero de ellos se dan antecedentes de la temática a tratar, se discute sobre la importancia de esta investigación, y se justifica el propósito de esta investigación; Además se plantea el problema, los objetivos y las hipótesis así como la metodología y la presente estructura

El capítulo 2 da una visión más amplia de los antecedentes, para colocar el lector en un contexto más explícito de la producción y las hectáreas en México, así como su distribución en la República Mexicana. En el capítulo 3, Se presenta el marco teórico, donde se mencionan herramientas teóricas, estadísticas y probabilísticas que serán usadas en los capítulos venideros. Posteriormente en el capítulo 4 se procede a la discusión y análisis de la superficie de la tierra utilizada en la agricultura, antes y después de PROCAMPO, en el mismo tenor se procede a analizar y discutir 8 cultivos, analizando sus cualidades en la producción y las hectáreas utilizadas en su cultivo, así como los modelos que aproximen mejor su comportamiento y desempeño.

Ya en el capítulo 5 se dan las conclusiones a las que llevan los modelos, los comportamientos que muestran los cultivos, se interpretan y se concluye la forma en que han cambiado, antes y después de PROCAMPO.

En el capítulo 6 se enlista la literatura citada y en capítulo 7 se dan los anexos, donde se enlistan las tablas de datos utilizadas y así como el código usado en el Sistema SAS para Windows en su versión 9.0 para los cálculos numéricos.

2 ANTECEDENTES

2.1 EL CAMPO EN MÉXICO

PROCAMPO.

Por definición se entiende a “PROCAMPO” como el “Programa de Apoyos Directos al Campo” (Diario Oficial de la Federación, 1994-7). Y tiene como principal objetivo transferir recursos en apoyo de la economía de los productores rurales.

Este programa no es excluyente, para beneficiarse de él basta ser productor del campo, físico o moral, que se encuentre en legal explotación de superficies agrícolas, con interés de producir cualquier cultivo (DOF, 1994).

De esta definición resalta su carácter incluyente, no tiene como objetivo limitar el deseo ni la participación de nadie dentro del programa, sin importar condición social o económica, basta sustentar legalmente la posesión de tierra y la voluntad de producir para ser elegible al programa. Sus objetivos, en resumen, extraídos del DOF (1994-7) son:

- i. Fomentar una mayor participación en el campo de los sectores social y privado para mejorar la competitividad interna y externa.
- ii. Elevar el nivel de vida de las familias rurales; y la modernización del sistema de comercialización,
- iii. Incrementar la capacidad de capitalización de las unidades de producción rural
- iv. Conversión de aquellas superficies en las que sea posible establecer actividades que tengan una mayor rentabilidad, dando certidumbre económica a los productores rurales y mayores capacidades para su adaptación al cambio
- v. Impulsar nuevas alianzas entre el mismo sector social y con el sector privado.
- vi. Apoyar a los productores del campo, mediante un programa que eleve las condiciones de vida, conserve los recursos naturales y fomente el desarrollo del sector rural

Clasificación de los cultivos

De acuerdo a la clasificación del Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI, 2009), los cultivos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Anuales; que refiere a los cultivos con un ciclo de cultivo menor a un año
- Semi-Permanentes; este tipo de cultivos se distinguen por permanecer en el terreno en un periodo de dos a diez años
- Permanentes; Esta categoría de cultivos son aquellos que permanecen en el terreno por más de diez años

Entendido esto se muestra ahora que los cultivos que apoyó PROCAMPO en su inicio, son todos cultivos anuales:

Cuadro [2.A.1]: Estancia en los terrenos del cultivo

Cultivo	Años en el terreno de cultivo	Cultivo	Años en el terreno de cultivo
<i>Algodón</i>	0.41 años	<i>Maíz</i>	0.28 a 0.37 años
<i>Arroz</i>	0.25 a 0.66 años	<i>Sorgo</i>	0.22 a 0.25 años
<i>Cártamo</i>	0.49 a 0.52 años	<i>Soya</i>	0.32 a 0.37 años
<i>Cebada</i>	0.25 a 0.41 años	<i>Trigo</i>	0.21 años
<i>Fríjol</i>	0.26 a 0.27 años		

Fuente: Elaboración propia con información de:
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1982).

En el primer año de PROCAMPO, el programa arrancó con 9 cultivos, todos ellos anuales, como se puede observar en el **cuadro [2.A.1]**, lo anterior dejó, en un inicio, fuera de PROCAMPO a cultivos como pastizales o viñedos.

Clasificación de la tierra

Es importante conocer el comportamiento de las tierras he identificar si antes o después de PROCAMPO hubo algún cambio en ellas. Para poder catalogar la tierra este estudio se apoya en la descripción dada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 1982), que define a la “superficie” como: la extensión horizontal de una determinada extensión de la superficie terrestre.

Superficie Agrícola

El INEGI (2007) la define como el “Área destinada comúnmente a la siembra o plantación de cultivos, independientemente de que se realice o no la siembra o plantación en un periodo determinado”. Esta superficie a su vez se divide en tres grupos básicos que la FAO en su Estudio de Desarrollo Económico y Social (1982), las define como:

- Tierras Arables y Superficie Agrícola: “Son todas aquellas que son cultivadas en rotación, ya sea con cultivos temporales, dejadas temporalmente en descanso, o utilizadas como praderas temporales”
- Tierras Destinadas a Cultivos Permanentes: “son aquellas cultivadas con plantas que permanecen en ellas un largo tiempo y que tienen que dejarse de plantar durante varios años después de la cosecha”
- Superficies de Praderas y Pastos Permanentes: “Son aquellas destinadas permanentemente, es decir, durante cinco años, o más, a cultivos herbáceos o forrajeros, que pueden crecer naturalmente, como el caso de las praderas salvajes o de los pastizales, o bien sembrándolos y cuidándolos”.

Cuadro [2.A.2]: Superficie del Territorio Nacional

Superficie		km ²	%
<i>Apta para la Agricultura</i>	* Con posibilidades de Irrigación	107,954.56	5.51%
	* Sin Posibilidades de Irrigación	264,302.56	13.49%
		372,257.12	19.00%
<i>No Apta Para la Agricultura</i>		1,586,990.88	81.00%
<i>Continental</i>		1,959,248.00	100%

Fuente: Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2013)

En conjunto, considerando los tres grupos juntos, la nación mexicana cuenta con una superficie continental de cercana a dos millones de km² de esta área solamente el 19% es apta para la agricultura, lo que significa casi 400 mil km² y de esta superficie, el 29%

que es alrededor de 107 mil km² tiene posibilidades de irrigación, todo esto, según reportó el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI], Sistema de Cuentas Nacionales de México (2013); es decir, existe en el territorio nacional 5.51% de superficie apta, con irrigación y con posibilidades de producción según se aprecia en el **cuadro [2.A.2]**.

2.1.1 Importancia del campo en el desarrollo económico, social y ambiental

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2008) que junto con las cifras reportadas por el INEGI (2008) en la Encuesta nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares (ENIGH, 2008), proporciona diez argumentos con los que defiende la importancia del campo para México, que en resumen, se enlistan a continuación:

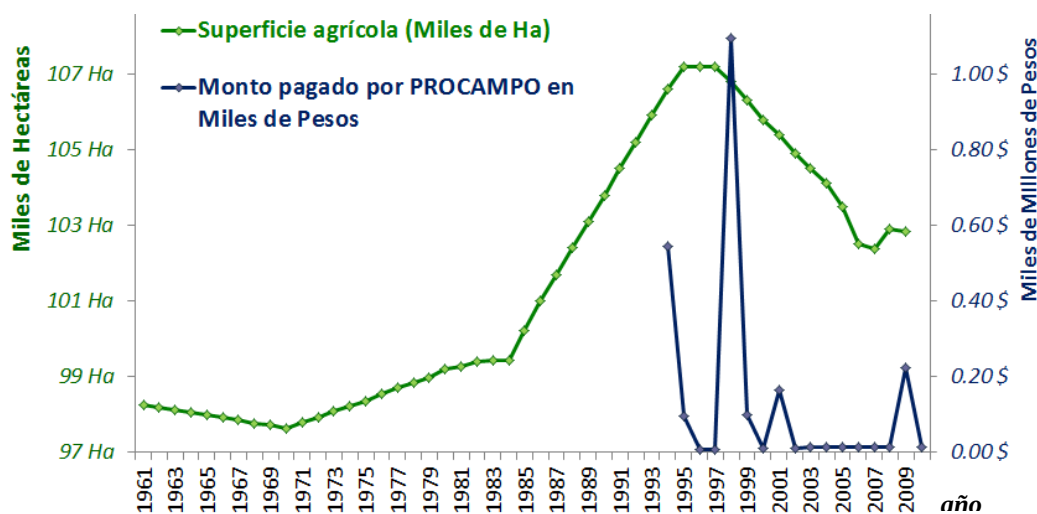
- a. La producción de alimentos se origina en este sector, por lo que es fundamental para la seguridad alimentaria.
- b. Los productos agropecuarios están en la base de un gran número de actividades comerciales e industriales, si se considera la actividad agroindustrial, la participación del PIB asciende a un 9%.
- c. Casi la cuarta parte de la población nacional vive en el medio rural, por lo que la agricultura es una actividad fundamental en el medio rural.
- d. La población rural no solo se dedica a la agricultura, también tiene actividades económicas como el comercio, la artesanía, la extracción de minerales, el turismo, etc. Y el crecimiento de la agricultura las favorece y viceversa.
- e. La incidencia de la pobreza es mucho mayor en el campo que en la ciudad, por lo que erradicar la pobreza rural con el desarrollo agrícola tiene un papel preponderante.
- f. El desarrollo agrícola también conlleva a mejoras de salud, educación, vivienda, servicios, etc.
- g. Se crea el ambiente propicio para la igualdad de oportunidades.
- h. En un entorno nuevo donde el cambio climático impera en las preocupaciones de muchas naciones, México debe atender el desarrollo del campo atendiendo la sostenibilidad ambiental y la conservación de los recursos naturales.
- i. El desarrollo agrícola incide directamente en diferentes áreas como la alimentación, empleo, recursos naturales, etc. Por ello tiene un papel importante en la inserción internacional de México.

- j. En el medio rural se encuentran muchas de las raíces culturales y las expresiones más entrañables de la identidad nacional.

Por ello, el campo mexicano no es sólo un sector minoritario, tiene implicaciones que afectan directamente a varias actividades económicas, y considerar sólo una de estas razones, es un motivo más que suficiente para dar prioridad al campo mexicano, debido a su papel en el desarrollo económico y social.

2.1.2 El uso de la Superficie Agrícola

La superficie agrícola no ha sido constante, debido a muchos factores, mismos que no son tema de discusión ahondar en cada uno de estos factores, pero si será menester analizar los cambios que ha tenido al paso del tiempo.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Figura [2.A.3]: Superficie Agrícola y Monto pagado por PROCAMPO

La superficie agrícola no ha sido constante, se observan sucesos importantes en los quiebres en las líneas de la gráfica en **la figura [2.A.3]**, específicamente en los años 1970, 1984 y 1994 que afectan de forma directa a la superficie del campo mexicano, entre ellos cabe destacar el año de 1980 Programa Nacional de Catastro Rural y Regularización de la Tenencia de la Tierra, ambos fenómenos que involucraron a la actividad económica y más directamente a la superficie, como es el caso del catastro rural.

Y aunque se observan 4 comportamientos diferentes, todos con comportamientos lineales perfectos, mismo que impide un análisis estadístico, se puede observar el

crecimiento en el año de 1984, justo a 4 años después del catastro rural, donde se observa un cambio en el crecimiento de las hectáreas para cultivo.

Posteriormente se observa un freno en el aumento de las hectáreas para uso agrícola, después de un año en vigor del TLCAN y PROCAMPO, el cambio es significativo, pues no sólo se detiene, si no cambia su tendencia, y se registra una “pérdida” en las superficies agrícolas. Esto abre una ventana al análisis del uso de la tierra, y aunque se reporta un comportamiento perfectamente lineal, estos quiebres en el comportamiento lineal serán usadas en la investigación.

3 MARCO TEÓRICO

Como parte del marco teórico se presentarán diferentes técnicas, que a manera de mención, se discutirá su propósito técnico para esta investigación, sin ahondar en la construcción de su teoría, ya que no es de interés demostrar las características ni en los detalles, simplemente se busca un panorama aplicado de lo que a continuación se expone, y el cómo estas herramientas fueron usadas en este trabajo para la descripción e interpretación de los datos.

3.1 DESCRIPCIÓN DE UN COMPORTAMIENTO

A continuación se presentan los modelos que ayudaron a la descripción de los datos en esta investigación.

3.1.1 La recta:

Una línea es el comportamiento más usado para el análisis de dos conjuntos de datos, ya que en la naturaleza y por ende en la economía, se presentan fenómenos similares a un comportamiento lineal.

Definición de una Relación lineal

Se considera a una línea como una colección de al menos dos conjuntos de datos, donde el crecimiento de unos lleva al crecimiento de sus contrapartes, siempre en una proporción constante de crecimiento más una constante (Jude et al., 1988), como se muestra en [3.A.1]:

$$Y = \{y_i \in \mathbb{R} | i = 1, 2, \dots, n\} \quad \wedge \quad X = \{x_i \in \mathbb{R} | i = 1, 2, \dots, n\} \quad [3.A.1]$$

$$y_i = mx_i + b \quad \forall \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{donde} \quad m, b \in \mathbb{R} \quad \text{fijas} \quad [3.A.2]$$

Discusión sobre la Pendiente

La “Pendiente” es una relación constante, que explicita en el crecimiento de una variable respecto a la otra: ver [3.A.3]:

$$\Rightarrow y_t - y_{t-1} = m(x_t - x_{t-1}) \Rightarrow m = \frac{y_t - y_{t-1}}{x_t - x_{t-1}} \Rightarrow m = \frac{\Delta y_t}{\Delta x_t} \quad [3.A.3]$$

Es decir, la pendiente, [3.A.3], es una forma simple de comparar dos crecimientos, es un indicador de avance, [3.A.4]:

$$\text{si } \forall t \quad (\Delta y_t^*) < \Delta y_t \Rightarrow \frac{(\Delta y_t^*)}{\Delta x_t} < \frac{\Delta y_t}{\Delta x_t} \Rightarrow m^* < m \quad [3.A.4]$$

En otras palabras, si el incremento que se obtuvo en Δy_t^* es de menor intensidad al observado en Δy_t , a pesar de haber tenido las mismas condiciones de crecimiento en Δx_t entonces, las observaciones en y_t^* tienen menor pendiente que y_t , es decir $m^* < m$ y por lo tanto tienen un menor desempeño.

Obsérvese lo siguiente [3.A.5]:

$$\text{si } \forall t \quad (\Delta x_t^*) < \Delta x_t \Rightarrow \frac{\Delta y_t}{\Delta x_t^*} < \frac{\Delta y_t}{\Delta x_t} \Rightarrow m < m^* \quad [3.A.5]$$

Si la base comparativa es desigual, el incremento menor Δx_t^* en la base dará una ventaja al comparar los incrementos de la variable y_t , ya que al ser menor la cantidad de unidades comparadas en una base respecto a la otra, al efectuar el cociente, la división asignará más unidades por incremento al de menor denominador.

El caso continuo de la Pendiente

En un supuesto, de trabajar con datos continuos, se puede pensar en los conjuntos analizados como dos conjuntos de elementos en los reales de forma continua [3.A.6]:

$$x, y \in \mathbb{R} \quad [3.A.6]$$

Y de la misma forma (Lehmann, 1989) es posible suponer que existe una relación directamente proporcional al crecimiento de una variable respecto de la otra

$$y = mx + b \quad \text{donde } m, b \in \mathbb{R} \quad \text{fijas} \quad [3.A.7]$$

$$\Rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{d(mx + b)}{dx} \Rightarrow \frac{dy}{dx} = m \quad [3.A.8]$$

En otras palabras $\frac{dy}{dx}$ es el caso continuo de lo que se ha platicado líneas anteriores, con

$\frac{\Delta y_t}{\Delta x_t}$, por lo que el utilizar la derivada como un indicador de crecimiento es totalmente

factible cuando se cuenta con datos continuos o bien cuando se supone continuidad en los datos.

3.1.2 La función Exponencial

Una función exponencial se obtiene al considerar un movimiento tal que su velocidad sea directamente proporcional a la misma función (Zill y Cullen, 2002), con una tasa relativa de crecimiento igual a una contante,:

$$\frac{dP/dt}{P} = k \Leftrightarrow \frac{dP}{dt} = kP \quad [3.A.9]$$

Para resolver esta ecuación diferencial se propone una función tal que su “velocidad” o “pendiente” sea igual a la función original afectada por una constante, luego entonces, si se propone a $P = e^{kt}$, se tiene que:

$$\frac{dP}{dt} = ke^{kt} \Rightarrow \frac{dP}{dt} = kP \quad [3.A.10]$$

Transformación de una ecuación exponencial a su equivalente lineal

Cuando un fenómeno es regido por una función exponencial es posible analizar sus partes constantes, por medio de una transformación logarítmica.

$$y = C \exp(ax) \Rightarrow \ln(y) = \ln(C) + at \quad [3.A.11]$$

De la misma forma es posible considerar dos variables de forma exponencial en una relación lineal, por medio de su transformación logarítmica

$$\ln(y) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(x) \Leftrightarrow y = C_1 x^{b_3} e^{b_2 t} \quad [3.A.12]$$

Considerar que un fenómeno guarda esta relación, es afirmar que su crecimiento no será constante, si no que dependerá del tiempo y del valor de la variable “x” en ese tiempo, creando una pendiente siempre creciente debido al hecho de que el tiempo es siempre tomado en forma creciente, siempre y cuando el valor de “x” lo permita, es decir

$$\Rightarrow \frac{dy}{dx} = C_0 b_3 (x^{b_3-1}) \exp(b_2 t) \quad [3.A.13]$$

$$\Rightarrow \frac{dy}{dt} = C_0 b_2 x^{b_3} e^{b_2 t} \quad [3.A.14]$$

Tomando el caso los incrementos discretos se podrá explicar el incremento de la producción, con las demás variables, siempre interactuando, y si los coeficientes y los valores de las variables son positivos, el crecimiento será siempre positivo y creciente con forme pase el tiempo si $C_0, b_2, b_3, x_i, x_j > 0 \wedge t_i \leq t_j \Rightarrow \exp(t_i) \leq \exp(t_j)$.

$$\Rightarrow \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} < \frac{\Delta y_j}{\Delta x_j} \quad [3.A.15]$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta y_i}{\Delta t_i} < \frac{\Delta y_j}{\Delta t_j} \quad [3.A.16]$$

Sin embargo para poder aislar los crecimientos, sólo será posible considerando la transformación logarítmica, y dado que es una función biyectiva, es posible juzgar el crecimiento de y con el crecimiento de $\ln(y)$.

$$\frac{d \ln(y)}{dt} = b_2 \Rightarrow \frac{\Delta \ln(y)}{\Delta t} = b_2 \quad [3.A.17]$$

$$\frac{d \ln(y)}{d \ln(x)} = b_3 \Rightarrow \frac{\Delta \ln(y)}{\Delta \ln(x)} = b_3 \quad [3.A.18]$$

La elasticidad, (Maddala, 1996) es un cociente que compara los crecimientos relativos, y su uso servirá para comparar la “fuerza” que cada variable aporta al crecimiento de la producción

$$si \left(\frac{dy}{dx} \right) \leq \left(\frac{dy}{dt} \right) \Rightarrow \frac{\left(\frac{dy}{dx} \right)}{\left(\frac{dy}{dt} \right)} \leq 1 \Rightarrow \frac{b_3}{b_2} x^{-1} < 1 \Rightarrow \frac{b_3}{b_2} < x \quad [3.A.19]$$

En otras palabras el crecimiento de la función y debido a un aumento en la variable tiempo $\left(\frac{dy}{dt} \right)$, será superior a un incremento en la variable $x: \left(\frac{dy}{dx} \right)$; si $\frac{b_3}{b_2} < x$

3.2 CONCEPTOS DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA

Para el análisis de la información será necesario utilizar conceptos de probabilidad y técnicas estadísticas, se supondrá que los fenómenos que aquí se exponen son resultados de experimentos aleatorios, gobernados por variables aleatorias con funciones de distribución de probabilidad desconocidas; para ello se define:

3.2.1 Conceptos de Probabilidad

Definición de Variable Aleatoria

Una variable aleatoria (Ross, 2002) es una función que asigna valores reales $\mathbb{R}$ a elementos del espacio muestral Ω , en otras palabras se tiene en [3.A.20]:

$$X(\Omega) \rightarrow \mathbb{R} \quad [3.A.20]$$

De estas variables aleatorias, sólo se conocerá el valor que arrojaron en los reales para ciertos ensayos realizados en un momento determinado del tiempo, por lo regular, cada año, desconociendo su forma explícita, pero se supondrá un comportamiento regido por alguna función de distribución de probabilidad.

Esperanza.

Este concepto es usado para encontrar el valor más probable que puede tomar una variable aleatoria dentro de todos los posibles valores reales de su dominio, o bien puede entenderse como un promedio que pondera con su peso probabilístico cada valor de la variable aleatoria; de forma más precisa (Ross, 2002):

$$\mu = E(x) = \sum_{x \in X} xP(X = x) \quad [3.A.21]$$

O bien en el caso continuo:

$$\mu = E(x) = \int_{x \in \mathbb{R}} xf(x)dx \quad [3.A.22]$$

donde $f(x) := \text{Función de distribución de probabilidad}$

Varianza

La variación de los datos, o “varianza” (Ross, 2002), se encarga de dar una distancia promedio entre los valores de la v.a. y su esperanza. Esta medida de dispersión muestra el cuadrado de la distancia promedio, de forma más precisa (Wackerly et al., 2007):

$$\sigma^2 = Var(Y) = E[(Y - \mu)^2] \quad [3.A.23]$$

Desviación Estándar

Dado que la Varianza es una medida de distancias elevadas al cuadrado (Wackerly et al., 2007), es necesario tener una distancia lineal y en valor absoluto, en otras palabras:

$$\sigma = \sqrt{Var(Y)} = \sqrt{E[(Y - \mu)^2]} \quad [3.A.24]$$

Discusión sobre la Covarianza

Cuando se manejan dos datos ordenados por el mismo índice, ya sea simplemente numérico o temporal (Wackerly et al., 2007), surge la necesidad de saber si de alguna forma están relacionados de forma lineal. Para resolver esta necesidad se utiliza el concepto de Covarianza, que es el caso extendido de la varianza usado ahora para dos variables aleatorias.

Sean X y Y dos variables aleatorias con sus respectivos valores esperados μ_X y μ_Y , se define la covarianza de X y Y como:

$$cov(X, Y) = E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)] \quad [3.A.25]$$

Obsérvese que si las variables aleatorias son crecientes (Wackerly et al., 2007), es decir, si $\forall i \quad x_i < x_{i+1} \quad \wedge \quad y_i < y_{i+1}$ la covarianza resultante es positiva [3.A.26]:

$$Si \quad x_i - \mu_x > 0, \quad \wedge \quad y_i - \mu_y > 0 \quad \Leftrightarrow (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) > 0$$

$$Si \quad x_{i+1} - \mu_x < 0 \quad \wedge \quad y_{i+1} - \mu_y < 0 \quad \Leftrightarrow (x_{i+1} - \mu_x)(y_{i+1} - \mu_y) > 0$$

$$\therefore Cov(X, Y) > 0 \quad [3.A.26]$$

En otras palabras, la Covarianza positiva indica la existencia de una relación creciente, directamente proporcional entre las dos variables.

De la misma forma (Wackerly et al., 2007), si $\forall i \quad x_{i+1} < x_i \quad \wedge \quad y_i < y_{i+1}$ entonces se calcula una covarianza negativa [3.A.27]:

$$\begin{aligned} \text{Si } x_i - \mu_x > 0 \quad \wedge \quad y_i - \mu_y < 0 &\Leftrightarrow (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) < 0 \\ \text{Si } x_{i+1} - \mu_x < 0 \quad \wedge \quad y_{i+1} - \mu_y > 0 &\Leftrightarrow (x_{i+1} - \mu_x)(y_{i+1} - \mu_y) < 0 \\ \therefore \text{Cov}(X, Y) < 0 & \quad \quad \quad [3.A.27] \end{aligned}$$

En otras palabras, dada una covarianza negativa [3.A.27], al incremento de una variable, se espera que la segunda variable reaccione con un decremento, de forma inversa y proporcional al incremento de la primera variable.

Posteriormente se tiene un último caso al relacionarlas entre si las v.a. (Wackerly et al., 2007), no muestran comportamientos definidos en su crecimiento o decrecimiento, y por ende, no es posible catalogar como positiva o negativa las distancias de las observaciones al valor esperado, ver [3.A.28], la multiplicación de las distancias entre las observaciones y sus medias convergerá a cero, pues no existe evidencia de una tendencia dominante, como consecuencia el valor esperado de esta multiplicación también convergerá a cero y por último la covarianza también tenderá a cero.

En este caso la covarianza da indicios de una carencia de correlación entre las dos variables, y confirma una independencia lineal de una variable respecto a la otra.

$$\begin{aligned} \text{Si } x_i, y_i \in \mathbb{R} &\Leftrightarrow x_i - \mu_x \in \mathbb{R} \quad \wedge \quad y_i - \mu_y \in \mathbb{R} \quad \Leftrightarrow (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y) \in \mathbb{R} \\ &\Leftrightarrow E[(x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)] \rightarrow 0 \\ \therefore \text{Cov}(X, Y) &\rightarrow 0 \quad \quad \quad [3.A.28] \end{aligned}$$

Por lo tanto el concepto de covarianza, se convierte en una herramienta elemental para conocer la relación que existe entre dos conjuntos de datos e indagar la dirección que toman ante los cambios de una en el crecimiento o decrecimiento.

Nivel de Significancia

Sea una evaluación conocida X_0 de una variable aleatoria X . Se dirá que X_0 tiene un nivel de significancia α si existen dos valores $x_{\frac{\alpha}{2}}$ y $x_{1-\frac{\alpha}{2}}$ de X tales que:

$$x_0 \in \left[x_{\frac{\alpha}{2}}, x_{1-\frac{\alpha}{2}} \right] \wedge P \left[x_{\frac{\alpha}{2}} \leq X \leq x_{1-\frac{\alpha}{2}} \right] = 1 - \alpha \quad [3.A.29]$$

En otras palabras, dado un nivel de significancia α se encuentran dos evaluaciones de la v.a. X que forman un intervalo $\left[x_{\frac{\alpha}{2}}, x_{1-\frac{\alpha}{2}} \right]$ tal que contendrá al valor X_0 con una probabilidad de $(1 - \alpha)$

3.2.2 Conceptos de Análisis de Regresión

Modelo Lineal general

Cuando se tiene más de una variable explicativa se considera lo siguiente para manejar la información:

$$\begin{aligned} y_1 &= \beta_1 + \beta_2 x_{12} + \dots + \beta_k x_{1k} + e_1 \\ y_2 &= \beta_1 + \beta_2 x_{22} + \dots + \beta_k x_{2k} + e_2 \\ &\vdots \\ y_n &= \beta_1 + \beta_2 x_{n2} + \dots + \beta_k x_{nk} + e_n \end{aligned}$$
$$\text{Si } X_1^t = [1 \ 1 \ \dots \ 1]^t \wedge X_i^t = [x_{1i} \ x_{2i} \ \dots \ x_{ni}]^t \quad \forall i = 2 \dots k$$
$$\Rightarrow Y = X_1 \beta_1 + X_2 \beta_2 + \dots + X_k \beta_k + e$$
$$\text{Si } X = (X_1 \ X_2 \ \dots \ X_k) \wedge \beta^t = (\beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_k)^t$$
$$\Rightarrow Y = X \beta + e \quad \text{donde } E(e) = 0 \quad [3.A.30]$$

Transformación de un modelo exponencial a un modelo lineal

Un fenómeno muy común en la naturaleza y en la economía es encontrar comportamientos que obedecen a una función exponencial

$$Y = \alpha e^{(\beta_1 x_1)} \dots e^{(\beta_k x_k)} \Rightarrow \ln(Y) = \beta_1 + \beta_2 x_{12} + \dots + \beta_k x_{1k} \quad [3.A.31]$$

Sin embargo esto no es impedimento para buscar los coeficientes que rigen el fenómeno, pues la forma que guarda [3.A.31] es una ecuación lineal.

3.2.3 Estimadores

Como ya se mencionó, en la práctica lo único que se conocerá de la variable aleatoria serán los valores que ya arrojó una vez hecho el experimento, (Wackerly et al., 2007) mismo que no está bajo el control de un laboratorio, pero que se asumirá la existencia de un proceso aleatorio, aunque se desconoce la probabilidad que gobierna a la variable aleatoria; y en consecuencia, el valor verdadero de la esperanza, que también, se desconoce.

Ello obliga al uso de estimadores que garanticen una aproximación certera con un alto grado de veracidad, para esta investigación se hace uso de estimadores insesgados de máxima verosimilitud. Cabe señalar que no será de interés demostrar la máxima veracidad de los estimadores, por ello el proceso de maximizar la verosimilitud de ellos no se encuentra en las líneas siguientes.

Estimador puntual del valor esperado:

Sea $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ una muestra aleatoria de n observaciones de una variable aleatoria con una función de distribución desconocida con parámetros μ y σ , desconocidos, el estimador puntual del valor esperado μ , (Wackerly et al., 2007) se calcula:

$$\mu = \bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad [3.A.32]$$

Estimador puntual de la Varianza:

Para estimar la dispersión en promedio de los datos se hace uso de la siguiente definición. Sea $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ una muestra aleatoria de n observaciones, de una variable aleatoria con función de distribución desconocida y con parámetros μ y σ , desconocidos, el estimador puntual de la varianza (Wackerly et al., 2007) se calcula:

$$S^2 = \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad [3.A.33]$$

Estimador puntual de la Covarianza

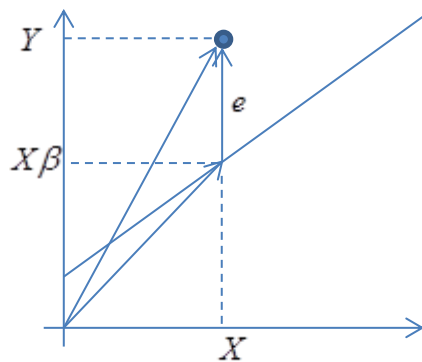
Para dar una idea de la “dirección” que toman los datos respecto a la interacción que tienen con otras series de datos, se utiliza la covarianza, y dado que sólo se conoce el valor que arrojó la variable aleatoria, (Wackerly et al., 2007) se recurre al siguiente estimador, que utiliza la estimación de los valores esperados para dar una aproximación a la localización puntual de la covarianza.

$$s_{xy} = \left(\frac{1}{n-1} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad [3.A.34]$$

3.2.4 Conceptos y estimadores de Estadística Multivariada

Criterio de Mínimos Cuadrados para el cálculo del vector de Coeficientes

Una vez que se supone un comportamiento lineal entre las observaciones de la variable dependiente Y , y la matriz de observaciones de las variables independientes X , es necesario estimar las proporciones en que la relación lineal interactúa. Para ello se utiliza este criterio, (Jude et al., 1988), el cual hace uso de la longitud vectorial como base, y busca valores b para β que minimicen la distancia entre el dato observado Y y la recta desconocida $X\beta$. Este proceso es ilustrado en [3.A.35]



$$X\beta + e = Y \Leftrightarrow e = Y - X\beta$$

$$\Leftrightarrow \|e\| = \|Y - X\beta\|$$

$$\Leftrightarrow e^t \cdot e = (Y - X\beta)^t \cdot (Y - X\beta)$$

$$\Rightarrow \min_{S.a:\beta} (e^t \cdot e) = \min_{S.a:\beta} ((Y - X\beta)^t \cdot (Y - X\beta))$$

$$\Rightarrow b = \beta = (X^t X)^{-1} X^t Y \quad [3.A.35]$$

Estimación de la Varianza para un modelo multivariado

Como se vio líneas arriba la estimación de la varianza da una noción de la dispersión de los datos alrededor de su media, la forma de calcularla cuando se tiene un vector multivariado (Jude et al., 1988) es la siguiente:

$$Var(\hat{e}) = E\left[(\hat{e} - E(\hat{e}))^t (\hat{e} - E(\hat{e}))\right] = E[\hat{e}^t \hat{e}] = \sigma^2 (n-k) \Leftrightarrow \sigma^2 = \frac{\hat{e}^t \hat{e}}{(n-k)}$$

[3.A.36]

Cálculo de la variación del vector de coeficientes

La estimación del vector de coeficientes también guarda una variación (Jude et al., 1988), misma que depende de la varianza original del proceso lineal, para conocer cómo se dispersan cada uno de los elementos del vector de coeficientes se procede al siguiente cálculo:

$$Var(b) = E\left[(b - \beta)^t (b - \beta)\right] = \sigma^2 (X^t X)^{-1} \quad [3.A.37]$$

Obsérvese que este cálculo ya no arrojará un número real, sino una matriz, también llamada, Matriz de varianzas y covarianzas. Luego entonces utilizando lo ya obtenido en [3.A.36] se procede a utilizar esta estimación como sigue:

$$Var(b) = \sigma^2 (X^t X)^{-1} \quad [3.A.38]$$

Coefficiente de Determinación.

Una forma de estimar la calidad del modelo (Jude et al., 1988) usado para explicar los datos del experimento es a través de un coeficiente, llamado “R Cuadrado” y la forma de obtenerlo es considerando la estimación de los errores del modelo lineal

$$\begin{aligned} \text{Si } \hat{e} = Y - \hat{Y} &\Leftrightarrow Y = \hat{Y} + \hat{e} \Leftrightarrow Y^t Y = b^t X^t X b + \hat{e}^t \hat{e} \Rightarrow \text{si } \beta = b \Rightarrow \bar{\hat{Y}} = \bar{Y} \\ \Rightarrow Y^t Y - n\bar{Y}^2 &= b^t X^t X b - n\bar{\hat{Y}}^2 + \hat{e}^t \hat{e} \Rightarrow 1 = \frac{b^t X^t X b - n\bar{\hat{Y}}^2}{Y^t Y - n\bar{Y}^2} + \frac{\hat{e}^t \hat{e}}{Y^t Y - n\bar{Y}^2} \\ \Rightarrow \frac{b^t X^t X b - n\bar{\hat{Y}}^2}{Y^t Y - n\bar{Y}^2} &= 1 - \frac{\hat{e}^t \hat{e}}{Y^t Y - n\bar{Y}^2} \end{aligned}$$

[3.A.39]

De [3.A.39] se advierte que si $b \rightarrow \beta \Rightarrow Xb = \hat{Y} \rightarrow Y$

$$\Rightarrow \frac{b^t X^t X b - n \bar{Y}^2}{Y^t Y - n \bar{Y}^2} \rightarrow 1 \quad \wedge \quad \frac{\hat{e}^t \hat{e}}{Y^t Y - n \bar{Y}^2} \rightarrow 0 \quad [3.A.40]$$

Entonces $\frac{b^t X^t X b - n \bar{Y}^2}{Y^t Y - n \bar{Y}^2}$ es un perfecto indicador que califica la calidad del modelo lineal, señalando que los errores tenderán a cero, ya que $\bar{Y}$, es una constante y entre mejor se aproxime $b \rightarrow \beta$, mejor serán descritos los datos por el modelo lineal, nótese lo siguiente:

$$Y^t Y = (Xb)^t Xb = b^t X^t Y \quad [3.A.41]$$

Por ello se define:

$$R^2 = \frac{b^t X^t X b - n \bar{Y}^2}{Y^t Y - n \bar{Y}^2} = \frac{b^t X^t Y - n \bar{Y}^2}{Y^t Y - n \bar{Y}^2} = 1 - \left(\frac{\hat{e}^t \hat{e}}{Y^t Y - n \bar{Y}^2} \right) \quad [3.A.42]$$

Esta operación arroja un real que se encuentra entre 0 y 1, cuando se aproxima muy cerca al cero da indicios de la nula explicación del modelo hacia los datos, mientras que cuando se aproxima a la unidad, se piensa que el modelo ha explicado de forma precisa los datos

Coefficiente de Determinación Ajustado

Dadas las propiedades cuadráticas del coeficiente R^2 , este nunca decrece cuando se aumentan las variables explicativas, (Jude et al., 1988), por ello para comparar modelos con variables diferentes y con el número de observaciones diferentes, se recurre al “El Coeficiente de Determinación Ajustado”:

$$\overline{R^2} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-k} \right) (R^2) \quad [3.A.43]$$

Distribución Normal de los Errores

Cuando se modela un fenómeno y se supone que tiene un comportamiento lineal, se busca que los errores cometidos circunden el cero, y para satisfacer esa necesidad, también un supuesto común mente usado, es asumir que estos errores tienen una función de distribución Normal estándar, donde

$$e \sim N(0, \sigma^2 I) \quad [3.A.44]$$

Al asumir esto se puede concluir que los datos observados en el experimento también asumen un comportamiento Normal (Jude et al., 1988), de la misma manera las estimaciones del vector de coeficientes (Jude et al., 1988) tendrá una distribución normal multivariada.

$$e = Y - \hat{Y} = Y - X\beta \Rightarrow Y = e + X\beta \Rightarrow E[Y] = X\beta, \quad Var[Y] = \sigma^2 I$$

$$Y \sim N(X\beta, \sigma^2 I) \quad [3.A.45]$$

$$b = (X^t X)^{-1} X^t Y \Rightarrow b \sim N\left(\beta, \sigma^2 (X^t X)^{-1}\right) \quad [3.A.46]$$

Otra consecuencias de asumir el comportamiento normal, es que cualquier combinación lineal de los coeficientes, también se distribuye como una variable aleatoria Normal (Jude et al., 1988) y en el caso de los errores, su multiplicación se distribuye como una Ji Cuadrada (Jude et al., 1988).

$$R_T = (r_{T1} \quad r_{T2} \quad \cdots \quad r_{Tk}) \Rightarrow R_T b \sim N\left(R_T \beta, \sigma^2 R_T (X^t X)^{-1} R_T^t\right) \quad [3.A.47]$$

$$\Rightarrow \frac{(R_T b - R_T \beta)}{\sqrt{\sigma^2 R_T (X^t X)^{-1} R_T^t}} \sim N(0, 1) \quad [3.A.48]$$

$$\Rightarrow \frac{\hat{e}^t \hat{e}}{\sigma^2} = \frac{n-k}{\sigma^2} \sigma^2 \sim \chi_{n-k}^2 \quad [3.A.49]$$

Al considerar estas dos variables aleatorias, una con distribución normal: [3.A.48]; y otra con Distribución Ji Cuadrada: [3.A.49]; en un cociente, la nueva variable aleatoria muestra una distribución T de Student (Wackerly, 2007). Ver [3.A.50]:

$$\frac{R_T (b - \beta)}{\sigma \sqrt{R_T (X^t X)^{-1} R_T^t}} \sim t_{(n-k)} \quad [3.A.50]$$

Prueba de Hipótesis para un coeficiente de la regresión

Sea b_i^* un valor estimado y conocido del coeficiente lineal teórico β_i . Sea el siguiente juego de hipótesis:

$$H_0 : \beta_i = b_i^* \quad Vs \quad H_0 : \beta_i \neq b_i^* \quad [3.A.51]$$

Se aceptará como verdadera la hipótesis $H_0 : \beta_i = b_i^*$ con un nivel de significancia α , si existen $-t_{n-k}$ y t_{n-k} valores de una variable aleatoria T de Student tales que:

$$\int_{-t_{n-k}}^{t_{n-k}} f(y) dy = 1 - \alpha \quad \wedge \quad \frac{b - b_i^*}{\sigma \sqrt{R_T (X^t X)^{-1} R_T^t}} \in [-t_{n-k}, t_{n-k}] \quad [3.A.52]$$

Donde $f(y)$ es la función de distribución de Probabilidad de una variable aleatoria T de Student (Jude et al., 1988).

Prueba de Hipótesis para dos o más Coeficientes de la Regresión.

Dado que se ha supuesto normalidad en la distribución de los errores, se puede demostrar, (Jude et al., 1988), que la que guarda la variable independiente bajo una transformación, se distribuye como una variable aleatoria Ji Cuadrada; mientras que el estimador insesgado, multiplicado por la diferencia entre el número de observaciones y el número de variables independientes, guarda una distribución Ji Cuadrada:

$$\Rightarrow \frac{(b - \beta)^t R_T^t \left(\sigma^2 R_T (X^t X)^{-1} R_T^t \right)^{-1} R_T (b - \beta)}{\sigma^2} \sim \chi_T^2 \quad [3.A.53]$$

$$\Rightarrow \frac{(n - k) \sigma^2}{\sigma^2} \sim \chi_{(n-k)}^2 \quad [3.A.54]$$

Esta propiedad se puede aprovechar para calcular una variable aleatoria que no depende de valores teóricos como es el caso de σ^2 , será necesario dividir cada variable Ji Cuadrada entre sus grados de libertad, dando como resultado una función de distribución de probabilidad F de Fisher:

$$\Rightarrow \frac{(b - \beta)^t R_T^t \left(\sigma^2 R_T (X^t X)^{-1} R_T^t \right)^{-1} R_T (b - \beta)}{T \sigma^2} \sim F_{(T, n-k)} \quad [3.A.55]$$

Sea $R\beta^*$ una combinación lineal de los coeficientes conocidos y estimados de la combinación lineal teórica y desconocida de los coeficientes de la regresión lineal $R\beta$. Sea el siguiente juego de hipótesis:

$$H_0 : R\beta = R\beta^* \quad \text{Vs} \quad H_1 : R\beta \neq R\beta^* \quad [3.A.56]$$

Se aceptará como verdadera la hipótesis $H_0 : R\beta = R\beta^*$ con un nivel de significancia α , si existen $F_{(T,n-k)\alpha/2}$ y $F_{(T,n-k)1-\alpha/2}$ valores de una variable aleatoria F de Fisher tales que:

$$\int_{F_{(T,n-k)1-\alpha/2}}^{F_{(T,n-k)\alpha/2}} f(y) dy = 1 - \alpha$$

$$\wedge \quad \frac{(b - \beta^*)^t R_T \left(\sigma^2 R_T (X^t X)^{-1} R_T \right)^{-1} R_T (b - \beta^*)}{T \sigma^2} \in \left[F_{(T,n-k)\alpha/2}, F_{(T,n-k)1-\alpha/2} \right] \quad [3.A.57]$$

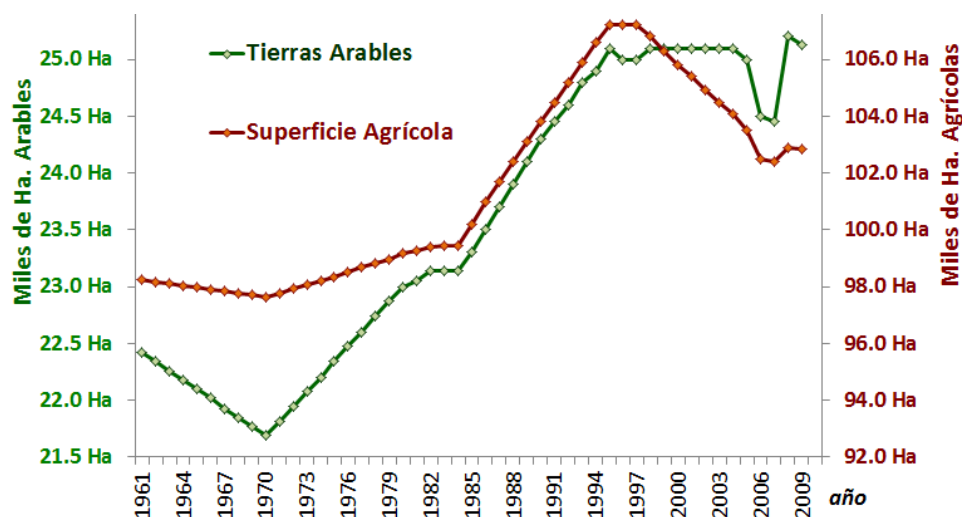
Donde $f(y)$ es la función de distribución de Probabilidad de una variable aleatoria F de Fisher (Jude et al., 1988).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 TIERRAS ARABLES.

4.1.1 Tierras Arables, Superficie.

Como se vio en la definición estas tierras abarcan a todo el abanico de las superficies dedicadas a la producción agrícola que no ocupen por largo tiempo el terreno de cultivo, y por tanto es aquí donde entran los cultivos beneficiados en el primer año de PROCAMPO y que son el objeto de análisis en esta investigación



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012

Figura [4.A.1]: Tierras Arables y Superficie Agrícola

Se puede apreciar en **la figura [4.A.1]** el perfecto desarrollo lineal de ambas gráficas, lo que pone en duda un proceso natural de crecimiento en los datos, por lo que los siguientes estimadores estadísticos deberán ser tomados como meras referencias, aunque gráficamente, se aprecia la presencia de al menos un cambio importante en el comportamiento de las superficies arables, ya que la crisis de 1994 o el catastro rural no parecen tener impacto significativo en el aumento de las tierras arables.

Ahora considérese sólo como referencia las medidas estadísticas del **cuadro [4.A.2]**, ahí se aprecia un crecimiento constante en el periodo 1970-1995, a razón de casi 130 mil hectáreas más al año. Otro aspecto importante a notar es el paralelismo entre la

superficie agrícola y la superficie de tierras arables, mismo que se aprecia también en los periodos de 1961-1979, 1970-1995, 1980-1993, lo que se interpreta como un aporte positivo de los incrementos en el área agrícola a las tierras arables.

En el periodo de 1961-1979 se calculan que de cada hectárea que se incrementó en tierras arables 84.89% de ella se destinó a superficie arable, lo que significó cerca de 83 mil hectáreas arables más al año en promedio. Mientras que para el periodo 1970-1975 se destinó 32.36% de cada hectárea agrícola a superficie arable, representando un poco más de 130 mil hectáreas más al año, y finalmente en el periodo de 1980-1993, se promedió por cada hectárea agrícola incrementada, el 26.27% que se destinó a tierras arables, siendo traducido en casi 150 mil de ha más al año.

Cuadro [4.A.2]: Tierras Arables, Superficie.

Periodos	Correlación Tierras Arables Vs Superficie Agrícola	Incremento en ha de Tierras Arables por cada hectárea más en Superficie Agrícola †	Incremento de Tierras Arables por año en ha §	$R^{2††}$
1961 – 2009	0.9481	0.3589	83.4547	0.8869
1961 – 1979	0.9797	0.8489	24.6491	0.1753
1970-1995	0.9679	0.3236	130.4937	0.9823
1980-1993	0.9991	0.2627	147.6967	0.9552
1994-2009	0.3979	0.0478	-9.4059	0.0431

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2012.

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ha y el tiempo.

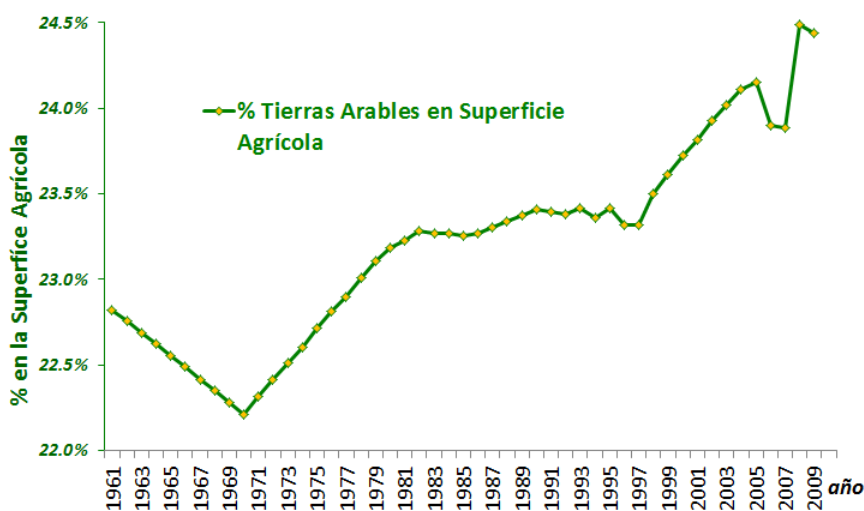
††: Proporción de hectáreas explicadas con el paso del tiempo.

Después de 1994 el aporte de la superficie agrícola para las tierras arables cesa, las tierras arables dejan de abastecerse de tierras agrícolas, mientras que las hectáreas destinadas a tierras arables se mantienen prácticamente constantes a partir de la entrada en vigor del TLCAN o incluso del inicio de PROCAMPO, la superficie agrícola sufre un declive de 362 mil hectáreas menos al año después de 1994.

4.1.2 Tierras Arables, Cambios Porcentuales.

Inicialmente se señaló que existen cuatro formas distintas de aportar tierras dentro del total de las tierras agrícolas, antes del catastro rural o de la crisis de 1980, se aprecia dos

tipos de comportamiento, antes de 1970, las tierras arables ceden su participación dentro de las tierras agrícolas, después de ello toman un papel participativo, mismo que no cede, aunque si cambia en intensidad, siempre en lo general se muestra aportando hasta el año 2007; entre 1961 y 2009 se promedian 0.0004 puntos porcentuales más al año de participación de las tierras arables dentro de las hectáreas agrícolas



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012

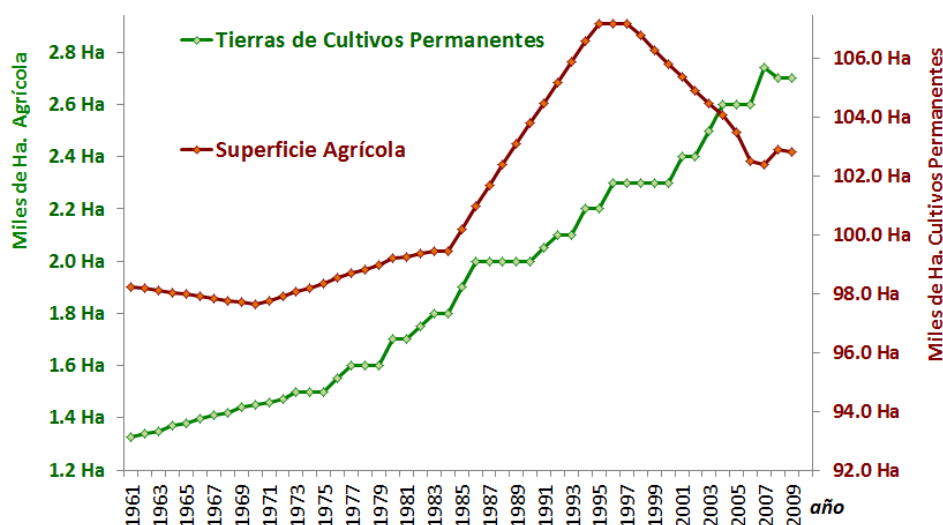
Figura [4.A.3]: Porcentaje de Tierras Arables en Superficie Agrícola.

Si bien los incrementos no son altamente sustanciales, puede verse el cambio en la velocidad con que se incrementa la participación de las tierras arables dentro de las tierras agrícolas; en lo que refiere al periodo de 1961-1970 se tiene 0.0002 puntos porcentuales más de participación dentro de las tierras agrícolas, en apenas el 12.43% de los años, este comportamiento participativo, se mantiene con el mismo promedio de 0.0002 puntos porcentuales más de participación dentro de las tierras agrícolas, sólo que en esta etapa el promedio se generaliza en 89.21% de los años en el estudio. Finalmente después de la entrada en vigor del TLCAN y de PROCAMPO se tiene promediado la mayor participación en todo el periodo, incluso en los tres tipos de cultivos, se promedia 0.0007 puntos porcentuales más de participación al año de las tierras arables dentro de la superficie agrícola, en más del 85.64% de los casos.

4.2 TIERRAS DE CULTIVOS PERMANENTES.

4.2.1 Tierras de Cultivos Permanentes, Superficies.

Por su definición se puede entender que ningún cultivo de esta investigación pertenece a esta categoría; sin embargo es necesario observar el destino de las tierras agrícolas, y detectar, si existe movimiento de un sector a otro.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012

Figura [4.B.1]: Tierras de Cultivos Permanentes y Superficie Agrícola.

Al observar la **Figura [4.B.1]**, se aprecia un comportamiento totalmente ajeno al comportamiento de la superficie agrícola. Los cultivos permanentes se muestran con un crecimiento siempre constante, y no muestran cambios importantes en los años 1980 ni 1994.

En general en todo el periodo se puede observar, ver **cuadro [4.B.2]**, que por cada hectárea que se añade a la superficie agrícola, se destina el 10.94% a cultivos permanentes, mismos que crecieron a razón de casi 31 mil hectáreas al año, en el 97.44% de los años estudiados

Cuadro [4.B.2]: Tierras de Cultivos Permanentes, Superficie.

Periodos	Correlación ha de Cultivos Permanentes Vs ha Superficie Agrícola	ha destinadas a Cultivos Permanentes por cada hectárea más en Superficies Agrícolas †	Miles de ha más de Cultivos Permanentes al año §	R ²
1961 - 2009	0.8248	0.1094	30.6556	0.9744
1961 - 1979	0.6559	0.1511	15.4298	0.9727
1980-1993	0.9092	0.0544	32.9670	0.9206
1994-2009	-0.9552	- 0.0992	37.8529	0.9344

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ha y el tiempo.

††: Proporción de hectáreas explicadas con el paso del tiempo.

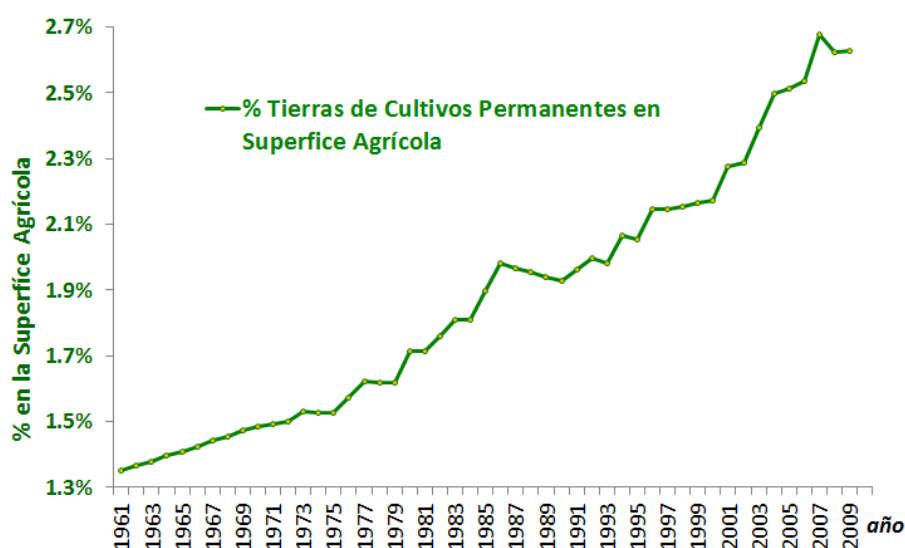
El aporte de la superficie agrícola a las tierras de cultivos permanentes está presente en todo el periodo analizado, sin embargo hay periodos en los que no guarda una estrecha relación con la superficie agrícola, como en el periodo 1961-1979 donde su coeficiente de correlación es de 0.6803, como se puede ver en el **cuadro [4.B.2]**.

Se deduce entonces que el principal destino de las superficies agrícolas no fueron los cultivos permanentes, en el periodo 1961-1979, a pesar de que al año se incrementó la superficie de cultivos permanentes a razón de más de 15 mil hectáreas cada año. Después de la crisis de 1980, los cultivos permanentes retoman su aporte en hectáreas a la superficie agrícola, promediando una correlación de 0.9092, aunque sólo se destinaron 5.4% hectáreas a cultivos permanentes por cada mil hectáreas de superficie agrícola.

Finalmente en lo que refiere al periodo de 1994-2009, la relación de la superficie agrícola con los cultivos permanentes se invierte totalmente, reportando un coeficiente de correlación negativo de -0.9552, esto significó que las tierras destinadas a cultivos permanentes “cedieron” hectáreas, pero observando que en ese mismo periodo los cultivos permanentes aumentaron más de 37 mil hectáreas al año, hace suponer que por cada hectárea que disminuía la superficie agrícola, los cultivos permanentes aportaban 09.92% hectáreas de superficie agrícola.

4.2.2 Tierras de Cultivos Permanentes, Cambios Porcentuales.

En lo que se refiere a los cultivos permanentes, al observar la **figura [4.B.3]** se puede apreciar la creciente e inalterable participación de los cultivos permanentes, siempre ganando puntos porcentuales dentro de su participación en la superficie agrícola, en general tomando en cuenta todo el periodo de análisis se promedian 0.0003 puntos porcentuales más de participación en las hectáreas de superficie agrícola, dicho promedio puede ser considerado como una medida general pues se aplica al 96.21% de los años en este periodo.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012

Figura [4.B.3]: Porcentaje de Tierras de Cultivos Permanentes en Superficie Agrícola.

En lo que refiere al periodo 1961-1979 el comportamiento no es diferente del general, pues se promedian 0.0002 puntos porcentuales más de participación en el porcentaje de hectáreas de los cultivos permanentes dentro de la superficie agrícola, mostrando a la superficie destinada a cultivos permanentes participe de las áreas de la superficie agrícola en el 97.82% de los años.

En el periodo que comprenden los años 1980-1993 tampoco reporta cambios sustanciales, la participación porcentual de los cultivos permanentes dentro de la superficie rural se muestra inmutable ante la regularización de la tierra o la crisis de 1980, reportando 0.0002 puntos porcentuales más de participación de las hectáreas

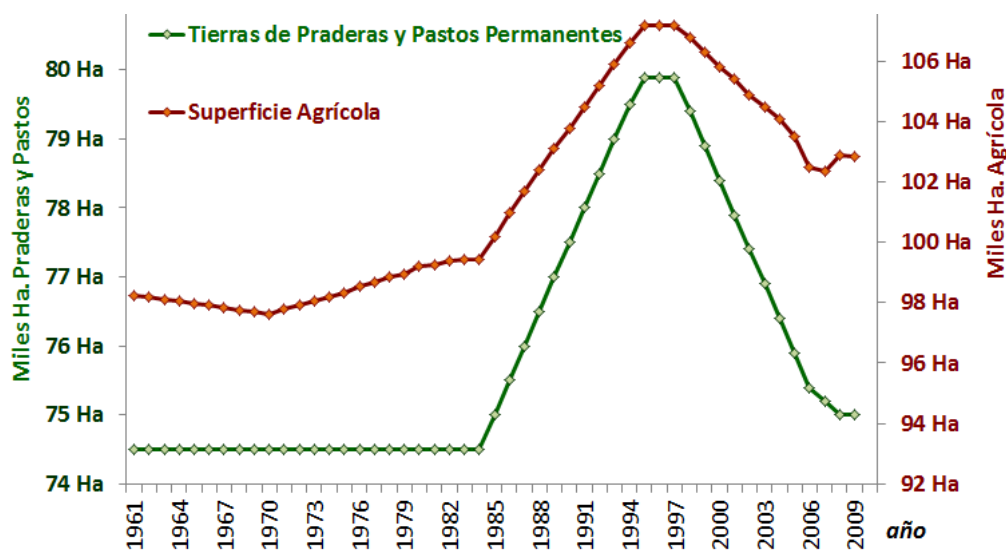
destinadas a cultivos permanentes dentro de las hectáreas de superficie agrícola, en el 80.01% de los años en este periodo.

Finalmente en el periodo posterior al TLCAN y a PROCAMPO no parece haber tampoco cambio alguno al ya marcado en el promedio general. Incluso la participación aumenta, pues se reportan 0.0004 puntos porcentuales más de participación dentro de las superficie agrícola, en alrededor del 94.24% a pesar de la entrada en vigor del TLCAN o de PROCAMPO.

4.3 TIERRAS DE PRADERAS Y PASTOS PERMANENTES.

4.3.1 Tierras de Praderas y Pastos Permanentes, Superficie.

En la **figura [4.C.1]** se alcanzan a apreciar tres etapas importantes, la primera termina en el año de 1984 justo 4 años después del catastro rural y de la crisis de 1980; después se observa un crecimiento perfectamente lineal, hasta 1995 donde se detiene justo un año después de la entrada en vigor del TLCAN y PROCAMPO, a partir de esa fecha comienza un declive en las superficies destinadas a praderas y pastos permanentes.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL. 2012

Figura [4.C.1]: Tierras de Praderas y Pastos Permanentes y Superficie Agrícola.

Otra cualidad a observar es la apariencia tan similar que guardan las dos curvas en **figura [4.C.1]**, tal pareciera que son las hectáreas destinadas a praderas y pastos permanentes las que rigen el comportamiento de la superficie agrícola.

Una forma de cuantificar lo anteriormente dicho es con la ayuda del **cuadro [4.C.2]**, a pesar de que dada la aproximación que la FAO realiza, es un comportamiento perfectamente lineal en todos los periodos, en particular no será posible discutir las características del periodo 1961-1979; a pesar de eso y con todos los inconvenientes estadísticos que esto implica en los demás periodos, se puede observar la alta correlación que guardan la superficie destinada a Praderas y pastos Permanentes y la Superficie

Agrícola, en general, con un 0.9420 de correlación, lo que habla de que por cada hectárea de uso agrícola, 53.17% de ella es destinada a praderas y pastos permanentes.

Cuadro [4.C.2]: Praderas y Pastos Permanentes, Superficie.

Periodos	Correlación Vs Superficie Agrícola	Ha dedicadas a Praderas y Pastos Permanentes por cada hectárea Agrícola†	Ha de Praderas y Pastos Permanentes al paso del Tiempo §	Ha explicadas
1961 – 2009	0.9420	0.5317	81.2078	0.3776
1961 – 1979	N/D	0	0	ND
1980-1993	0.9992	0.6829	379.2198	0.9319
1994-2009	0.9933	1.0514	-390.4882	0.9573

Fuente: Elaboración Propia con información de CEPAL, 2012.

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ha y el tiempo.

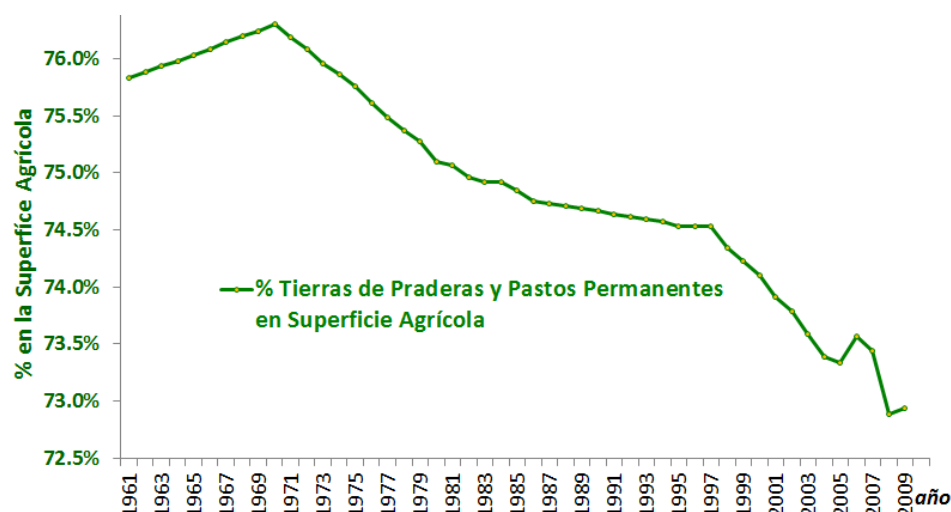
††: R² Proporción ha de Praderas y Pastos Permanentes explicadas con el paso del tiempo.

En lo que se refiere al periodo 1980-1993, la correlación es casi perfecta con 0.9984, lo que habla de un paralelismo entre los dos datos, y en general se promedian 68.29% de participación de las praderas y pastos permanentes a la superficie agrícola, este aporte se fomenta a razón de 379.22 mil hectáreas más cada año en un 93.19% de los casos.

Por último en el periodo de 1994-2009, la relación no deja de ser fuerte, aunque esta vez el aporte de la superficie agrícola es el mayor, pues por cada incremento en una hectárea de la superficie agrícola, las praderas y pastos permanentes aportan 1.05ha más, sin embargo este aporte es mermado al paso del tiempo a razón de poco más de 390 mil hectáreas de pastizales y praderas permanentes menos al año.

4.3.2 Tierras de Praderas y Pastos Permanentes, Cambios Porcentuales.

Como se vio en la **figura [4.C.2]** esta superficie tiene un comportamiento paralelo a la superficie total agrícola, sin embargo al considerar el porcentaje que ella representa en la superficie agrícola, resalta el hecho que es una superficie en decadencia, no importa el periodo que se analice, siempre disminuye su participación en la superficie agrícola, esto es más claro en la **figura [4.C.3]**. Si se considera todo el periodo de análisis se observa que estas áreas han caído a razón de 0.0006 puntos porcentuales al año en la superficie agrícola en el 92.97% de los años en el periodo.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012

Figura [4.C.3]: Porcentaje de Tierras de Praderas y Pastos Permanentes en Superficie Agrícola.

Este fenómeno no es alterado por el catastro rural, ni por la crisis de 1980, aunque si hay cambios en su intensidad. En el periodo de 1961 a 1980, en promedio las praderas y pastos permanentes se parte en dos periodos, pues antes de 1970 los prados ganan proporción, en la superficie agrícola, a partir de este punto comienza una pendiente negativa, que no se detiene. Incluso en el periodo de 1980 a 1993, se incrementa la pérdida de su participación, a razón de 0.0004 puntos porcentuales cedidos cada año en el 94.91% de los años, y finalmente en el periodo del TLCAN y PROCAMPO las praderas y pastos permanentes ceden su participación en hectáreas a razón de 0.0012 puntos porcentuales menos al año en el 94.46% de los años en el periodo, siendo este periodo, después de la entrada de PROCAMPO el más precipitado en la pérdida de participación dentro de la superficie agrícola.

4.4 ALGODÓN CON SEMILLA

El algodón en México es cultivado en diversas zonas, todas ellas con características tropicales o sub-tropicales. Se obtiene de una planta herbácea, de un arbusto perteneciente a la familia Malvaceae, su cultivo se da en regiones tropicales y sub-tropicales del globo terráqueo. Como se puede apreciar en la **figura [4.D.1]** el cultivo de este arbusto no tiene presencia en territorio nacional, siendo las zonas fronterizas de los estados de Baja California, Sonora y Chihuahua, los que cuentan con las pocas superficies dedicadas a este cultivo.

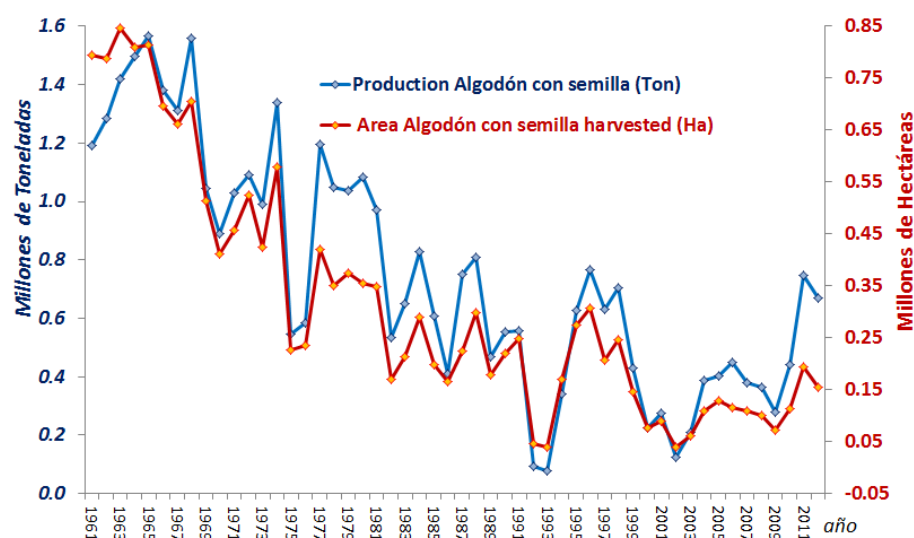


Fuente: INEGI, 2014

Figura [4.D.1]: Algodón, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.

4.4.1 Algodón, Producción y Superficie para su Cultivo.

Al considerar la superficie y la producción son siempre decrecientes, ver **figura [4.D.2]**, ninguno de los eventos en 1980, ni en 1992 o en 1994 detiene la caída tanto en producción como en la superficie utilizada para este cultivo. Tal pareciera que ni el TLCAN ni PROCAMPO tiene efecto positivo, que aliente la producción o las hectáreas dedicadas a este cultivo.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012 e INEGI, 2012.

Figura [4.D.2]: Algodón, Superficie y Producción.

Otro aspecto importante a resaltar de la **figura [4.D.2]** es la dependencia de la producción con la superficie, esto es más tangible en el **cuadro [4.D.3]**, en ella es más clara la necesidad de tierra para el aumento del cultivo de algodón. En general teniendo en cuenta todo el periodo de estudio entre la tierra y la producción hay una relación directamente proporcional, marcando en todo el periodo un coeficiente mayor a 0.94, en otras palabras es casi imperativo el incremento de la superficie cultivada para lograr un incremento significativo en la producción de algodón.

Cuadro [4.D.3]: Algodón, Producción Vs Superficie.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% toneladas explicadas por el incremento en ha §	ton Producidas por cada hectárea Añadida †
1961 – 2007	0.9442	89.15	1.6493
1961 – 1979	0.8774	76.99	1.2560
1980-1993	0.9724	94.56	2.9703
1994-2012	0.8846	78.26	2.3133

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: R^2 entre ha y ton.

Dada la relación entre la producción y superficie, se dejaron de cultivar un poco más de 13 mil hectáreas al año a consecuencia de la disminución en las hectáreas de cultivo, justo como se puede apreciar en el **cuadro [4.D.4]**; lo que significó una merma en la

producción cercana a 22 mil toneladas de algodón al año. Es así como cada ha se reportó en promedio más de 1.66ton de algodón por hectárea en promedio.

Cuadro [4.D.4]: Algodón, La Producción y Superficie en el Tiempo.

Periodos	% Años que explican las toneladas §	Toneladas al año. †	% Años que explican ha §§	Ha añadidas al Año ††
1961–2007	64.91	-21,722.05	74.32	-13,306.74
1961–1979	35.82	-30,740.87	79.47	-31,985.16
1980-1993	58.65	-52,993.38	44.49	-15,110.40
1994-2012	0.37	-2,097.79	22.55	-6,225.56

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y el tiempo.

††: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: R^2 entre el tiempo y ton

§§: R^2 entre el tiempo y ha

En lo que refiere al periodo inicial del análisis 1961-1979, la tendencia a la relación positiva y directa entre la producción y la superficie marca un coeficiente de correlación mayor a 0.87, lo que puede leerse como una necesidad obligada del aumento de la superficie para aumentar la producción de algodón, esto significó una producción promedio mayor a 1.25ton/ha, a pesar de que al año se dejaron de cultivar casi 32 mil hectáreas al año en más del 79% de los años estudiados, como consecuencia una merma en la producción cercana a 31 mil toneladas de algodón al año, cifra que no puede ser considerada como un promedio general, pues sólo explica un poco más del 35% de los años en este periodo.

El periodo de 1980-1993 en el **cuadro [4.D.3]**, justo antes de la entrada de PROCAMPO reporta ser el más productivo, con un promedio mayor a 2.9ton/ha en más del 94.5% de los datos. A pesar de que el periodo anterior 1961-1979 reportó la mayor “pérdida” de hectáreas, este fenómeno cesa en este periodo, pues se promedian un poco más de 15 mil hectáreas menos al año, pero no es un fenómeno generalizado, puesto que sólo se cumple para el 44.4% de los años estudiados en 1980-1993.

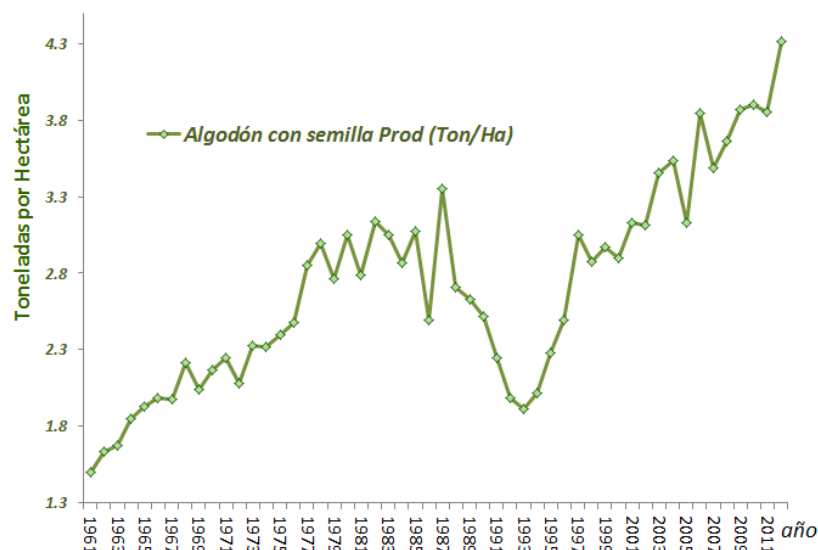
Después de esto la relación de la tierra para con la producción de algodón asciende, siendo para el periodo 1980-1993 en el **cuadro [4.D.3]** el coeficiente de correlación más alto, mayor a 0.9724, en otras palabras se vuelve imperativo y el aumento de la tierra para aumentar la producción de algodón, misma que reportó la más alta productividad para todos los periodos estudiados, con 2.97ton de algodón por hectárea; muy a pesar de que se perdieron 15 mil hectáreas al año en 44.49% de los años entre 1980 y 1993, como lo muestra el **cuadro [4.D.4]**, junto con una merma en la producción de casi 53 mil toneladas al año en 58%, de los años en este periodo.

En el periodo de 1994-2012 del **cuadro [4.D.3]**, justo en la aparición del TLCAN y PROCAMPO, la relación de la tierra y la producción no es muy diferente, con un coeficiente de correlación un poco mayor a 0.88, y al igual que el periodo anterior, el incremento de la tierra es una condición necesaria para el incremento de la producción en más del 78% de los casos se promedió 2.31ton de algodón por hectárea. Por otro lado al observar el **cuadro [4.D.4]**, la pérdida de hectáreas se detiene, pues sólo el 22.5% de los años en este periodo se “pierden” poco más de 6 mil hectáreas al año, lo que significó una merma de mayor a 2 mil toneladas de algodón al año en tan sólo el 21.5% de años observados en este periodo.

4.4.2 Algodón, Producción por hectárea.

Por lo anterior, los datos sugieren cambios entre la forma en cómo la tierra se relaciona con la producción al paso del tiempo, apoyados en esta observación se procede a calcular la producción en toneladas por hectárea.

Al considerar las toneladas de Algodón por cada hectárea a lo largo del tiempo en la **figura [4.D.5]**, Se aprecia el comportamiento del rendimiento. Antes de 1980 se nota un constante aumento en el rendimiento de las hectáreas en este cultivo, mismo que sufre un declive, esto puede adjudicarse a la crisis económica o al Catastro Rural, o algún cambio en la demanda del algodón. No es sino a partir de 1994 cuando el rendimiento por hectárea repunta, coincidiendo con la apertura comercial del TLCAN y PROCAMPO.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Figura [4.D.5]: Algodón, Toneladas por hectárea.

Lo anterior es reafirmado con los coeficientes de Correlación y Regresión, ambos mostrados en el **cuadro [4.D.6]**. En ella se puede justificar de forma más concreta la partición de tres periodos fundamentales. El primer renglón del **cuadro [4.D.6]** justifica el constante crecimiento de la tasa de producción por hectárea en todos los años analizado de 1961-2007 a razón de 0.0297ton más de algodón por hectárea cada año, aunque no hay que perder de vista los tres comportamientos diferentes. La estrecha relación entre la producción de algodón por hectárea y el tiempo es alta, marcando un coeficiente de correlación mayor a 0.8020, lo que se traduce en un aumento de producción siempre a la alza.

Cuadro [4.D.6]: Algodón, Producción por hectárea.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% de años que explican el crecimiento de ton/ha †	Incremento de ton/ha al Año. §
1961 – 2007	0.8020	64.33	0.0354
1961 – 1979	0.9525	90.73	0.0684
1980-1993	-0.7780	60.53	-0.0809
1994-2012	0.9431	88.95	0.1006

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: R^2 entre ton/ha y el Tiempo.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ton/ha y el tiempo.

En el periodo 1961-1979 del **cuadro [4.D.6]** se presenta la mayor correlación de los tres periodos analizados, con un coeficiente de correlación cercano a 0.95 con una

producción de algodón creciente a una razón de 0.068ton más por hectárea al año, en más de 90% de los años en este periodo, por lo que se puede considerar como un rendimiento generalizado.

Es en el siguiente periodo, 1980-1993 del **cuadro [4.D.6]**, cuando este ímpetu es radicalmente detenido he invertido, la relación entre el rendimiento de la producción con el tiempo no deja de ser alta, pero negativa -0.77, lo que habla de una caída en el rendimiento de la producción por hectárea al paso del tiempo, esto es confirmado con el coeficiente de regresión respectivo, que habla de una caída en el rendimiento de la producción a razón de 0.08ton menos por cada hectárea al año, muy a pesar, de que este mismo periodo registró la mayor producción promedio por hectárea: 2.97ton/ha, lo que sugiere un desaprovechamiento del potencial productivo; en otras palabras, en este periodo se mermó el rendimiento de la producción de arroz por hectárea a razón 0.08ton/ha menos cada año en más del 60% de los años comprendidos entre 1980 y 1993.

En el periodo de 1994 a 2007, que es el periodo en que entra en vigor el TLCAN y PROCAMPO, el rendimiento por hectárea y la relación entre el tiempo vuelve a ser positiva y fuerte con un coeficiente muy cercano a 0.90, lo que puede interpretarse como un rendimiento siempre creciente al paso del tiempo, aunque no supera a la ya observada en el periodo anterior; es compensada con el crecimiento más grande de los tres periodos, a razón de 0.107ton más de algodón por hectárea cada año; en otras palabras, se incrementó la capacidad productiva por cada hectárea, siendo este el periodo con mayor empuje, a pesar de haber registrado disminución en el número de hectáreas y de toneladas por hectárea.

4.4.3 Algodón, Modelo General para la Producción y la Superficie.

Una vez discutido las características del cultivo en cada etapa es momento de analizarlo de forma general a lo largo de todo el periodo de estudio. Para ajustar el comportamiento de la producción se recurrió a tres posibles modelos lineales, que explican la producción por medio del tiempo y las hectáreas, entre los tres, los que arrojan mejores cifras descriptivas son los de transformación logarítmica ver **cuadro [4.D.7]**.

Cuadro [4.D.7]: Algodón, Comparativo de Modelos Lineales.

	$Ton =$ $b_1 + b_2t + b_3Ha$	$\ln(Ton) =$ $b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	$\ln(Ton) =$ $b_2t + b_3 \ln(Ha)$
R^2	0.8918	0.9550	0.9548
$R^2 \text{ Ajut.}$	0.8873	0.9532	0.9539
σ^2	18,808,274,823.78	0.0230	0.0226
σ	137,143.26	0.1516	0.1505
F	1,236.64	520.46	23.04
$Prob F$	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

Cuadro: [4.D.8] Algodón, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.

Modelo		Estimación	Des Sta (bi)	T	Prob T
$Ton =$ $b_1 + b_2t + b_3Ha$	b1	190,440.46	114,682.36	1.66	0.1032
	b2	872.83	2,500.43	0.35	0.7285
	b3	1.70	0.16	10.48	0.0000
$\ln(Ton) =$ $b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b1	-0.33409	0.6301	-0.53	0.5983
	b2	0.01633	0.0025	6.52	0.0000
	b3	1.07029	0.0464	23.07	0.0000
$\ln(Ton) =$ $b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b2	0.01519	0.0013	11.97	0.0000
	b3	1.04575	0.0031	335.34	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Entre los tres modelos se descarta al modelo lineal por presentar el menor porcentaje descriptivo, calculando un coeficiente de correlación 88.73%, mientras que sus contrapartes son mayores describiendo más del 95% de las observaciones, además, mientras las desviaciones estándar de los modelos con transformación logarítmica representan aproximadamente 1.46ha, el modelo lineal arroja una desviación de más de 137 mil hectáreas, haciéndolo más errático; dando una ventaja a los modelos de transformación logarítmica.

Como primer paso se calcula el modelo de transformación logarítmica:

$$\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha) \Rightarrow Ton = C_0 (Ha)^{b_3} \exp(b_2 t) \quad [4.D.9]$$

$$\Rightarrow Ton = (0.72)(Ha)^{1.07} \exp(0.016t) \quad [4.D.10]$$

Para este modelo se puede corroborar con [4.D.7] el alto grado de explicación con un coeficiente de determinación de 95.50% de los datos en forma general, además las variables del tiempo y las hectáreas son significativas para la descripción, sin embargo el coeficiente para el intercepto resulta ser no significativo, ver **cuadro [4.D.8]**.

Por lo anterior se busca mejorar la calidad del modelo y se procede a eliminar el intercepto de la regresión lineal, es decir:

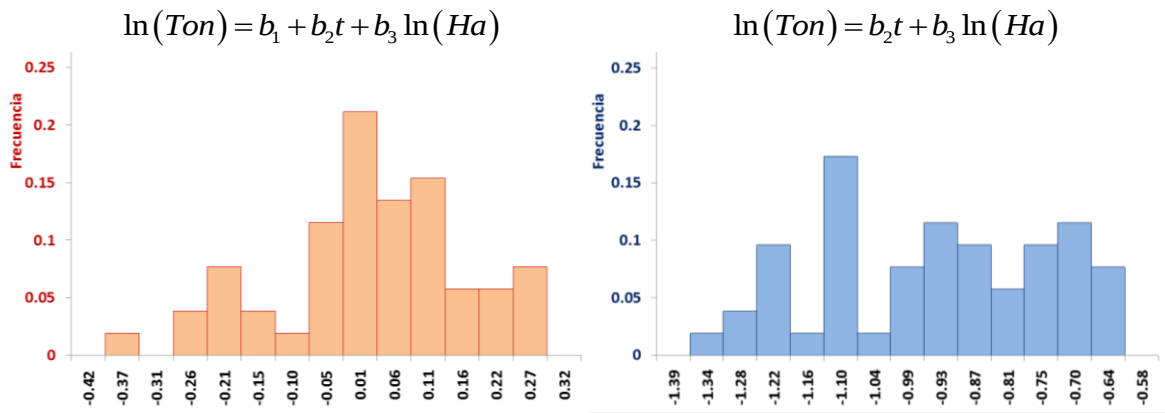
$$\ln(Ton) = b_2 t + b_3 \ln(Ha) \Rightarrow Ton = \exp(b_2 t) \exp\left(\ln\left[(Ha)^{b_3}\right]\right) \\ \Rightarrow Ton = (Ha)^{b_3} \exp(b_2 t) \quad [4.D.11]$$

$$\Rightarrow Ton = (Ha)^{(1.0458)} \exp(0.0152t) \quad [4.D.12]$$

Mismo que puede verificarse con la tabla del **cuadro [4.D.7]**, donde puede observarse que el coeficiente de determinación del modelo explica el 95.48% de los datos, y además, comparando los coeficientes de determinación ajustados, al eliminar el intercepto se logra mejorarlo de 95.32% al 95.39%

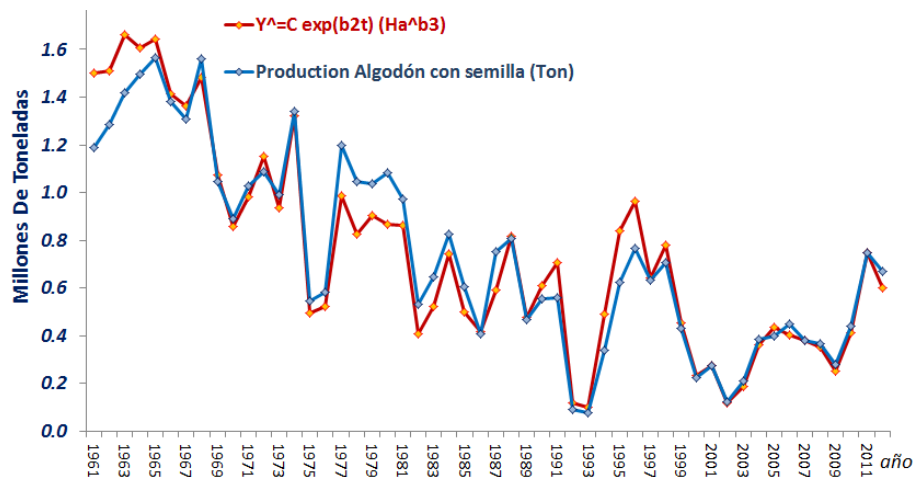
Como último análisis se procede a estudiar los errores de cada modelo; para ello se consideró la siguiente tabla de frecuencias en la **imagen [4.D.13]**, en ella se observa la probabilidad de cometer errores y la magnitud de ellos.

Con la frecuencia relativa, (Wackerly et. al., 2010), es posible observar que la magnitud de los errores es considerablemente mayor en el modelo [4.D.10]: $\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha)$, con un error mínimo de -0.37, equivalente a 0.69Ha; mientras que el error más grande que pudiera cometer el modelo [4.D.12]: $\ln(Ton) = b_2 t + b_3 \ln(Ha)$ es de -.64, equivalente a 0.56Ha.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura: [4.D.13]: Algodón, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.D.14]: Algodón, Comparativo de Producción Vs Estimación.

Por lo tanto y a pesar de que el modelo $\ln(Ton) = b_1 + b_2 \ln(Ha)$ no presenta evidencias de errores con una distribución normal, cuenta con mejores estimadores significativos y calcula el mejor coeficiente de determinación. Sin embargo, es el modelo con intercepto el que garantiza la probabilidad más alta de cometer errores iguales a cero, mientras que su contraparte nunca calculará un “error cero”, en otras palabras, eliminar el intercepto

implicará que el modelo siempre cometerá errores en sus calculos y jamás se compoensarán, dando siempre estimacines sesgadas.

Lo que le da una gran ventaja al modelo $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$, mismo que es comparado con los datos reales arroja el siguiente gráfico de la **figura [4.D.14]**:

Por todo lo anterior se decide considerar las estimaciones de la producción de algodón como sigue:

$$Ton = (0.72)(Ha)^{1.07} \exp(0.016t) \quad [4.D.15]$$

Esto se puede constatar por el modelo estimado para la producción, $Ton = (0.72)(Ha)^{1.07} \exp(0.016t)$, y al calcular la tasa de crecimiento a causa de las hectáreas y del tiempo respectivamente

$$\frac{dTon}{dHa} = (0.77)(Ha)^{0.07} \exp[(0.016)t] \quad [4.D.16]$$

$$\frac{dTon}{dt} = (0.01)(Ha)^{1.17} \exp[(0.016)t] \quad [4.D.17]$$

De ambas tasas de crecimiento, es la tasa de producción al paso del tiempo [4.D.17], la que supera a la tasa de producción por el aumento de hectáreas [4.D.16], ya que se aprovecha mejor el potencial de las hectáreas, es decir, $(Ha)^{0.17} < (Ha)^{1.17}$, otra forma de constatar esto es comparando en un cociente ambas tasas.

$$\frac{dTon/dHa}{dTon/dt} = (65.53)(Ha)^{-1} \quad [4.D.18]$$

$$\frac{dTon/dt}{dTon/dHa} = (0.0153)Ha \quad [4.D.19]$$

Y así se observa que es necesario 65.53ha para lograr un mayor crecimiento de la producción debido a cambios tecnológicos, que el que pueda producir el simple hecho de aumentar las hectáreas del cultivo.

$$Si \left(\frac{dTon}{dHa} \right) < \left(\frac{dTon}{dt} \right) \Rightarrow (65.53)(Ha)^{-1} < 1 \Rightarrow (65.53) < Ha \quad [4.D.20]$$

Suponiendo el mismo comportamiento en las etapas del estudio se puede calcular este umbral productivo para cada etapa:

Cuadro [4.D.21]: Algodón, Productividad y Umbral Tecnológico.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
b1 †	-0.33	-0.62	0.40	0.14
$d \ln(Ton)/dt$ §	0.02	0.04	-0.02	0.03
$d \ln(Ton)/d \ln(Ha)$ Φ	1.07	1.08	1.10	0.97
R2 ††	0.9550	0.9710	0.9866	0.9773
Umbral §§	65.53	29.67	-49.64	30.96

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

†: Coeficiente b_1 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

††: Coeficiente de Determinación de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§§: Hectáreas $> (b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

También con el **cuadro [4.D.21]** es posible observar que el crecimiento logarítmico de la producción a causa de un aporte tecnológico, aislando el efecto que pudieran tener las hectáreas. Este aporte tecnológico cambia, pasando de 0.04 $\ln(Ton)$ en el periodo de 1961-1979 a -0.02 $\ln(Ton)$ en el periodo de la crisis de 1980 lo que puede entenderse como un retroceso tecnológico, mismo que se recupera cuando PROCAMPO entra en operación, calculando 0.03 $\ln(Ton)$ incentivada por cambios tecnológicos.

Y de la misma forma se puede aislar el efecto del tiempo en el incremento de la producción a causa de un incremento en las hectáreas, ver **cuadro [4.D.21]**. Observando que en promedio el aporte que da el incremento de las áreas de cultivo es casi el mismo, promediando 1.08, 1.10 y 0.97 $\ln(ton)$.

4.5 ARROZ CON CÁSCARA

El arroz es una semilla de la planta llamada *Oryza sativa*, este cereal se encuentra presente en la dieta de muchos países debido a su aporte calórico, y México no es la excepción. Con la ayuda del INEGI se obtiene la **figura [4.E.1]**. Donde se podrá observar que la superficie dedicada a este cultivo no es imperante en todo el territorio nacional. Sinaloa, Tabasco, Guerrero, y Quintana Roo son los estados con mayor superficie visible, aunque discreta y poco representativa del total de superficie en cada estado.

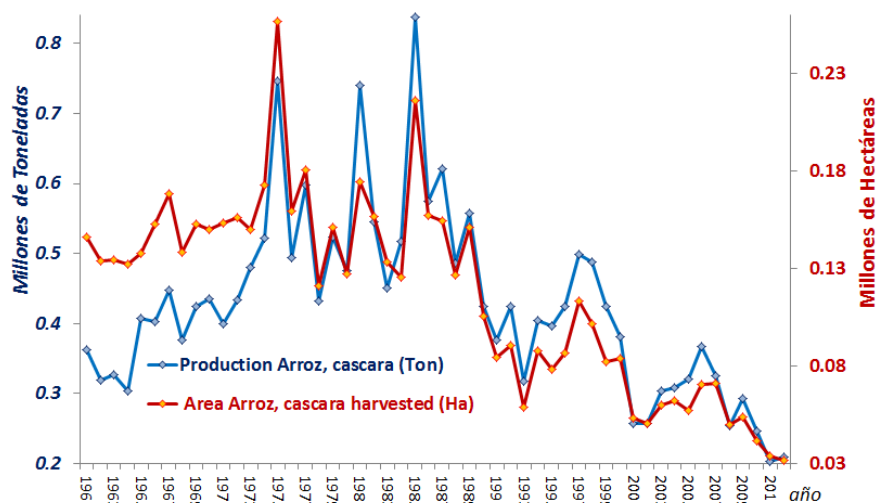


Fuente: INEGI, 2014

Figura [4.E.1]: Arroz, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.

4.5.1 Arroz, Producción y Superficie para su Cultivo.

Si se observa la producción y la superficie, con la ayuda del **cuadro [4.E.2]**, se advertirá una fuerte relación de la superficie con la producción, pues el curso de ambas es paralelo; así también se observan tres etapas, dadas aparentemente por dos cambios importantes, uno en 1980, y en 1994. Años importantes pues en ellos se registró “La crisis económica de 1980” y “El programa de catastro Rural”. En 1994 el “Tratado de Libre Comercio y la aparición de PROCAMPO.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Figura [4.E.2]: Arroz, Superficie y Producción.

Una forma inmediata de medir esta relación es con el coeficiente de Correlación, en el **cuadro [4.E.3]**. La relación entre la tierra y la producción ha sido significativa en cada etapa del análisis, de 1961 a 2012, se tiene una relación mayor a 0.82, lo que puede ser interpretado, en general, como una necesidad del aumento de tierra en favor del aumento de la producción, en el todo el periodo de estudio se promedian 2.20ton por cada aumento de hectáreas en al menos 67.79% de los años estudiados.

Cuadro [4.E.3]: Arroz, Producción Vs Superficie.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% toneladas explicadas por el incremento en ha §	ton producidas por cada hectárea añadida †
1961–2007	0.8233	67.79	2.2077
1961–1979	0.8746	76.49	3.2026
1980–1993	0.9527	90.77	3.2828
1994–2012	0.9807	96.18	3.9123

Fuente: Elaboración propia con información de: EPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: R^2 entre ha y ton.

Si se analiza cada periodo del **cuadro [4.E.3]**, en lo que concierne a los años en 1961-1979, la relación de la tierra con la producción es alta, con un coeficiente de correlación mayor a .87, lo que habla de una necesidad fuerte de aumentar la superficie con el fin de aumentar la producción, misma que promedia, en más del 76% de los cultivos, 3.2ton de

arroz por hectárea. Al observar el **cuadro [4.E.4]**, a pesar del comportamiento general expuesto líneas arriba, en este periodo se registra un incremento de casi dos mil hectáreas cultivadas al año, en tan sólo el 13.9% de los años en el periodo, pero que son más que suficientes para promediar más de 13 mil toneladas de arroz al año en más del 53.3% de los años de este periodo.

En lo que refiere al siguiente periodo del **cuadro [4.E.3]** la relación entre la producción y el área de cultivo se fortalece, pasando de 0.87 en el periodo de 1961-1979 a 0.95 en el periodo 1980-1993. Ambos periodos reportan en un aumento en la producción de arroz muy parecido, aunque para 1980-1993, el se alcanzan 3.28ton/ha aproximadamente. Sorpresivamente y a pesar de la imperiosa necesidad de aumentar la superficie para aumentar la producción, este incremento fue acompañado de una merma en la superficie cultivada, a razón de poco más de seis mil hectáreas cada año en más del 40% de los años, justo como se puede observar en el **cuadro [4.E.4]**; y una merma en la producción de 17 mil toneladas menos de arroz al año, en apenas el 28.21% de los años. Ha empezado entonces una depuración, quizás a razón del catastro rural o la crisis de 1980.

Cuadro [4.E.4]: Arroz, Producción y Superficie en el Tiempo.

Periodos	% Años que explican las toneladas §	Toneladas al año. †	% Años que explican ha §§	Ha añadidas al Año ††
1961 – 2007	3.02	-1.5611	50.45	-2.3260
1961 – 1979	53.31	13.5756	13.92	1.8945
1980-1993	28.21	-17.6651	40.84	-6.1691
1994-2012	38.20	-11.3563	39.50	-2.7759

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y el tiempo.

††: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: R^2 entre el tiempo y ton.

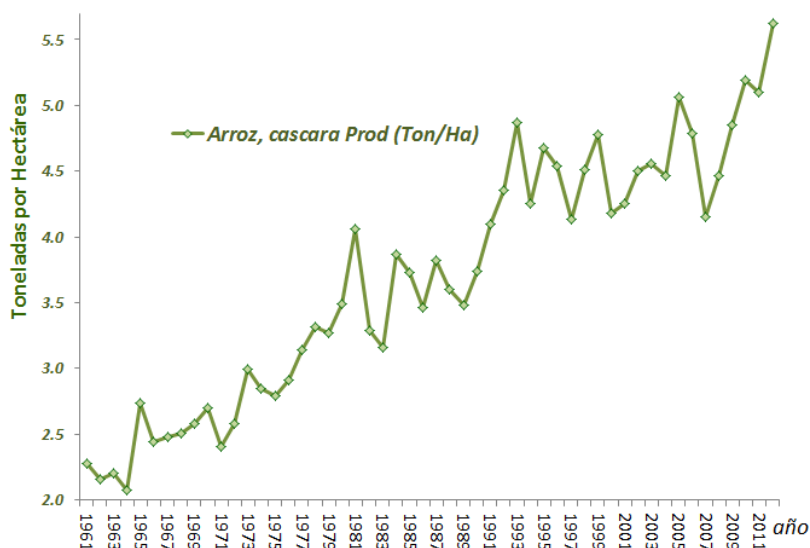
§§: R^2 entre el tiempo y ha.

Finalmente en el periodo 1994-2010, reporta una relación mayor a 0.98, la más alta de los tres periodos analizados, lo que confirma una relación imperante de aumentar el área en favor de aumentar la producción. En este periodo se reporta la tasa de producción más alta, a razón mayor a 3.91ton/ha y un porcentaje de aprovechamiento mayor al 96.18% de las hectáreas utilizadas para la producción de arroz. Sorpresivamente al ver

cuadro [4.E.4], en este periodo se registra una merma en la superficie de 2.78 hectáreas menos de cultivo de arroz al año, en 39.5% de los años en el periodo. Esta merma repercutió en la producción, pues se dejaron de producir, 11.36ton de arroz al año, promedio que no puede ser tomado en general, pues afectó solamente al 38.2% de los años.

4.5.2 Arroz, Producción por hectárea.

Considérese las toneladas de arroz cosechadas por cada hectárea al año en la **figura [4.E.5]**. En ella es posible observar el constante crecimiento de la producción por hectáreas al año. El arroz se muestra como un cultivo fuerte, siempre creciente, cada hectárea, al año, aporta más a la producción, sin importar la crisis económica, o incluso la modificación al artículo 27, hasta antes del año de 1980. Para cuantificar los movimientos de la producción se recurre a la tabla del **cuadro [4.E.6]** en ella es posible observar los periodos que interesan a esta investigación.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Figura [4.E.5]: Arroz, Toneladas por hectárea.

Lo anterior expuesto se plasma en el **cuadro [4.E.6]**, de forma general, en todos los años analizados 1960 – 2012, se observa un importante relación entre la producción por hectáreas y el tiempo, siempre positiva, lo que se puede interpretarse como un rendimiento de la producción de arroz siempre creciente, año con año, a razón de 0.059ton de arroz más por hectárea al año.

Cuadro [4.E.6]: Arroz, Producción por hectárea.

Periodos	Coefficiente de Correlación	% de años que explican el crecimiento de ton/ha †	Incremento de ton/ha al Año. §
1961 - 2007	0.9527	90.77	0.0594
1961 - 1979	0.8977	80.59	0.0583
1980-1993	0.6226	38.77	0.0672
1994-2007	0.6230	38.81	0.0441

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: R^2 entre ton/ha y el Tiempo.

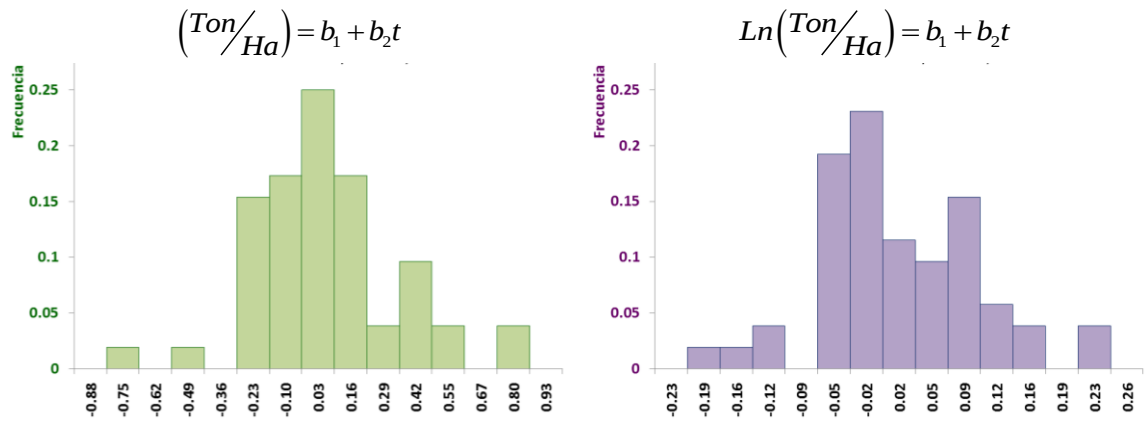
§: Coeficiente de Regresión lineal entre ton/ha y el tiempo.

En el periodo 1961-1979 del **cuadro [4.E.6]** se calcula una correlación creciente de 0.89, lo que implica un rendimiento siempre creciente de las hectáreas al paso del tiempo, es aquí donde se marca la segunda mayor productividad de los tres periodos, con una tasa de 0.058ton más en cada hectárea por cada año, promedio que puede tomarse como representativo, pues se cumple en más del 80% de los años en el periodo, aunado a lo ya calculado en el **cuadro [4.E.3]** a la expansión de hectáreas a razón de caso dos mil hectáreas al año y una producción de 3.2ton/ha.

Estas condiciones no se mantienen y por el contrario caen, en el periodo 1980-1993, la relación creciente de la tasa de producción por hectárea sigue siendo positiva pero ha disminuido su correlación con el tiempo a 0.622, en otras palabras la productividad al paso del tiempo se debilita; aunque el aporte de toneladas aumenta a 0.067ton más por cada hectárea cada año, no puede considerarse como un incremento generalizado, pues solo atiende al 38% de los años del periodo. Esto puede explicarse, por la relación tan fuerte que hay del arroz para con la tierra, recuérdese que en el **cuadro [4.E.3]** se calculó que la industria excluía poco más de 6mil ha al año, con más de 17 mil toneladas menos de arroz al años.

Finalmente el periodo de 1994-2012 se debilita aún más la relación positiva entre el tiempo y el rendimiento de la producción por hectárea, con una correlación de 0.6230; además la producción de 0.0441ton por cada hectárea al año sólo aplica al 38.81% de los años en el periodo. Irónicamente este periodo registró en el **cuadro [4.E.3]**, la producción por hectárea más alta, 3.91ton/ha.

Al modelar el comportamiento de la producción por hectárea al año se recurre a un modelo lineal, y se compara con un modelo exponencial, ambos logran describir el fenómeno en, 90.77% y 90.30% de los datos respectivamente, y ambos presentan significancia en los coeficientes calculados, esto se puede apreciar mejor en la **figura [4.E.7]**, donde ambos modelos presenta una distribución de errores centrados.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL 2012; e INEGI, 2013.

Figura [4.E.7] Arroz, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha.

Por ello es posible explicar el crecimiento de la producción por hectárea al año como un fenómeno exponencial, y como tal con un crecimiento siempre mayor en la última etapa. El modelo resultante sería:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) &= b_1 + b_2 t \Rightarrow \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = C_0 e^{b_2 t} \\ \Rightarrow \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) &= (2.27) \exp[(0.0169)t] \end{aligned} \quad [4.E.8]$$

Por otro lado, cometer un error con el modelo exponencial significaría un error de al menos .82ton/ha, mientras que el modelo lineal su error más pequeño será de 0.75Ton/ha al año, otra ventaja del modelo lineal es que presenta la mejor varianza, y con ello la mejor precisión, mientras el modelo exponencial desvía sus estimaciones en un radio de 1.09Ton/ha, el modelo lineal será, presenta una dispersión menor, 0.29ton/ha. Por lo que se decide expresar el comportamiento del desempeño de las hectáreas de forma lineal al paso del tiempo, es decir:

$$\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = b_1 + b_2 t \Rightarrow \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = (2.11) + (0.0594)t \quad [4.E.9]$$

4.5.3 Arroz, Modelo General para la Producción y la Superficie.

Una vez analizada por partes la producción se procede a dar una explicación global de la producción de Arroz, por medio de la superficie utilizada y del paso del tiempo, se presenta a continuación los tres modelos lineales que aproximan el comportamiento de la producción, en ellos se descarta un modelo lineal para explicar la producción, ya que los modelos con transformación logarítmica incrementan el coeficiente de determinación R^2 .

En otras palabras mientras el modelo lineal explica el 87.66% del comportamiento de la producción por medio de las hectáreas y el tiempo, una transformación logarítmica, con y sin intercepto, logra explicar el 93.74% y el 93.71% de la producción, respectivamente. Estas cifras se pueden cotejar en el **cuadro [4.E.10]**.

Cuadro: [4.E.10] Arroz, Comparativo de Modelos Lineales.

	$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$
R^2	0.8766	0.9374	0.9371
$R^2 Ajust.$	0.8716	0.9349	0.9359
σ^2	2,243,528,761.64	0.0072	0.0071
σ	47,365.90	0.0849	0.0842
F	597.98	367.01	3.13
$Prob F$	0.0000	0.0000	0.0340

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Al considerar que la producción y las áreas utilizadas en el arroz, obedecen a un proceso exponencial, se calcula el logaritmo natural, tal como se muestra en [4.E.11], para poder calcular el modelo lineal respectivo.

$$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha) \Rightarrow Ton = C_0 (Ha)^{b_3} \exp(b_2t) \quad [4.E.11]$$

Desafortunadamente para este modelo, y de acuerdo al cálculo obtenido en **cuadro [4.E.13]**, la constante resulta ser no significativa, muy a pesar de contar con un alto nivel explicativo. El siguiente paso para corregir esta desventaja es eliminar la constante del cálculo lineal, justo como se muestra en [4.E.12]:

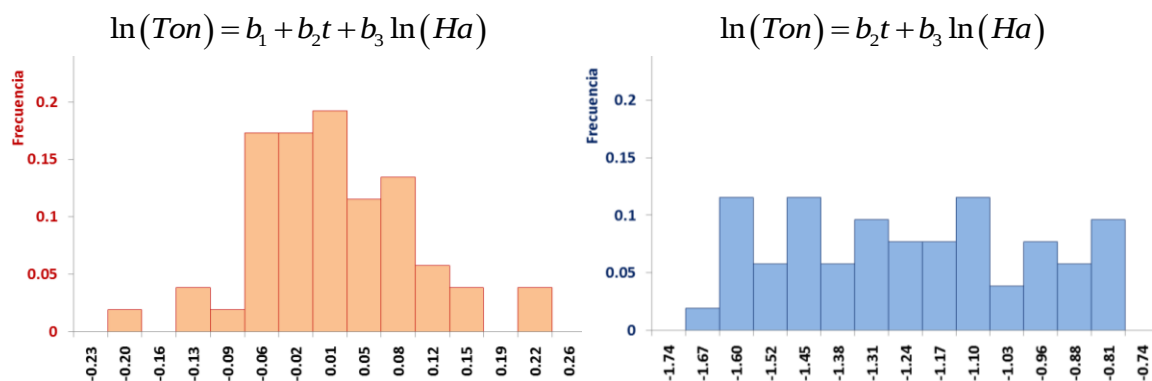
$$\ln(Ton) = b_1 t + b_2 \ln(Ha) \Rightarrow Ton = (Ha)^{b_2} \exp(b_1 t) \quad [4.E.12]$$

Cuadro: [4.E.13]: Arroz, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.

<i>Modelo</i>		<i>Estimación</i>	<i>DesSta(bi)</i>	<i>t</i>	<i>ProbT</i>
$Ton = b_1 + b_2 t + b_3 Ha$	<i>b1</i>	-205,359.11	42,189.16	-4.87	0.0000
	<i>b2</i>	6,265.83	705.17	8.89	0.0000
	<i>b3</i>	3.72	0.22	17.15	0.0000
$\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha)$	<i>b1</i>	0.25567	0.5346	0.48	0.6346
	<i>b2</i>	0.01817	0.0014	12.95	0.0000
	<i>b3</i>	1.04600	0.0435	24.04	0.0000
$\ln(Ton) = b_2 t + b_3 \ln(Ha)$	<i>b2</i>	0.01874	0.0007	25.56	0.0000
	<i>b3</i>	1.06679	0.0019	553.05	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Los resultados que arroja el cálculo son mejores, ver **cuadro [4.E.13]**, las variables son significativas, aunque eso implique perder 3 puntos porcentuales en el coeficiente de determinación. A continuación es preciso discernir acerca de la precisión de ambos modelos, para ello se recurre a un análisis de los errores cometidos por ambos, a saber **figura [4.E.14]**.

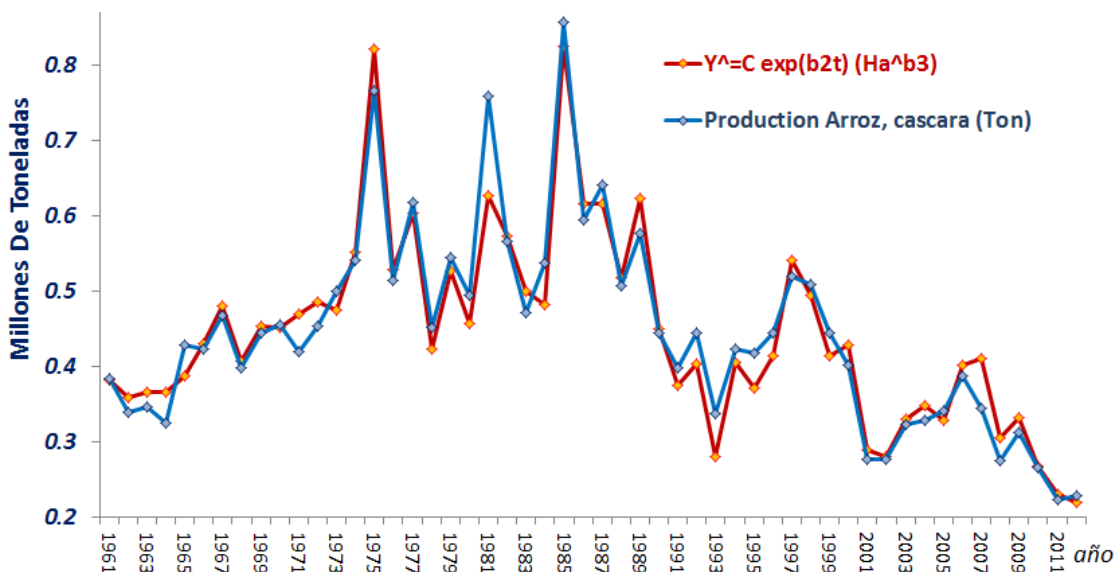


Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.E.14]: Arroz, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.

Con este comparativo es posible observar que el modelo sin intercepto posee los errores más pequeños, siendo -0.81 el más grande, representando 0.44ha, mientras que el error más pequeño en el modo con intercepto es de -0.20, lo que representa 0.82ha. Además la dispersión de los errores es menor, si se considera una un intercepto nulo, calculando una desviación estándar de 0.03, es decir 1.03ton, mientras que considerar un intercepto mayor a uno, implica una dispersión de los errores mayor, 0.08, lo que equivale a 1.09ha.

Ahora bien, observando nuevamente **figura [4.E.14]**, será posible notar que considerar intercepto, garantiza la probabilidad más alta de cometer errores cercanos a cero, lo que da una ventaja sobre el modelo sin intercepto, es decir, al eliminar el intercepto del cálculo se sesgarán las estimaciones, haciéndolas incorrectas, no se compensarán y jamás calcularán un error “cero”.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.E.15]: Arroz, Comparativo de Producción Vs Estimación.

Por lo que se decide considerar el modelo de transformación logarítmica con intercepto, a pesar de que la constante ha sido catalogada como no significativa, pero considerarla dará certeza probabilística a las estimaciones, por lo que el modelo quedaría expresado como se muestra en [4.E.16]:

$$\Rightarrow Ton = (1.29)(Ha)^{1.046} \exp(0.018t) \quad [4.E.16]$$

Con este modelo se muestra una ventaja productiva en la tecnificación, que sobre el simple hecho de aumentar las hectáreas de cultivo, es decir:

$$\frac{dTon}{dHa} = (1.3493)(Ha)^{0.046} \exp[(0.018)t] \quad [4.E.17]$$

$$\frac{dTon}{dt} = (0.0297)(Ha)^{1.046} \exp[(0.018)t] \quad [4.E.18]$$

Para apreciar el punto donde la tasa de producción por el tiempo supera a la tasa de producción por el incremento de hectáreas es con el siguiente coeficiente

$$\frac{dTon/dHa}{dTon/dt} = (57.57)(Ha)^{-1} \quad [4.E.19]$$

$$\frac{dTon/dt}{dTon/dHa} = (0.017)Ha \quad [4.E.20]$$

Donde se puede apreciar más claramente que la tasa de producción por cada año es mejor a la obtenida por un incremento en las áreas de cultivo, a partir de 57.57ha

$$\left(\frac{dTon}{dHa}\right) < \left(\frac{dTon}{dt}\right) \Leftrightarrow (57.57)(Ha)^{-1} < 1 \Leftrightarrow (57.57) < Ha \quad [4.E.21]$$

Cuadro [4.E.22]: Arroz, Productividad y Umbral Tecnológico.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
b1 †	0.2557	1.8229	2.8717	3.0497
d ln(Ton)/dt §	0.0182	0.0229	0.0086	0.0017
d ln(Ton)/d ln(Ha) Φ	1.0460	0.9091	0.8490	0.8561
R2 ††	0.9374	0.9360	0.9083	0.9591
Umbral§§	57.57	39.71	98.30	516.09

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

†: Coeficiente b_1 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

††: Coeficiente de Determinación de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§§: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3, b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Aplicando el mismo modelo para cada etapa estudiada, se pueden calcular cada una de las hectáreas necesarias para alcanzar el umbral tecnológico; es así como es posible

observar en el **cuadro [4.E.22]**, que el umbral tecnológico se aleja en cada etapa más y más del productor, mientras en el periodo de 1961-1979, eran necesarias 39.71ha para tener beneficios por medio de un avance técnico, en el periodo de la crisis este umbral se aleja cada vez más, pasando a 98.3ha, situación que no mejora con PROCAMPO ya que en su periodo se registran 516.09ha, excluyendo a cualquier pequeño productor.

Cómo último análisis se observa el coeficiente tecnológico, que el impacto de los avances técnicos agrícolas en el crecimiento logarítmico de la producción; dicho coeficiente muestra un freno constante en la productividad en especial a la entrada de PROCAMPO ver **cuadro [4.E.22]**, pues en el periodo de 1961 a 1979 la tecnología impulsaba la productividad en $0.0229\ln(\text{Ton})$, después este impulso baja en el periodo de la crisis económica de 1980, marcando $0.0086 \ln(\text{Ton})$ más de producción por año, cayendo nuevamente con PROCAMPO calculando $0.0017\ln(\text{Ton})$ de producción al año, lo que refleja la alta especialización necesaria para aumentar la producción y aunado a la alta necesidad de tierras para adquirir beneficios de la tecnología agrícola.

Mientras que la producción basada en el aumento de hectáreas permanece casi inmóvil ver **cuadro [4.E.22]**, desde el periodo de la crisis de 1980, promediando 0.91, 0.85, y $0.86\ln(\text{ton})$ aumentando una pequeña parte la participación de la hectáreas en cultivo de arroz.

4.6 CEBADA

Este es un cereal de gran importancia debido a su uso tanto para animales como para consumo humano, en México su presencia es más diseminada en el territorio nacional, incluso su presencia es mayor que la del algodón o el arroz. Siendo los estados del norte y el centro del país las regiones más asiduas a su cultivo.



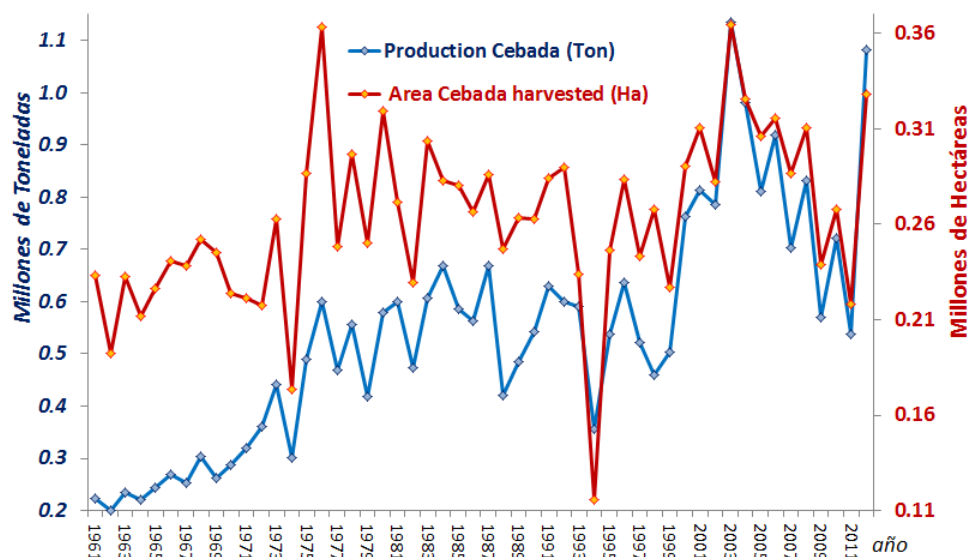
Fuente: INEGI, 2014

Figura [4.F.1]: Cebada, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.

4.6.1 Cebada, Producción y Superficie para su Cultivo.

Siguiendo el procedimiento, es de notar nuevamente el comportamiento de la producción y la superficie dedicada a la cebada, en la **figura [4.F.2]**. Inmediatamente se aprecia una relación fuerte entre los dos datos, ambos mostrando paralelismo al paso del tiempo.

Otro aspecto importante a resaltar es el crecimiento en la producción hasta antes de la crisis de 1980, es en 1976 cuando a pesar de un fuerte incremento en la superficie dedicada a la cebada, no se ve reflejado un aumento, representativo de las mismas proporciones en la producción de cebada. Ya en el periodo de 1980-1993, la superficie y la producción parecen no tener crecimiento, quizás por la crisis económica o por el catastro rural. Se observa también una caída en la superficie cosechada en el año de 1994, justo en la entrada del TLCAN y de PROCAMPO, repercutiendo en la producción de ese año.



Fuente: Elaboración propia con información de: FAO, 2014.

Figura [4.F.2]: Cebada, Superficie y Producción.

Cuadro [4.F.3]: Cebada, Producción Vs Superficie.

Periodos	Coefficiente de Correlación	% toneladas explicadas por el incremento en ha §	ton Producidas por cada hectárea Añadida †
1961 – 2007	0.7651	0.5854	3.7967
1961 – 1979	0.7983	0.6373	2.3480
1980-1993	0.5816	0.3383	1.6648
1994-2012	0.8835	0.7806	3.4885

Fuente: Elaboración propia con información de: EPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: R^2 entre ha y ton

Lo anterior puede ser cuantificado con ayuda del **cuadro [4.F.3]**, la estrecha relación entre la superficie y la producción se confirma con un coeficiente de correlación mayor a 0.7651, en todo el periodo analizado, es decir de 1961 a 2012 hay una relación fuerte entre la producción y la superficie, con una producción promedio mayor a 3.8ton/ha, desgraciadamente no se puede tomar como un rendimiento generalizado, pues sólo se explica este rendimiento para un poco más del 58% de los casos, faltando de explicar más del 40%. A pesar de eso en el **cuadro [4.F.4]**, se promedia un incremento de 1,179.69 hectáreas más cada año con un incremento en la producción de casi 12 mil toneladas al año.

En lo que refiere al periodo de 1961-1979 en el **cuadro [4.F.3]**, antes del comienzo de la crisis y sin ninguna intervención fuerte del estado que se tenga registro, la relación entre

la tierra y la producción se fortalece calculando para este periodo un coeficiente de 0.7983, y en promedio se cultivaban 2.3Ton/ha, y aunque no es un promedio tan representativo, pues sólo se aplica para un poco más del 63.73% de los casos.

A pesar de ello en este periodo se calculan más de 18mil toneladas más al año, al ver el **cuadro [4.F.4]**, en el 75% de los años de este periodo, esto acompañado de un ligero incremento de superficie, a razón de más de 3,500.00ha al año, sin que sean representativas, pues sólo justifican al 23.7% de los años en este periodo. En otras palabras la producción de cebada es altamente dependiente de la superficie, pero no es suficiente, lo que hace pensar en que no existen otras técnicas que mejoren el rendimiento de la tierra.

Cuadro [4.F.4]: Cebada, Producción y Superficie en el Tiempo.

Periodos	% Años que explican las toneladas §	Toneladas al año. †	% Años que explican ha §§	Ha añadidas al Año ††
1961 – 2007	65.96	11,969.45	15.77	1,179.62
1961 – 1979	75.04	18,538.77	23.69	3,541.48
1980-1993	0.09	-505.07	10.31	-1,920.22
1994-2012	24.39	18,824.68	14.75	3,708.22

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y el tiempo.

††: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: R^2 entre el tiempo y ton.

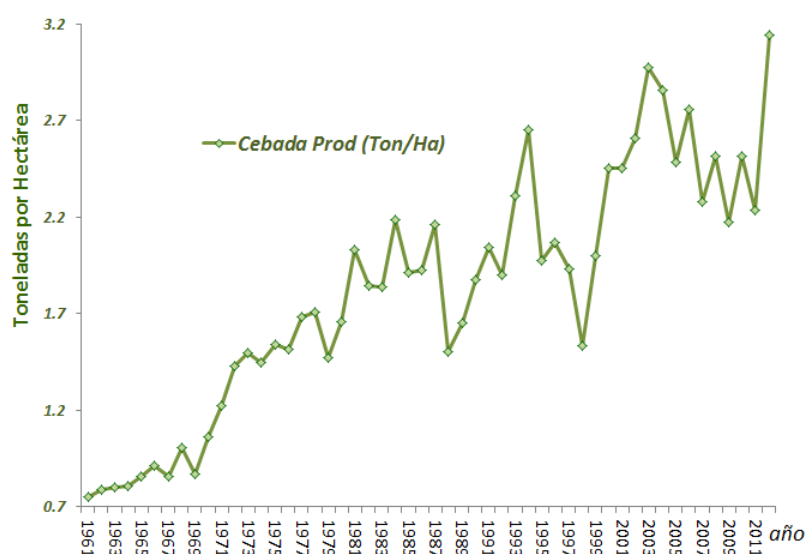
§§: R^2 entre el tiempo y ha.

El periodo pos crisis 1980-1979 en del **cuadro [4.F.3]**, es el menos benéfico para la producción de cebada, es en este periodo donde la fuerte relación que existe entre la superficie y la producción se pierde, lo cual lo confirma el coeficiente de correlación que marca 0.58, además de presentar la menor producción promedio de los tres periodos, 1.6ton/ha, en tan solo un tercio de todos los casos, para ser exactos en 33.8%, dejando a más del 66% sin explicación. Justamente 1980 es el año cuando entra en vigor el programa de regularización de la tierra, programa que afecta directamente a la superficie de cultivos, esto sugiere un efecto negativo para la producción, pues lejos de incentivar el uso de más tierra para el cultivo de cebada, al menos lo estancó, para que finalmente en 1994 cayera a los niveles más bajos registrados.

Posteriormente con la entrada en vigor del TLCAN y de PROCAMPO se observa que la relación entre la tierra y la producción recobra importancia, registrando un coeficiente de correlación positivo mayor a 0.8835, con un rendimiento promedio mayor a 3.49ton/ha, mismo que se observa en más del 78.06% de los casos. Este rendimiento estuvo acompañado de un crecimiento en la superficie destinada al cultivo de cebada a razón de poco más de tres mil hectáreas al año, en un 14.75% de los años en el periodo, observar para ello el **cuadro [4.F.4]**, lo que implicó un aumento en la producción de 18 mil toneladas al año, con una casi nula representatividad del 24.39% de los años del periodo; ambos porcentajes no pueden tomarse como generales del periodo, simplemente los efectos de aumentar la superficie tuvo un beneficio medio, sin llegar a ser generalizado. Siendo la productividad el método más efectivo para el incremento de la producción, lo que puede interpretarse como un mejor aprovechamiento de la tierra en el uso de las técnicas agrícolas, con las mismas superficies.

4.6.2 Cebada, Producción por hectárea.

Una vez justificados los diferentes comportamientos de este cultivo al paso del tiempo, es hora de calcular su desempeño, calculando las toneladas de cebada cosechada por hectárea y con la **figura [4.F.5]**



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI 2013

Figura [4.F.5]: Cebada, Toneladas por hectárea.

Se vuelven a observar los tres periodos mencionados anteriormente, mismos que son distintivos de dos años importantes para el campo mexicano, 1980, el año de la crisis económica y del programa Nacional de Catastro Rural; y el año 1994 cuando entra en vigor el TLCAN y PROCAMPO, como se vio anteriormente la forma en que se relacionan la tierra y la producción no ha sido la misma, este hecho también se refleja en el desempeño.

Se observa en el primer periodo un crecimiento constante de la producción, cada hectárea contribuye más cada año a la producción de cebada, hasta el año de 1980 donde se dio la crisis y el Catastro Rural, en ese año el crecimiento se interrumpe y volatiliza, sin mostrar un comportamiento claro en su tendencia, se pierden o ganan productividad, hasta su caída con la entrada en vigor del TLCAN y PROCAMPO en 1994 donde registra su alza más significativa. Después del año 1994, la productividad se recupera a los niveles más altos de todo el periodo analizado. Para cuantificar estas diferencias se utilizará el **cuadro [4.F.6]**.

En todo el periodo analizado se puede observar una correlación positiva entre el tiempo y la productividad por hectárea, lo que puede traducirse en una productividad siempre creciente a razón de 0.04ton más de cebada por hectárea cada año, y siendo esta una medida generalizada, pues se cumple en más del 82% de los casos.

Cuadro [4.F.6]: Cebada, Producción por hectárea.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% de años que explican el crecimiento de ton/ha †	Incremento de ton/ha al Año. §
1961 - 2007	0.9038	81.68	0.0376
1961 - 1979	0.9446	89.22	0.0578
1980-1993	0.2202	4.85	0.0117
1994-2012	0.4502	20.27	0.0320

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: R^2 entre ton/ha y el Tiempo.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ton/ha y el tiempo.

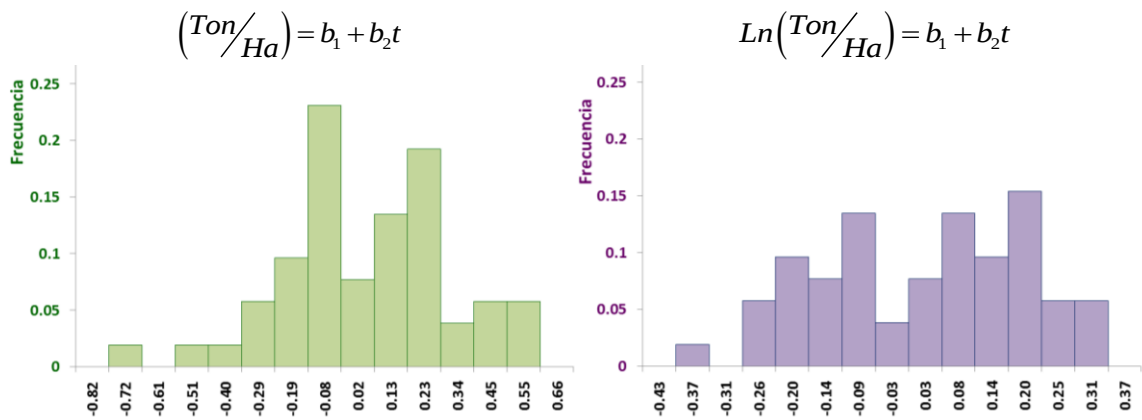
Sin embargo en lo que refiere al primer periodo 1961-1979, se registra el crecimiento más importante en la productividad, con la correlación más alta de 0.94, y mostrando al cultivo de la cebada como un sector fuerte y consolidado, cada hectárea reportó un incremento mayor a 0.058ton de cebada más cada año, siendo este el mejor en todos los periodos analizados, y garantizando este desempeño en el 89.22% de los cultivos de cebada. Aunado a las cifras anteriores de 2.35ton/ha, con un crecimiento de la producción de 18,538ton al año y con un tímido crecimiento en la superficie en sólo el 23.7% de los años. Se distingue este periodo por un alto nivel productivo que aprovecha la superficie, y que mejora las técnicas de cultivo para las hectáreas ya sembradas.

Pasando al siguiente periodo analizado 1980-1993, en el **cuadro [4.F.6]**, destaca una caída importante en la relación que guarda el desempeño con el tiempo, sin dejar de ser positiva, se registra correlación más baja de los tres periodos analizados, de 0.22, en otras palabras, la productividad se ve estancada, pierde su crecimiento y cambia totalmente el ímpetu con que se desempeñaba cada hectárea, al parecer el Catastro Rural no ayudó a fomentar la productividad, ni mucho menos la crisis de 1980, por el contrario, la estancaron y rompieron el ritmo productivo., lo que puede leerse como un freno a la productividad, en promedio cada hectárea sólo aportó 0.0117ton más cada año en sólo el 4.9% de las hectáreas cultivadas, dejando a más del 95% de los cultivos sin explicación directa por el área cultivada. Además como se vio en el **cuadro [4.F.3]**; en este periodo se registró la pérdida de superficie y la pérdida de productividad reportando el más bajo nivel de producción por hectárea 1.66ton/ha. Lo que coloca al periodo como el peor en producción, en crecimiento y en productividad, pues no pudo si quiera conservar la producción, y la pérdida de superficies no fue a razón de una depuración en favor de la productividad.

Por último en el periodo 1994-2012, la relación entre el tiempo y la productividad se reestablece aunque no a los mismos niveles con una correlación de 0.4502, lo que puede leerse como una aceleración en la productividad. Es en este periodo que se retoman los rendimientos que se tenían hasta antes de 1980 con 0.0320ton más de cebada por cada hectárea al año, desgraciadamente no es un crecimiento generalizado, pues el incremento por hectárea al paso del tiempo sólo se explica en un 20.27% de los casos, a pesar de que en este mismo periodo se registró el promedio más alto en el incremento de hectáreas

casi 4 mil hectáreas al año, junto con la producción más alta de los tres periodos, a razón de poco más de 39 mil ton/ha en el 24.39% de los años. Se puede observar que las consecuencias del periodo pasado no son fácilmente enmendadas, la productividad se vio mermada, lo que puede entenderse en un estancamiento en las técnicas de mejora, y se ha enfocado a reutilizar las hectáreas antes perdidas en favor de aumentar la producción, dejando de lado la tecnificación de las ya existentes.

Ahora bien para modelar el comportamiento del desempeño por hectárea se analizan dos modelos, uno lineal y otro con una transformación logarítmica sobre las ton/ha, ambos modelos presentan coeficientes de determinación muy parecidos, el modelo lineal logra explicar el 81.68% el crecimiento del desempeño en las hectáreas al paso del tiempo, mientras que el modelo con transformación logarítmica explica el 80.39%; ambos muy parecidos. Sin embargo mientras el modelo lineal arroja un error máximo de 0.55ton/ha, ver **figura [4.F.7]**, su contraparte calcula un error mínimo equivalente a 0.69ton/ha con una desviación estándar equivalente a 1.19ton/ha, mientras que el modelo lineal calcula 0.27ton/ha.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL 2012; e INEGI, 2013.

Figura [4.F.7] : Cebada, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha.

Finalmente al observar **la figura [4.F.7]**, es necesario resaltar de ventaja probabilística que ofrece el modelo lineal, que da una probabilidad mayor al error cero, mientras que los errores en el modelo con transformación logarítmica la distribución de los errores es casi uniforme. De esta forma se concluye que la mejor forma de describir la

productividad por hectárea es por medio de una transformación lineal, justo como muestra [4.F.8]:

$$\left(\frac{Ton}{Ha}\right) = b_1 + b_2 t \Rightarrow \left(\frac{Ton}{Ha}\right) = (0.8229) + (0.0376)t \quad [4.F.8]$$

4.6.3 Cebada, Modelo General para la Producción y la Superficie.

Una vez discutidas las diferentes etapas de la producción y los cambios que ha sufrido la superficie se procede a dar un modelo que explique el comportamiento de la producción a partir de las áreas dedicadas a su cultivo y el tiempo. Se tienen a consideración tres modelos lineales, un modelo estrictamente lineal y dos que usan transformaciones logarítmicas, entre los tres modelos, los que mejor explican la producción son el modelo lineal y el modelo logarítmico con intercepto, ambas logran describir la producción en un 89.22% y 88.1%, ver **cuadro [4.F.9]**.

Cuadro [4.F.9]: Cebada, Comparativo de Modelos Lineales.

	$Ton = b_1 + b_2 t + b_3 Ha$	$\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha)$	$\ln(Ton) = b_2 t + b_3 \ln(Ha)$
R^2	0.8922	0.8810	0.8772
$R^2_{Ajust.}$	0.8878	0.8761	0.8747
σ^2	5,599,613,130.86	0.0307	0.0311
σ	74,830.56	0.1753	0.1763
F	262.08	181.34	25.13
$Prob F$	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Considerar que la producción obedece a una relación lineal entre la superficie y el tiempo es considerar que las toneladas se explican como una proporción directa entre el tiempo y las hectáreas por separado, es decir: $Ton = b_1 + b_2 t + b_3 Ha$. El cálculo de los coeficientes se puede apreciar en el **cuadro[4.F.11]**, en él se puede observar la alta significancia del modelo en general como de cada una de sus variables, por lo tanto y

teniendo en cuenta estas estimaciones el modelo, la relación lineal quedaría expresada de la siguiente forma, [4.F.10]. En otras palabras el incremento que sufran las toneladas de Cebada, a causa del paso del tiempo será independiente, del incremento que resulte por el incremento de las hectáreas.

$$Ton = (-2.15) + (0.023)t + (1.17)Ha \quad [4.F.10]$$

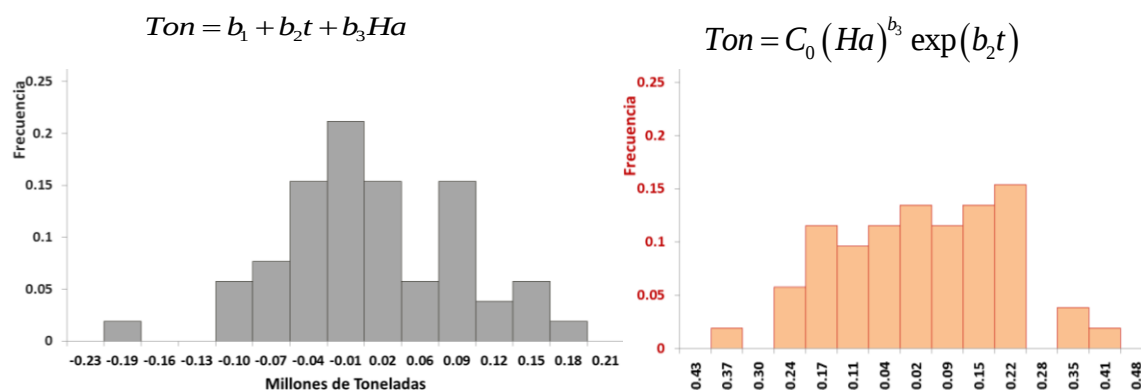
Ahora bien analizando una transformación logarítmica tanto en la producción como en las hectáreas, implicaría considerar un proceso lineal: $Ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3Ln(Ha)$, el cálculo realizado para aproximar los coeficientes lineales se observa en el **cuadro [4.F.11]**.

Cuadro [4.F.11] : Cebada, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.

Modelo		Estimación	DesSta(bi)	T	ProbT
$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	b1	-429,902.27	62,398.98	-6.89	0.0000
	b2	8,893.64	753.39	11.80	0.0000
	b3	2.61	0.25	10.28	0.0000
$ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 ln(Ha)$	b1	-2.14630	1.7145	-1.25	0.2166
	b2	0.02257	0.0017	13.04	0.0000
	b3	1.16670	0.1388	8.41	0.0000
$ln(Ton) = b_2t + b_3 ln(Ha)$	b2	0.02328	0.0016	14.16	0.0000
	b3	0.99301	0.0040	247.21	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

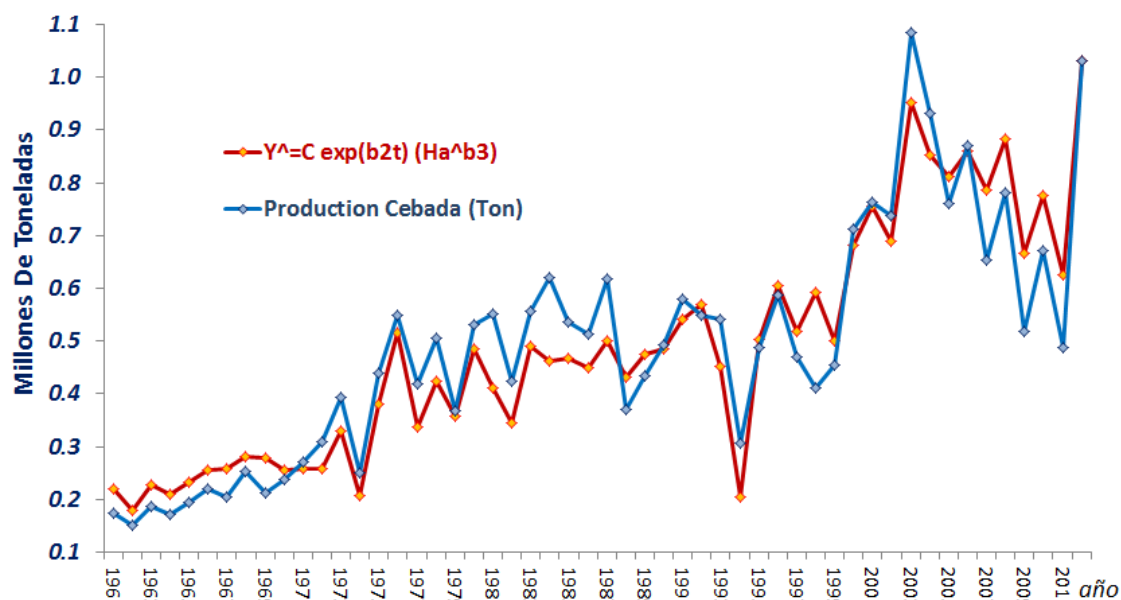
Desafortunadamente para el modelo exponencial el análisis determina el término constante como no significativo, ver **cuadro [4.F.11]**; lo que lleva a considerar eliminarlo, sin embargo y pese a que los coeficientes ahora calculados resultan significativos, no mejora el coeficiente de determinación ajustado, pasando de 88.78% a 87.47%, por lo que se decide desechar la posibilidad de eliminar el intercepto.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.F.12]: Cebada, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.

Al observar la **figura [4.F.12]** a primera vista pareciera que el modelo lineal cuenta con una mejor dispersión de los datos, sin embargo, otro punto a favor de del modelo con transformación logarítmica es su precisión, mientras el modelo lineal arroja una desviación estándar de mayor a 74 mil hectáreas, el modelo con transformación logarítmica calcula una desviación estándar equivalente a 1.19ha. Ahora bien, mientras el error más grande que pudiera cometer el modelo exponencial representa 1.51ha, el modelo lineal el error más pequeño se calcula en casi 195 mil ha



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.F.13] : Cebada, Comparativo de Producción Vs Estimación.

Por ello se decide considerar la producción de cebada como el resultado de un proceso exponencial; tomando las estimaciones que arroja el cálculo numérico, es posible deducir el comportamiento de la producción de Cebada

$$\begin{aligned} \ln(Ton) &= b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha) \Rightarrow Ton = C_0 (Ha)^{b_3} \exp(b_2 t) \\ \Rightarrow Ton &= (0.12)(Ha)^{1.17} \exp(0.023t) \end{aligned} \quad [4.F.14]$$

Finalmente y para mostrar la efectividad del modelo se crea un comparativo entre la producción de Cebada y la producción de Cebada estimada con las hectáreas y el paso del tiempo, ver **figura [4.F.13]**:

Finalmente y dado el modelo encontrado para la producción $Ton = (0.12)(Ha)^{1.17} \exp[(0.023)t]$, se observa que, el incremento en la producción debido a un adelanto tecnológico, es más efectiva que la basada en el simple incremento de las hectáreas:

$$\frac{dTon}{dHa} = (0.1404)(Ha)^{0.17} \exp(0.023t) \quad [4.F.15]$$

$$\frac{dTon}{dt} = (0.0028)(Ha)^{1.17} \exp(0.023t) \quad [4.F.16]$$

Una forma de observar lo anterior es comparando ambas tasas de crecimiento y observar que $(Ha)^{-1} < Ha$, donde se observa que la potenciación de las hectáreas es mejor aprovechada. Otra forma de argumentar lo anterior es comparando ambas tasas de crecimiento en un cociente:

$$\frac{\frac{dTon}{dHa}}{\frac{dTon}{dt}} = (51.70)(Ha)^{-1} \quad [4.F.17]$$

$$\frac{\frac{dTon}{dt}}{\frac{dTon}{dHa}} = (0.0193)Ha \quad [4.F.18]$$

Ahora bien, Es importante aclarar que el umbral necesario para garantizar que la tasa de producción dependiente del tiempo sea más rápida que la lograda por el incremento de las áreas de producción, se encuentra a partir de las 50.87Ha.

$$Si \left(\frac{dTon}{dHa} \right) < \left(\frac{dTon}{dt} \right) \Rightarrow (51.70)(Ha)^{-1} < 1 \Rightarrow (51.70) < Ha \quad [4.F.19]$$

Sin que esto signifique que este sea el número necesario para tener beneficios de la tecnificación del campo, simplemente es un punto de referencia que compara fuerzas productivas.

Dado que se ha demostrado el modelo exponencial se recurre a calcular los diferentes umbrales tecnológicos para cada periodo:

Cuadro [4.F.20]: Cebada, Productividad y Umbral Tecnológico.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
b1 †	-2.1463	0.3726	0.3109	-0.4904
$d \ln(Ton)/dt$ §	0.0226	0.0513	0.0057	0.0130
$d \ln(Ton)/d \ln(Ha)$ Φ	1.1667	0.9376	1.0144	1.0636
R2 ††	0.8810	0.9467	0.3778	0.7875
Umbral §§	51.70	18.27	176.52	82.07

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

†: Coeficiente b_1 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

††: Coeficiente de Determinación de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§§: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3, b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

En el **cuadro [4.F.20]** es posible observar que los beneficios tecnológicos se alejaron de los pequeños productores a partir de la crisis de 1980, pasando de 18.27 hectáreas necesarias en el periodo de 1961 a 1979 a 176.52 hectáreas, posteriormente con la entrada de PROCAMPO y del TLCAN el umbral tecnológico cede terreno y los beneficios de la tecnificación agrícola se acercan más los productores, sin aun alcanzar los niveles anteriores a la crisis de 1980.

La tecnología agrícola ha recuperado su asequibilidad con PROCAMPO, ver **cuadro [4.F.20]**, pero para mostrar la forma en que colabora en la producción se observa que en el periodo de 1961 a 1979 los adelantos agrícolas aportaban $0.0513\ln(\text{ton})$ al año, aporte que se detiene en el periodo de la crisis de 1980 a 1993, donde sólo se registra un aumento anual de $0.0057\ln(\text{ton})$, y aunque la entrada de PROCAMPO no logra recuperar el aporte en producción, se promedia un incremento de $0.013\ln(\text{ton})$ al año.

Por último se observa un interés creciente de aumentar la producción por medio de más áreas de cultivo, esto lo confirma los promedio de crecimiento incentivados por el incremento de hectáreas, ver **cuadro [4.F.20]**, las cuales en el primer periodo aportaban 0.94ln(ton) más al año, posteriormente en el periodo de la crisis de 1980 la producción por hectáreas crece a razón de 1.01ln(ton), y finalmente el mejor crecimiento basado en el incremento de áreas de cultivo es en el periodo de PROCAMPO donde la producción se incentivó en un promedio de 1.06ln(ton) más al año.

4.7 FRIJOL

Como se aprecia en la **figura [4.G.1]**, es mayor el dominio del frijol sobre la superficie del país, que en comparación con los cultivos anteriores, dada la versatilidad de esta semilla, el frijol puede ser cultivado en todo el territorio nacional, si acaso Sonora, Baja California Norte y Sur, así como Tamaulipas, Jalisco y Michoacán son los estados con menor área cultivada, aunque la presencia del frijol es innegable en cualquier estado de la república.

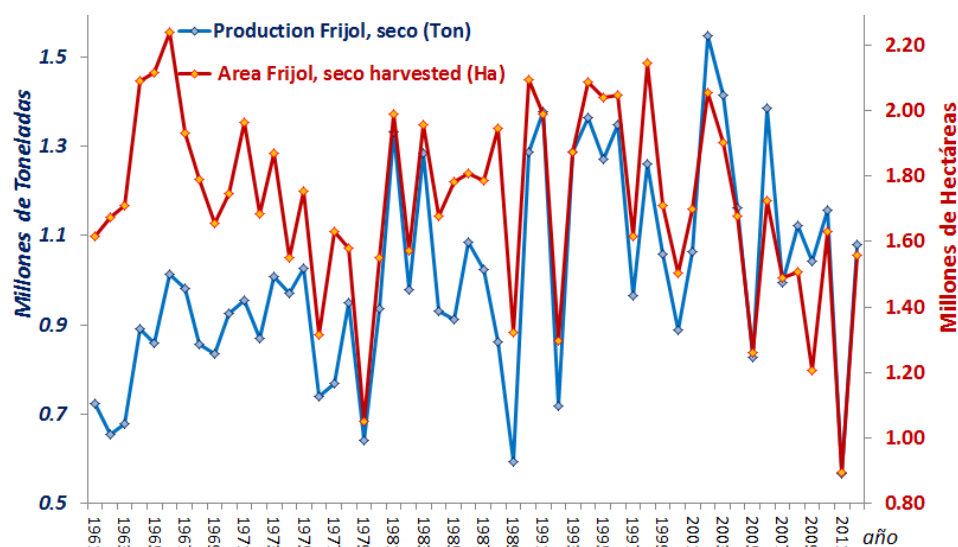


Fuente: INEGI, 2014

Figura [4.G.1]: Frijol, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.

4.7.1 Frijol, Producción y Superficie para su Cultivo.

A pesar de la amplia versatilidad del frijol a los climas de México, no parece tener grandes cambios a lo largo del tiempo, la producción y la superficie de cultivo de frijol, no ha cambiado con los años a pesar de la alta volatilidad que presentan, a partir de 1980, ver **figura [4.G.2]**, no hay una tendencia dominante a la siembra de más o menos tierras con esta semilla ni tampoco a su disminución. En lo que refiere al periodo 1961-1979 hay una ligera tendencia a la disminución de la superficie, junto a una producción muy titubeante al crecimiento, que finalmente cae en el año de 1979 junto con la producción.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI 2013

Figura [4.G.2]: Frijol, Superficie y Producción.

Después del año 1980 la producción como la superficie adquieren comportamientos prácticamente paralelos, comportamientos que no cambian, incluso después del TLCAN o PROCAMPO, ambos sucesos importantes en 1994.

Lo anteriormente expuesto es cuantificable con el **cuadro [4.G.3]**. De forma general en todo el periodo analizado 1961-2012 hay una débil correlación positiva mayor a 0.6125, lo que puede interpretarse como una relación directa aunque no tan fuerte entre la producción y la superficie cosechada, en todo el periodo de estudio se registraron 0.4958 ton/ha, desafortunadamente no puede ser considerado como un rendimiento general, pues sólo se explica en un poco más del 37.51% de las hectáreas en este periodo.

Cuadro [4.G.3]: Frijol, Producción Vs Superficie.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% toneladas explicadas por el incremento en ha §	ton Producidas por cada hectárea Añadida †
1961 - 2007	0.6125	37.51	0.4958
1961 - 1979	0.5832	34.02	0.2664
1980-1993	0.8407	70.68	0.8191
1994-2007	0.8641	74.67	0.6133

Fuente: Elaboración propia con información de: EPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: R² entre ha y ton

Se puede vislumbrar una ligera tendencia a la depuración de hectáreas poco productivas, pues se calcula una insignificante y no representativa merma de poco más de 5mil hectáreas al año en apenas 7.24% de los años, ver **cuadro [4.G.4]**, junto con una producción promedio mayor a de 6 mil ton/ha en el 18.75% de los casos.

Cuadro [4.G.4]: Frijol, Producción Superficie en el Tiempo.

Periodos	% Años que explican las toneladas §	Toneladas al año. †	% Años que explican ha §§	Ha añadidas al Año ††
1961 - 2007	18.75	6,661.71	07.24	-5,113.75
1961 - 1979	3.06	3,932.91	31.38	-27,549.27
1980-1993	0.03	-992.03	0.00	-124.31
1994-2007	15.51	-16,460.23	50.99	-42,052.65

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y el tiempo.

††: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: R^2 entre el tiempo y ton.

§§: R^2 entre el tiempo y ha.

En lo que refiere al periodo pre crisis, en el **cuadro [4.G.3]** el periodo 1961-1979 se observa cómo el peor en producción apenas calculando 0.27ton/ha, sin ser representativo, pues sólo explica el 34% de la producción por medio de la superficie. Con eso se ubica al periodo como el más bajo de los tres periodos analizados, la relación de la tierra con la producción es positiva, aunque no alta, pues sólo alcanza un 0.58 de correlación, así la producción de frijol no reacciona en mucho al aumento de hectáreas para su cultivo. También, en el **cuadro [4.G.4]**, se vislumbra un intento del campo por su tecnificación, pues se calcula una disminución de las hectáreas de cultivo a razón de 27.55ha al año, sin ser significativas, pues sólo consideran al 31.38% de los años, y un incremento promedio de la producción de casi 4 mil toneladas al año, muy insipientes en tan sólo el 3% de los años.

Después del año de la crisis, en el periodo de 1980-1993, la relación de la tierra y la producción se fortalece, mostrando un coeficiente de correlación de 0.84, lo que habla de un fortalecimiento de la producción y la superficie, esto se refleja en un promedio de 0.81ton de frijol por cada hectárea, con una efectividad mayor al 70.6%, lo que coloca a este periodo como el más productivo y el más efectivo, desgraciadamente no se puede hablar de algún crecimiento o decrecimiento al paso del tiempo, ver **cuadro [4.G.4]**, en

la adquisición de tierras para este cultivo, tampoco se observa un aumento de la producción dados los porcentajes nulos de representatividad.

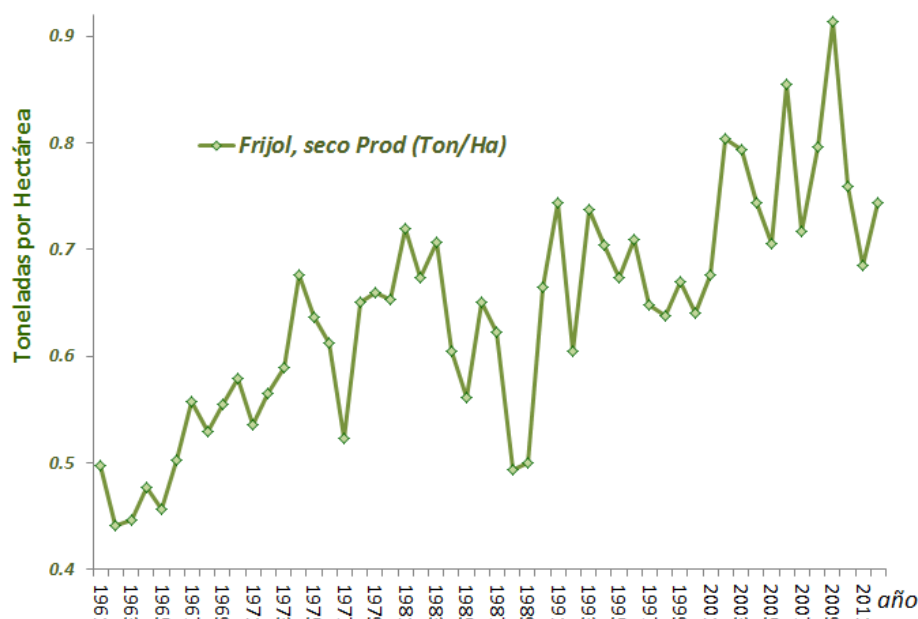
Por último el periodo, posterior al TLCAN y en el cual aparece PROCAMPO, 1994-2007, se muestra nuevamente con una relación fuerte y estrecha de la producción y la tierra, con un nivel muy parecido al periodo de 1980-1993, pero no con la misma fuerza, pues después de 1994 la producción por hectárea promedió las 0.61ton/ha con casi el mismo nivel de efectividad mayor a 74.67%. A diferencia del periodo anterior, ver **cuadro [4.G.4]**, en este periodo se aprecia una fuerte depuración de áreas para el cultivo de frijol, promediando poco más de 42 mil hectáreas menos al año en la mitad de los años estudiados, la pérdida en producción es apenas observable en el 15.51% de los años, por lo que no es posible considerar las 16mil toneladas al año como significativas con tan solo 15.51% de explicación.

4.7.2 Frijol, Producción por hectárea.

Ahora al considerar el rendimiento como las toneladas de frijol cultivado por cada hectárea, se verá un comportamiento totalmente diferente. Se observa que en el **cuadro [4.G.5]** cómo el rendimiento por hectáreas se mantiene creciente hasta el año de 1983, tres años después de la crisis de 1980 y el comienzo del catastro rural.

Posteriormente en el periodo de 1980-1993, cambia la producción radicalmente, registrando una tendencia incluso negativa, lo que sugiere una pérdida de productividad de las hectáreas, que es detenida y estancada en el año de 1980 hasta el año de 1994; y finalmente en el último periodo analizado 1994-2007, posiblemente debido al TLCAN o PROCAMPO, el rendimiento recupera sus tendencia creciente.

Con ayuda del **cuadro [4.G.6]** es posible cuantificar y describir de forma más precisa los cambios entre la producción y la superficie al paso del tiempo. Primeramente, de forma general se puede apreciar que la producción por hectárea al año ha tenido una correlación positiva, a razón de 0.005ton de frijol más por cada hectárea al año, aunque este rendimiento no ha sido constante, pues sólo cubre al 63.59% de los años analizados.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Figura [4.G.5]: Frijol, Toneladas por hectárea.

En el periodo inicial de 1961-1979 resulta ser el de mayor productividad, en este periodo se registra una correlación mayor a 0.84, lo que habla de una relación directa entre el tiempo y el crecimiento del rendimiento generalizado al 71.35% de los casos, a razón de 0.0109ton más de frijol por hectárea cada año, este comportamiento es acompañado de una pérdida de hectáreas para este cultivo, como se vio en el **cuadro [4.G.3]**, donde se calculó un promedio de 27,549.27 hectáreas menos al año en alrededor del 31.4% de los años en el periodo.

Cuadro [4.G.6]: Frijol, Producción por hectárea.

Periodos	Coefficiente de Correlación	% de años que explican el crecimiento de ton/ha †	Incremento de ton/ha al Año. §
1961 – 2007	0.7975	63.59	0.0056
1961 - 1979	0.8447	71.35	0.0109
1980-1993	-0.0673	0.45	-0.0013
1994-2007	0.5291	27.99	0.0071

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: R^2 entre ton/ha y el Tiempo.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ton/ha y el tiempo.

Este ímpetu es detenido he invertido abruptamente en el periodo 1980-1993 del **cuadro [4.G.6]**, aquí se registra un coeficiente da correlación negativa, lo que se entiende como una relación inversa y proporcional del tiempo con la producción por hectárea al paso del tiempo, en otras palabras, cada hectárea dejó de producir 0.0013ton por cada hectárea al año; en este mismo periodo, líneas arriba se calculó el mayor número de toneladas de frijol por hectárea 0.819ton/ha, lo que puede leerse como un desaprovechamiento del potencial productivo de cada hectárea en este periodo, en efecto es el periodo donde las hectáreas produjeron más, pero no hubo ningún esfuerzo por aumentar esa producción, esto lo corroboran los coeficientes nulos de determinación para producción y superficie, por ello este periodo es marcado por una pasividad en la producción, sin señales de incentivos que busquen alentar la producción en las áreas ya existentes o incrementar su productividad, conformándose sólo con los métodos ya establecidos y con las áreas y rendimientos ya conocidas.

También habrá que mencionar que este freno no fue generalizado, sólo ocurrió en el 0.45% de los casos, después de 1989 se registra una nueva tendencia al crecimiento, pero sin llegar a ser sostenida.

Finalmente .en el periodo de 1994-2007 vuelve a aparecer la tendencia positiva hacia el crecimiento en producción, con un coeficiente de correlación calculado mayor a 0.5291 y con una producción creciente, a razón de 0.0071ton más de frijol por cada hectárea al año, esto sin ser representativo, pues solo contempla el 27.99% de los años de este periodo, lo cual no puede tomarse como un incentivo a la producción contundente ni generalizado, ya que ello significa que el productor para aumentar su producción de frijol al siguiente año, debe invertir en una hectárea completa y sólo ganará 8 Kilogramos más que el año pasado, con una fiabilidad de tal solo el 32%, esto sale fuera de toda lógica, en particular para los pequeños productores.

Contradictoriamente este periodo calculo el segundo promedio más alto en producción por hectárea, 0.6133ton por hectárea, lo que presume un tímido avance en la productividad, pues a pesar de que existen evidencias de una tecnificación para incrementar la productividad de las hectáreas por año, no es posible aún afirmar que es un proceso que se sostenga por sí mismo. Cabe señalar que hay evidencias de un proceso

de depuración, pues haciendo referencia al **cuadro [4.G.3]** se calculan más de 42 mil hectáreas en la mitad de los años del periodo, que merman la producción en 16 mil toneladas al año en el 15.51% de los casos.

Finalmente se procede a dar un modelo general para el desempeño de las hectáreas en el cultivo de frijol, el análisis numérico arroja el resultado del **cuadro [4.G.7]**; En él se puede observar que los coeficientes calculados de la regresión son significativos, a diferencia de un modelo con una transformación logarítmica, este arroja un mejor coeficiente de determinación, a saber, el modelo explica el 63.59% de los desempeños estudiados. Desafortunadamente no es posible considerar este como un comportamiento generalizado, pues como ya se comentó, deja fuera 36.51% de las observaciones sin explicación lineal.

Cuadro [4.G.7]: Frijol, Modelo Lineal para ton/ha.

----- Cultivo=Frijol -----					
Procedimiento REG					
Modelo: MODEL1					
Variable dependiente: TonXHa					
Analysis of Variance					
Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	0.36955	0.36955	87.34	<.0001
Error	50	0.21157	0.00423		
Total corregido	51	0.58112			
Root MSE		0.06505	R-cuadrado	0.6359	
Media dependiente		0.59019	Adj R-Sq	0.6287	
Coeff Var		11.02170			
Parámetros estimados					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Valor t	Pr > t
Término i	1	0.44134	0.01830	24.11	<.0001
IDxCendie	1	0.00562	0.00060104	9.35	<.0001

Es así como se decide explicar el comportamiento del desempeño de la producción de frijol como un proceso lineal

$$\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = (0.44) + (0.0056)t \quad [4.G.8]$$

4.7.3 Frijol, Modelo General para la Producción y la Superficie.

Toca turno a la elección de un modelo que describa la producción del frijol al paso del tiempo junto con las hectáreas, como primer paso se considera un modelo lineal $Ton = b_0 + b_1t + b_2Ha$, ver **cuadro [4.G.9]**, el cual arroja un coeficiente de determinación que explica el 76.04% de las observaciones, y todas las estimaciones de los coeficientes son significativas, ver **cuadro [4.G.10]**.

Cuadro [4.G.9]: Frijol, Comparativo de Modelos Lineales.

	$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$
R^2	0.7604	0.7780	0.7717
$R^2 Ajust.$	0.7506	0.7689	0.7671
σ^2	13,556,810,485.20	0.0130	0.0131
σ	116,433.72	0.1140	0.1144
F	123.70	85.86	5.73
$Prob F$	0.0000	0.0000	0.0019

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Cuadro [4.G.10]: Frijol, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.

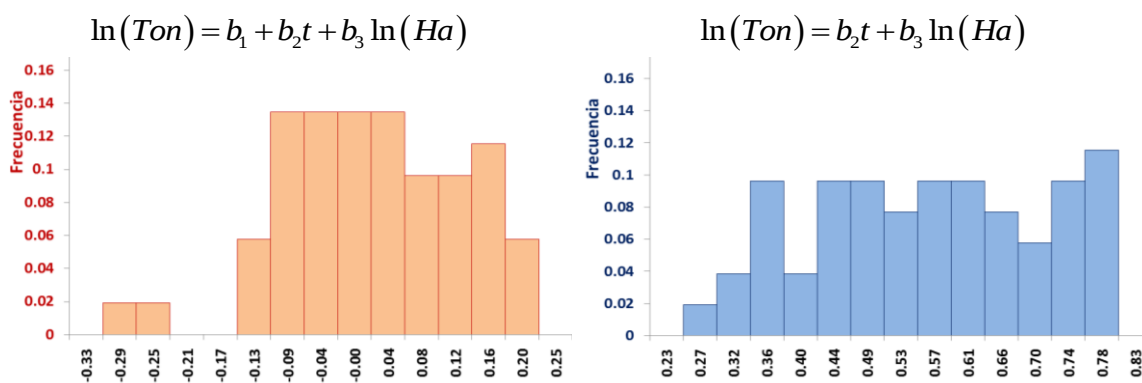
Modelo		Estimación	DesSta(bi)	t	ProbT
$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	b1	-347,016.55	113,808.27	-3.05	0.0037
	b2	9,915.15	1,117.03	8.88	0.0000
	b3	0.64	0.06	10.82	0.0000
$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b1	-1.54004	1.3047	-1.18	0.2435
	b2	0.00993	0.0011	9.05	0.0000
	b3	1.05111	0.0904	11.63	0.0000
$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b2	0.00954	0.0011	9.08	0.0000
	b3	0.94446	0.0022	423.51	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Ahora bien, al considerar un modelo con una transformación logarítmica en las toneladas y las hectáreas, $\ln(Ton) = b_0 + b_1t + b_2 \ln(Ha)$, el coeficiente de determinación

se incrementa, explicando 77.80% de las observaciones, ver **cuadro [4.G.9]**, pero a pesar de ser un modelo más explícito, los coeficientes calculados resultan ser no significativos, ver **cuadro[4.G.10]**:

Ahora que se ha detectado la no significancia del intercepto se procede a calcular un modelo de transformación logarítmica sin intercepto, $\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$, el resultado numérico puede cotejarse en el **cuadro [4.G.10]**, donde es posible observar que los coeficientes calculados son significativos, pero el coeficiente de determinación ajustado disminuye, pasando de 76.89% a 76.81% ;ver **cuadro [4.G.9]**. Para poder discernir sobre qué modelo explica mejor el comportamiento del frijol se decide analizar los errores de ambos modelos, ver **figura [4.G.11]**.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.G.11]: Frijol, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.

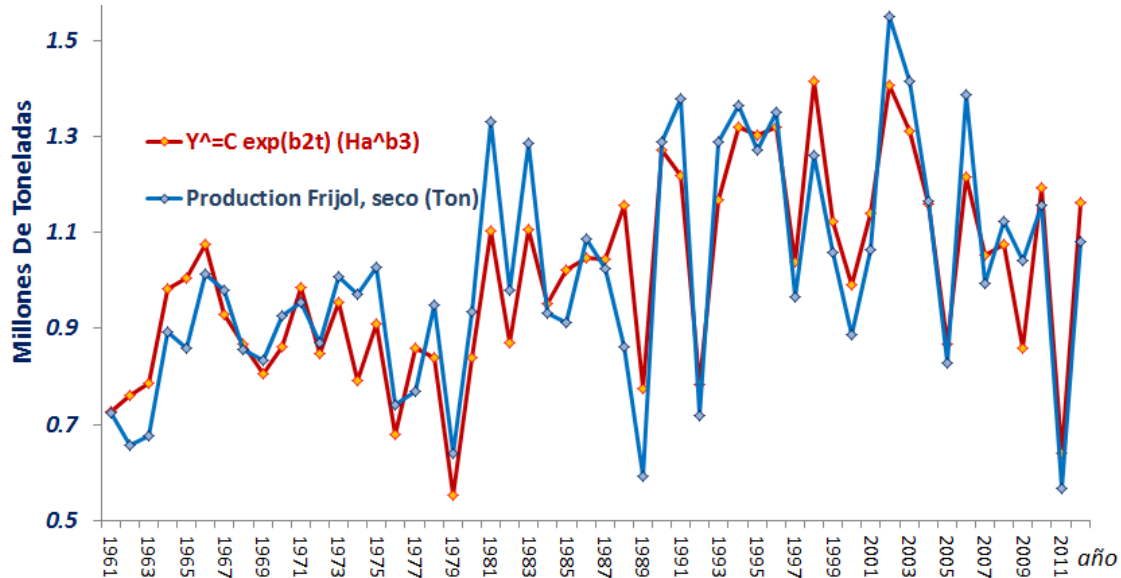
Con la ayuda de los histogramas es posible observar que al eliminar el intercepto del modelo se sesgará las estimaciones, pues el rango de errores no contempla el cero en $\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$, en otras palabras el modelo no compensará los errores que comete, al contrario, los acumulará de forma positiva, sin mencionar que entre los dos es el que posee la desviación Estándar más grande.

Por otra parte si se consideran los errores del modelo $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$, se puede apreciar que se encuentran “centrados” alrededor del cero. Por ello se decide que la producción de frijol es mejor descrita con un comportamiento exponencial,

$$\Rightarrow Ton = (0.21)(Ha)^{1.051} \exp(0.0099t)$$

[4.G.12]

A continuación se procede a comparar las predicciones con los valores reales, ver **figura [4.G.13]:**



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.G.13]: Frijol, Comparativo de Producción Vs Estimación.

Ahora que se a calculado el modelo general, se asume que este tipo de comportamiento no cambia, y se procede a calcular las dos tasas de crecimiento,

$$\frac{dTon}{dt} = (0.0021) \exp(0.0099t) (Ha)^{1.051} \quad [4.G.14]$$

$$\frac{dTon}{dHa} = (0.225) \exp(0.0099t) (Ha)^{0.051} \quad [4.G.15]$$

Se observa que la velocidad de producción por incrementos en el tiempo aprovecha de mejor manera las hectáreas destinadas a cultivar, ya que $(Ha)^{0.051} < (Ha)^{1.051}$, una forma de demostrar esto es comparando las dos tasas de crecimiento en un cociente:

$$\frac{dTon/dHa}{dTon/dt} = (105.85) (Ha)^{-1} \quad [4.G.16]$$

$$\frac{dTon/dt}{dTon/dHa} = (0.0094) (Ha) \quad [4.G.17]$$

Ahora bien, para que la tasa producción por un incremento en el tiempo sea superior a la tasa de producción por el simple aumento de áreas de cultivo, serán necesarios 105.85ha.

$$Si \left(\frac{dTon}{dHa} \right) < \left(\frac{dTon}{dt} \right) \Rightarrow (105.85)(Ha)^{-1} < 1 \Rightarrow (105.85) < Ha \quad [4.G.18]$$

Una vez demostrado el comportamiento exponencial en todo el periodo se asume el mismo comportamiento para cada etapa del cultivo y se logran calcular las hectáreas necesarias para que la producción de Frijol tenga más fuerzas con un avance tecnológico que con el simple incremento de hectáreas

Cuadro [4.G.19]: Frijol, Productividad y Umbral Tecnológico.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
b1 †	-1.5400	0.2040	-6.4122	-4.3769
$d \ln(Ton)/dt$ §	0.0099	0.0206	-0.0025	0.0164
$d \ln(Ton)/d \ln(Ha)$ Φ	1.0511	0.9227	1.4132	1.2294
R2 ††	0.7780	0.7504	0.7343	0.8744
Umbral §§	105.85	44.75	-565.07	75.07

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

†: Coeficiente b_1 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

††: Coeficiente de Determinación de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§§: Hectáreas $> (b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Este indicador muestra cómo la tecnología agrícola es recuperada, ver **cuadro [4.G.19]**, mostrándose más asequible a la entrada de PROCAMPO sin recuperar los niveles anteriores a la crisis de 1980. En el periodo de 1961 a 1979 eran necesarias 44.75 hectáreas para superar la producción basada en técnicas agrícolas sobre el simple hecho de aumentar las áreas cultivadas, con la crisis de 1980 el umbral tecnológico obliga a una depuración de tierras, calculando hectáreas negativas, situación que invierte PROCAMPO al calcular 75.07 hectáreas aun lejanas a las calculadas antes de la crisis de 1980.

Una forma de aislar los beneficios de la tecnificación agrícola será por medio de los incrementos en la producción logarítmica, ver **cuadro [4.G.19]**. En lo que refiere al periodo de 1961 a 1979 la tecnificación agrícola aportó $0.021\ln(\text{Ton})$ al año, promedio que se desploma y se torna incluso negativo, $0.0025\ln(\text{Ton})$ al año, dando una señal del abandono tecnológico, situación que es revertida en el periodo de PROCAMPO, promediando $0.0164\ln(\text{Ton})$, casi igualando los niveles anteriores a la crisis.

Ahora bien al analizar los incrementos en la producción aislando el factor del tiempo, ver **cuadro [4.G.19]**, se observa que por cada incremento de $\ln(\text{ha})$ se incentivan la producción en el primer periodo a razón de $0.9227\ln(\text{ton})$, promedio que aumenta en el periodo de la crisis de 1980, calculando $1.4132\ln(\text{ton})$ por cada incremento de $\ln(\text{ha})$, y finalmente se promedian $1.2294\ln(\text{ton})$ por un incremento de $\ln(\text{ha})$ colocando al periodo de PROCAMPO como una etapa que busca dejar de incentivar la producción por medio del incremento de las áreas de cultivo.

4.8 MAÍZ

Toca el turno a discutir el cultivo del maíz, como se puede apreciar en la **figura [4.H.1]**, las áreas dedicadas a esta semilla, son aún más extensas que el frijol, sin duda la versatilidad de la semilla para su adaptación es irrefutable.



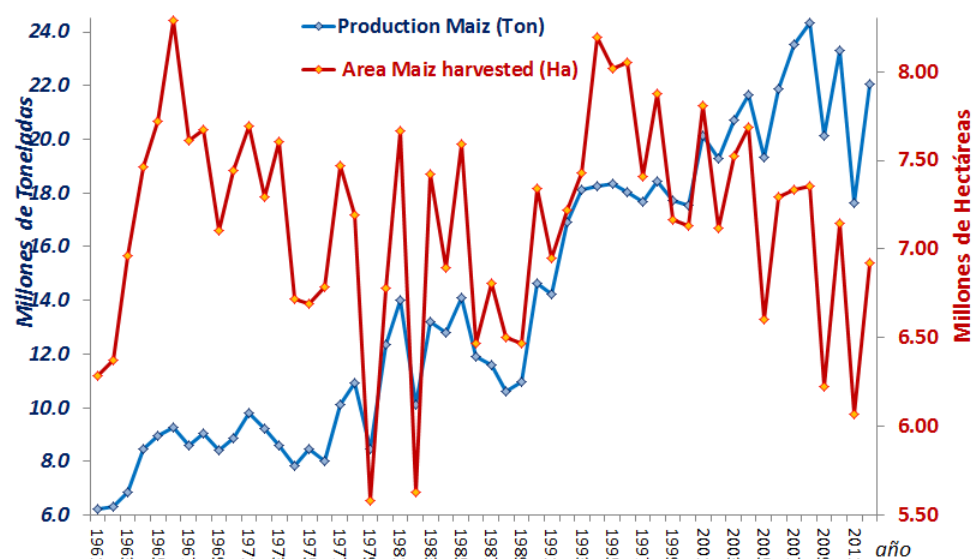
Fuente: INEGI 2014

Figura [4.H.1]: Maíz en Grano, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.

No hay estado de la república que no tenga áreas de cultivo para esta semilla, sólo en los estados de Sonora y Baja California Norte, el dominio del maíz es menor al resto de la república, pero sin dejar de tener presencia.

4.8.1 Maíz, Producción y Superficie para su Cultivo.

Al observar el **cuadro [4.H.2]**, la producción y la superficie dedicada al maíz tienen comportamientos distintos. Antes de 1980 se aprecia una ligera tendencia a la baja en la superficie cosechada con maíz, un periodo casi estable, mientras que la producción se muestra creciente. Después del año 1980 tanto la producción como la superficie utilizada se incrementan muy a pesar de la crisis de 1980. Por último en 1994, con la aparición del TLCAN y de PROCAMPO, las tendencias de la producción y la superficie se cruzan, mientras las hectáreas utilizadas para el cultivo decrecen, la producción aumenta.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012.

Figura [4.H.2]: Maíz, Superficie y Producción.

La manera de cuantificar lo anterior es con el **cuadro [4.H.3]**. De forma muy general y contemplando todo el periodo analizado 1961-2012, se observa un coeficiente de correlación muy pequeño, apenas positivo 0.2369, lo que no puede tomarse como un efecto generalizado de la relación directamente proporcional que guarda la producción con la superficie cosechada, en todo el periodo de estudio se promedian 2.08ton/ha. Debido al comportamiento tan diverso no puede tomarse como medida general pues sólo alcanza a explicar un poco más del 5.61% de las observaciones, dejando fuera de esta relación lineal a más del 94% de las observaciones.

Por ello conviene analizar el periodo estudiado por partes, en el **cuadro [4.H.3]** iniciando con, 1961-1979, Advirtiendo inmediatamente que la relación de la producción con la superficie cosechada, calcula un coeficiente de correlación mayor a 0.55 lo que se interpreta como una necesidad suficiente pero no necesaria el aumento de la superficie para lograr un aumento de la producción. En este periodo se promedian 1.03ton/ha en al menos el 30.1% de los casos de forma directa y lineal, sin poder considerar esta cifra como un promedio generalizado, pues faltarían por explicar más del 65% de los casos. Aunado esto se promedia un tímido decrecimiento de la superficie cultivable en el 3% de las hectáreas en el periodo, a razón de más de 20 mil hectáreas al año, ver **cuadro [4.H.4]**, y un aumento de la producción mayor a 123 mil toneladas al año, que sólo

aplica a un 34.78% de los años en el periodo, por lo que se vislumbra un tímido intento de mejorar la explotación de las hectáreas depurándolas y aumentando las productividad.

Cuadro [4.H.3]: Maíz, Producción Vs Superficie.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% toneladas explicadas por el incremento en ha §	ton Producidas por cada hectárea Añadida †
1961 – 2007	0.2369	5.61	2.0857
1961 – 1979	0.5561	30.92	1.0313
1980-1993	0.7399	54.75	3.0540
1994-2007	-0.0598	0.36	-0.2277

Fuente: Elaboración propia con información de: EPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: R² entre ha y ton.

En lo que refiere al periodo 1980-1993, la relación entre la producción y la superficie cosechada se fortalece, esto lo demuestra el coeficiente de correlación, con más de 0.74, es el más alto de los tres periodos estudiados, interpretando esto como el más dependiente de la tierra para la producción, y promediando más de 3.05ton/ha de maíz en más del 54% de los casos, siendo este el periodo con mayor potencial productivo.

Cuadro [4.H.4]: Maíz, Producción y Superficie en el Tiempo.

Periodos	% Años que explican las toneladas §	Toneladas al año. †	% Años que explican ha §§	Ha añadidas al Año ††
1961 - 2007	89.06	330,659.74	0.00	-126.14
1961 - 1979	34.78	123,653.57	3.42	-20,903.23
1980-1993	28.73	295,423.58	2.58	21,465.05
1994-2007	42.84	257,843.93	55.13	-76,742.05

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y el tiempo.

††: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: R² entre el tiempo y ton

§§: R² entre el tiempo y ha

También cabe resaltar que hay un giro en la política de la tierra, a diferencia del periodo anterior hay un ligero crecimiento en la adquisición de la tierra, pues se registra un aumento de poco más de 21 mil hectáreas al año en el 3% de los años estudiados, junto con un ligero incremento en el promedio de la producción al año, tal cual se ve en el

cuadro [4.H.4], a razón de casi 300 mil toneladas de maíz al año que aplica al 29% de los años estudiados en el periodo.

Por último en el periodo 1994-2012 sorprendentemente la relación que guarda la tierra con la producción se invierte, para este periodo se calcula un coeficiente de correlación del -0.0598, lo que se puede interpretar como una “depuración” de la producción del maíz respecto a la tierra, pues mientras la producción aumenta a razón de más de 257 mil toneladas por año en el 42.84% de los años, ver **cuadro [4.H.4]**, y la superficie de la tierra para el cultivo de maíz en promedio desciende, a razón de casi 77 mil hectáreas al año en el 55.13% de los años en el periodo.

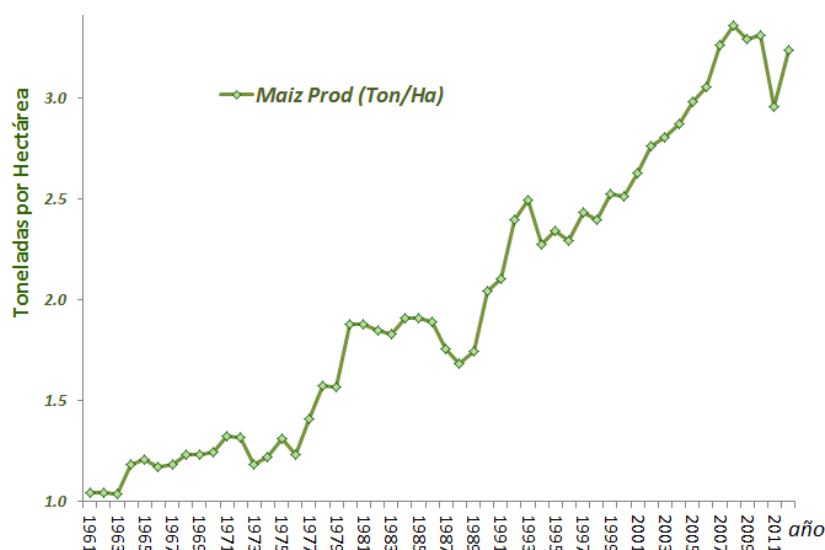
Esta expulsión de hectáreas fuera de la producción significó una merma en la producción a razón de 0.2277ton menos, que se deja de cultivar en cada hectárea, sin que eso significase una merma para la producción, pues el promedio de 257 mil toneladas al año. Lo anterior puede entenderse como una depuración de las parcelas menos productivas por aquellas que potencializan su productividad año con año.

4.8.2 Maíz, Producción por hectárea.

Para tratar de complementar, y a modo de explicar la diversidad de comportamientos en el periodo de estudio. Lo anterior es más claro de observar al calcular el rendimiento de las hectáreas, para llegar a la **figura [4.H.5]**, se calculó el desempeño de las hectáreas, dividiendo la producción entre las hectáreas cultivadas en cada año. Así se puede observar el continuo crecimiento de la tasa de producción por hectárea del maíz al año, misma que no sufre declive significativo en todo el periodo estudiado 1961-2007.

De forma casi sorpresiva y pese a la experiencia de los cultivos anteriores, en la **figura [4.H.5]** se aprecia un incremento constante y creciente del rendimiento en el cultivo del maíz. Se pueden apreciar cambios sólo en la pendiente que rige el desempeño, inicialmente el crecimiento se comporta lento, hasta el año de 1976, cuando da un repunte importante, justo 4 años antes de la crisis de 1980 o del programa de catastro rural, mismo que no merma significativamente el desempeño posterior a 1980, aunque se advierte una mayor volatilidad hasta la entrada del PROCAMPO o la crisis la entrada

en vigor del TLCAN. Después de esto viene el crecimiento más importante y sostenido en el periodo de 1994-2007.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Figura [4.H.5]: Maíz, Toneladas por hectárea.

Para cuantificar lo anteriormente dicho, se recurre al **cuadro [4.H.6]**, en este es posible observar en todo el periodo estudiado existe una fuerte relación entre el tiempo y la producción por hectárea al año, marcando un coeficiente de 0.9730, por lo que se puede entender que el rendimiento será siempre creciente al paso del tiempo; además se promedian 0.045 toneladas de maíz por cada hectárea al año en el 94.68% de los casos, lo que puede tomarse como un rendimiento generalizado.

Cuadro [4.H.6]: Maíz, Producción por hectárea.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% de años que explican el crecimiento de ton/ha †	Incremento de ton/ha al Año. §
1961 - 2007	0.9730	94.68	0.0465
1961 - 1979	0.8515	72.51	0.0224
1980-1993	0.6207	38.52	0.0349
1994-2007	0.9416	88.65	0.0632

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: R^2 entre ton/ha y el Tiempo.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ton/ha y el tiempo.

Pasando al análisis por etapas primeramente en el periodo 1961-1979 del **cuadro [4.H.6]** se observa un coeficiente de correlación de 0.8515, mismo que es acompañado de una producción de 0.0224ton de maíz más por cada hectárea al año, promedio que es altamente representativo, pues explica a más del 72.51% de los años en el estudio, recuérdese que en el **cuadro [4.H.3]** se reporta una relación baja de la tierra y la producción, apenas el 30.92% de los casos argumentan su producción debido al aumento de la tierra, por lo que hay argumentos suficientes para considerar el creciente del rendimiento a causa de otros factores técnicos.

En lo que refiere al periodo 1980-1993, reporta un freno al crecimiento pues se calculan un coeficiente de correlación del tiempo con el rendimiento del 62.07%; por lo que el incremento en el desempeño de las hectáreas a razón de 0.0349ton de maíz más por hectárea al año, no es del todo suficiente, pues sólo alcanza a explicar el 38.52% del crecimiento del rendimiento al paso del tiempo, dejando sin explicación al 61.48% de los años. Lo anterior resulta casi contradictorio, pues fue en este periodo donde se registró el más alto promedio de toneladas por hectárea, 3.054ton/ha acompañada de una alta correlación de la tierra con la producción. Interpretando ambos panoramas, se puede entender que la producción se centró en la superficie, estancando incentivar la producción con nuevas técnicas de cultivo o técnicas que mejoren las condiciones de producción de otras áreas ya existentes, esto coloca al periodo como una etapa apática para el desarrollo tecnológico en el cultivo del maíz, centrando su atención en las técnicas ya existentes.

En el periodo 1994-2012 la relación del rendimiento con el tiempo se fortalece al punto más alto de los tres periodos analizados 0.9416, lo que habla de un fuerte crecimiento del rendimiento al paso del tiempo, casi de forma imperativa, este periodo reporta también el más alto rendimiento, 0.0632ton más de maíz por hectárea cada año, como se vio en el **cuadro [4.H.3]**, este crecimiento sostenible es acompañado por una producción en promedio de más de 257 mil ton/ha, misma que no dependió del aumento de las áreas dedicadas al cultivo de maíz, por el contrario en el 55.13% de los casos se reportó una pérdida de hectáreas a razón de 77 mil hectáreas menos al año, fenómeno que es confirmado con el coeficiente de correlación negativo entre producción y hectáreas - 0.0598, por lo que se entiende a este periodo como el mejor, mancando un crecimiento

constante, que basa su eficiencia en el desarrollo de técnicas nuevas que no dependen del incremento de la superficie, y que además depura su elemento tierra en favor de su productividad.

Ahora se procede a dar un modelo general al desempeño de la producción por hectárea de maíz, anteriormente se habló de un modelo lineal, el cual explicaba el 94.68% de los años con una tasa constante de desempeño, al ejecutar los cálculos numéricos, se obtienen coeficientes significativos, ver **cuadro [4.H.7]**

Cuadro [4.H.7]: Maíz, Modelo Lineal para ton/ha.

----- Cultivo=Maiz -----					
Procedimiento REG					
Modelo: MODEL1					
Variable dependiente: TonXHa					
Analysis of Variance					
Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	25.30915	25.30915	890.12	<.0001
Error	50	1.42167	0.02843		
Total corregido	51	26.73081			
Root MSE		0.16862	R-cuadrado	0.9468	
Media dependiente		1.95556	Adj R-Sq	0.9458	
Coeff Var		8.62267			
Parámetros estimados					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Valor t	Pr > t
Término i	1	0.72373	0.04745	15.25	<.0001
IDxCendie	1	0.04648	0.00156	29.83	<.0001

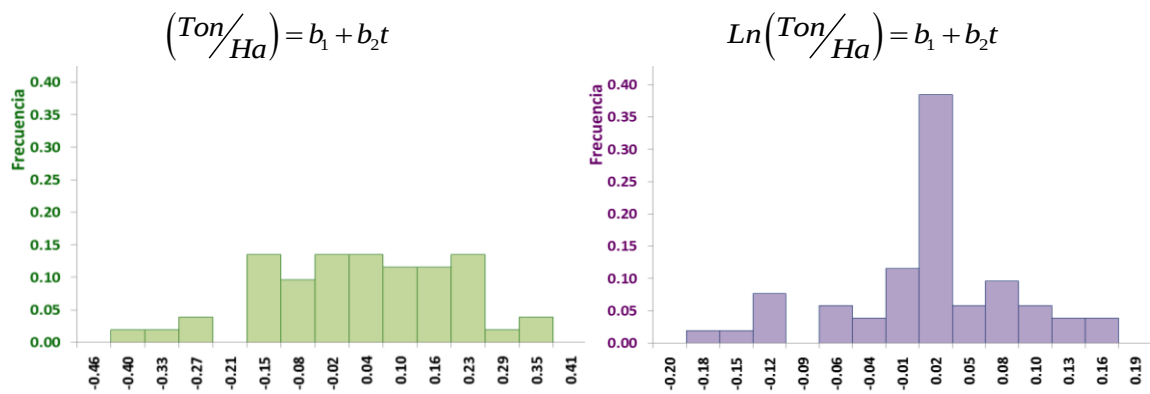
Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Como segundo paso se procede a ejecutar los cálculos numéricos para la transformación logarítmica del desempeño en las hectáreas de maíz, sorpresivamente y a pesar de que se logra un modelo más explícito, esto se puede constatar en el **cuadro [4.H.8]**.

Cuadro [4.H.8]: Maíz, Modelo de Transformación Logarítmica para ton/ha.

Cultivo=Maiz					
Procedimiento REG					
Modelo: MODEL1					
Variable dependiente: lnTonXHa					
Analysis of Variance					
Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	7.07924	7.07924	1269.52	<.0001
Error	50	0.27882	0.00558		
Total corregido	51	7.35806			
Root MSE		0.07467	R-cuadrado	0.9621	
Media dependiente		0.60136	Adj R-Sq	0.9613	
Coeff Var		12.41759			
Parámetros estimados					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Valor t	Pr > t
Término i	1	-0.05012	0.02101	-2.39	0.0209
IDxCendie	1	0.02458	0.00068999	35.63	<.0001

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013



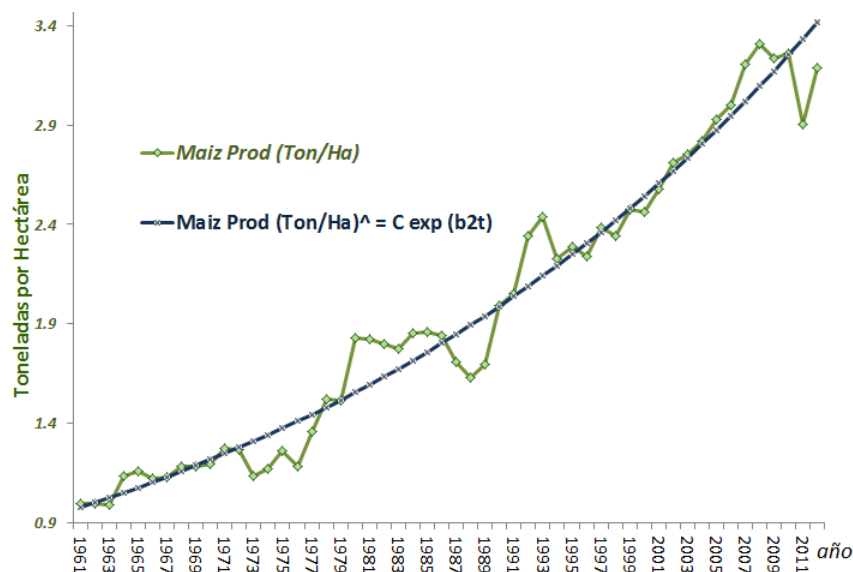
Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.H.9]: Maíz, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha.

Teniendo en cuenta estos dos cálculos se procede a analizar los errores de ambos modelos, ambos ilustrados en la **figura [4.H.9]**, la primera observación que resalta es la forma en que distribuyen los errores, siendo el modelo $(Ton/ha) = b_1 + b_2t$ una

distribución uniforme, y su contraparte presenta una distribución centrada y agolpada por completo alrededor del cero.

Mientras el modelo lineal presenta una distribución casi uniforme sobre un rango de errores que van desde -0.40ton/ha, hasta 0.35ton/ha, el modelo logarítmico, tiene una campana perfectamente definida, que aglomera los errores alrededor del cero, siendo éste el valor más probable en su distribución. Esto es a pesar de que el modelo logarítmico presenta una desviación estándar equivalente a 1.46ton/ha, la probabilidad de cometer un error cero es tan alta que es un dato despreciable, lo que le da una ventaja probabilística sobre su contraparte lineal, la cual presenta una menor variación pero la probabilidad de cometer un error cero se distribuye entre varios errores con una probabilidad casi uniforme entre -0.15 y 0.23ton/ha.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.H.10]: Maíz, Comparativo del Desempeño Vs Estimaciones de ton/ha.

Por lo anterior se decide estimar el desempeño del maíz como una función exponencial

$$\ln\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = b_1 + b_2 t \Rightarrow \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = (0.951) \exp[(0.0246)t] \quad [4.H.11]$$

Las estimaciones y los valores reales se presentan en una sola gráfica en **figura [4.H.10]**

4.8.3 Maíz, Modelo General para la Producción y la Superficie.

Como primer paso se considera una relación lineal entre la producción, las hectáreas y el tiempo, la estimación numérica, explica el 94.81% de las observaciones ver **cuadro [4.H.12]**, con todos los coeficientes significativos, ver **cuadro [4.H.13]**, sin embargo al considerar una transformación logarítmica, el coeficiente de determinación mejora explicando el 96.59% de las observaciones, aunque esta mejora sacrifica la significancia de un coeficiente estimado, ver **cuadro [4.H.12]**.

Cuadro [4.H.12]: Maíz, Comparativo de Modelos Lineales.

	$Ton =$ $b_1 + b_2t + b_3Ha$	$\ln(Ton) =$ $b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	$\ln(Ton) =$ $b_2t + b_3 \ln(Ha)$
R^2	0.9481	0.9659	0.9645
R^2 <i>Ajut.</i>	0.9460	0.9645	0.9638
σ^2	1,521,611,470,902.03	0.0055	0.0056
σ	1,233,536.17	0.0741	0.0747
F	889.57	693.12	14.41
$Prob F$	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Cuadro [4.H.13]: Maíz, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.

<i>Modelo</i>		<i>Estimación</i>	<i>DesSta(bi)</i>	<i>t</i>	<i>ProbT</i>
$Ton =$ $b_1 + b_2t + b_3Ha$	b1	-9,878,155.21	2,079,165.92	-4.75	0.0000
	b2	330,926.14	11,397.77	29.03	0.0000
	b3	2.11	0.29	7.37	0.0000
$\ln(Ton) =$ $b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b1	-2.59105	1.8787	-1.38	0.1741
	b2	0.02458	0.0007	35.92	0.0000
	b3	1.16103	0.1191	9.75	0.0000
$\ln(Ton) =$ $b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b2	0.02458	0.0007	35.59	0.0000
	b3	0.99684	0.0013	748.07	0.0000

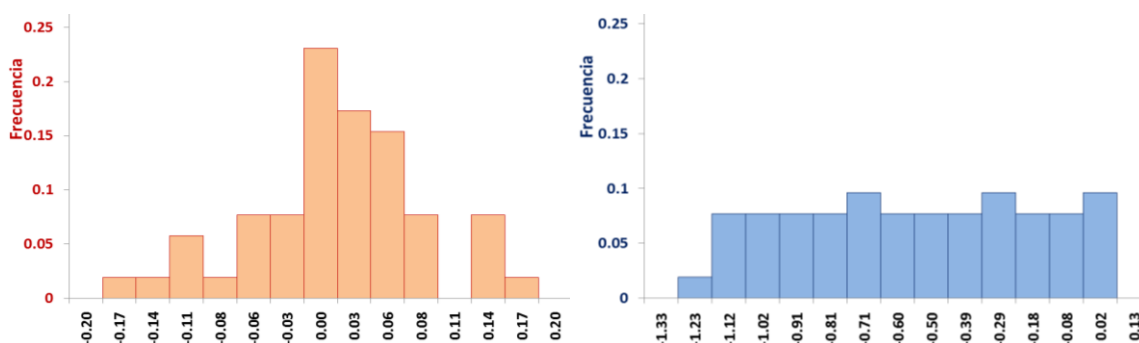
Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

A pesar de haber perdido la significancia de una variable, ver **cuadro [4.H.13]**, el considerar un proceso exponencial reduce significativamente la variación, mientras que con el modelo lineal la desviación estándar es de más de un millón de hectáreas, para el modelo de transformación logarítmica se calcula un equivalente a 1.08 hectáreas, dadas estas observaciones se procede a eliminar el intercepto de la transformación logarítmica, el cálculo numérico puede cotejarse en el **cuadro [4.H.13]**.

Se observa que al eliminar el intercepto de la transformación logarítmica se pierden 0.07 puntos porcentuales en el coeficiente de determinación ajustado, pasando de 96.45% a 96.38%, ver **cuadro [4.H.13]**, para poder discernir acerca del mejor modelo que lo aproxime se procede a analizar el histograma de frecuencias relativas para los errores generados con ambos modelos

$$\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha)$$

$$\ln(Ton) = b_2 t + b_3 \ln(Ha)$$



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI 2013

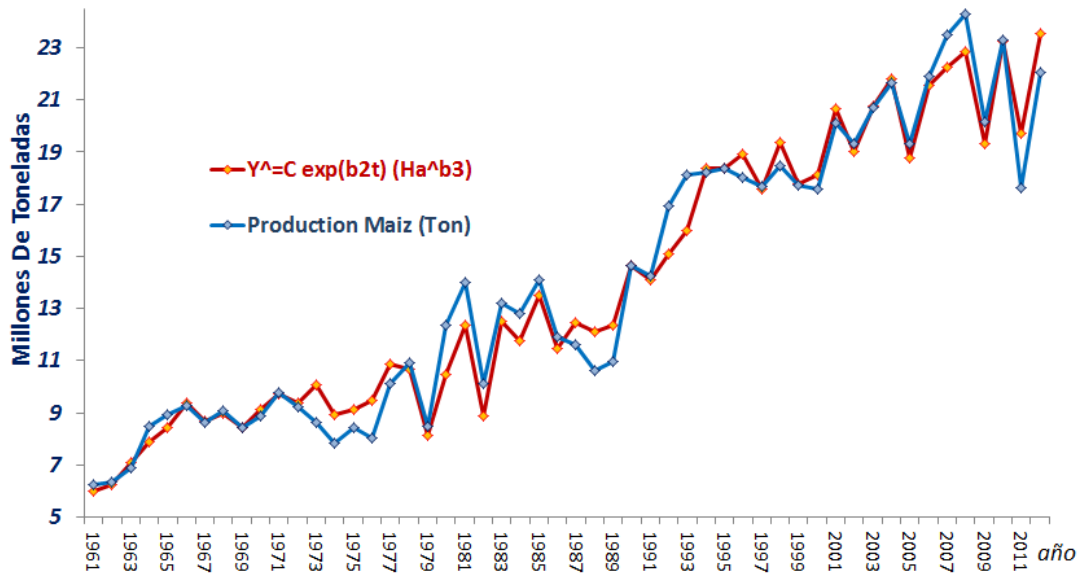
Figura [4.H.14]: Maíz, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.

Nótese que el hecho de eliminar el intercepto del modelo, sesga los errores, en un histograma con distribución uniforme, y además el cero se encuentra en el extremo derecho, en otras palabras, eliminar el intercepto sesgará las estimaciones, además aumenta la desviación estándar, lo que hace aún más variante el modelo. Por ello y a pesar de que el intercepto sea una coeficiente sin significancia estadística, considerarlo garantiza mejores estimaciones y una descripción más fiel de la producción de Maíz; por ello se decide a considerar la producción de maíz como se muestra en [4.H.15]

$$\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha) \Rightarrow Ton = C_0 (Ha)^{b_3} e^{b_2 t}$$

$$\Rightarrow Ton = (0.0749)(Ha)^{1.16} \exp(0.025t) \quad [4.H.15]$$

Usando esta estimación se procede a comparar los datos reales con los datos generados por este modelo



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.H.16]: Maíz, Comparativo de Producción Vs Estimación.

Una vez deducido el modelo que explique el movimiento de la producción se procede a analizar las tasas de crecimiento, ver [4.H.18] y [4.H.17], en estas ecuaciones se observa que el potencial de las hectáreas se aprovecha mejor en [4.H.18], ya que $(Ha)^{0.16} < (Ha)^{1.16}$

$$\frac{dTon}{dt} = (0.0019)(Ha)^{1.16} \exp(0.025t) \quad [4.H.17]$$

$$\frac{dTon}{dHa} = (0.0869)(Ha)^{0.16} \exp(0.025t) \quad [4.H.18]$$

Otra observación importante es comparar estas dos tasas de crecimiento en la producción, se aprecia que $(Ha)^{-1} < Ha$ y con ello, el incremento al paso del tiempo el que arroja mejores resultados, que el aumento de la superficie cultivada, ver [4.H.20] y [4.H.19]

$$\frac{dTon_i/dHa}{dTon/dt} = (47.23)(Ha)^{-1} \quad [4.H.19]$$

$$\frac{dTon/dt}{dTon/dHa} = (0.0212)(Ha) \quad [4.H.20]$$

Cabe hacer la aclaración que esto no es válido para toda cantidad de hectáreas, existe un umbral donde la velocidad de producción basada en mejoras técnicas será mejor que el simple hecho de incrementar las áreas de cultivo

$$Si \left(\frac{dTon}{dHa} \right) < \left(\frac{dTon}{dt} \right) \Rightarrow (47.23)(Ha)^{-1} < 1 \Rightarrow (47.23) < Ha \quad [4.H.21]$$

Cuadro [4.H.22]: Maíz, Productividad y Umbral Tecnológico.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
b1 †	-2.5911	-1.3071	-6.7759	-4.2983
$d \ln(Ton)/dt$ §	0.0246	0.0187	0.0151	0.0261
$d \ln(Ton)/d \ln(Ha)$ Φ	1.1610	1.0820	1.4452	1.2646
R2 ††	0.9659	0.8248	0.7434	0.8517
Umbral §§	47.23	57.96	95.58	48.49

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

†: Coeficiente b_1 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

††: Coeficiente de Determinación de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§§: Hectáreas $> (b_3/b_2)$, donde b_3, b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Esto último no debe entenderse como la única forma de aumentar la producción, como ya se discutió en ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. Esto es sólo un comparativo de fuerzas productivas, mismas que han cambiado, demostrado el modelo para todo el

periodo se asume un mismo comportamiento para cada etapa de estudio y se calculan los umbrales para cada una de ellas.

Es así como se puede apreciar en el **cuadro [4.H.22]** que el umbral tecnológico no ha estado siempre en el mismo nivel de asequibilidad para los productores, en el periodo de 1961 a 1979 eran necesarias 57.96 ha para lograr aumentar más la producción con tecnología agrícola que con el simple hecho de aumentar las áreas de cultivo, después de crisis de 1980, este umbral se retira de los productores, colocando se en las 95.58ha, lo que es subsanado en el periodo de PROCAMPO y el TLCAN, pues no sólo se recurre a la asequibilidad que se tenía antes de la crisis de 1980, sino que el umbral se acerca más al producto, dejando al alcance de más productores las técnicas agrícolas.

La tecnificación del Maíz no sólo consistió en acercar la tecnología a más productores, las técnicas agrícolas se han perfeccionado, incrementando la producción, ver **cuadro [4.H.22]**, pues en el periodo de 1961 a 1979 la tecnificación agrícola significó un incremento al año de $0.0187\ln(\text{ton})$, descendiendo ligeramente el periodo de 1980 1993 donde se registra un freno, calculando un incremento anual de $0.0151\ln(\text{ton})$, después con la entrada de PROCAMPO y el TLCAN el incremento anual adquiere su mejor nivel a razón de $0.0261\ln(\text{ton})$ al año.

Por otro lado la producción incentivada por incrementos en las áreas de cultivo es incentivada en el periodo de la crisis de 1980, ver **cuadro [4.H.22]**, pasando de $1.082\ln(\text{ton})$ a $1.4452\ln(\text{ton})$ por cada incremento en $\ln(\text{ha})$, posteriormente en la etapa de PROCAMPO se promedian $1.2646\ln(\text{ton})$ más por cada incremento de $\ln(\text{ha})$, lo que se puede interpretar como un abandono de la producción fincada en el incremento de áreas de cultivo.

4.9 SORGO

La presencia de este cultivo reservada, aunque es un cultivo que se encuentra en casi cualquier parte de la república mexicana, se observa su presencia en estados como Baja California Norte, Sinaloa, Tamaulipas, Oaxaca, incluso en Quintana Roo



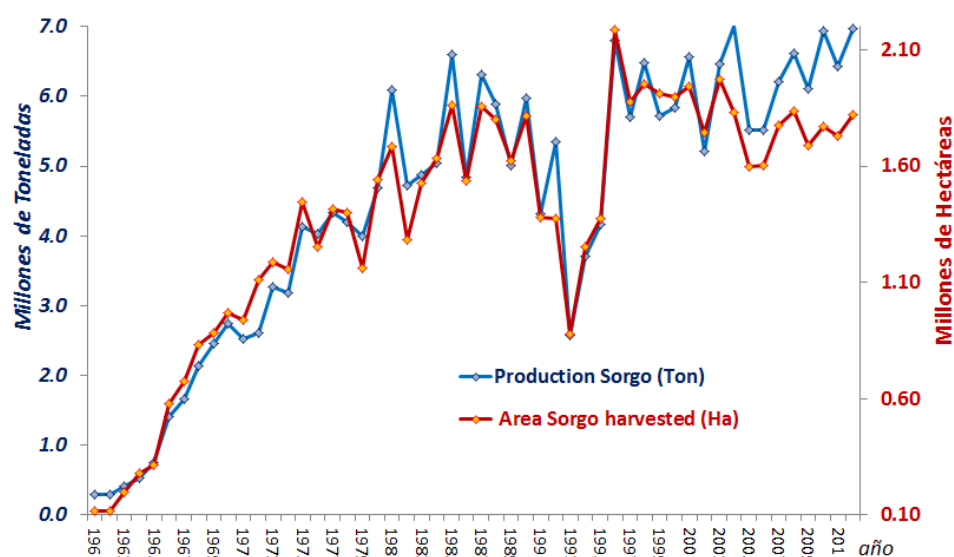
Fuente: INEGI 2014

Figura [4.I.1]: Sorgo, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.

Cómo se puede apreciar en la **figura [4.I.1]**, el cultivo de sorgo adaptable a casi todas las condiciones climáticas del país, lo que puede explicar su dispersión por todo el territorio nacional

4.9.1 Sorgo, Producción y Superficie para su Cultivo.

Con ayuda del sistema estadístico de la FAO, se observa en el **cuadro [4.I.2]**, en donde se puede apreciar un comportamiento similar entre la superficie y la producción, lo que puede interpretarse como una dependencia de la superficie para la producción, el comportamiento de la producción no ha sido monótono, si se considera un corte en el año de 1980 y 1994, se podrán distinguir tres etapas. Hasta antes de la crisis de 1980 se observa un crecimiento tanto en superficie como en la producción. Después de esto el catastro rural no parece tener un efecto positivo en el incremento de tierras que fueran destinadas al Sorgo; posteriormente después de 1994, año de la entrada en vigor del TLCAN y de PROCAMPO el cultivo y las hectáreas utilizadas para el sorgo se reponen aunque no con el crecimiento observado antes de 1980.



Fuente: Elaboración propia con información de: FAO, 2014

Figura [4.I.2]: Sorgo, Superficie y Producción.

Lo anterior es respaldado con el **cuadro [4.I.3]**, donde se observa un coeficiente de correlación alto entre la superficie y la producción, lo que indica la alta dependencia que ha tenido el cultivo de sorgo con la superficie desde 1961 hasta 2012, siendo el periodo anterior a la crisis y al catastro rural, 1961-1979, el más dependiente y el periodo posterior a la entrada en vigor del TLCAN y PROCAMPO, 1994-2012, como el menos dependiente de superficie para la producción. Tomando en cuenta todo el tiempo de análisis, se promedian 3.6ton de sorgo por cada hectárea sembrada en más del 94.73% de los casos, con más de 112 mil toneladas más cada año, ver **cuadro [4.I.4]**, en más del 73% de los años y con un incremento no generalizado de poco más de 28 mil hectáreas más cada año destinadas al sorgo, pues sólo abarcó al 65.91% de los casos.

Cuadro [4.I.3]: Sorgo, Producción Vs Superficie.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% toneladas explicadas por el incremento en ha §	ton Producidas por cada hectárea Añadida †
1961 – 2007	0.9733	94.73	3.6319
1961 – 1979	0.9842	96.87	3.1041
1980-1993	0.9222	85.04	3.5054
1994-2012	0.7866	61.88	3.3209

Fuente: Elaboración propia con información de: EPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: R² entre ha y ton

Cuadro [4.I.4]: Sorgo, Producción y Superficie en el Tiempo.

Periodos	% Años que explican las toneladas §	Toneladas al año. †	% Años que explican ha §§	Ha añadidas al Año ††
1961 - 2007	73.84	112,545.46	65.91	28,496.14
1961 - 1979	95.83	250,407.13	91.21	77,459.13
1980-1993	8.42	-70,782.01	9.71	-19,987.55
1994-2012	32.30	91,470.20	0.36	2,285.78

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y el tiempo.

††: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: R^2 entre el tiempo y ton

§§: R^2 entre el tiempo y ha

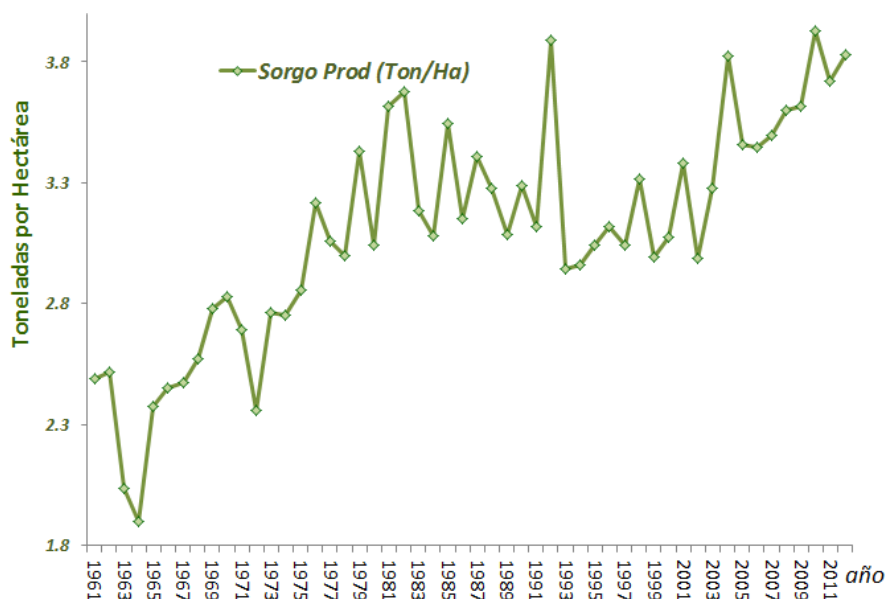
En lo que refiere al primer periodo 1961-1979, se registra la mayor dependencia de la superficie para la producción de Sorgo, se calcula un coeficiente de correlación entre la superficie utilizada para el sorgo y su producción de 0.9842, siendo el más alto de los tres periodos analizados he incluso mayor que el calculado en todos los años del estudio, desafortunadamente no es el periodo con mayor producción, ya que en él se promediaron en el 96.87% de los años un promedio de 3.10ton por hectárea, siendo la producción por hectáreas más baja de los tres periodos analizados, a pesar de que en este periodo se registra la mayor aportación de hectáreas para la producción de Sorgo, a razón de más de 77 mil hectáreas al año, ver **cuadro [4.I.4]**, en más del 91.21% de los años aunado a un crecimiento en la producción mayor a 250 mil toneladas al año.

Una vez en vigor el catastro Rural, y después de la crisis en 1980, en el periodo 1980-1993 la relación entre la tierra y la producción de Sorgo sigue siendo fuerte, con un coeficiente correlación de 0.9222, promediando en el 85.04% de los años, 3.50ton de Sorgo por hectárea, siendo el promedio más alto de los tres periodos lo que señala una alta productividad por hectárea, muy a pesar que en este periodo se invierte el crecimiento de la producción, registrando una pérdida mayor a 70 mil toneladas de sorgo al año, ver **cuadro [4.I.4]**, y aunque este promedio no es representativo, pues sólo alcanza al 8.42% de los años, este desplome, no pasa desapercibido pues la producción en 1993 adquiere niveles similares a los vistos en 1971, dando un retroceso de aproximadamente 22 años.

En lo que refiere al periodo 1994-2012, en el **cuadro [4.I.3]** se observa como la producción sigue estando acompañada de un incremento en la superficie, aunque no con la misma intensidad que los periodos anteriores, pues se registra el coeficiente de correlación más bajo 0.7866, además se registra una producción por cada hectárea de 3.32ton de sorgo en un 61.88% de los casos. Lo que es de resaltar es que en la entrada del PROCAMPO y del TLCAN la producción sale del desplome registrado en 1993 y recupera su tendencia creciente a razón de poco más de 91 mil toneladas de Sorgo cada año, como puede verse en el **cuadro [4.I.4]**.

4.9.2 Sorgo, Producción por hectárea.

Una vez visto el comportamiento del Sorgo, el siguiente paso es analizar su desempeño, calculando ahora las toneladas producidas por cada hectárea, el desempeño de las hectáreas es dibujado en la **figura [4.I.5]**. Se notan tres etapas diferentes en el desarrollo de la productividad de las hectáreas, etapas divididas por dos años importantes para la economía Mexicana, 1980, el inicio del Catastro Rural y 1994, la entrada en vigor del TLCAN y PROCAMPO.



Fuente: Elaboración propia con información de: FAO, 2014

Figura [4.I.5]: Sorgo, Toneladas por hectárea.

En lo que refiere el primer periodo de 1961 a 1979, la productividad por hectárea se muestra por lo regular siempre creciente, no es así después del inicio del Catastro Rural,

donde no hay una tendencia clara, más bien se muestra una pasividad en la productividad por hectárea. Es después de 1994, justo en la entrada en vigor del TLCAN y de PROCAMPO, cuando la tendencia alcista de la productividad por hectárea se recupera y se mantiene creciente.

Los resultados de medir la productividad por hectárea se encuentran en el **cuadro [4.I.6]**, en lo que refiere a todo el periodo analizado se puede apreciar una relación estrecha y directa entre la producción y la superficie con un coeficiente de correlación de 0.7804; por ello se entiende que para el aumento de la producción por hectárea, es necesario aumentar la superficie. De forma general en todo el periodo analizado desde 1961 hasta 2007, se promedia un incremento de 0.024ton de sorgo por hectárea más cada año en el 60.9% de los años.

Cuadro [4.I.6]: Sorgo, Producción por hectárea.

Periodos	Coeficiente de Correlación	% de años que explican el crecimiento de ton/ha †	Incremento de ton/ha al Año. §
1961 – 2007	0.7804	60.90	0.0240
1961 – 1979	0.8208	67.37	0.0549
1980-1993	-0.0985	0.97	-0.0066
1994-2007	0.8649	74.81	0.0490

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: R^2 entre ton/ha y el Tiempo.

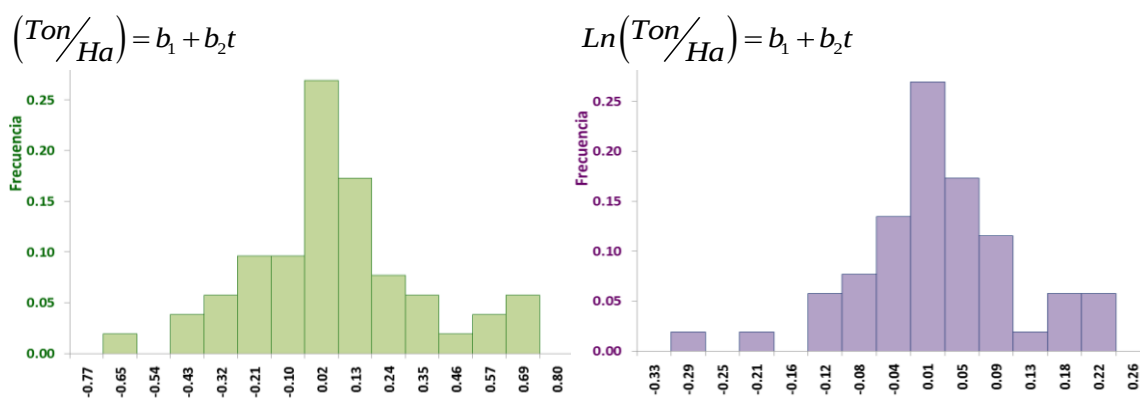
§: Coeficiente de Regresión lineal entre ton/ha y el tiempo.

En el primer periodo, se ha calculado una relación fuerte entre la productividad y la superficie utilizada, con un 0.82 de coeficiente de correlación, promediando 0.0549ton/ha más cada año en el 67.37% de los años estudiados en este periodo. Posteriormente con la entrada en vigor del catastro rural y la crisis de 1980, la productividad sufre un vuelco, la relación entre la productividad por hectárea y el tiempo se estanca, calculando un coeficiente de correlación muy cercano al cero, lo que deja en la incertidumbre la dirección de la productividad por hectárea al paso del tiempo.

Es en el siguiente periodo con la entrada en vigor del TLCAN y PROCAMPO que la productividad recupera su ímpetu creciente al paso del tiempo, con el coeficiente de correlación más alto, 0.8649, y casi igualando la efectividad en la producción muy

similar a la que se observó antes de 1980, con 0.049ton más por hectárea, cada año en el 74.81% de los años calculados, lo que lo ubica como el periodo donde la productividad se mantuvo creciente en los años del periodo.

Discutido lo anterior se procede a dar un modelo que explique el comportamiento del desempeño del sorgo, ver **figura [4.I.7]**. Como ya se discutió, el suponer un modelo lineal arroja un coeficiente de determinación que explica el 60.90% de las observaciones, dejando sin una explicación lineal a casi el 40% de las demás observaciones, por otro lado, suponer que la productividad obedece a un fenómeno exponencial no agrega puntos porcentuales a la proporción de observaciones explicadas, ya que con la transformación logarítmica el coeficiente de determinación disminuye, explicando ahora 60.38 % de las observaciones, y no sólo eso, mientras su error mínimo representa un error de 0.74Ton/ha, el modelo lineal comete un error máximo de - 0.65ton/ha.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.I.7]: Sorgo, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha.

Por esta razón se decide no proponer un modelo diferente al lineal, dados los cambios que ha sufrido el desempeño en todo el periodo de estudio, teniendo en cuenta las advertencias del “bajo” nivel explicativo, aunque es de resaltar que todos los cálculos de los coeficientes lineales resultaron significativos, ver cuadro .

$$(Ton/Ha) = b_1 + b_2t \Rightarrow (Ton/Ha) = (2.46) + (0.024)t \quad [4.I.8]$$

Cuadro [4.I.9]: Sorgo, Modelo Lineal para el Desempeño de ton/ha.

----- Cultivo=Sorgo -----					
Procedimiento REG					
Modelo: MODEL1					
Variable dependiente: TonXHa					
Analysis of Variance					
Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	6.74836	6.74836	77.88	<.0001
Error	50	4.33255	0.08665		
Total corregido	51	11.08091			
Root MSE		0.29437	R-cuadrado	0.6090	
Media dependiente		3.09444	Adj R-Sq	0.6012	
Coeff Var		9.51273			
Parámetros estimados					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Valor t	Pr > t
Término i	1	2.45836	0.08283	29.68	<.0001
IDxCendie	1	0.02400	0.00272	8.82	<.0001

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

4.9.3 Sorgo, Modelo General para la Producción y la Superficie.

Se procede a hora da dar una descripción general del comportamiento de la producción y la superficie en el tiempo, como primera opción se asume una relación lineal, lo cual arroja un coeficiente de determinación que explica el 96.13% de las observaciones, ver **cuadro [4.I.10]**, y además arroja estimaciones significativas para los coeficientes lineales, ver **cuadro [4.I.11]**, por otra parte la desviación estándar es significativamente menor en el modelo logarítmico lo que le da una ventaja sobre su contra parte.

Cuadro [4.I.10]: Sorgo, Comparativo de Modelos Lineales.

	$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$
R^2	0.9613	0.9875	0.9873
$R^2_{Ajust.}$	0.9597	0.9870	0.9871
σ^2	158,586,733,295.61	0.0085	0.0085
σ	398,229.50	0.0923	0.0920
F	1,161.20	1,936.12	24.59
$Prob F$	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Ahora bien, el suponer un comportamiento exponencial para la producción, el coeficiente de determinación aumenta, explicando el 98.75% de las observaciones, desafortunadamente para este modelo se pierde la significancia del intercepto; ver **cuadro [4.I.10]**:

Cuadro [4.I.11]: Sorgo, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.

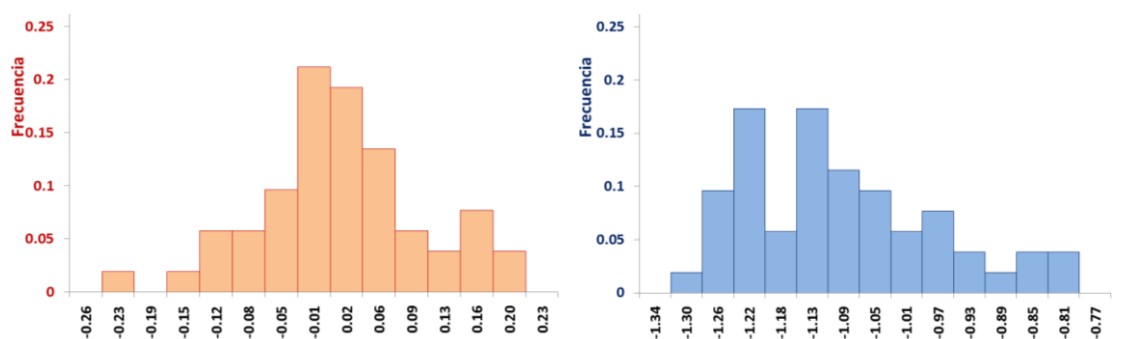
<i>Modelo</i>		<i>Estimación</i>	<i>DesSta(bi)</i>	<i>t</i>	<i>ProbT</i>
$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	b1	-412,298.55	158,123.39	-2.61	0.0121
	b2	26,550.01	6,302.06	4.21	0.0001
	b3	3.02	0.18	16.81	0.0000
$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b1	-0.30372	0.3603	-0.84	0.4033
	b2	0.00518	0.0012	4.20	0.0001
	b3	1.09181	0.0274	39.87	0.0000
$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b2	0.00589	0.0009	6.50	0.0000
	b3	1.06879	0.0020	543.01	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Para poder solucionar la significancia del término independiente se calcula un modo eliminando la constante, lo que arroja una ligera mejoría en cuanto a la fidelidad del modelo, calculando un coeficiente de determinación ajustado de 98.71%, ver **cuadro [4.I.11]**:

$$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$$

$$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$$

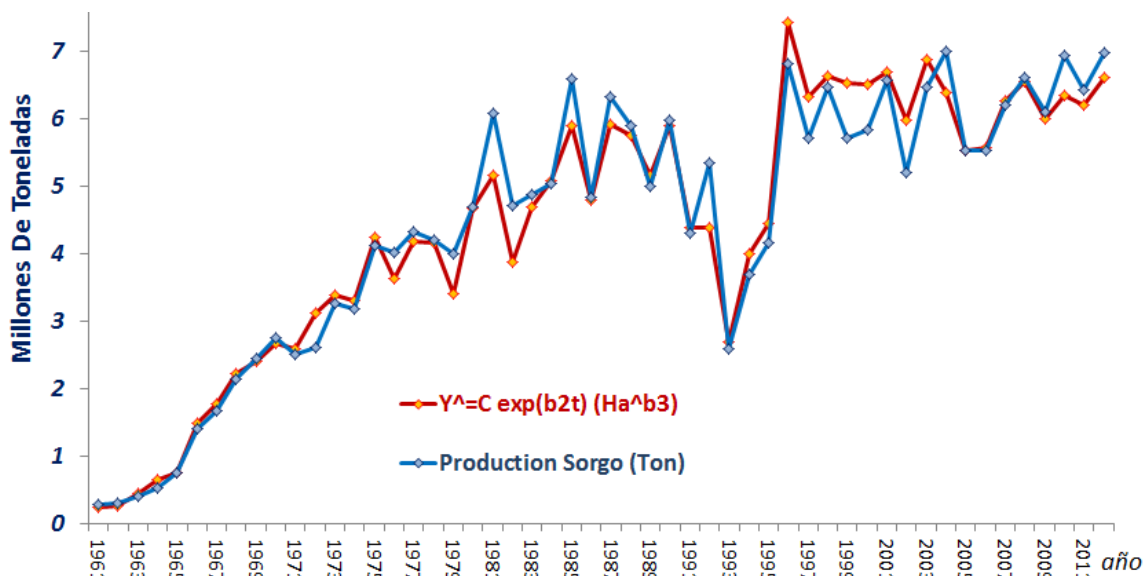


Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.I.12]: Sorgo, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.

Para poder discernir se procede a análisis de los errores de ambos modelos, para ello se hace uso de un histograma de frecuencias, ver **figura [4.I.12]**, en él se puede apreciar el comportamiento de los errores de cada modelo, ambos presentan formas de “campana” aunque, es el modelo $\ln(Ton) = b_2 t + b_3 \ln(Ha)$ el que sesga sus errores, pues dentro de su umbral no contempla al cero, por lo que tener un error “cero” con este modelo es imposible, sus estimaciones siempre estarán sesgadas en un intervalo aproximadamente de -1.30 a -0.81

Mientras que su contraparte, $\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha)$ si contempla al cero, de hecho es alrededor del cual se agrupan la mayor frecuencia de errores, esto lo coloca en una posición de ventaja probabilística sobre su contraparte, dando más certeza a sus descripciones



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.I.13]: Sorgo, Comparativo de Producción Vs Estimación.

Por estas razones se procede a considerar la producción de sorgo como un proceso exponencial, a pesar de que contenga una variable no significativa. El modelo es probado, comparando sus estimaciones con los datos reales, ver **figura [4.I.13]**

$$\begin{aligned} \ln(Ton) &= b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha) \Rightarrow Ton = C_0 (Ha)^{b_3} e^{b_2 t} \\ \Rightarrow Ton &= (0.7381)(Ha)^{1.091} \exp(0.005t) \end{aligned} \quad [4.I.14]$$

Una vez discutido el mejor modelo que describa el comportamiento de la producción se procede a comparar las tasas de crecimiento por el paso del tiempo o por el aumento en las áreas de cultivo:

$$\frac{dTon}{dHa} = (0.8058)(Ha)^{0.091} \exp(0.005t) \quad [4.I.15]$$

$$\frac{dTon}{dt} = (0.0038)(Ha)^{1.091} \exp(0.005t) \quad [4.I.16]$$

Dado que $(Ha)^{0.091} < (Ha)^{1.091}$ se puede deducir que existe un mejor aprovechamiento en el potencial de las hectáreas cuando se busca aumentar la producción por medio de técnicas que incrementen la capacidad de la tierra sin necesidad de aumentar más áreas de cultivo. Esta conclusión es más clara al observar el cociente de las tasas de producción

$$\frac{dTon/dHa}{dTon/dt} = (210.74)(Ha)^{-1} \quad [4.I.17]$$

$$\frac{\Delta Ton/\Delta t}{\Delta Ton/\Delta Ha} = (0.0047)(Ha) \quad [4.I.18]$$

Donde nuevamente si los incrementos por el tiempo en la producción son mejores que los producidos por el simple hecho de aumentar las hectáreas, se concluye que:

$$Si \quad \left(\frac{dTon}{dHa} \right) < \left(\frac{dTon}{dt} \right) \Rightarrow (210.74)(Ha)^{-1} < 1 \Rightarrow (210.74) < Ha \quad [4.I.19]$$

En otras palabras, la producción basada en mejoras tecnológicas será asequible a partir de las 210.74ha, mismas que, asumiendo el mismo comportamiento exponencial para cada etapa del periodo se puede calcular como sigue:

Del **cuadro [4.I.20]**, se puede observar cómo la productividad es incentivada con avances tecnológicos al aislar el efecto de las hectáreas en la producción, promediando 0.0277ln(ton) más al año, promedio que se desploma registrando un decremento en la

producción al paso del tiempo, a razón de $-0.0006\ln(\text{ton})$ al año, situación que se invierte a la entrada de PROCAMPO con $0.0144\ln(\text{ton})$ sin lograr alcanzar los niveles observados antes de la crisis de 1980.

Cuadro [4.I.20]: Sorgo, Productividad y Umbral Tecnológico.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
b_1 †	-0.3037	1.3934	-0.1570	0.2613
$d \ln(\text{Ton})/dt$ §	0.0052	0.0277	-0.0006	0.0144
$d \ln(\text{Ton})/d \ln(\text{Ha})$ Φ	1.0918	0.9477	1.0959	1.0230
R^2 ††	0.9875	0.9919	0.8808	0.9241
Umbral§§	210.74	34.24	-1,830.40	70.95

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

†: Coeficiente b_1 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

††: Coeficiente de Determinación de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

§§: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3, b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

Ahora bien al aislar ahora el efecto del tiempo en la producción se observa que la producción incentivada por el incremento de áreas para el cultivo tiene su mejor promedio en el periodo de la crisis de 1980, ver **cuadro [4.I.20]**, calculando $1.0959\ln(\text{ton})$ más por cada incremento den $\ln(\text{ha})$, situación que es mermada con la entrada del PROCAMPO, promediando $1.0230\ln(\text{ton})$ más por cada incremento en $\ln(\text{ha})$, promedio que no regresa al calculando antes de la crisis de 1980, $0.9477\ln(\text{ton})$, en otras palabras a la entrada de PROCAMPO la producción abandona el incremento de hectáreas para incrementar la producción.

4.10 SOYA

Esta planta pertenece a la familia de las leguminosas, de su semilla se puede obtener aceite y harina, ya sea para el consumo animal o humano, y debido a su diversidad en usos es de fácil comercio en muchos países. Aunque esto no parece ser un motivo de peso suficiente para cultivar Soya en la República Mexicana, en la imagen mostrada en la **figura [4.J.1]**, se puede observar que de forma casi aislada, Tamaulipas y Chiapas son los estados con mayor producción, aunque muy escaso en su territorio.



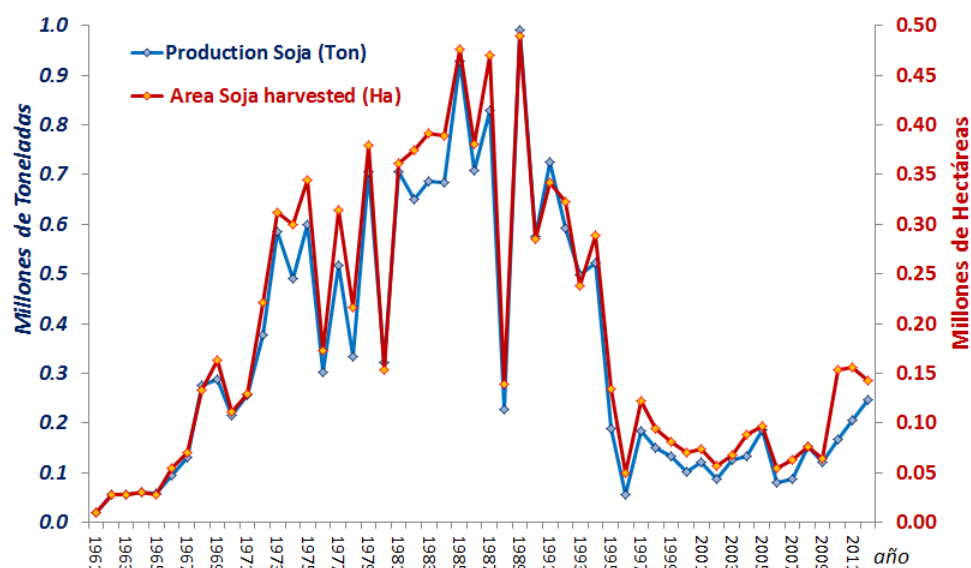
Fuente: INEGI, 2014

Figura [4.J.1]: Soya, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.

Dadas las ubicaciones tan diferentes entre Chiapas y Tamaulipas, hace suponer una adaptación del cultivo a climas y a suelos diversos. Sin embargo no se observa una dispersión uniforme en la república del este cultivo, simplemente son estos estados los más representativos aunque de forma mínima dentro de sus fronteras.

4.10.1 Soya, Producción y Superficie para su Cultivo.

Ahora continuando con el tema de la soya se presenta la gráfica de la **figura [4.J.2]**; en ella se marcan dos años importantes en la economía mexicana, y en especial para el campo, en 1980 entra en vigor el Catastro rural y la crisis, y en 1994 se encuentra el inicio del TLCAN y PROCAMPO. Estos “cortes” en el tiempo, se ven reflejados en el comportamiento tanto de la producción como en las áreas utilizadas.



Fuente: Elaboración propia con información de: FAO, 2014.

Figura [4.J.2]: Soya, Superficie y Producción.

Cabe resaltar el comportamiento tan paralelo de las dos gráficas, esto es un indicio, al menos de forma gráfica, de la estrecha relación que existe entre la producción y las hectáreas utilizadas para el aumento o disminución de la producción. Esta relación es positiva y siempre creciente hasta antes de la crisis de 1980, donde se observa una caída en 1988 que rápidamente se recupera aunque sólo para marcar una tendencia negativa, hasta 1994 cuando se estabiliza en forma casi constante, con una ligera alza al final del periodo analizado.

Cuadro [4.J.3]: Soya, Producción Vs Superficie.

Periodos	Coefficiente de Correlación	% toneladas explicadas por el incremento en ha §	ton Producidas por cada hectárea Añadida †
1961 - 2007	0.9893	97.88	1.8916
1961 - 1979	0.9934	98.69	1.7240
1980-1993	0.9725	94.57	1.8498
1994-2012	0.9546	91.13	1.6839

Fuente: Elaboración propia con información de: EPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: R^2 entre ha y ton

Una vez observados los distintos comportamientos de la producción y la superficie, es necesario cuantificarlos. Para ello se hace uso del **cuadro [4.J.3]**, en ella se ha calculado la producción en cada periodo.

Cuadro [4.J.4]: Soya, Producción y Superficie en el tiempo.

Periodos	% Años que explican las toneladas §	Toneladas al año. †	% Años que explican ha §§	Ha añadidas al Año ††
1961 - 2007	1.14	-1,866.73	0.63	-727.74
1961 - 1979	76.76	33,163.58	0.22	19,535.58
1980-1993	0.04	1,052.49	0.45	-1,747.18
1994-2012	03.91	-3,513.23	2.45	-1,575.86

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y el tiempo.

††: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: R^2 entre el tiempo y ton

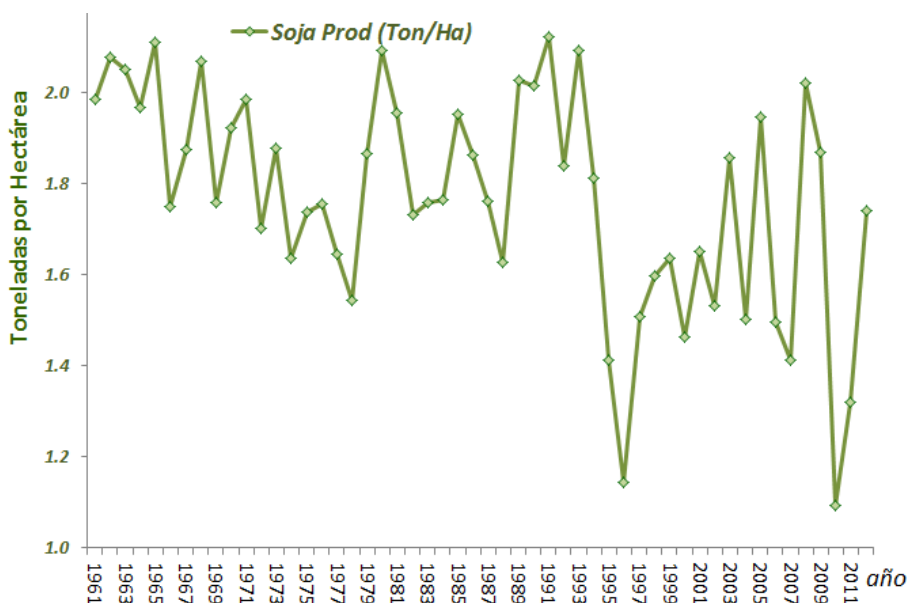
§§: R^2 entre el tiempo y ha

De forma general en lo que refiere a todo el periodo de estudio se observa una estrecha relación entre la producción y la superficie, calculando un alto coeficiente de correlación 0.9893, lo que implica una fuerte relación entre el incremento de la superficie para lograr un incremento en la producción en todo el periodo de estudio. En promedio se cultivaron 1.8916ton de soya por cada hectárea a lo largo de todo el tiempo de estudio en el 97.88% de las hectáreas.

En lo que refiere al periodo anterior a la crisis y al Catastro Rural 1961 a 1979, se observa la mayor de las correlaciones entre la producción y la superficie, 0.9934, lo que puede leerse como una razón imperativa el aumento de la superficie para obtener un aumento en la producción, que en este periodo se promedió 1.724ton/ha en alrededor 98.69 % de las hectáreas cosechadas. Por otro lado la producción se muestra creciente a razón mayor a 33 mil toneladas más al año en el 76.76% de los años, ver [4.J.4], con sólo un incremento promedio de 80.22% hectáreas más al año

4.10.2 Soya, Producción por hectárea.

Para cuantificar y dar una medida al comportamiento observado en la gráfica de la **figura [4.J.2]**, se calculado la producción por hectárea, y de esta forma medir la productividad de cada hectárea conforme pasa el tiempo, este cálculo se ha plasmado en la gráfica mostrada en la **figura [4.J.5]**. Nuevamente se colocan dos líneas importantes para la economía Mexicana, y este caso no es la excepción.



Fuente: Elaboración propia con información de: FAO, 2014

Figura [4.J.5]: Soya, Toneladas por hectárea.

Cuadro [4.J.6]: Soya, Producción por hectárea.

Periodos	Coefficiente de Correlación	% de años que explican el crecimiento de ton/ha †	Incremento de ton/ha al Año. §
1961 - 2007	-0.5026	25.26	-0.0081
1961 - 1979	-0.7224	52.19	-0.0216
1980-1993	0.2505	6.28	0.0095
1994-2007	0.0894	0.80	0.0040

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: R^2 entre ton/ha y el Tiempo.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ton/ha y el tiempo.

Se observa que para antes de la crisis de 1980, la productividad por hectárea se encuentra en franco declive, posteriormente después de la entrada en vigor del Catastro Rural y después de la crisis de 1980 se pierde la tendencia a la baja y se “estanca” en un periodo altamente variante, que cae de forma muy precipitada en el año de 1994, justo en la entrada en vigor del TLCAN y de PROCAMPO, empezando un periodo de alta variación, y que aumenta conforme pasa el tiempo.

Para dar una mayor cuantificación de lo mostrado en esta gráfica, se presenta el siguiente **cuadro [4.J.6]**, en ella se han distinguido las tres etapas ya señaladas, y un primer renglón como parámetro general del comportamiento de la productividad para todo el periodo analizado. Como primer comentario se tiene el periodo de 1961 a 2007, observando que la productividad no tiene comportamiento uniforme, pues escasamente se puede observar un 25.26% de los datos explicados de forma lineal, aunque es claro una tendencia a la disminución de la producción, al calcular un coeficiente de correlación con el tiempo de menos 0.5026

En lo que refiera al periodo correspondiente a 1961-1979, se observa el coeficiente de correlación con el tiempo más bajo de los tres periodos -0.7224, confirmando una marcada disminución al paso del tiempo de la productividad por hectárea, como un promedio que sólo alcanza al 52.19% de las hectáreas, se observa una disminución de 0.0216ton menos por hectárea al año. Muy a pesar que este periodo fue el más productivo, sin embargo, este resultado confirma que la producción no fue basada en la tecnificación si no en el aumento de hectáreas para su cultivo, aunque aún faltan por explicar 47.81% de las demás hectáreas que no fueron contempladas en el comportamiento lineal.

Posteriormente en el periodo 1980-1993 en la entrada del Catastro Rural y la crisis de 1980, la productividad se torna creciente al paso del tiempo, con un coeficiente de correlación de 0.2505, se promedia en sólo el 6.28% de las hectáreas una productividad de 0.0095ton más de soya por hectárea cada año, siendo este el periodo más productivo.

En lo que refiere a los años comprendidos entre 1994 y 2007, se observa una relación creciente en la productividad por hectárea al paso del tiempo con un coeficiente de correlación positivo de 0.0894, con un promedio de 0.004ton por hectáreas más al año,

con una muy baja representatividad de apenas 0.8% de las hectáreas. Sin embargo se observa, al menos gráficamente, un crecimiento de la productividad por hectárea, afectado por una creciente variación.

4.10.3 Soya, Modelo General para la Producción y la Superficie.

Una vez analizada cada etapa del estudio se procede a aproximar un modelo que describa de forma efectiva el comportamiento de la producción, como primer paso se ejecutan los cálculos numéricos suponiendo una relación lineal entre la producción, la superficie y el tiempo, este supuesto arroja un coeficiente de determinación que explica el 97.96% de las observaciones, ver **cuadro [4.J.7]**, desafortunadamente para este modelo, los coeficientes estimados para el tiempo y las hectáreas, no alcanzan la significancia necesaria para poder ser considerados como válidos, ver **cuadro [4.J.8]**.

Como siguiente paso es calcular una transformación logarítmica tanto de la producción como de las áreas de cultivo, al ejecutar los cálculos numéricos se obtiene una mejor descripción del fenómeno, arrojando un coeficiente de determinación que explica el 98.08% de las observaciones, ver **cuadro [4.J.7]**, donde además se puede apreciar que sólo el término independiente carece de significancia probabilística, justo como se muestra en el **cuadro [4.J.8]**. El siguiente paso es tratar de corregir esa “falta” probabilística y se procede a eliminar el término independiente de la regresión

Cuadro [4.J.7]: Soya, Comparativo de Modelos Lineales.

	$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$
R^2	0.9796	0.9808	0.9790
$R^2_{Ajust.}$	0.9787	0.9800	0.9786
σ^2	1,495,767,737.92	0.0172	0.0184
σ	38,675.16	0.1310	0.1355
F	1,673.62	1,249.85	141.34
$Prob F$	0.0000	0.0000	0.0000

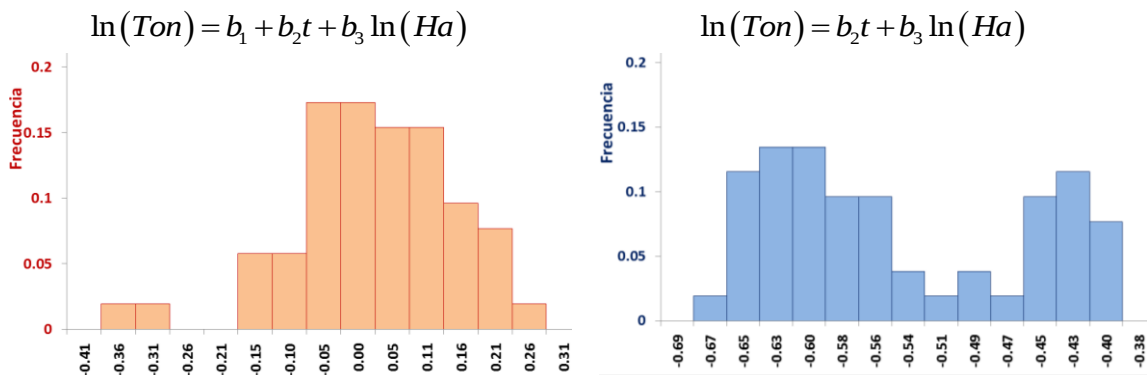
Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Al ejecutar los cálculos numéricos se puede apreciar en el **cuadro [4.J.7]** que se estima un nuevo coeficiente de determinación ajustado, mismo que desciende, pasando de 98.0% a 97.86%, a pesar de esto los coeficientes calculados son significativos, ver **cuadro [4.J.8]**.

Cuadro [4.J.8]: Soya, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.

<i>Modelo</i>		<i>Estimación</i>	<i>Des Sta (bi)</i>	<i>t</i>	<i>ProbT</i>
$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	b1	-3,754.81	13,586.01	-0.28	0.7834
	b2	-493.24	358.49	-1.38	0.1751
	b3	1.89	0.04	48.17	0.0000
$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b1	0.50944	0.2402	2.12	0.0390
	b2	-0.00505	0.0012	-4.16	0.0001
	b3	1.01551	0.0203	50.00	0.0000
$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b2	-0.00491	0.0013	-3.91	0.0003
	b3	1.05808	0.0032	328.30	0.0000

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

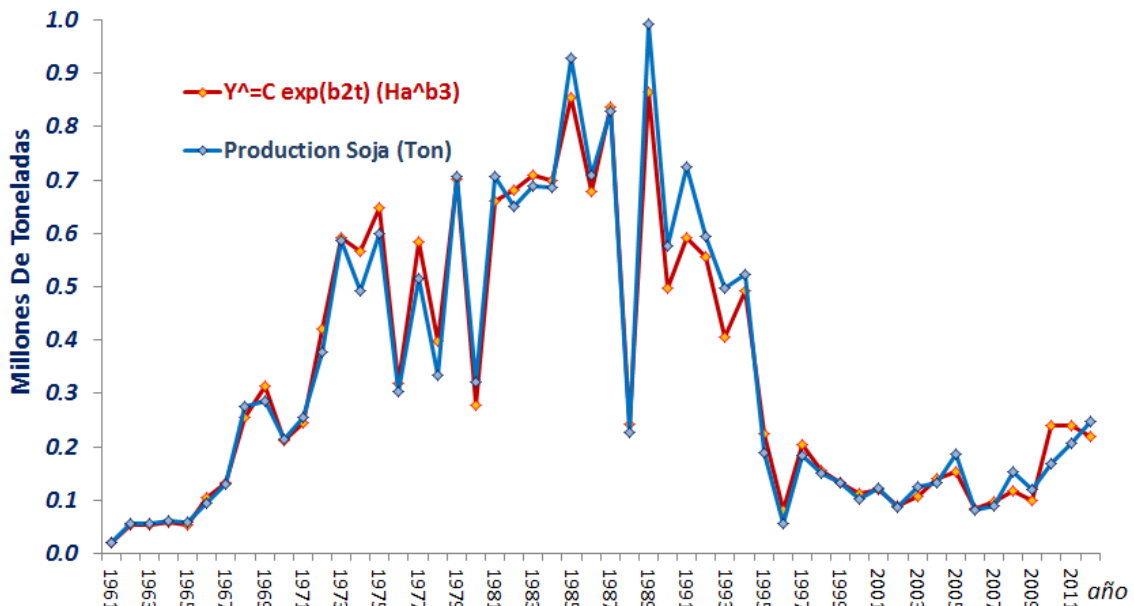


Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.J.9]: Soya, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.

Para poder escoger el mejor modelo, el que describe de forma más fiel la producción de Soya, se recurre al histograma de frecuencias que generan ambas estimaciones, ver **figura [4.J.9]**.

En este histograma es posible apreciar que al eliminar el intercepto los errores pierden su centro en el cero, por lo que tener un error “cero” con un modelo sin intercepto dará estimaciones sesgadas, mientras el rango de errores de $\ln(Ton) = b_0 + b_1 t + b_2 \ln(Ha)$ va desde -0.36 a 0.26, el rango de errores para $\ln(Ton) = b_1 t + b_2 \ln(Ha)$ se extiende sólo en el eje negativo desde -0.67 a -0.4. Lo que le da una importante ventaja probabilística al modelo con intercepto a pesar de que su intercepto no es significativo, es así como se decide considerar la producción de la Soya como un proceso exponencial.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.J.10]: Soya, Comparativo de Producción Vs Estimación.

$$\begin{aligned} \ln(Ton) &= b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha) \Rightarrow Ton = C_1 (Ha)^{b_3} e^{b_2 t} \\ &\Rightarrow Ton = (1.664)(Ha)^{1.016} \exp(-0.005t) \end{aligned} \quad [4.J.11]$$

Con este modelo se procede a ejecutar un comparativo gráfico en la **figura [4.J.10]**, entre los valores reales y los estimados por este modelo. Posteriormente se calculan las tasas de crecimiento por tiempo y por hectárea, donde se aprecia que al paso del tiempo la producción es negativa, es decir existe una desaceleración de la producción al paso del tiempo, dejando como única método el aumento de las hectáreas para el aumento de la producción:

$$\frac{dTon}{dt} = -(0.00832)(Ha)^{1.016} \exp(-0.005t) \quad [4.J.12]$$

$$\frac{dTon}{dHa} = (1.69)(Ha)^{0.016} \exp(-0.005t) \quad [4.J.13]$$

Otra forma de observar esto es comparando los coeficientes de crecimiento donde nuevamente se observa una relación negativa entre ambas tasas.

$$\Rightarrow \frac{\frac{dTon}{dHa}}{\frac{dTon}{dt}} = (-203.2)(Ha)^{-1} \quad [4.J.14]$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{dTon}{dt}}{\frac{dTon}{dHa}} = (-0.005)Ha \quad [4.J.15]$$

Asumiendo que el comportamiento exponencial demostrado se cumple para cualquier etapa del estudio se calcula los umbrales de producción, ver **cuadro [4.J.16]**.

Cuadro [4.J.16]: Soya, Productividad y Umbral Tecnológico.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
b1 †	0.5094	0.7232	0.5317	0.3190
$d \ln(Ton)/dt$ §	-0.0050	-0.0119	0.0049	0.0018
$d \ln(Ton)/d \ln(Ha)$ Φ	1.0155	1.0010	0.9982	1.0041
R2 ††	0.9808	0.9962	0.9580	0.8827
Umbral §§	-201.13	-84.20	204.64	551.23

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

†: Coeficiente b_1 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

††: Coeficiente de Determinación de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

§§: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Los avances técnicos en el cultivo de la soya han cambiado, mientras en el periodo inicial de 1961 a 1979, se requerían -84.20 ha para superar la producción por hectáreas con tecnificación agrícola, en el periodo de la crisis la tecnificación se aleja del productor calculando 204.64ha necesarias para alcanzar el umbral tecnológico y finalmente a la entrada de PROCAMPO se deja fuera del alcance de más productores la tecnificación agrícola, promediando 551.23ha como umbral productivo.

Para aislar el efecto que tienen las hectáreas en la producción se recurre al modelo lineal de la transformación logarítmica, y con los coeficientes, expuestos en **cuadro [4.J.16]**, se puede apreciar que un incremento en la producción incentivado por un cambio tecnológico en el periodo de 1961 a 1979 implicaba una merma en la producción a razón de $0.0119\ln(\text{ton})$ menos cada año, posteriormente la soya adquiere su mayor nivel productivo promediando $0.0049\ln(\text{ton})$ más al año, y finalmente se pierde el ímpetu por la producción promediando en el periodo de PROCAMPO $0.0018\ln(\text{ton})$ más al año.

Por otro lado exposición el papel de las áreas de cultivo no presenta movimientos significativos, calculando el mismo incremento en la producción incentivado por las hectáreas en cada etapa: 1.001, 0.998, y $1.004\ln(\text{ton})$, en otras palabras no hay interés de buscar más hectáreas para este cultivo

4.11 TRIGO

Toca turno al cultivo del trigo, un cultivo de alta adaptación, pues su cultivo se registra en casi todo el mundo, que junto con el maíz y el arroz es de los más consumidos por las naciones, y esta presencia también se le añade una versatilidad, pues con este cultivo se pueden obtener desde harinas hasta cerveza. Los cultivos se pueden observar en casi todo el territorio nacional, en la imagen de la **figura [4.K.1]** donde su presencia es casi total, si bien no de forma densa como otros cultivos, su presencia es innegable, aunque en Yucatán, Quintana Roo y Campeche, la presencia del trigo no es representativa.



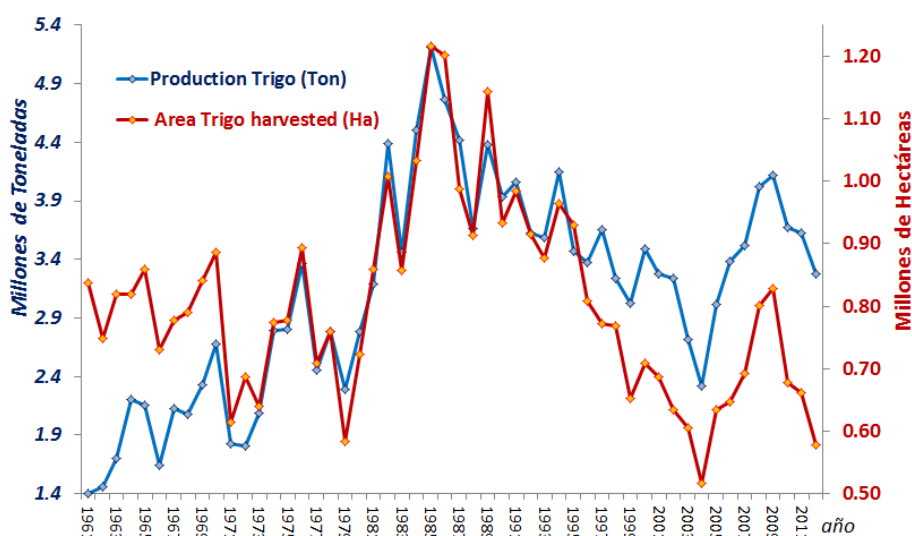
Fuente: INEGI, 2014

Figura [4.K.1]: Trigo, Áreas de control según el porcentaje de superficie agrícola Dedicada a su Cultivo.

Cabe resaltar a los estados de Baja California Norte y Sonora como los estados con mayor presencia de este cultivo, según la imagen presentada por INEGI.

4.11.1 Trigo, Producción y Superficie para su Cultivo

Se da paso al análisis de la superficie utilizada para este cultivo y la producción obtenida en las hectáreas usadas para este fin. Para ello se observa el comportamiento de la producción y las hectáreas en **la figura [4.K.2]**. A primera vista resalta el paralelismo, de las dos mediciones, paralelismo que puede ser dividido por dos años importantes, 1980, año de la entrada en vigor del Catastro Rural, y de la crisis económica. Otro año a considerar es 1994, año en el que se registra el TLCAN y la entrada PROCAMPO.



Fuente: Elaboración propia con información de: FAO, 2014.

Figura [4.K.2]: Trigo, Superficie y Producción.

En lo que refiere al periodo anterior a 1980, se observa una similitud en las dos gráficas, aunque las áreas muestran una ligera tendencia a la disminución y la producción se muestra creciente. Posteriormente después del Catastro Rural, las gráficas toman las mismas características, mostrando a la producción y a las hectáreas cultivadas, siempre crecientes, mismo comportamiento que adquiere una tendencia decreciente a partir de 1985 que no se detiene hasta el año de 2004; 10 años después de la entrada en vigor del TLCAN y de PROCAMPO.

Para cuantificar lo anterior se hace uso del **cuadro [4.K.3]**, en él es posible observar que de forma general, existe una relación con la superficie que carece de fuerza como para considerarla como un factor determinante para el incremento de la producción, pues sólo se calcula una correlación de 0.6062, promediando 3.5545ton de trigo por hectárea estudiada, promedio que no puede considerarse como general, pues deja sin explicación al 63.26% de las hectáreas involucradas en el estudio.

Por otro lado la producción también se muestra creciente, pero tampoco puede considerarse un hecho generalizado, pues a pesar de calcular más de 35 mil toneladas de trigo al año, ver **cuadro [4.K.4]**, además no aplica este promedio al 64.67% de los años estudiados, de la misma forma, y aún menos significativo, es el promedio de crecimiento para la superficie, que promedia un decrecimiento de poco más de 2 mil hectáreas menos al año en tan solo el 4.28% de los casos, dejando sin explicación al 95.72% de los años.

Cuadro [4.K.3]: Trigo: Producción Vs Superficie

Periodos	Coefficiente de Correlación	% toneladas explicadas por el incremento en ha §	ton Producidas por cada hectárea Añadida †
1961 - 2007	0.6062	36.74	3.5545
1961 - 1979	0.2896	8.39	1.6952
1980-1993	0.9459	89.47	4.4705
1994-2012	0.7362	54.19	2.8839

Fuente: Elaboración propia con información de: EPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y ha.

§: R² entre ha y ton

En lo que refiere al periodo de 1961 a 1979, se observa una pobre relación de la producción con las hectáreas utilizadas, pues se calcula un coeficiente de correlación de 0.2896, y un promedio de 1.6952ton de trigo por hectárea, en sólo el 8.39% de las hectáreas, dejando sin explicar a gran parte de los datos. Por otro lado casi la mitad de los años se registra un crecimiento de la producción de casi 66 mil toneladas de trigo más cada año, según el **cuadro [4.K.4]**. En lo que refiere a la superficie tampoco puede considerarse una tendencia clara, pues la pérdida de poco más de 6 mil hectáreas al año sólo se explican en el 16.01% de los casos. Esto coloca a este periodo como el más desordenado y sin un rumbo explícito.

Cuadro [4.K.4]: Trigo: Producción Vs Superficie en el Tiempo

Periodos	% Años que explican las toneladas §	Toneladas al año. †	% Años que explican ha §§	Ha añadidas al Año ††
1961 – 2007	35.33	35,650.75	4.28	-2,116.57
1961 – 1979	51.59	65,787.67	16.01	-6,262.22
1980-1993	1.84	21,343.14	2.41	5,173.06
1994-2012	0.27	4,163.43	28.69	-11,003.60

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ton y el tiempo.

††: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: R² entre el tiempo y ton

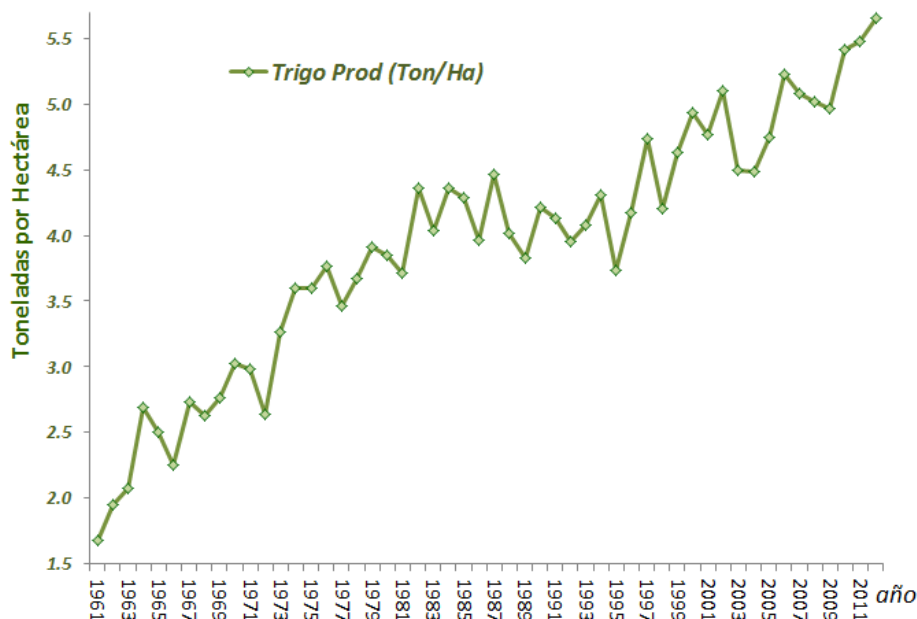
§§: R² entre el tiempo y ha

Después a partir de la crisis de 1980, el paralelismo de la producción y la superficie se confirma, pues se calcula un coeficiente de correlación de 0.9459; promediando 4.47ton de trigo por hectárea, promedio que explica al 89.47% de las hectáreas estudiadas en

este periodo; a pesar de ello no se tiene evidencia de un crecimiento sostenido para la producción ni para la superficie destinada al cultivo de trigo pues ambos indicadores arrojan promedios de muy baja representatividad. Esto coloca a este periodo como sostenible y sin cambios en el crecimiento de la producción o la superficie.

En lo que refiere a 1994, una vez que entra en vigor el TLCAN y PROCAMPO, se pierde la relación que existe entre la producción y la superficie, descendiendo a un coeficiente de correlación de 0.7362, promediando 2.88ton de trigo por cada hectárea, pero promedio que sólo aplica a la mitad aproximadamente de las hectáreas estudiadas, y nuevamente la producción y la superficie no dan muestras de un crecimiento sostenido al paso del tiempo. Aunque gráficamente se aprecia un cambio en el comportamiento tanto de la producción como de la superficie utilizada hasta el año de 2004

4.11.2 Trigo, Producción por hectárea.



Fuente: Elaboración propia con información de: FAO, 2014

Figura [4.K.5]: Trigo, Toneladas por hectárea.

Ahora bien, el cálculo de la productividad por hectárea, con ayuda de la gráfica en la **figura [4.K.5]**, se puede observar un comportamiento totalmente diferente al ya visto anteriormente. Al calcular la productividad, con el cociente de las ton/ha, se observa que en lo general las hectáreas experimentan una productividad siempre creciente, en todo el periodo de estudio.

Aunque cabe resaltar que al observar los años 1980 y 1994, se logra apreciar tres comportamientos diferentes de la productividad por hectárea al paso del tiempo. Antes de la crisis de 1980 y del programa de Catastro Rural, se observa un crecimiento continuo, posteriormente en la crisis económica, la productividad muestra un estancamiento, al menos eso se puede observar gráficamente. Dicha pasividad desaparece a partir del año 1994, justamente en la entrada en vigor del TLCAN y de PROCAMPO.

Para poder dar métricas de este comportamiento se hará uso del **cuadro [4.K.6]**, en ella se ha calculado la productividad por hectárea y sus cualidades a lo largo del tiempo. Primeramente de forma muy general y abarcando todo el periodo de estudio, se observa una estrecha relación entre la productividad y el paso del tiempo, lo que implica una continua mejora en la productividad por hectárea en el tiempo, a razón de 0.0597 toneladas de trigo por hectárea más cada año, y puede considerarse como una medida general, pues abarca al 88.2% de los años en el estudio.

Cuadro [4.K.6]: Trigo, Producción por hectárea.

Periodos	Coefficiente de Correlación	% de años que explican el crecimiento de ton/ha †	Incremento de ton/ha al Año. §
1961 – 2007	0.9391	88.20	0.0597
1961 – 1979	0.9466	89.61	0.1100
1980-1993	0.0759	00.58	0.0041
1994-2007	0.8472	71.78	0.0743

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: R^2 entre ton/ha y el Tiempo.

§: Coeficiente de Regresión lineal entre ton/ha y el tiempo.

En lo que se refiere al periodo anterior a la crisis de 1980, se puede considerar como el más innovador, pues al paso del tiempo la productividad mejora, lo que explica un coeficiente de correlación de 0.9466, además en este periodo, 1961 a 1979 se registra la más alta productividad por hectárea, a razón de 0.11ton de trigo por hectárea más cada año más del 89% de los años implicados en este periodo.

Posteriormente con la entrada en vigor del Catastro Rural y en plena crisis de 1980, la productividad sufre un estancamiento, y esto se justifica con un coeficiente de

correlación de 0.0759, lo que habla de una relación casi nula del tiempo con el aumento de la producción de trigo por hectárea. Todo esto muy a pesar de ser este periodo el más comprometido con la producción, pero basada únicamente en la extensión de más tierra. Lo que puede interpretarse como un periodo donde se desperdició un gran potencial productivo y se abandonó el uso de técnicas que aumentarían la productividad por hectárea y sólo se basó en la extensión de tierras sin tener en cuenta calidad ni tecnificación. A la llegada del TLCAN y de PROCAMPO en 1994, la situación para el trigo cambia, su productividad vuelve a incrementarse al paso del tiempo, esto lo confirma el coeficiente de correlación de 0.8472, con un promedio de 0.0743ton de trigo por hectárea más al año, y aunque el trigo muestra señales de recuperación, no es suficiente para alcanzar los niveles observados antes de 1980; pues el promedio de 0.0743 se observa en el 71.78% de los años estudiados en el periodo.

Cuadro [4.K.7]: Trigo, Modelo Lineal para ton/ha.

----- Cultivo=Trigo -----					
Procedimiento REG					
Modelo: MODEL1					
Variable dependiente: TonXHha					
Analysis of Variance					
Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	41.78292	41.78292	373.62	<.0001
Error	50	5.59159	0.11183		
Total corregido	51	47.37450			
Root MSE		0.33441	R-cuadrado	0.8820	
Media dependiente		3.91516	Adj R-Sq	0.8796	
Coeff Var		8.54148			
Parámetros estimados					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Valor t	Pr > t
Término i	1	2.33241	0.09410	24.79	<.0001
IDxCendie	1	0.05973	0.00309	19.33	<.0001

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

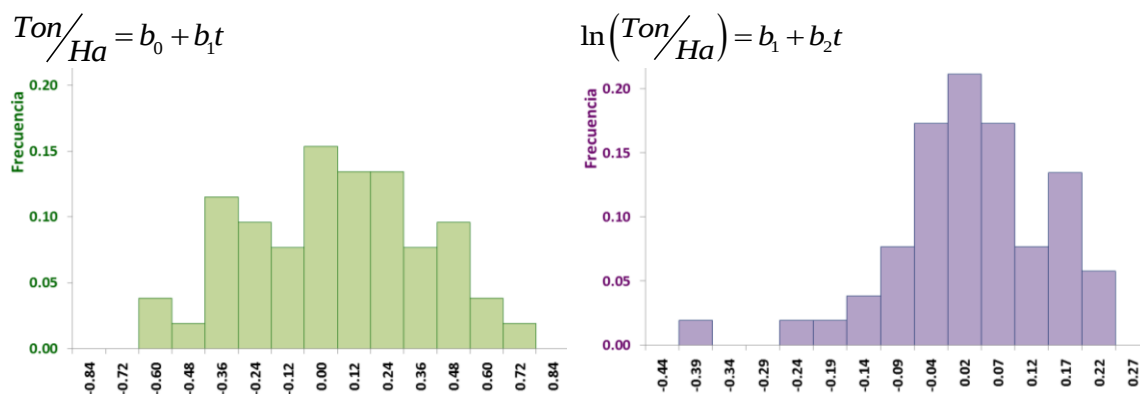
Finalmente se procede a describir el desempeño de las hectáreas al paso del tiempo, nuevamente se procede a calcular los coeficientes suponiendo un comportamiento lineal, ver **cuadro [4.K.7]**, mismo que arroja un coeficiente de determinación que explica el 88.20% de las observaciones, además este cálculo arroja estimaciones significativas de los coeficientes significativas

Visto lo anterior se procede a analizar el desempeño suponiendo una relación exponencial, para ello se ejecuta la regresión sobre la transformación logarítmica, desafortunadamente para este supuesto, esta acción reduce el coeficiente de determinación a 82.22% de las observaciones explicadas bajo este supuesto, ver **figura [4.K.8]**,

Cuadro [4.K.8]: Trigo, Modelo de Transformación Logarítmica para ton/ha.

Cultivo=Trigo					
Procedimiento REG					
Modelo: MODEL1					
Variable dependiente: lnTonXHa					
Analysis of Variance					
Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	3.26817	3.26817	230.86	<.0001
Error	50	0.70781	0.01416		
Total corregido	51	3.97598			
Root MSE		0.11898	R-cuadrado	0.8220	
Media dependiente		1.32999	Adj R-Sq	0.8184	
Coeff Var		8.94589			
Parámetros estimados					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Valor t	Pr > t
Término i	1	0.88734	0.03348	26.50	<.0001
IDxCendie	1	0.01670	0.00110	15.19	<.0001

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.K.9]: Trigo, Histograma de Frecuencia Relativa de Errores para la Estimación de ton/ha.

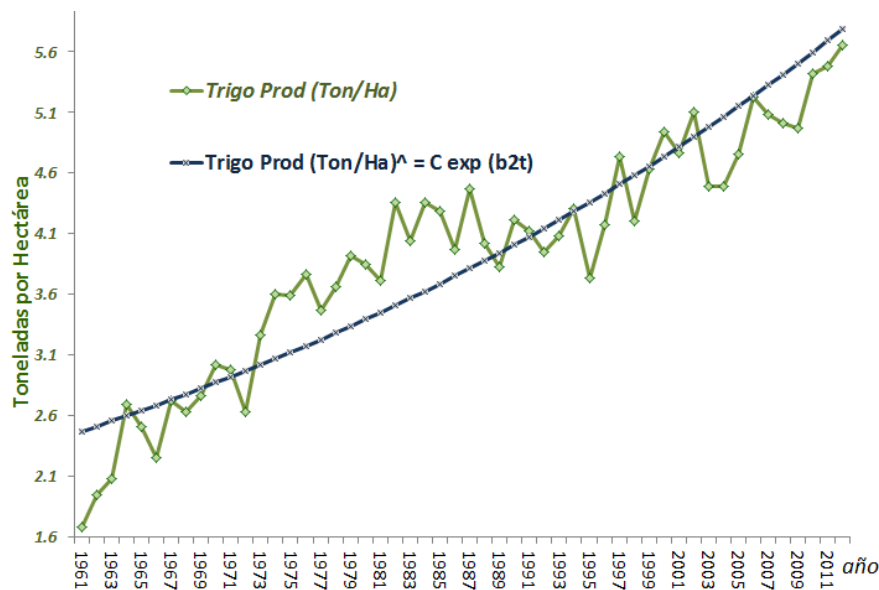
Para poder dar un juicio certero de el modelo correcto, se observa el histograma de frecuencias de cada modelo, ver figura [4.K.9], en ella es posible apreciar que ambos

modelos contemplan al “cero” como el lugar donde se aglomeran los errores, por lo que ambos modelos compensan sus errores.

El modelo asigna 0.15 como la mayor probabilidad de cometer un error “cero” en el modelo lineal, mientras que en el modelo con transformación logarítmica calcula al “cero” con una probabilidad de 0.21, esto le da una ventaja probabilística sobre su contraparte. Por ello se decide considerar el modelo con transformación logarítmica como el modelo representativo del desempeño.

Ahora se procede a dar un comparativo entre las predicciones y los datos reales, el resultado se coloca en la **figura [4.K.11]**.

$$\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = (2.43) \exp[0.0167t] \quad [4.K.10]$$



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.K.11]: Trigo, Comparativo del Desempeño Vs Estimaciones de ton/ha.

4.11.3 Trigo, Modelo General para la Producción y la Superficie.

Como primer paso para explicar la producción por medio del tiempo y las áreas cultivadas, se supone un comportamiento lineal, al ejecutar los cálculos numéricos se

observa que este supuesto lineal arroja un coeficiente de determinación que explica 90.87% de las observaciones, el mayor de los tres modelos lineales, y todas las estimaciones de los coeficientes lineales son significativas, ver **cuadro [4.K.12]**; aunque este modelo tiene una enorme desviación estándar.

Cuadro [4.K.12]: Trigo, Comparativo de Modelos Lineales.

	$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$
R^2	0.9087	0.8694	0.8669
$R^2 Ajust.$	0.9050	0.8640	0.8643
σ^2	78,531,105,065.01	0.0137	0.0136
σ	280,234.02	0.1169	0.1168
F	592.74	163.04	2.16
$Prob F$	0.0000	0.0000	0.1042

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Con el fin de minimizar la variación de las estimaciones se procede a ejecutar los cálculos suponiendo una relación exponencial, pues son los modelos lineales con transformación logarítmica los que presentan la menor varianza. Los resultados de este supuesto son mostrados para ser comparados en el **cuadro [4.K.13]**. Se observa en él, que al considerar la transformación logarítmica se obtiene un coeficiente de determinación menor que explica el 86.94%, y a pesar de perder casi 4 puntos porcentuales, la desviación estándar abre un radio de aproximadamente 1.12 hectáreas de error, mucho mejor al calculado en el modelo lineal de más de 280 mil hectáreas.

Desafortunadamente para el modelo $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$ el intercepto resulta ser no significativo, ver **cuadro [4.K.13]**, Por lo que se decide eliminar esta desventaja probabilística eliminando el intercepto de la relación lineal; esta acción aumenta el coeficiente de determinación ajustado a 86.43%, ver **cuadro [4.K.12]**, y la desviación estándar muestra cambios en millonésimas.

Cuadro [4.K.13]: Trigo, Cálculo de Coeficientes para los Modelos Lineales.

<i>Modelo</i>		<i>Estimación</i>	<i>DesSta(bi)</i>	<i>t</i>	<i>ProbT</i>
$Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$	b1	-1,658,601.34	235,946.44	-7.03	0.0000
	b2	45,105.46	2,646.61	17.04	0.0000
	b3	4.47	0.26	17.26	0.0000
$\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b1	-1.16500	1.2220	-0.95	0.3451
	b2	0.01716	0.0011	15.41	0.0000
	b3	1.15026	0.0894	12.86	0.0000
$\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$	b2	0.01688	0.0011	15.74	0.0000
	b3	1.06503	0.0024	442.90	0.0000

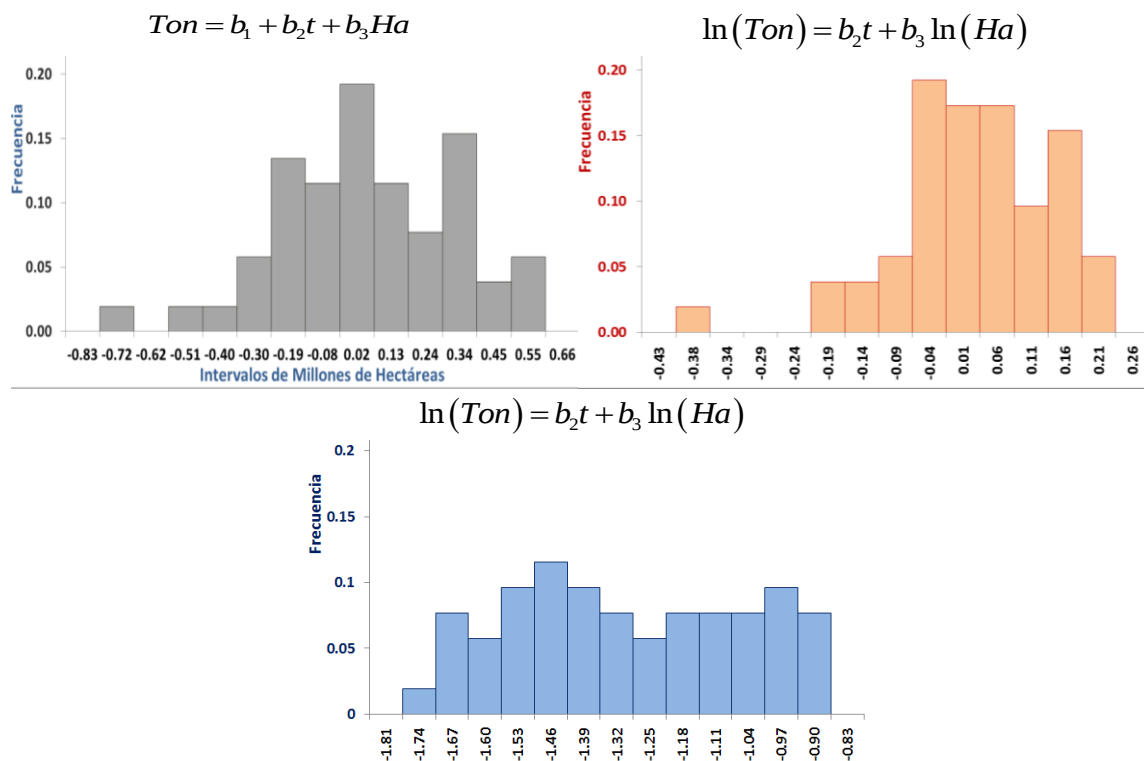
Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013

Una vez más para poder discernir es necesario conocer cómo manejan los errores los dos modelos, y para ello se hace uso de un histograma de frecuencias, ver **figura [4.K.15]**, en él es posible observar la dispersión de los errores. Como primer observación se tiene que a pesar de tener una mínima variación, el modelo sin intercepto: $\ln(Ton) = b_2t + b_3 \ln(Ha)$, no garantiza errores “cero” lo que lo hace un modelo sesgado, ya que de acuerdo al histograma de frecuencias sus errores se calcularán desde -1.74 ha -0.90, dando un sesgo a sus cálculos y haciéndolos imprecisos.

Ahora bien, siendo el modelo lineal $Ton = b_1 + b_2t + b_3Ha$, el que cuenta con la mejor descripción de los datos, calcula errores que van desde -0.72 a 0.55 millones de hectáreas, mientras que el modelo con la transformación logarítmica he intercepto: $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3 \ln(Ha)$ tiene un rango mucho más estrecho, que va desde -0.68 hectáreas a 1.23 hectáreas, lo que le da una ventaja de precisión, ambos intervalos contienen al cero, y ambos concentran sus observaciones alrededor del cero, ambos modelos tienen como valor más probable al “cero”, sin embargo, es el modelo logarítmico el que garantiza mayor precisión en las estimaciones.

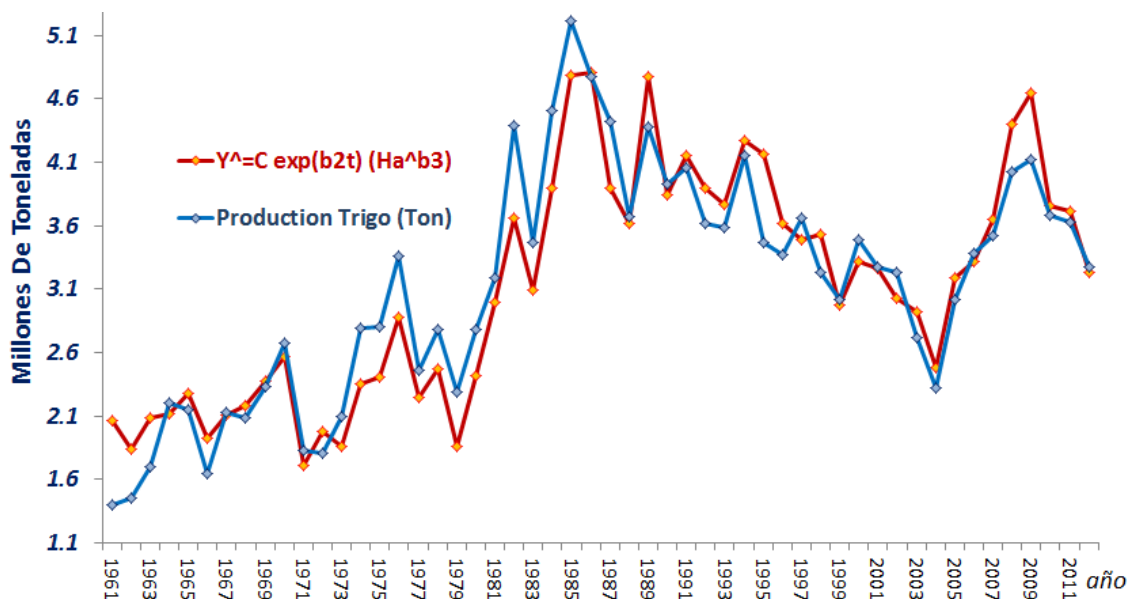
Por ello se decide a considerar el modelo exponencial a pesar de no ser tan explícito,

$$\Rightarrow Ton = (0.3119)(Ha)^{1.15} \exp(0.01716t) \quad [4.K.14]$$



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; e INEGI 2013

Figura [4.K.15]: Trigo, Histograma de Frecuencias Relativas para los Errores en la Estimación de la Producción.



Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013

Figura [4.K.16]: Trigo, Comparativo de Producción Vs Estimación.

Una vez que se ha decidido el modelo a utilizar se procede a compararlo con los datos reales, ver **figura [4.K.16]**. Además se calculan los crecimientos por aumento de hectáreas o por el paso del tiempo

$$\frac{dTon}{dt} = (0.0054)(Ha)^{1.15} \exp(0.01716t) \quad [4.K.17]$$

$$\frac{dTon}{dHa} = (0.3589)(Ha)^{0.15} \exp(0.01716t) \quad [4.K.18]$$

Donde se aprecia la ventaja en el potencial de producción que guardan las hectáreas, sin embargo no es el caso del trigo que presenta una desaceleración en el promedio por etapa en las toneladas cosechadas.

$$\Rightarrow \frac{\frac{dTon}{dHa}}{\frac{dTon}{dt}} = (67.04)(Ha_i)^{-1} \quad [4.K.19]$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{\Delta Ton_i}{\Delta t}}{\frac{\Delta Ton_i}{\Delta Ha_{ii}}} = (0.015)(Ha_i) \quad [4.K.20]$$

En otras palabras, al calcular la proporción de crecimiento comparando entre el logrado por un incremento en las hectáreas y uno por el paso del tiempo, ver [4.K.19], y [4.K.20], es decir:

$$\left(\frac{dTon}{dHa}\right) < \left(\frac{Ton}{dt}\right) \Rightarrow (67.04)(Ha)^{-1} < 1 \Rightarrow (67.04) < Ha \quad [4.K.21]$$

Cuadro [4.K.22]: Trigo, Productividad y Umbral Tecnológico.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
b1 †	-1.1650	-2.8255	-0.3509	1.7040
$d \ln(Ton)/dt$ §	0.0172	0.0419	0.0003	0.0148
$d \ln(Ton)/d \ln(Ha)$ Φ	1.1503	1.2546	1.1269	0.9421
R2 ††	0.8694	0.8801	0.9069	0.8350
Umbral §§	67.04	29.97	3,425.14	63.49

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012. INEGI, 2013.

†: Coeficiente b_1 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

††: Coeficiente de Determinación de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

§§: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

Será necesario contar con 67.02ha para poder aprovechar una mejora tecnológica que arroje un aumento en la producción en el mismo lapso de un año, ya sea en maquinaria, mejoras de semilla, abonos, etc. De lo contrario el aumento en las hectáreas de cultivo garantizará mayor producción. De la misma forma y suponiendo que el modelo exponencial se cumple para cualquier etapa del estudio se calculan los umbrales de producción, ver **cuadro [4.K.22]**. Calculando que para los años entre 1961 a 1979, eran necesarias 29.97ha como umbral para que la producción incentivada tecnológicamente superara la producción incentivada por el incremento de las áreas de cultivo, situación que se agrava, alejando el umbral tecnológico de forma estrepitosa en los años de 1980 a 1993 promediando 3,425.14ha como umbral tecnológico. Ya en la entrada de PROCAMPO y el TLCAN, la tecnificación se acerca a los productores, aunque no tan asequible como lo fue antes de 1980, calculando 63.49ha como humbral.

Ahora bien, lo anterior discutió la asequibilidad de la tecnología agrícola, para aislar el aporte tecnológico en la producción de la influencia de las hectáreas se utiliza el modelo lineal con las transformaciones logarítmicas, **cuadro [4.K.22]**, de esta forma se puede calcular que la producción incentivada por mejoras técnicas aportaba al año $0.0419\ln(\text{ton})$ en el periodo inicial de 1961 a 1979, posteriormente en la crisis de 1980 la producción sufre un freno en la tecnificación pues su crecimiento productivo promedia $0.0003\ln(\text{ton})$ más al año, situación que es mejorada en el periodo de PROCAMPO y el TLCAN, promediando $0.0148\ln(\text{ton})$ más al año, colocando al periodo de PROCAMPO como una etapa de recuperación tecnológica.

De la misma forma se discute el aporte a la producción por parte de las hectáreas cultivadas, calculando para cada periodo, 1.2546, 1.1269, y $0.9421\ln(\text{ton})$, en otras palabras el aporte de las hectáreas a la producción ha caído, aportando cada vez menos a la producción, siendo el periodo de PROCAMPO donde las hectáreas muestran el mayor desinterés por participar en la producción.

5 CONCLUSIONES.

Como se mencionó al principio de esta investigación, no es posible fincar el desarrollo del campo con un solo programa de gobierno. Lo que concluye esta investigación es que, gracias al umbral tecnológico calculado, se puede demostrar que el programa PROCAMPO ha alentado la producción por tecnificación, y en el peor de los casos, ha rescatado la producción gracias a la tecnificación del campo. Aunque cabe hacer una aclaración; debido a su aparición simultánea del TLCAN y PROCAMPO, en investigaciones a futuro será recomendable separa los fenómenos, y así poder argumentar específicamente los beneficios del PROCAMPO y los beneficios de la apertura comercial. Además se deben entender estas cifras a nivel nacional, por lo que se recomienda en estudios posteriores hacer análisis locales, por estado o regiones, etc.

Ahora bien, los umbrales tecnológicos calculados en muchos de los casos son imposibles para un campesino común, pero lo que la evidencia arroja en esta investigación es que después de la aparición de PROCAMPO el umbral tecnológico se recupera o se acerca más al campesino, después de alejarse por la crisis de 1980. Por ello habrá que entender otros problemas entre los campesinos, pues una investigación económica no bastará para explicar y resolver la complejidad del campo Mexicano; se requieren otro tipo de investigaciones para ahondar en los problemas que impiden el alcance de dicho umbral. Por lo que harán falta a futuro investigaciones de índole social, cultural, de salud, he incluso políticos, por citar algunos.

PROCAMPO no pudo actuar de forma idéntica en todos los cultivos, en algunos cultivos se incentivó el uso de mejores técnicas que aceleran la producción, en otros se mostró que incentivaron el aumento de las áreas de cultivo y en otros por el contrario se incentivó la depuración de sus hectáreas, así como también hubo cultivos que mostraron abandono tecnológico.

Una vez hechas estas aclaraciones se procede de manera particular a concluir cada una de las etapas de esta investigación.

5.1 USO DE LA SUPERFICIE AGRÍCOLA, CONCLUSIONES

Dadas las evidencias de cambios en la clasificación de la tierra para usos agrícolas, son las praderas y los pastos permanentes los mayores aportadores de superficie a la agricultura, ver **cuadro [5.A.1]**. Por lo que hay evidencias suficientes de una migración de estas praderas a otras actividades, no es posible afirmar que sólo sean hacia actividades propias de las tierras arables, pues una superficie puede ser utilizada para fines agrícolas o fines habitacionales o incluso industriales, legales o ilegales.

Cuadro [5.A.1]: Cambios en las Superficies

	Superficie de Praderas y Pastos Permanentes		Superficie de Tierras Destinadas a Cultivos Permanentes		Superficies de Tierras Arables	
Periodos	Incremento % al Año en Superficie Agrícola †	R ² §	Incremento % al Año en Superficie Agrícola †	R ² §	Incremento % al Año en Superficie Agrícola †	R ² §
1961 - 2009	-0.06	0.9297	0.03	0.9621	0.04	0.8657
1961 - 1979	-0.03	0.3463	0.02	0.9782	0.02	0.1243
1980-1993	-0.04	0.9491	0.02	0.8001	0.02	0.8921
1994-2009	-0.12	0.9446	0.04	0.9424	0.07	0.8564

Fuente: Elaboración Propia con información de CEPAL, 2012

†: Coeficiente de Regresión Lineal entre ha y el tiempo.

§: Proporción de hectáreas explicadas con el paso del tiempo.

Son las tierras arables y las tierras destinadas a cultivos permanentes las que no sufren mermas al paso del tiempo, ver **cuadro [5.A.1]**, por el contrario los cultivo permanentes duplican su participación en la superficie agrícola, mientras que las tierras arables superan el triple de su participación en la superficie agrícola, ambos después de la entrada en vigor de PROCAMPO y del TLCAN.

Por lo que se puede inferir que los cultivos permanentes y las tierras arables son las beneficiarias de las hectáreas que aportan las praderas y los pastos permanentes a la superficie agrícola, ya que ante los aumentos de las demás áreas los partos permanentes triplicaron las superficies retiradas de la superficie agrícola.

Cabe aclarar que estas mermas en praderas y pastos y ganancias en cultivos permanentes y arables, no necesariamente pertenecen a un círculo cerrado. Las pérdidas pudieron también ser destinadas a actividades industriales o urbanas; o bien por el contrario las ganancias de los cultivos permanentes y las tierras arables pudieron ser a causa de invasión a áreas vírgenes. Sin embargo es importante notar que tras la aparición de PROCAMPO, existe un movimiento entre los tres tipos de cultivos agrícolas, lo que señala un cambio en la forma de cultivar, donde las hectáreas destinadas a praderas y pastos permanentes rigen el comportamiento de la superficie agrícola.

5.2 LOS CULTIVOS, CONCLUSIONES GENERALES

5.2.1 Desempeño por Hectárea

Como primer comparativo se presenta la forma en que los cultivos aprovechan sus hectáreas en pro de una mejor producción, y como esta productividad crece al paso del tiempo, en el **cuadro [5.B.1]** se observan los aportes en el tiempo a la producción por hectárea,

Cuadro [5.B.1]: Producción de Toneladas por Hectárea al Año

	1961 – 2012 §	1961 – 1979 §	1980- 1993 §	Productividad antes de PROCAMPO	1994- 2012 §	Productividad en el periodo PROCAMPO
Algodón	0.0354	0.0684	-0.0809	Improductivo	0.1006	Crece
Arroz	0.0594	0.0583	0.0672	Aumenta	0.0441	Frena
Cebada	0.0376	0.0578	0.0117	Frena	0.0320	Recupera
Frijol	0.0056	0.0109	-0.0013	Improductivo	0.0071	Recupera
Maíz	0.0465	0.0224	0.0349	Crece	0.0632	Crece
Sorgo	0.0240	0.0549	-0.0066	Improductivo	0.0490	Recupera
Soya	-0.0081	-0.0216	0.0095	Recupera	0.0040	Frena
Trigo	0.0597	0.1100	0.0041	Frena	0.0743	Recupera

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal (Ton/Ha) = $b_1 + b_2t$.

De todos los cultivo resaltan los casos del Algodón, Frijol y Sorgo, en los cuales su productividad por hectárea es afectada en el periodo de la crisis de 1980, ver **cuadro [5.B.1]**, reportando decrementos, situación que cambia con la entrada de PROCAMPO y el TLCAN, donde los cultivos recuperan su productividad, sin llegar a los niveles que se reportaban antes de 1980, sólo el cultivo del Algodón muestra recuperarse e incluso promediar el mejor desempeño de los tres periodos.

Para cultivos como la Cebada y el Trigo, la crisis de 1980 no significó decrementos en productividad, pero si un freno que detuvo el paso productivo reduciendo la productividad a los niveles más bajos de los tres periodos, freno que no es eliminado por completo a la entrada de PRPOCAMPO pues no alcanzan a recuperar sus niveles

productivos promediados antes de 1980, colocando al periodo de PROCAMPO como un rescate que repone los niveles productivos, o incluso los supera como el caso del Algodón.

En caso del Arroz y la Soya se observa un freno en la productividad en el periodo de PRPOCAMPO, siendo los años de 1980 a 1993 el mejor periodo para el Arroz, donde reporta la mayor producción por hectárea al año; en cuando a la Soya, es un cultivo que inicia con decrementos en su productividad y avanza muy lentamente. Para ambos cultivos el periodo de PROCAMPO representa un freno en el crecimiento de su producción por hectárea al año.

Finalmente el mejor desempeño periodo a periodo es el del cultivo del Maíz, que afianza su productividad y no se merma ante la crisis de 1980; y al contrario del cultivo del arroz sale beneficiado ante la llegada de PROCAMPO y el TLCAN.

Sólo resta señalar que un incremento en la productividad por hectárea puede ser lograda por factores técnicos, como mecánicos o incluso químicos, que ayuden a mejorar el desempeño de la tierra, o bien por una depuración de tierras poco productivas. La forma de aislar la productividad del factor tierra se verá líneas adelante.

5.2.2 Umbrales tecnológicos

Para describir la producción por medio del tiempo y las hectáreas, todos los cultivos demostraron un comportamiento de la forma:

$$\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha) \Leftrightarrow Ton = C_1 (Ha)^{b_3} \exp(b_2 t) \quad [5.B.2]$$

Así fue posible apreciar que las hectáreas donde se utilizan avances técnicos o mejoras en el cultivo son mejor aprovechadas en pro de la producción, debido el tipo de tasa de crecimiento de la producción por el tiempo, es mejor que la obtenida con el incremento de las áreas de cultivo.

Esto se puede observar al comparar las tasas de crecimiento en un cociente, y observar que si $1 \leq Ha \Rightarrow (Ha)^{-1} < Ha$, entonces esto implica que es mejor un aprovechamiento de las hectáreas al utilizarlas con avances tecnológicos que el simple hecho de aumentar las hectáreas en pro de la producción.

$$\frac{dTon/dHa}{dTon/dt} = \frac{b_3}{b_2} (Ha)^{-1} \quad [5.B.3]$$

$$\frac{dTon/dHa}{dTon/dt} = \frac{b_2}{b_3} (Ha) \quad [5.B.4]$$

Ahora bien, el crecimiento de la producción por tecnificación superará al que pudiera obtenerse por el aumento en las áreas de cultivo, si el productor cuenta con al menos b_3/b_2 ha, es decir:

$$Si \left(\frac{dTon}{dHa} \right) < \left(\frac{dTon}{dt} \right) \Rightarrow \frac{b_3}{b_2} (Ha)^{-1} < 1 \Rightarrow \frac{b_3}{b_2} < Ha \quad [5.B.5]$$

Este umbral tecnológico no significa tener que renunciar a la adquisición de tierras o viceversa, simplemente muestra el requerimiento de hectáreas necesarias tener beneficio de las nuevas técnicas agrícolas para los productores, por lo que entre más cercanas a cero, sin ser negativas, dará indicios de que tan asequibles son las nuevas tecnologías agrícolas para los productores.

Cuadro [5.B.6]: Umbrales tecnológicos para cada cultivo.

Cultivo	1961-2012 Φ	1961-1979 Φ	1980-1993 Φ	Tecnología Antes de PROCAMPO	1994-2012 Φ	Tecnología en el Periodo PROCAMPO
Algodón	65.53	29.67	-49.64	Abandono	30.96	Recupera
Arroz	57.57	39.71	98.30	Inasequible	516.09	Inasequible
Cebada	51.70	18.27	176.52	Inasequible	82.07	Recupera
Frijol	105.85	44.75	-565.07	Abandono	75.07	Recupera
Maíz	47.23	57.96	95.58	Inasequible	48.49	Asequible
Sorgo	210.74	34.24	-1,830.40	Abandono	70.95	Recupera
Soya	-201.13	-84.20	204.64	Inasequible	551.23	Inasequible
Trigo	67.04	29.97	3,425.14	Inasequible	63.49	Recupera

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

Φ : Hectáreas $> (b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha)$.

A continuación se exponen los umbrales tecnológicos para cada cultivo y suponiendo el mismo comportamiento se calculan los umbrales para cada etapa, ver **cuadro [5.B.6]**. En este cuadro resaltan cultivos como el Arroz, y la Soja, que alejan la tecnificación del

cultivo de los pequeños productores, mientras que los productores de algodón recuperan su asequibilidad a las técnicas agrícolas. Por otro lado los cultivos de Ceba, Frijol, Sorgo y Trigo muestran una recuperación sin lograr los niveles de asequibilidad con que contaban antes de la crisis de 1980, mostrando al periodo de PROCAMPO como un rescate tecnológico, sin aun ser suficiente.

Finalmente el cultivo del Maíz se afianza como el cultivo donde su tecnología agrícola es cada vez más asequible al productor, pues no solo recupera la asequibilidad perdida en la crisis de 1980, colocando al periodo de PROCAMPO como el más facilitador de las técnicas agrícolas usadas para el cultivo de Maíz.

5.2.3 Crecimiento en el tiempo

Ahora bien, para aislar el crecimiento de la producción en el modelo $Ton = C_1 (Ha)^{b_3} \exp(b_2 t)$, será necesario considerar sólo su forma lineal de la transformación logarítmica, $\ln(Ton) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(Ha)$, de esta manera será posible medir el incremento de la producción sin ser afectada por el número de hectáreas, aunque esto implique trabajar con toneladas bajo transformación logarítmica.

$$\frac{d \ln(Ton)}{dt} = b_2 \quad [5.B.7]$$

En otras palabras b_2 cuantifica el número de toneladas logarítmicas $[\ln(Ton)]$ que se incrementarán al paso de un año, y como se ha aislado el efecto que pudieran tener la hectáreas, es un buen indicador para medir cómo los adelanto técnicos, que aceleran la producción sin alterar el número de hectáreas, impactan la producción directamente al paso del tiempo.

A continuación se supone un comportamiento similar en cada etapa y se muestran los incrementos en la producción de $\ln(Ton)$ por un incremento en el tiempo en cada cultivo, ver **cuadro [5.B.8]**.

Cuadro [5.B.8]: Incremento de la Producción en el Tiempo

Cultivo	1961-2012 Φ	1961-1979 Φ	1980-1993 Φ	Uso Tecnológico antes de PROCAMPO	1994-2012 Φ	Uso Tecnológico en el Periodo PROCAMPO
Algodón	0.0163	0.0363	-0.0221	Abandono	0.0314	Recuperan
Arroz	0.0182	0.0229	0.0086	Frena	0.0017	Frena
Cebada	0.0226	0.0513	0.0057	Frena	0.0130	Frena
Frijol	0.0099	0.0206	-0.0025	Abandono	0.0164	Recupera
Maíz	0.0246	0.0187	0.0151	Frena	0.0261	Se Mejora
Sorgo	0.0052	0.0277	-0.0006	Abandono	0.0144	Recuperan
Soya	-0.0050	-0.0119	0.0049	Frena	0.0018	Frena
Trigo	0.0172	0.0419	0.0003	Frena	0.0148	Recupera

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

Φ : Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

Se puede apreciar en el **cuadro [5.B.8]**, que el cultivo del Algodón y Frijol casi recupera su paso productivo incentivado por adelantos técnicos, después de enfrentar un freno en su productividad en el periodo de la crisis de 1980, colocando al periodo de PROCAMPO como un rescate tecnológico sin aún reportar mejoras superiores. El cultivo del Arroz y la Soya reportan una desaceleración, pues cada periodo es menor el aporte de los avances tecnológicos a la producción. Mientras que la Cebada, el Sorgo y el Trigo retoman su productividad basada en aportes técnicos, sin aun recuperar los niveles de productividad registrados antes de la crisis de 1980, colocando a la etapa de PROCAMPO como un rescate tecnológico en progreso. Finalmente el Maíz tras un tropiezo en el periodo de la crisis de 1980, repunta su productividad, colocándolo como el cultivo que más uso hace de nuevas tecnologías para aumentar su productividad.

5.2.4 Crecimiento por Aumento en las Áreas de Cultivo

De la misma forma en que se aísla el crecimiento de la producción sin considerar el tiempo, es necesario considerar la forma lineal de la transformación logarítmica, $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$, de esta manera se podrá medir el incremento de la producción sin considerar al tiempo, ver [5.B.9].

$$\frac{d \ln(Ton)}{d \ln(Ha)} = b_3 \quad [5.B.9]$$

Es decir, el coeficiente b_3 de la regresión mide el incremento de toneladas logarítmicas $[\ln(\text{ton})]$ dado un aumento en las hectáreas logarítmicas $[\ln(\text{ha})]$. Para ello se supone que el modelo general aplica a cada etapa, y se estima el coeficiente de para cada etapa, ver **cuadro [5.B.10]**.

Cuadro [5.B.11]: Incremento en la Producción por Aumento de Áreas de Cultivo.

Cultivo	1961-2012 Φ	1961-1979 Φ	1980-1993 Φ	Áreas de Cultivo antes de PROCAMPO	1994-2012 Φ	Áreas de Cultivo en el Periodo PROCAMPO
Algodón	1.07	1.08	1.10	Frena	0.97	Frena
Arroz	1.05	0.91	0.85	Frena	0.86	Aumenta
Cebada	1.17	0.94	1.01	Aumenta	1.06	Aumenta
Frijol	1.05	0.92	1.41	Aumenta	1.23	Frena
Maíz	1.16	1.08	1.45	Perfecciona	1.26	Frena
Sorgo	1.09	0.95	1.10	Perfecciona	1.02	Frena
Soya	1.02	1.00	1.00	Mantiene	1.00	Mantiene
Trigo	1.15	1.25	1.13	Frena	0.94	Frena

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

Φ : Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

En el **cuadro [5.B.11]**, se puede observar que los cultivos de Algodón, Cebada, Frijol, Maíz, y Sorgo, aumentan su producción con base en el incremento de áreas de cultivo en el periodo de la crisis de 1980. De estos sólo la Cebada continúa adquiriendo áreas de cultivo en pro de la producción, al igual que el Arroz, ubicando al periodo de PROCAMPO como una etapa de adquisición de más tierras, mientras que cultivos de Algodón, Frijol, Maíz, Sorgo y Trigo, frenan su producción con base en el aumento de hectáreas de cultivo, colocando al periodo de PROCAMPO para ellos como una etapa que cede áreas de cultivo. Finalmente resta hacer la observación del cultivo de la Soya que se muestra constante, sin cambios en el aumento o disminución de hectáreas para incentivar la producción, entendiéndose como un cultivo indiferente a adquirir o eliminar hectáreas para su cultivo.

5.3 LOS CULTIVOS, CONCLUSIONES EN PARTICULAR

5.3.1 Algodón con semilla.

El algodón presenta comportamientos que parecen contradictorios, como ya se observó es un cultivo que se mantiene siempre decreciente, y cada vez son menos las hectáreas que se destinan a su cultivo, resultado de muchos factores, naturales, económicos o sociales. Además dado su alta relación entre la superficie y la producción, la cantidad cosechada depende en gran medida de la superficie utilizada, es por ello que, al eliminar áreas de cultivo, afecta de forma importante la producción.

Por otro lado, contrario a lo que se espera, la cantidad de toneladas de algodón por cada hectárea al año no la deprime la pérdida de hectáreas ni la constante baja en la producción, por el contrario se fortalece pasando de una pérdida en la producción al año de 0.08ton/ha al aporte en producción por hectárea al año más alto de los tres periodos, 0.1ton/ha más cada año en el periodo de PROCAMPO, por lo que el algodón no sólo recupera sus niveles tecnológicos si no que hace buen uso de las hectáreas sobrevivientes.

Lo anterior sugiere una depuración de las tierras y una tecnificación para aquellas más productivas. Dicha depuración se confirma con el aporte a la producción por hectárea que promedia en el periodo de PROCAMPO el índice más bajo, es decir, 0.97ln(ton) más por cada incremento en ln(ha), lo cual es acompañado de una tecnificación que aporta 0.03ln(ton) más al año, después de perder productividad con un índice negativo en la crisis de 1980 sin recuperar los niveles registrados antes de la crisis de 1980, lo que coloca al periodo de PROCAMPO como un rescate tecnológico, con un mejor aprovechamiento de la tierra.

Dicha tecnificación se ha acercado en la etapa de PROCAMPO a los productores sin alcanzar el nivel que presentó antes de la crisis de 1980, pues se calculó un umbral tecnológico similar en ambos periodos, a saber 29.7 y 30.1ha, por lo que en los años de 1994 a 2012 se recupera el interés tecnológico para la producción de Algodón que había sido abandonado calculando en los años 1980 a 1993 un umbral negativo.

Cuadro [5.C.1]: Algodón, Resumen.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
Ton †	-21,722	-30,741	-52,993	-2,098
Ha ††	-13,307	-31,985	-15,110	-6,226
Relación Ha y Ton †††	0.9442	0.8774	0.9724	0.8846
Ton/Ha §	1.65	1.26	2.98	2.31
Δ(Ton/Ha) al año §§	0.0354	0.0684	-0.0809	0.1006
Crecimiento Tecnológico §§§	0.0163	0.0363	-0.0221	0.0314
Crecimiento por Ha Φ	1.0703	1.0773	1.0964	0.9725
Umbral Tecnológico ΦΦ	65.53	29.67	-49.64	30.96

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre Ton= b_1+b_2t .

††: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre ha= b_1+b_2t .

†††: Coeficiente de Correlación entre Ha y Ton.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre Ton= b_1+b_2Ha .

§§: Coeficiente b_2 de Regresión Lineal (Ton/Ha) = b_1+b_2t .

§§§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

ΦΦ: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

Por lo que el Algodón coloca a la etapa de PROCAMPO como un periodo que recupera buena parte de los productores perdidos por la crisis de 1980 y frena la depuración de hectáreas. Mientras que mantiene las técnicas de producción basadas en la superficie y recupera casi las mismas técnicas que aceleran la producción.

5.3.2 Arroz con Cáscara.

El arroz en México se ha mostrado como un cultivo que pierde hectáreas a lo largo del tiempo y que también disminuye la producción año con año, sin embargo debido a la fuerte relación que guardan las áreas de cultivo con la producción, la productividad por hectárea se mantiene reportando su mejor nivel en el periodo de PROCAMPO, con 3.91ton/ha, lo que habla de una ligera mejora en el aprovechamiento las hectáreas.

Sin embargo y contrario a lo esperado esta capacidad de producir no crece, por el contrario en el periodo de PROCAMPO se registra el menor crecimiento productivo, registrando 0.044ton/ha más al año, lo que habla de un freno en la productividad, a pesar de tener mayor capacidad productiva.

Lo anterior lo confirman los aportes en la producción de las hectáreas, registrando promedios similares en cada periodo cercanos a las 0.9ln(ton) más por cada incremento de ln(ha), mientras que los aportes a la producción al paso del tiempo se registran 0.023, 0.009 y 0.002ln(ton) más al año, mostrando un claro declive en su aporte. En otras palabras no hay interés por incorporar nuevas técnicas agrícolas que aceleren la producción de arroz.

Esta escasa tecnificación acompañada de la depuración de tierras ha ocasionado que el umbral tecnológico se extienda en cada periodo, pues mientras en el periodo de 1961-1979 se requería de sólo 39.71ha para obtener beneficios en la producción por medio de tecnificaciones, en el último periodo, este umbral se aleja a 516.09ha. Esto implica una selección de productores cada vez más reducida; lo que obliga a pensar que la tecnificación del arroz es un beneficio selecto, y dirigido a un grupo en especial de productores.

Cuadro[5.C.2]: Arroz, Resumen.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
<i>Ton</i> †	-3,217.35	13,575.55	-17,665.10	-12,653.13
<i>Ha</i> ††	-2,550.58	1,894.54	-6,169.05	-3,251.36
<i>Relación Ha y Ton</i> †††	0.8233	0.8746	0.9527	0.9807
<i>Ton/Ha</i> §	2.2077	3.2026	3.2828	3.9123
<i>Δ(Ton/Ha) al año</i> §§	0.0594	0.0583	0.0672	0.0441
<i>Crecimiento Tecnológico</i> §§§	0.0182	0.0229	0.0086	0.0017
<i>Crecimiento por Ha</i> Φ	1.0460	0.9091	0.8490	0.8561
<i>Umbral Tecnológico</i> ΦΦ	57.57	39.71	98.30	516.09

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $Ton = b_1 + b_2t$.

††: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $ha = b_1 + b_2t$.

†††: Coeficiente de Correlación entre Ha y Ton.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $Ton = b_1 + b_2Ha$.

§§: Coeficiente b_2 de Regresión Lineal $(Ton/Ha) = b_1 + b_2t$.

§§§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

ΦΦ: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3, b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(Ton) = b_1 + b_2t + b_3\ln(Ha)$.

Colocando al arroz en el periodo de PROCAMPO como un cultivo que expulsa tanto hectáreas de cultivo como productores, seleccionando los más productivos tanto en áreas como en productores; creando un grupos selectos que acaparan las áreas de cultivo y las técnicas de producción

5.3.3 Cebada.

La cebada es un cultivo que ha dependido del incremento de la superficie para aumentar su producción, misma que sufrió merma de hectáreas y producción en el periodo de 1980-1993. Después de la llegada de PROCAMPO y de la entrada en vigor de TLCAN, se aprecia una pronta recuperación de la relación superficie - producción, rescatando los niveles de producción y hectáreas al año similares a 1961-1993. Y no sólo eso, el desempeño de las hectáreas es mejorado después de la crisis de 1980, 0.032ton/ha al año, sin alcanzar la productividad que ya se registraba antes de 1980.

Lo anterior da indicios de una recuperación de las técnicas que aceleran la producción sin aun aprovechar todo el potencial productivo, esto se refleja en el aporte que dan las hectáreas a la producción, calculando en el periodo de PROCAMPO el mayor aporte a la producción por hectáreas, promediando 1.06ln(ton) más por cada incremento en ln(ha).

Mientras que el aporte que da el tiempo a la producción se recupera en el periodo de PROCAMPO, después de frenar su aportación sin alcanzar los niveles que se tenían antes de la crisis de 1980, a saber 0.051, 0.006 y 0.013ln(ton) al año. Es decir las técnicas agrícolas que aceleran la producción no han permeado lo suficiente como para recuperar los índices anteriores a la crisis de 1980.

Esta lenta recuperación puede atribuirse a una dificultad por adquirir nueva tecnología agrícola pues en la crisis de 1980 eran necesarias 176.52ha como umbral para tener beneficios en la producción superiores a lo que pudieran tenerse por aumentar las áreas de cultivo, pese a que en el periodo de PROCAMPO la tecnología agrícola se acercó al productor exigiendo un umbral de al menos 82.07ha, mientras que en el periodo de 1961 a 1979 sólo bastaban 18.27ha.

Cuadro [5.C.3]: Cebada, Resumen.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
Ton †	11,969.45	18,538.77	-505.07	18,824.68
Ha ††	1,179.62	3,541.48	-1,920.22	3,708.22
Relación Ha y Ton †††	0.7651	0.7983	0.5816	0.8835
Ton/Ha §	3.7967	2.3480	1.6648	3.4885
Δ(Ton/Ha) al año §§	0.0376	0.0578	0.0117	0.0320
Crecimiento Tecnológico §§§	0.0226	0.0513	0.0057	0.0130
Crecimiento por Ha Φ	1.1667	0.9376	1.0144	1.0636
Umbral Tecnológico ΦΦ	51.70	18.27	176.52	82.07

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre Ton= b_1+b_2t .

††: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre ha= b_1+b_2t .

†††: Coeficiente de Correlación entre Ha y Ton.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre Ton= b_1+b_2Ha .

§§: Coeficiente b_2 de Regresión Lineal (Ton/Ha) = b_1+b_2t .

§§§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(Ha)$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(Ha)$.

ΦΦ: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(Ha)$.

Por lo que la Cebada coloca al periodo de PROCAMPO como una etapa en la que se recupera parte de la asequibilidad de la tecnología agrícola, fortaleciendo las técnicas que aceleran la producción añadiendo más áreas de cultivo y utilizándolas mejor

5.3.4 El frijol.

El frijol es un cultivo que ha fortalecido su relación con la superficie en cada etapa. No es posible hablar de una disminución o aumento de áreas y producción para el frijol, pues los incrementos registrados no son significativos, por el contrario el cultivo parece obedecer al algún ciclo, mismo que no fue contemplado en este estudio. Pero a pesar de ello se identifica un potencial productivo siempre creciente que presenta una merma en el periodo de PROCAMPO, 0.27, 0.82 y 0.61ton/ha.

Ahora bien estos potenciales productivos no son aprovechados, pues en el periodo con mayor potencial productivo de 1980 a 1993, se registra una disminución en la

productividad por hectárea, restando cada año a la producción de frijol 0.0013ton/ha, situación que se enmienda en el periodo de PROCAMPO calculando un incremento al año de 0.0071ton/ha, sin que se logren recuperar los niveles de productividad anteriores a la crisis de 1980, del orden de 0.011ton/ha al año.

Lo anterior da indicios de una re incursión de técnicas agrícolas que incrementan la producción año con año, técnicas que fueron perdidas en el periodo de la crisis de 1980, donde se promedió una pérdida a razón de 0.0025ln(ton) menos cada año, situación que se revierte en el periodo de PROCAMPO, calculando un aporte a la producción de 0.016ln(ton) más cada año, muy parecido a lo que se promediaba antes de la crisis de 1980, 0.021ln(ton) al año.

Por otro lado las técnicas que utilizan el aumento de las áreas de cultivo, presenta su mejor aporte a la producción en el periodo de la crisis de 1980, calculando 1.41ln(ton) más por cada incremento de ln(ha), situación que cambia en los años de 1994 a 2012 donde se aprecia una merma en el aporte a la producción por hectáreas, promediando 1.23ln(ton) más por cada incremento de ln(ha). Por lo que en el periodo de PROCAMPO se busca abandonar el incremento de la producción añadiendo áreas de cultivo y cambiarlo por técnicas que aceleren la producción sin necesidad de más hectáreas.

Ahora bien, en el periodo de PROCAMPO, las técnicas que incrementan la producción sin necesidad de añadir hectáreas reportan mejores beneficios ante las técnicas que aumentan las hectáreas a partir de las 75.07ha, este umbral no ha sido constante y calculó un desplome ante el abandono tecnológico registrado en los años de 1980 a 1993, -565.07ha, mientras que en los años de 1961 a 1979 los beneficios tecnológicos eran más asequibles, calculando un umbral de 44.75ha.

Por lo tanto para el cultivo del Frijol el periodo de PROCAMPO se caracteriza como una etapa que reincorpora las técnicas agrícolas que aceleran la producción año con años y busca dejar a un lado las técnicas que aumentan las áreas de cultivo. Aunque estas técnicas aun no son tan asequibles como lo fueron en el periodo anterior a la crisis de 1980.

Cuadro [5.C.4]: Frijol, Resumen.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
Ton †	6,661.71	3,932.91	-992.03	-16,460.23
Ha ††	-5,113.75	-27,549.27	-124.31	-42,052.65
Relación Ha y Ton †††	0.6125	0.5832	0.8407	0.8641
Ton/Ha §	0.4958	0.2664	0.8191	0.6133
Δ(Ton/Ha) al año §§	0.0056	0.0109	-0.0013	0.0071
Crecimiento Tecnológico §§§	0.0099	0.0206	-0.0025	0.0164
Crecimiento por Ha Φ	1.0511	0.9227	1.4132	1.2294
Umbral Tecnológico $\Phi\Phi$	105.85	44.75	-565.07	75.07

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre Ton= b_1+b_2t .

††: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre ha= b_1+b_2t .

†††: Coeficiente de Correlación entre Ha y Ton.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre Ton= b_1+b_2Ha .

§§: Coeficiente b_2 de Regresión Lineal (Ton/Ha) = b_1+b_2t .

§§§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

Φ : Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

$\Phi\Phi$: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

5.3.5 El Maíz.

El cultivo del maíz ha sido transformado radicalmente, pues la dependencia de este cultivo para con el área utilizada ha cambiado, invirtiendo su relación. En otras palabras dada la pérdida de las áreas de cultivo la producción aumenta, en particular en el periodo de PROCMAPO.

Esto tiene un impacto directo en la capacidad productiva, siendo el mejor periodo el de los años de 1980 a 1993, donde cada hectárea arrojaba una producción de 3.05ton, situación que se torna negativa en el periodo de PROCAMPO donde se registró una pérdida de productividad por el desecho de hectáreas a razón de 0.23ton/ha menos al año.

Esta pérdida en la capacidad productiva no merma la productividad creciente de las hectáreas, las cuales calcularon su mejor desempeño en el periodo de PROCAMPO, con 0.0632ton/ha más año con año de 1994 a 2011. Y no solo eso, la productividad por

hectárea al año demostró un comportamiento exponencial, lo que garantiza siempre rendimientos crecientes al paso del tiempo.

$$\ln\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = b_1 + b_2 t \Rightarrow \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = (0.951) \exp[(-0.0521)t] \quad [5.C.5]$$

Este modelo exponencial es un indicio suficiente de técnicas agrícolas que aceleran la producción de frijol. En lo que concierne a las técnicas que incrementan la producción al paso del tiempo promediaron al año, aportes siempre crecientes, siendo el mejor el último ubicado en el periodo de PROCMAPO, calculando $0.0261 \ln(\text{ton})$ cada año. Mientras que los aportes a la producción por el aumento de hectáreas tienen su mejor aporte en los años de 1980 a 1993, calculando $1.45 \ln(\text{ton})$ por cada incremento en $\ln(\text{ha})$, promedio que se merma en el periodo de PROCAMPO, calculando $1.26 \ln(\text{ton})$ por cada $\ln(\text{ha})$. Colocando al periodo de PROCAMPO como una etapa que da preferencia a las técnicas agrícolas que no aumentan las áreas de cultivo y que incrementan la producción por hectárea.

Cuadro [5.C.6]: Maíz, Resumen.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
Ton †	330,659.74	123,653.57	295,423.58	257,843.93
Ha ††	-126.14	-20,903.23	21,465.05	-76,742.05
Relación Ha y Ton †††	0.2369	0.5561	0.7399	-0.0598
Ton/Ha §	2.0857	1.0313	3.0540	-0.2277
$\Delta(\text{Ton/Ha})$ al año §§	0.0246	0.0184	0.0167	0.0233
Crecimiento Tecnológico §§§	0.0246	0.0187	0.0151	0.0261
Crecimiento por Ha Φ	1.1610	1.0820	1.4452	1.2646
Umbral Tecnológico ΦΦ	47.23	57.96	95.58	48.49

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{Ton} = b_1 + b_2 t$.

††: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{ha} = b_1 + b_2 t$.

†††: Coeficiente de Correlación entre Ha y Ton.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{Ton} = b_1 + b_2 \text{Ha}$.

§§: Coeficiente b_2 de Regresión Lineal $(\text{Ton/Ha}) = b_1 + b_2 t$.

§§§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(\text{Ha})$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(\text{Ha})$.

ΦΦ: Hectáreas $> (b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(\text{Ha})$.

Ahora bien, el beneficio en la producción de estas técnicas superará al obtenido por el aumento de hectáreas a partir de cierto número de hectáreas, siendo el más bajo el umbral calculado en el periodo de PROCAMPO donde se requerían 48.49ha, en otras palabras, el cultivo de frijol se ha acercado más al productor en cada etapa del estudio.

Colocando al periodo de PROCAMPO como una etapa fuerte que acerca las nuevas técnicas agrícolas a más productores, y no sólo eso, garantizando mejores rendimientos en la producción; todo esto depurando sus hectáreas e introduciendo más y mejores técnicas agrícolas.

5.3.6 Sorgo.

Es un cultivo que se ha caracterizado por ser altamente dependiente del incremento del área de cultivo para incrementar su producción, pero esta condición está cambiando, precisamente después de la aparición de PROCAMPO y del TLCAN. Es en este periodo cuando la relación entre la superficie y la producción comienza a tener sus niveles más bajos, sin que ello signifique una merma en la producción. Es difícil afirmar que existe un proceso de depuración o adquisición de tierras, ya que no hay evidencia suficiente para sostener tal afirmación.

Ahora bien la capacidad productiva de la hectáreas no ha cambiado significativamente, pues se registran promedios de producción muy similares en cada etapa 3.1, 3.5 y 3.2ton/ha, por lo que dado el movimiento en las hectáreas y la producción, el promedio casi constante se explica por el uso de las mismas técnicas agrícolas.

Este estancamiento tecnológico, se refleja en el incremento de la producción por hectárea, que muestra una pérdida al año de 0.006ton/ha de 1980 a 1993 justo cuando se calcula el mayor potencial productivo; situación que se invierte en el periodo de PROCAMPO, donde cada hectárea aporta al año 0.049ton, lo que habla de un re ingreso de técnicas agrícolas.

Esta tecnificación es más evidente al observar su aporte a la producción en el tiempo, Tecnificación que se muestra ausente de 1980 a 1993, donde se promedian pérdidas en la producción, a razón de 0.0006ln(ton) menos cada año, situación que se revierte en el periodo de PROCAMPO calculando 0.0144ln(ton) más al año, reanimando la

producción sin necesidad de aumentar las áreas de cultivo. Mientras que las técnicas que añaden áreas de cultivo se fortalecen sólo en el periodo de la crisis de 1980, donde aportan a la producción $1.096\ln(\text{ton})$ más por cada incremento en $\ln(\text{ha})$ pero que son mermadas a la entrada de PROCAMPO calculando $1.023\ln(\text{ton})$ más por cada $\ln(\text{ha})$.

Desafortunadamente esta tecnificación aún se encuentra lejos de muchos productores, pues mientras en los años de 1961 a 1979 se requerían 34.24ha para tener mejores beneficios de la tecnificación agrícola sin incrementar las áreas de cultivo, el umbral tecnológico para la etapa de PROCAMPO se calcula en 70.95ha, aunque cabe señalar que dicho umbral es un rescate ante la apatía registrada con el umbral negativo en los años de 1980 a 1993.

Cuadro [5.C.7]: Sorgo, Resumen.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
<i>Ton</i> †	112,545.46	250,407.13	-70,782.01	91,470.20
<i>Ha</i> ††	28,496.14	77,459.13	-19,987.55	2,285.78
<i>Relación Ha y Ton</i> †††	0.9733	0.9842	0.9222	0.7866
<i>Ton/Ha</i> §	3.6319	3.1041	3.5054	3.3209
<i>Δ(Ton/Ha) al año</i> §§	0.0240	0.0549	-0.0066	0.0490
<i>Crecimiento Tecnológico</i> §§§	0.0052	0.0277	-0.0006	0.0144
<i>Crecimiento por Ha</i> Φ	1.0918	0.9477	1.0959	1.0230
<i>Umbral Tecnológico</i> ΦΦ	210.74	34.24	-1,830.40	70.95

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{Ton} = b_1 + b_2t$.

††: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{ha} = b_1 + b_2t$.

†††: Coeficiente de Correlación entre Ha y Ton.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{Ton} = b_1 + b_2\text{Ha}$.

§§: Coeficiente b_2 de Regresión Lineal $(\text{Ton}/\text{Ha}) = b_1 + b_2t$.

§§§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

ΦΦ: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2t + b_3\ln(\text{Ha})$.

Esto coloca al periodo de PROCAMPO como una etapa que inserta la tecnificación basada en el aumento de la producción sin necesidad de añadir más áreas de cultivo, aunque el aporte a la producción con más hectáreas no deja de ser significativo, lo que

detiene la pérdida de hectáreas. Y finalmente el cultivo del frijol se coloca más cerca de los productores sin aun recuperar la asequibilidad que contaba antes de 1980.

5.3.7 La Soya.

El cultivo de soya en México, da muestras de una fuerte dependencia con el área cultiva, siendo estrictamente necesario el incremento de las áreas de su cultivo para aumentar la producción. Por otro lado el potencial productivo por hectárea reporta un promedio similar en las tres etapas 1.72, 1.85 y 1.68ton/ha.

Sin embargo la productividad presenta crecimientos muy bajos e incluso negativos en el periodo de 1961 a 1979, promediando una pérdida en la producción de 0.022ton/ha al año, repuntando en el periodo de la crisis con 0.0095ton/ha y cayendo a más de la mitad en el periodo de PROCMAPO promediando 0.0040ton/ha al año, lo que habla de un desinterés por incluir nuevas técnicas agrícolas que aceleren al producción en el cultivo de la soya.

Esta falta de técnicas se observa en el aporte del tiempo a la producción calculando el más bajo aporte en el periodo de PROCAMPO, 0.0018ln(ton) al año; mientras que el aporte por añadir nuevas áreas de cultivo permanece casi constante en los tres periodos, sin mostrar cambios significativos, 1.000, 0.988, y 1.004ln(ton) por cada aumento de ln(ha), respectivamente en cada periodo.

Este desinterés por incluir mejoras técnicas en el cultivo de la soya se refleja en las hectáreas necesarias para superar la producción con basada en el aumento de hectáreas con una producción con base en el tiempo, disparando el umbral tecnológico cada vez más lejos de los productores -84.20, 204.64 y 551.23ha

Por lo que se distingue al periodo de PROCAMPO en la Soya como una etapa que no impulsa el desarrollo de la soya con mejores técnicas agrícolas, y si existieran estas mejoras agrícolas son cada vez más inasequibles, por lo que no hay una depuración de hectáreas, sino más bien, un abandono de este cultivo

Cuadro [5.C.8]: Soya, Resumen.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
Ton †	-1,866.73	33,163.58	1,052.49	-3,513.23
Ha ††	-727.74	19,535.58	-1,747.18	-1,575.86
Relación Ha y Ton †††	0.9893	0.9934	0.9725	0.9546
Ton/Ha §	1.8916	1.7240	1.8498	1.6839
Δ(Ton/Ha) al año §§	-0.0081	-0.0216	0.0095	0.0040
Crecimiento Tecnológico §§§	-0.0050	-0.0119	0.0049	0.0018
Crecimiento por Ha Φ	1.0155	1.0010	0.9982	1.0041
Umbral Tecnológico $\Phi\Phi$	-201.13	-84.20	204.64	551.23

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre Ton= b_1+b_2t .

††: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre ha= b_1+b_2t .

†††: Coeficiente de Correlación entre Ha y Ton.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre Ton= b_1+b_2Ha .

§§: Coeficiente b_2 de Regresión Lineal (Ton/Ha) = b_1+b_2t .

§§§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

Φ : Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

$\Phi\Phi$: Hectáreas $>(b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1+b_2t+b_3\ln(\text{Ha})$.

5.3.8 Trigo.

En todo el periodo de estudio el trigo se muestra como un cultivo moderadamente dependiente de la superficie para aumentar su producción, esto se refleja en potenciales diferentes de producción, 1.7, 4.47, y 2.88ton/ha en cada periodo, esto debido a los cambios en áreas de cultivos y producción que decrece o aumentan en cada etapa, lo que merma al potencial en producción por hectárea.

Como resultado de esto el mejor potencial es desaprovechado, en los años de 1980 a 1993, donde se calcula el peor desempeño 0.0041ton/ha más al año, situación que se revierte en el periodo de PROCAMPO; aumentando la productividad a razón de 0.0743ton/ha al año, sin aun alcanzar los niveles registrados antes de la crisis de 1980 donde se promedió 0.11ton/ha más al año. En otras palabras la etapa de PROCAMPO reinserta nuevas técnicas agrícolas, tras un abandono de ellas en periodo de la crisis de 1980. Prueba de esto se refleja en el comportamiento exponencial de la productividad, que explica también el movimiento de la productividad.

$$\left(\frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}\right) = (2.43) \exp[0.0167t] \quad [5.C.9]$$

Estas nuevas formas de cultivar el trigo se reflejan en el aporte a la producción en el tiempo, promediando el peor aporte en los años de 1980 a 1993 con $0.0003\ln(\text{ton})$ más al año, condición que cambia en el periodo de PROCAMPO, donde se promedian $0.0148\ln(\text{ton})$ al año sin aún alcanzar los niveles vistos antes de la crisis de 1980.

Mientras que el aporte de las hectáreas a la producción, desciende poco a poco, promediando 1.25, 1.13 y $0.94\ln(\text{ton})$ por cada incremento en $\ln(\text{ha})$, lo que señala al periodo de 1994 a 2012 como una etapa que continua eliminando la producción con base en nuevas hectáreas he incentivando las técnicas que aumentan la producción con el tiempo

Cuadro [5.C.10]: Trigo, Resumen.

	1961-2012	1961-1979	1980-1993	1994-2012
Ton †	35,650.75	65,787.67	21,343.14	4,163.43
Ha ††	-2,116.57	-6,262.22	5,173.06	-11,003.60
Relación Ha y Ton †††	0.6062	0.2896	0.9459	0.7362
Ton/Ha §	3.5545	1.6952	4.4705	2.8839
$\Delta(\text{Ton/Ha})$ al año §§	0.0597	0.1100	0.0041	0.0743
Crecimiento Tecnológico §§§	0.0172	0.0419	0.0003	0.0148
Crecimiento por Ha Φ	1.15026	1.25455	1.12693	0.94215
Umbral Tecnológico ΦΦ	67.04	29.97	3,425.14	63.49

Fuente: Elaboración propia con información de: CEPAL, 2012; INEGI, 2013; FAO, 2013

†: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{Ton} = b_1 + b_2 t$.

††: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{ha} = b_1 + b_2 t$.

†††: Coeficiente de Correlación entre Ha y Ton.

§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal entre $\text{Ton} = b_1 + b_2 \text{Ha}$.

§§: Coeficiente b_2 de Regresión Lineal $(\text{Ton/Ha}) = b_1 + b_2 t$.

§§§: Coeficiente b_2 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(\text{Ha})$.

Φ: Coeficiente b_3 de la Regresión Lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(\text{Ha})$.

ΦΦ: Hectáreas $> (b_3/b_2)$, donde b_3 , b_2 son los coeficientes de regresión lineal $\ln(\text{Ton}) = b_1 + b_2 t + b_3 \ln(\text{Ha})$.

Ahora bien, en el periodo de la crisis de 1980, para poder superar la producción con avances técnicos que no incrementen las áreas de cultivo era necesario contar con 3425.14ha, por lo que para muchos productores la tecnificación de sus cultivos era inasequible, esta situación cambia con la entrada en vigor del TLCAN o de PROCAMPO,

ya que el umbral tecnológico baja a 63.49ha, cifra aún lejana para los productores que en el periodo de 1980 a 1993 sólo necesitaban 29.9ha

Por lo tanto, el periodo de PROCAMPO se coloca como una etapa que re inserta nuevas tecnologías agrícolas al cultivo del trigo, y que busca eliminar poco a poco el incremento de áreas para incentivar la producción.

5.4 RECOMENDACIÓN A FUTURAS INVESTIGACIONES

Para verificar estas conclusiones hechas a partir de cifras oficiales a nivel nacional, deberá hacerse un muestreo al mismo nivel y corroborar el comportamiento de las cifras oficiales, ya sea por cultivo, o por zona, por medio de técnicas de control de calidad y evaluar las cifras oficiales.

También es recomendable indagar el comportamiento de las cifras oficiales para cada región del país, ejecutando este mismo análisis con cifras oficiales por zonas, y detectar así las regiones del país donde surten mayor efecto los beneficios del PROCAMPO e identificar y medir dichos efectos.

Por otra parte también se deberán ejecutar muestreos por zona, o por región del país, y contrastar las cifras oficiales con la información de campo usando técnicas de control de calidad.

Además es posible ejecutar un análisis para cada cultivo en este estudio, para ello se deberá indagar más en los montos y los apoyos en especie que brinda el programa, así como las zonas donde impera la producción de dicho cultivo.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

6.1.1 Literatura Citada

Chiang, A. C., & Kevin Wainwright (2006) Métodos fundamentales de economía matemática. (4ta ed.). México: Mc Graw Hill.

Cochran, W. G. (1977) Sampling Tecchniques. (3a ed). Canada: Wiley

Jude, G. G., Hill, C.R., Griffiths, W. E., Lütkepohl, H., & Tsoung-Chao, L. (1982). Introduction to the Theory and Practice of Econometrics (2a ed.). Canada: John Wiley & Sons

Maddala, G. S. (1996). Introducción a la Econometría (2a ed.). México: Prentice-Hall

Ross, S. (2006). A First Course in Probability (7a ed.). United States of America: Prentice-Hall

Varian H. R. (2010). Microeconomía Intermedia Un enfoque actual (8a ed.). España: Antoni Bosch Editor

Wackerly D. D., Mendenhall, W. III., & Cheaffer, R. L. (2009) Mathematical Statistics with Applications (6a ed.). United States of America: Thomson Learnign.

Zill, G. D. & Cullen M. R., (2002). Ecuaciones Diferenciales con Problemas en la Frontera (5a ed.). México: Thomson Learning

6.1.2 Páginas Web

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas (CEPALSTAT).Consultado 6-12-2012 en <http://estadisticas.cepal.org/>

Daniel Oks, & Sweder van Wijnbergen . Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE). Economía Mexicana Nueva Época. Crisis Económica México después

de la crisis de la deuda: ¿será sostenible el crecimiento? Consultado 23-05-2014 en http://www.economiamexicana.cide.edu/num_anteriores/II-1/04_OKS.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014). Statistics Division. Consultado 17-5-2014 en <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S> última visita 17 de mayo 2014

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2013). consultado 26-4-2014 en <http://www.inecc.gob.mx/index.php>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) (2014). Sistema de Consulta de Información Geoadministrativa Agropecuaria (SCIGA). Consultado 26-03-2014 en <http://gaia.inegi.org.mx/sciga/viewer.html>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Mapoteca digital. Consultado 28-8-2012 en http://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/nacional/tematicos/superficie_agricola.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1982), Estudio FAO: Desarrollo Económico y Social, Estadística Agrícola: Estimación de las superficies y de los rendimientos de los cultivos (Vol 22). Roma: Dirección de Estadística Departamento de Política Económica y Social

7 ANEXOS.

Superficie Agrícola

id	Años	Superficie Agrícola	Tierras Arables	Tierras de Cultivos Permanentes	Tierras de Praderas y Pastos Permanentes
1	1961	98 244.0	22 420.0	1 325.0	74 499.0
2	1962	98 179.0	22 340.0	1 340.0	74 499.0
3	1963	98 109.0	22 260.0	1 350.0	74 499.0
4	1964	98 049.0	22 180.0	1 370.0	74 499.0
5	1965	97 979.0	22 100.0	1 380.0	74 499.0
6	1966	97 914.0	22 020.0	1 395.0	74 499.0
7	1967	97 839.0	21 930.0	1 410.0	74 499.0
8	1968	97 769.0	21 850.0	1 420.0	74 499.0
9	1969	97 709.0	21 770.0	1 440.0	74 499.0
10	1970	97 637.0	21 688.0	1 450.0	74 499.0
11	1971	97 779.0	21 820.0	1 460.0	74 499.0
12	1972	97 919.0	21 950.0	1 470.0	74 499.0
13	1973	98 079.0	22 080.0	1 500.0	74 499.0
14	1974	98 199.0	22 200.0	1 500.0	74 499.0
15	1975	98 339.0	22 340.0	1 500.0	74 499.0
16	1976	98 529.0	22 480.0	1 550.0	74 499.0
17	1977	98 699.0	22 600.0	1 600.0	74 499.0
18	1978	98 839.0	22 740.0	1 600.0	74 499.0
19	1979	98 969.0	22 870.0	1 600.0	74 499.0
20	1980	99 199.0	23 000.0	1 700.0	74 499.0
21	1981	99 249.0	23 050.0	1 700.0	74 499.0
22	1982	99 387.0	23 138.0	1 750.0	74 499.0
23	1983	99 437.0	23 138.0	1 800.0	74 499.0
24	1984	99 437.0	23 138.0	1 800.0	74 499.0
25	1985	100 200.0	23 300.0	1 900.0	75 000.0
26	1986	101 000.0	23 500.0	2 000.0	75 500.0
27	1987	101 700.0	23 700.0	2 000.0	76 000.0
28	1988	102 400.0	23 900.0	2 000.0	76 500.0
29	1989	103 100.0	24 100.0	2 000.0	77 000.0
30	1990	103 800.0	24 300.0	2 000.0	77 500.0
31	1991	104 500.0	24 450.0	2 050.0	78 000.0
32	1992	105 200.0	24 600.0	2 100.0	78 500.0
33	1993	105 900.0	24 800.0	2 100.0	79 000.0
34	1994	106 600.0	24 900.0	2 200.0	79 500.0
35	1995	107 200.0	25 100.0	2 200.0	79 900.0
36	1996	107 200.0	25 000.0	2 300.0	79 900.0
37	1997	107 200.0	25 000.0	2 300.0	79 900.0
38	1998	106 800.0	25 100.0	2 300.0	79 400.0
39	1999	106 300.0	25 100.0	2 300.0	78 900.0
40	2000	105 800.0	25 100.0	2 300.0	78 400.0
41	2001	105 400.0	25 100.0	2 400.0	77 900.0
42	2002	104 900.0	25 100.0	2 400.0	77 400.0
43	2003	104 500.0	25 100.0	2 500.0	76 900.0
44	2004	104 100.0	25 100.0	2 600.0	76 400.0
45	2005	103 500.0	25 000.0	2 600.0	75 900.0
46	2006	102 500.0	24 500.0	2 600.0	75 400.0
47	2007	102 381.0	24 453.0	2 740.0	75 188.0
48	2008	102 902.0	25 202.0	2 700.0	75 000.0
49	2009	102 833.0	25 133.0	2 700.0	75 000.0

Fuente: CEPAL, 2012; INEGI, 2012; FAO, 2012
Cifras en miles de hectáreas.

Algodón con semilla

ID	Years	Area Algodón con semilla harvested (Ha)		Production Algodón con semilla (tonnes)	
1	1961	793,964.00	()	1,191,000.00	()
2	1962	787,025.00	()	1,286,000.00	()
3	1963	846,580.00	()	1,418,000.00	()
4	1964	808,690.00	()	1,498,000.00	()
5	1965	813,318.00	()	1,565,000.00	()
6	1966	695,379.00	()	1,380,000.00	()
7	1967	662,018.00	()	1,310,000.00	()
8	1968	705,335.00	()	1,560,000.00	()
9	1969	513,224.00	()	1,046,000.00	()
10	1970	411,172.00	()	890,000.00	()
11	1971	457,799.00	()	1,028,000.00	()
12	1972	523,426.00	()	1,090,000.00	()
13	1973	425,134.00	()	990,000.00	()
14	1974	578,322.00	()	1,340,000.00	()
15	1975	226,783.00	()	544,200.00	()
16	1976	234,981.00	()	582,900.00	()
17	1977	419,630.00	()	1,196,912.00	()
18	1978	349,767.00	()	1,046,923.00	()
19	1979	374,878.00	()	1,036,615.00	()
20	1980	355,330.00	()	1,085,013.00	()
21	1981	349,210.00	()	972,659.00	()
22	1982	170,277.00	()	533,984.00	()
23	1983	212,744.00	()	648,661.00	()
24	1984	289,108.00	()	827,723.00	()
25	1985	197,461.00	()	606,249.00	()
26	1986	164,502.00	()	410,040.00	()
27	1987	224,256.00	()	752,265.00	()
28	1988	298,059.00	()	806,934.00	()
29	1989	177,895.00	()	467,127.00	()
30	1990	219,772.00	()	553,335.00	()
31	1991	248,677.00	()	558,670.00	()
32	1992	46,195.00	()	91,607.00	()
33	1993	39,765.00	()	76,043.00	()
34	1994	168,879.00	()	340,097.00	()
35	1995	274,617.00	()	625,226.00	()
36	1996	306,984.00	()	765,258.00	()
37	1997	207,065.00	()	632,163.00	()
38	1998	245,278.00	()	705,387.00	()
39	1999	144,995.00	()	430,711.00	()
40	2000	77,232.00	()	223,844.00	()
41	2001	88,535.00	()	276,834.00	()
42	2002	39,597.00	()	123,273.00	()
43	2003	60,634.00	()	209,631.00	()
44	2004	109,100.00	()	385,360.00	()
45	2005	128,244.00	()	400,965.00	()
46	2006	116,557.00	()	447,853.00	()
47	2007	108,721.00	()	378,870.00	()
48	2008	99,692.00	()	365,227.00	()
49	2009	72,049.00	()	278,526.00	()
50	2010	112,937.00	()	440,490.00	()
51	2011	193,485.00	()	746,246.00	()
52	2012	154,995.00	()	668,662.00	()

Fuente: FAO, 2013

() Cidras oficiales

Arroz, cascara

ID	Years	área Arroz, cascara harvested(Ha)		Production Arroz, cascara(tonnes)	
1	1961	146,341.00	()	332,944.00	()
2	1962	133,904.00	()	288,972.00	()
3	1963	134,757.00	()	296,373.00	()
4	1964	132,594.00	()	274,430.00	()
5	1965	138,065.00	()	377,531.00	()
6	1966	152,642.00	()	372,227.00	()
7	1967	168,363.00	()	417,888.00	()
8	1968	138,712.00	()	347,249.00	()
9	1969	152,980.00	()	394,938.00	()
10	1970	149,973.00	()	405,385.00	()
11	1971	153,572.00	()	369,167.00	()
12	1972	156,145.00	()	403,192.00	()
13	1973	150,400.00	()	450,575.00	()
14	1974	172,949.00	()	491,608.00	()
15	1975	256,661.00	()	716,628.00	()
16	1976	159,410.00	()	463,432.00	()
17	1977	180,464.00	()	567,338.00	()
18	1978	121,314.00	()	401,780.00	()
19	1979	151,228.00	()	493,794.00	()
20	1980	127,477.00	()	445,364.00	()
21	1981	174,792.00	()	709,611.00	()
22	1982	156,809.00	()	515,741.00	()
23	1983	133,326.00	()	421,050.00	()
24	1984	125,896.00	()	487,133.00	()
25	1985	216,466.00	()	807,529.00	()
26	1986	157,430.00	()	544,632.00	()
27	1987	154,814.00	()	590,999.00	()
28	1988	126,670.00	()	456,548.00	()
29	1989	151,458.00	()	527,118.00	()
30	1990	105,402.00	()	394,388.00	()
31	1991	84,790.00	()	347,245.00	()
32	1992	90,420.00	()	394,022.00	()
33	1993	58,939.00	()	287,180.00	()
34	1994	87,796.00	()	373,616.00	()
35	1995	78,439.00	()	367,030.00	()
36	1996	86,778.00	()	394,075.00	()
37	1997	113,492.00	()	469,455.00	()
38	1998	101,560.00	()	458,112.00	()
39	1999	82,583.00	()	394,434.00	()
40	2000	84,069.00	()	351,447.00	()
41	2001	53,232.00	()	226,639.00	()
42	2002	50,457.00	()	227,194.00	()
43	2003	60,000.00	()	273,300.00	()
44	2004	62,400.00	()	278,500.00	()
45	2005	57,479.00	()	291,149.00	()
46	2006	70,470.00	()	337,250.00	()
47	2007	70,949.00	()	294,697.00	()
48	2008	50,286.00	()	224,371.00	()
49	2009	54,230.00	()	263,028.00	()
50	2010	41,748.00	()	216,676.00	()
51	2011	34,037.00	()	173,461.00	()
52	2012	31,795.00	()	178,787.00	()

Fuente: FAO, 2013

() Cidras oficiales

Cebada

ID	Years	Area Cebada harvested(Ha)		Production Cebada(tonnes)	
1	1961	233,103.00	()	174,132.00	()
2	1962	192,645.00	()	151,115.00	()
3	1963	232,423.00	()	185,616.00	()
4	1964	211,709.00	()	170,564.00	()
5	1965	226,285.00	()	193,235.00	()
6	1966	240,750.00	()	220,063.00	()
7	1967	238,461.00	()	203,373.00	()
8	1968	251,829.00	()	252,706.00	()
9	1969	244,965.00	()	212,477.00	()
10	1970	224,051.00	()	237,563.00	()
11	1971	221,199.00	()	270,332.00	()
12	1972	217,401.00	()	310,073.00	()
13	1973	262,461.00	()	392,360.00	()
14	1974	173,353.00	()	250,391.00	()
15	1975	286,464.00	()	440,254.00	()
16	1976	363,518.00	()	549,226.00	()
17	1977	248,481.00	()	417,785.00	()
18	1978	296,391.00	()	505,274.00	()
19	1979	250,295.00	()	367,545.00	()
20	1980	319,315.00	()	529,858.00	()
21	1981	271,327.00	()	550,781.00	()
22	1982	229,441.00	()	423,505.00	()
23	1983	303,621.00	()	557,413.00	()
24	1984	283,121.00	()	619,026.00	()
25	1985	280,529.00	()	536,182.00	()
26	1986	266,485.00	()	512,339.00	()
27	1987	286,225.00	()	617,867.00	()
28	1988	247,214.00	()	370,498.00	()
29	1989	263,526.00	()	435,035.00	()
30	1990	262,840.00	()	491,941.00	()
31	1991	284,096.00	()	580,196.00	()
32	1992	289,974.00	()	549,966.00	()
33	1993	234,156.00	()	540,529.00	()
34	1994	115,815.00	()	307,266.00	()
35	1995	246,407.00	()	486,636.00	()
36	1996	283,295.00	()	585,754.00	()
37	1997	243,522.00	()	470,671.00	()
38	1998	267,548.00	()	410,766.00	()
39	1999	226,986.00	()	454,133.00	()
40	2000	290,380.00	()	712,619.00	()
41	2001	310,702.00	()	762,156.00	()
42	2002	282,336.00	()	736,629.00	()
43	2003	364,500.00	()	1,084,600.00	()
44	2004	325,800.00	()	931,500.00	()
45	2005	306,095.00	()	760,691.00	()
46	2006	315,432.00	()	869,297.00	()
47	2007	286,354.00	()	653,074.00	()
48	2008	310,770.00	()	781,179.00	()
49	2009	239,056.00	()	518,850.00	()
50	2010	267,668.00	()	672,367.00	()
51	2011	218,344.00	()	487,448.00	()
52	2012	328,191.00	()	1,031,533.00	()

Fuente: FAO, 2013

() Cidras oficiales

Frijol, secos

ID	Years	Area Frijol, secos harvested (Ha)		Production Frijol, secos (tonnes)	
1	1961	1,617,107.00	()	723,340.00	()
2	1962	1,673,694.00	()	655,608.00	()
3	1963	1,710,767.00	()	677,280.00	()
4	1964	2,091,025.00	()	891,526.00	()
5	1965	2,116,858.00	()	859,584.00	()
6	1966	2,240,022.00	()	1,013,169.00	()
7	1967	1,929,967.00	()	980,170.00	()
8	1968	1,790,669.00	()	856,939.00	()
9	1969	1,655,520.00	()	834,599.00	()
10	1970	1,746,947.00	()	925,041.00	()
11	1971	1,965,126.00	()	953,785.00	()
12	1972	1,686,746.00	()	869,509.00	()
13	1973	1,869,686.00	()	1,008,887.00	()
14	1974	1,551,877.00	()	971,576.00	()
15	1975	1,752,632.00	()	1,027,303.00	()
16	1976	1,315,819.00	()	739,812.00	()
17	1977	1,630,732.00	()	770,093.00	()
18	1978	1,580,228.00	()	948,744.00	()
19	1979	1,051,431.00	()	640,514.00	()
20	1980	1,551,352.00	()	935,174.00	()
21	1981	1,990,569.00	()	1,331,287.00	()
22	1982	1,571,092.00	()	979,802.00	()
23	1983	1,957,801.00	()	1,285,171.00	()
24	1984	1,679,426.00	()	930,692.00	()
25	1985	1,782,341.00	()	911,908.00	()
26	1986	1,807,976.00	()	1,085,536.00	()
27	1987	1,787,066.00	()	1,023,734.00	()
28	1988	1,947,298.00	()	862,428.00	()
29	1989	1,320,851.00	()	593,436.00	()
30	1990	2,094,017.00	()	1,287,364.00	()
31	1991	1,988,981.00	()	1,378,519.00	()
32	1992	1,295,588.00	()	718,574.00	()
33	1993	1,873,862.00	()	1,287,573.00	()
34	1994	2,086,687.00	()	1,364,239.00	()
35	1995	2,040,447.00	()	1,270,915.00	()
36	1996	2,048,397.00	()	1,349,098.00	()
37	1997	1,615,057.00	()	965,056.00	()
38	1998	2,146,472.00	()	1,260,658.00	()
39	1999	1,708,688.00	()	1,059,156.00	()
40	2000	1,502,818.00	()	887,868.00	()
41	2001	1,698,580.00	()	1,062,970.00	()
42	2002	2,054,360.00	()	1,549,090.00	()
43	2003	1,904,100.00	()	1,414,900.00	()
44	2004	1,678,400.00	()	1,163,400.00	()
45	2005	1,261,221.00	()	826,892.00	()
46	2006	1,723,219.00	()	1,385,784.00	()
47	2007	1,489,218.00	()	993,943.00	()
48	2008	1,505,690.00	()	1,122,720.00	()
49	2009	1,205,310.00	()	1,041,350.00	()
50	2010	1,630,224.00	()	1,156,251.00	()
51	2011	894,972.00	()	567,779.00	()
52	2012	1,558,992.00	()	1,080,857.00	()

Fuente: FAO, 2013

() Cidras oficiales

Maíz

ID	Years	Area Maiz harvested (Ha)		Production Maiz (tonnes)	
1	1961	6,287,747.00	()	6,246,106.00	()
2	1962	6,371,704.00	()	6,337,359.00	()
3	1963	6,963,077.00	()	6,870,201.00	()
4	1964	7,460,627.00	()	8,454,046.00	()
5	1965	7,718,371.00	()	8,936,381.00	()
6	1966	8,286,935.00	()	9,271,485.00	()
7	1967	7,610,932.00	()	8,603,279.00	()
8	1968	7,675,845.00	()	9,061,823.00	()
9	1969	7,103,509.00	()	8,410,891.00	()
10	1970	7,439,684.00	()	8,879,385.00	()
11	1971	7,691,656.00	()	9,785,734.00	()
12	1972	7,292,180.00	()	9,222,837.00	()
13	1973	7,606,341.00	()	8,609,132.00	()
14	1974	6,717,234.00	()	7,847,763.00	()
15	1975	6,694,267.00	()	8,448,708.00	()
16	1976	6,783,184.00	()	8,017,294.00	()
17	1977	7,469,649.00	()	10,137,914.00	()
18	1978	7,191,128.00	()	10,930,077.00	()
19	1979	5,581,158.00	()	8,457,899.00	()
20	1980	6,776,479.00	()	12,374,400.00	()
21	1981	7,668,692.00	()	13,988,074.00	()
22	1982	5,629,549.00	()	10,119,665.00	()
23	1983	7,421,317.00	()	13,188,000.00	()
24	1984	6,892,682.00	()	12,788,809.00	()
25	1985	7,589,537.00	()	14,103,454.00	()
26	1986	6,470,501.00	()	11,909,708.00	()
27	1987	6,804,274.00	()	11,606,945.00	()
28	1988	6,502,674.00	()	10,592,291.00	()
29	1989	6,469,702.00	()	10,952,847.00	()
30	1990	7,338,872.00	()	14,635,439.00	()
31	1991	6,946,831.00	()	14,251,500.00	()
32	1992	7,219,352.00	()	16,929,344.00	()
33	1993	7,428,220.00	()	18,125,264.00	()
34	1994	8,193,968.00	()	18,235,826.00	()
35	1995	8,020,392.00	()	18,352,856.00	()
36	1996	8,050,931.00	()	18,023,626.00	()
37	1997	7,406,061.00	()	17,656,258.00	()
38	1998	7,876,819.00	()	18,454,710.00	()
39	1999	7,162,702.00	()	17,706,376.00	()
40	2000	7,131,180.00	()	17,556,900.00	()
41	2001	7,810,850.00	()	20,134,300.00	()
42	2002	7,119,724.00	()	19,297,800.00	()
43	2003	7,520,900.00	()	20,701,400.00	()
44	2004	7,687,660.00	()	21,670,200.00	()
45	2005	6,605,600.00	()	19,338,700.00	()
46	2006	7,294,842.00	()	21,893,209.00	()
47	2007	7,333,277.00	()	23,512,752.00	()
48	2008	7,353,940.00	()	24,320,100.00	()
49	2009	6,223,047.00	()	20,142,816.00	()
50	2010	7,148,045.00	()	23,301,879.00	()
51	2011	6,069,092.00	()	17,635,417.00	()
52	2012	6,923,900.00	()	22,069,254.00	()

Fuente: FAO, 2013

() Cidras oficiales

Sorgo

ID	Years	Area Sorgo harvested (Ha)		Production Sorgo (tonnes)	
1	1961	116,693.00	()	290,641.00	()
2	1962	117,637.00	()	295,920.00	()
3	1963	197,566.00	()	402,183.00	()
4	1964	276,494.00	()	525,554.00	()
5	1965	314,373.00	()	746,994.00	()
6	1966	575,860.00	()	1,410,971.00	()
7	1967	673,345.00	()	1,666,619.00	()
8	1968	829,719.00	()	2,132,619.00	()
9	1969	883,214.00	()	2,455,928.00	()
10	1970	970,930.00	()	2,747,210.00	()
11	1971	935,785.00	()	2,515,958.00	()
12	1972	1,108,972.00	()	2,611,523.00	()
13	1973	1,184,596.00	()	3,269,836.00	()
14	1974	1,155,746.00	()	3,182,582.00	()
15	1975	1,445,100.00	()	4,125,818.00	()
16	1976	1,251,130.00	()	4,026,864.00	()
17	1977	1,413,386.00	()	4,324,968.00	()
18	1978	1,399,296.00	()	4,192,997.00	()
19	1979	1,163,567.00	()	3,988,423.00	()
20	1980	1,543,092.00	()	4,689,445.00	()
21	1981	1,684,434.00	()	6,086,354.00	()
22	1982	1,284,705.00	()	4,718,711.00	()
23	1983	1,528,063.00	()	4,867,294.00	()
24	1984	1,635,858.00	()	5,038,581.00	()
25	1985	1,862,140.00	()	6,596,708.00	()
26	1986	1,535,071.00	()	4,835,675.00	()
27	1987	1,855,091.00	()	6,317,250.00	()
28	1988	1,799,700.00	()	5,893,595.00	()
29	1989	1,620,828.00	()	5,002,072.00	()
30	1990	1,817,741.00	()	5,978,159.00	()
31	1991	1,380,912.00	()	4,307,792.00	()
32	1992	1,375,805.00	()	5,353,223.00	()
33	1993	877,663.00	()	2,581,072.00	()
34	1994	1,251,830.00	()	3,701,120.00	()
35	1995	1,372,350.00	()	4,169,898.00	()
36	1996	2,184,720.00	()	6,809,490.00	()
37	1997	1,877,356.00	()	5,711,564.00	()
38	1998	1,953,073.00	()	6,474,842.00	()
39	1999	1,913,109.00	()	5,720,343.00	()
40	2000	1,899,201.00	()	5,842,308.00	()
41	2001	1,942,780.00	()	6,566,535.00	()
42	2002	1,743,616.00	()	5,206,323.00	()
43	2003	1,972,600.00	()	6,462,200.00	()
44	2004	1,832,500.00	()	7,004,400.00	()
45	2005	1,599,235.00	()	5,524,384.00	()
46	2006	1,600,430.00	()	5,518,518.00	()
47	2007	1,774,975.00	()	6,202,920.00	()
48	2008	1,838,130.00	()	6,610,900.00	()
49	2009	1,690,518.00	()	6,108,085.00	()
50	2010	1,768,382.00	()	6,940,225.00	()
51	2011	1,728,228.00	()	6,429,311.00	()
52	2012	1,819,945.00	()	6,969,502.00	()

Fuente: FAO, 2013

() Cidras oficiales

Soya

ID	Years	Area Soja harvested (Ha)		Production Soja (tonnes)	
1	1961	9,943.00	()	19,737.00	()
2	1962	27,326.00	()	56,721.00	()
3	1963	27,426.00	()	56,258.00	()
4	1964	30,629.00	()	60,207.00	()
5	1965	27,446.00	()	57,875.00	()
6	1966	54,243.00	()	94,848.00	()
7	1967	69,881.00	()	131,023.00	()
8	1968	132,982.00	()	275,162.00	()
9	1969	163,186.00	()	286,710.00	()
10	1970	111,754.00	()	214,603.00	()
11	1971	128,918.00	()	255,878.00	()
12	1972	221,639.00	()	376,810.00	()
13	1973	311,895.00	()	585,474.00	()
14	1974	300,118.00	()	491,084.00	()
15	1975	344,450.00	()	598,694.00	()
16	1976	172,379.00	()	302,492.00	()
17	1977	314,276.00	()	516,275.00	()
18	1978	216,514.00	()	333,960.00	()
19	1979	379,467.00	()	707,142.00	()
20	1980	154,037.00	()	322,205.00	()
21	1981	361,778.00	()	706,697.00	()
22	1982	375,297.00	()	649,497.00	()
23	1983	391,133.00	()	687,595.00	()
24	1984	388,696.00	()	684,921.00	()
25	1985	476,084.00	()	928,616.00	()
26	1986	380,553.00	()	708,761.00	()
27	1987	470,695.00	()	828,362.00	()
28	1988	139,186.00	()	226,390.00	()
29	1989	490,125.00	()	992,391.00	()
30	1990	285,615.00	()	575,366.00	()
31	1991	341,679.00	()	724,969.00	()
32	1992	322,793.00	()	593,540.00	()
33	1993	237,765.00	()	497,566.00	()
34	1994	288,499.00	()	522,583.00	()
35	1995	134,396.00	()	189,774.00	()
36	1996	49,064.00	()	56,074.00	()
37	1997	122,548.00	()	184,526.00	()
38	1998	94,065.00	()	150,296.00	()
39	1999	81,159.00	()	132,824.00	()
40	2000	69,969.00	()	102,314.00	()
41	2001	73,726.00	()	121,671.00	()
42	2002	56,501.00	()	86,546.00	()
43	2003	67,880.00	()	126,006.00	()
44	2004	88,840.00	()	133,347.00	()
45	2005	96,266.00	()	187,235.00	()
46	2006	54,211.00	()	81,113.00	()
47	2007	62,580.00	()	88,371.00	()
48	2008	75,767.00	()	153,022.00	()
49	2009	64,740.00	()	120,900.00	()
50	2010	153,473.00	()	167,665.00	()
51	2011	155,513.00	()	205,234.00	()
52	2012	142,329.00	()	247,500.00	()

Fuente: FAO, 2013

() Cidras oficiales

Trigo

ID	Years	Area Trigo harvested (Ha)		Production Trigo (tonnes)	
1	1961	836,538.00	()	1,401,909.00	()
2	1962	747,728.00	()	1,455,256.00	()
3	1963	819,210.00	()	1,702,989.00	()
4	1964	818,325.00	()	2,203,066.00	()
5	1965	858,259.00	()	2,150,354.00	()
6	1966	730,793.00	()	1,647,368.00	()
7	1967	778,374.00	()	2,122,389.00	()
8	1968	790,646.00	()	2,080,725.00	()
9	1969	841,279.00	()	2,326,055.00	()
10	1970	886,169.00	()	2,676,451.00	()
11	1971	614,180.00	()	1,830,845.00	()
12	1972	686,665.00	()	1,809,018.00	()
13	1973	640,456.00	()	2,090,845.00	()
14	1974	774,149.00	()	2,788,677.00	()
15	1975	778,237.00	()	2,798,219.00	()
16	1976	894,140.00	()	3,363,299.00	()
17	1977	708,863.00	()	2,455,774.00	()
18	1978	759,526.00	()	2,784,660.00	()
19	1979	584,226.00	()	2,286,525.00	()
20	1980	723,804.00	()	2,784,914.00	()
21	1981	859,760.00	()	3,193,234.00	()
22	1982	1,008,056.00	()	4,391,421.00	()
23	1983	857,043.00	()	3,463,296.00	()
24	1984	1,033,854.00	()	4,505,245.00	()
25	1985	1,217,082.00	()	5,214,315.00	()
26	1986	1,202,232.00	()	4,769,411.00	()
27	1987	988,097.00	()	4,415,391.00	()
28	1988	912,762.00	()	3,665,126.00	()
29	1989	1,144,176.00	()	4,374,739.00	()
30	1990	932,763.00	()	3,930,934.00	()
31	1991	983,892.00	()	4,060,738.00	()
32	1992	915,882.00	()	3,620,503.00	()
33	1993	877,598.00	()	3,582,450.00	()
34	1994	964,572.00	()	4,150,920.00	()
35	1995	929,331.00	()	3,468,220.00	()
36	1996	809,240.00	()	3,375,008.00	()
37	1997	772,303.00	()	3,656,594.00	()
38	1998	768,844.00	()	3,235,080.00	()
39	1999	652,312.00	()	3,020,889.00	()
40	2000	707,768.00	()	3,493,210.00	()
41	2001	687,248.00	()	3,275,460.00	()
42	2002	634,559.00	()	3,236,183.00	()
43	2003	604,700.00	()	2,715,800.00	()
44	2004	517,300.00	()	2,321,200.00	()
45	2005	634,548.00	()	3,015,177.00	()
46	2006	646,231.00	()	3,378,116.00	()
47	2007	691,679.00	()	3,515,392.00	()
48	2008	801,735.00	()	4,019,400.00	()
49	2009	828,408.00	()	4,116,161.00	()
50	2010	678,550.00	()	3,676,707.00	()
51	2011	662,221.00	()	3,627,511.00	()
52	2012	578,836.00	()	3,274,337.00	()

Fuente: FAO, 2013

() Cidras oficiales

SAS Rutina:

```
/******Se extrae el archivo con los datos*/
filename Datos 'C:\Tesis\FAOSTAT.csv';
Data TESIS.Datos;
infile Datos delimiter=',' firstobs=2;
input ID Cultivo $ Year toneladas IDxC HA ;
/******Se calcula el desempeño por hectárea*/
TonXHha = Ton/ha;
lnTonXHha= log(Ton/ha);
/******Se calcula el logaritmo natural de las variables */
LnHa = log(HA);
Lnton = log(Ton);
/******Se colocan etiquetas para los casos por cultivo y por etapa*/
If Year < 1980 then Etapa='A';      else if Year < 1994 then Etapa='B';
                                   else if Year <= 2012
then Etapa='C';
CultEtp = Cultivo||'_'||Etapa; run;
/******Se ordenan los datos por cultivo*/
Proc sort data=TESIS.Datos;      by Cultivo; Run;
Proc print data=TESIS.Datos; run;
/******correlación entre la producción y las hectáreas por cultivo*/
Proc corr data=tesis.Datos;      var toneladas HA;      by Cultivo;
Run;
/******Se ejecuta una regresión Lineal para cada cultivo*/
Proc reg data=TESIS.Datos;
model TON= IDxC HA      / p r covb spec ; plot p.*TON='+';
                                   plot
r.*TON='*';
                                   by Cultivo;

Run;

/******Se ejecuta una regresión Lineal para el Ln de las variables*/
/******por cada cultivo*/
Proc reg data=TESIS.Datos;
model LnTON= IDxC LnHA / p r covb spec;      plot p.*LnTON='+';
                                   plot
r.*LnTON='*';
                                   by
Cultivo; Run;

/*Se ejecuta el modelo de regresión lineal para el Ln sin intercepto*/
Proc reg data=TESIS.Datos;
model LnTON= IDxC LnHA
/ noint p r covb spec;      plot p.*LnTON='+';
                                   plot
r.*LnTON='*';
                                   by
Cultivo; Run;
/*Se ejecuta (DENUEVO) el modelo de regresión lineal para el Ln sin
intercepto*/
Proc model data=TESIS.Datos;
Endogenous LnTON;      Exogenous IDxC LnHA;
parms B1 B2;      LnTON= B1*IDxC + B2*LnHA ;      Fit
LnTON;

                                   by Cultivo; Run;

quit;
```

```

/***** Ahora se ejecuta un modelo lineal por cada etapa de cada
cultivo*/
Proc sort data=TESIS.Datos;          by CultEtp; Run;
Proc corr data=tesis.Datos;          var toneladas HA;          by CultEtp;
Run;
Proc reg data=TESIS.Datos;
model TON= IDxC HA;          plot p.*TON='+';
                              plot r.*TON='*';          by CultEtp;

Run;
/***** Ahora se ejecuta un modelo para el Ln de las variables y por
cada etapa de cada cultivo*/
Proc reg data=TESIS.Datos;
model LnTON= IDxC LnHA/ p r covb spec;          plot p.*LnTON='+';
                                                    plot
r.*LnTON='*';          by CultEtp; Run;

/*****Se ejecuta el modelo lineal de desempeño por cultivo*/
Proc sort data=TESIS.Datos;          by Cultivo;
Run;
Proc corr data=tesis.Datos;          var TONxHA IDxC;          by cultivo;
Run;
Proc reg data=TESIS.Datos;
model TONxHa = IDxC;          plot p.*TONxHa='+';
                              plot r.*TONxHa='*';          by Cultivo;

Run;
/*****Se ejecuta el modelo exponencial de desempeño*/
Proc corr data=tesis.Datos;          var lnTONxHA IDxC;          by cultivo;
Run;
Proc reg data=TESIS.Datos;
model lnTONxHa = IDxC;          plot p.*lnTONxHa='+';
                              plot r.*lnTONxHa='*';          by Cultivo;

Run;
/***** Ahora se ejecuta un modelo lineal por cada etapa de cada
cultivo*/
Proc sort data=TESIS.Datos;          by CultEtp; Run;
Proc corr data=tesis.Datos;          var TONxHA IDxC;          by CultEtp;
Run;
Proc reg data=TESIS.Datos;
model TONxHa= IDxC;          plot p.*TONxHa='+';
                              plot r.*TONxHa='*';          by CultEtp;

Run;
Proc reg data=TESIS.Datos;
model lnTONxHa= IDxC;          plot p.*TONxHa='+';
                              plot r.*TONxHa='*';

by CultEtp; Run;

quit;

```