



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Maestría en Economía

Campo de conocimiento: Empresas, Finanzas e Innovación

“Impacto de los avances tecnológicos en el sector agrícola en México: caso del chile verde en el periodo 1980-2011.”

Trabajo Terminal que presenta:
Sergio Campuzano Castro

Asesor o Asesora:
Dr. Víctor Manuel Cuevas Ahumada

México, D.F. a 9 de Julio de 2013
Trimestre: 13-P

Índice.

Agradecimientos	4
Resumen	5
Introducción	6
1. Evolución de la producción del chile verde en México en el periodo 1980-2011.	10
1.1. Breve panorama del campo mexicano.	11
1.2. Problemas del sector agropecuario en México.	13
1.3. Algunas características sobre productos importantes de la agricultura nacional.	13
1.4. La productividad y la tecnología en el sector primario.	19
1.5. El chile verde, características e importancia.	19
2. El aumento de la productividad como un determinante para una mejor eficiencia en la producción de chile verde: un estudio econométrico.	22
2.1. La producción de chile verde en México, un panorama ampliado.	23
2.2. El modelo, una función de producción.	26
3. Tecnificación de la producción agrícola y su relación con la productividad: un análisis empírico del cultivo de chile verde a nivel regional.	36
3.1. Características regionales en la producción de chile verde.	37
3.2. Clasificación por nivel de tecnología.	37
3.2.1. Uso tecnológico y de servicios en la agricultura en México.	39
3.3. La tecnificación en el cultivo de chile verde a nivel nacional y regional.	43

3.4. Relación tecnología – productividad.	46
4. Análisis comparativo de producción extensiva en superficie sembrada y producción intensiva en tecnología. Caso de los estados Chihuahua y Zacatecas.	52
4.1. Modelo econométrico para Zacatecas.	53
4.2. Modelo econométrico para Chihuahua.	60
4.3. Análisis de raíces unitarias de las variables a nivel nacional y regional.	65
Conclusiones	67
Anexo 1	70
Anexo 2	72
Referencias bibliográficas.	74

Agradecimientos.

Quiero dar las gracias al Dr. Víctor Manuel Cuevas, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma, y por el apoyo incondicional durante mi formación académica.

A todos mis profesores que han aportado sus conocimientos y calidad humana durante esta importante etapa de mi vida.

A mis compañeros de la maestría que demostraron día a día que la unión y cooperación entre colegas logran mejores resultados colectivos.

A mi familia que siempre me ha apoyado en todo momento y circunstancia.

Y sobre todo a mi esposa Andreia y mi madre Irene que han sido mi fuerza e inspiración para seguir superándome todos los días.

Resumen.

El presente trabajo tiene como propósito realizar un análisis de la importancia del avance tecnológico en la producción agrícola a través del estudio de un producto en particular: el chile verde, donde México posee características geográficas y climatológicas que lo convierten en una potencia y que por su importancia a nivel nacional y cada vez más a nivel internacional, resulta un caso representativo del sector agrícola.

Se reconoce el papel dinámico del factor tecnológico a diferencia de otros factores productivos y su disponibilidad, como la tierra, que son elementos graduales y en este caso limitados refiriéndonos a las áreas cultivables. Además, sus impactos no sólo se reducen al aumento de la producción a través de la productividad más alta, sino que conlleva otros aspectos como desarrollo regional. Se llevó a cabo en el presente proyecto de investigación, un estudio econométrico de los determinantes de la producción de chile verde, siendo principalmente: toneladas por hectárea que representa el indicador de productividad y por otro lado, la superficie cultivada que representa el factor tierra, con datos extraídos del SIACON de la SAGARPA a partir de 1980 y hasta el 2011 con datos anuales. Además de un comparativo de las zonas más tecnificadas con las que tienen un rezago tecnológico.

Abstract.

The purpose of this paper is an analysis of the importance of technological progress in agricultural production through the study of a particular product: green chile, where Mexico has geographical and climatic characteristics that make it a power and by its importance nationally and increasingly internationally, is a representative case of the agricultural sector.

It recognizes the dynamic role of technology factor unlike other factors of production and availability, such as land, which are gradual and elements in this case referring to limited arable areas. In addition, impacts not only reduces the increased production through higher productivity, but also entails other aspects such as regional development. Was conducted in this research project, an econometric study of the determinants of green chile production, being mainly: tonnes per hectare representing productivity indicator and on the other hand, the acreage factor representing the earth, with data from the SIACON of SAGARPA from 1980 to 2011 with annual data. Comparative plus a more technologically advanced areas with which they have a technological lag.

Introducción.

El objetivo central del presente trabajo consiste en analizar los efectos del avance tecnológico en la producción agrícola a través del estudio de un producto en particular: el chile verde. Este producto ha alcanzado una importancia cada vez mayor nivel nacional e nivel internacional, por lo que se ha vuelto representativo de lo que produce el sector agrícola mexicano.

Para analizar empíricamente los determinantes fundamentales de la producción de chile verde, se recurrirá a un análisis econométrico, en el que la variable dependiente será la producción de chile verde, mientras que las variables independientes serán: 1) las toneladas por hectárea que representa el indicador de productividad y por otro lado, y 2) la superficie cultivada que representa el factor tierra. La información estadística utilizada proviene del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIACON) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y consiste de datos anuales para el período 1980-2011. Asimismo, se hará un comparativo de las zonas más tecnificadas con las que tienen un rezago tecnológico, pero con una importante área cultivable, y se investigará a cuáles son las principales tecnologías en el sector agrícola mexicano. Lo anterior se complementará con un análisis empírico de dichos datos sobre tecnología.

Es importante conocer el contexto del sector agrícola mexicano, el cual lo podemos resumir en lo siguiente. De acuerdo con datos del INEGI (2012), la producción de dicho sector representa solamente el 3.4% del producto interno bruto (PIB). Por otra parte, según el Banco Mundial (2011), los niveles de productividad del sector son tan bajos que, ese porcentaje del PIB, es el resultado del esfuerzo de más del 13% de la población económicamente activa (PEA). Un rasgo importante del sector primario es que, en el renglón de las actividades agropecuarias, se depende en buena medida de las condiciones climatológicas, por lo que es difícil tener un buen grado de control de la oferta, lo cual redundará en problemas de fluctuaciones de precios de los productos. También se sabe que existe un alto porcentaje de pequeños productores orientados a la subsistencia, que en muchos casos trabajan en tierras comunales, y la concentración de la producción en una serie de cultivos tradicionales de bajo valor,

sobre todo maíz. El predominio de unidades agrícolas muy pequeñas de propiedad social (ejidos y comunidades agrarias) implica restricciones a la transferencia de tierras. Aunque este régimen de propiedad es relevante desde el punto de vista social, el marco jurídico que le acompaña restringe considerablemente la capacidad de ajuste y el grado de especialización de la agricultura mexicana.

Sin embargo, un grupo importante de productores comerciales más grandes coexiste con los terratenientes pequeños. Tienden a tener una mayor diversificación en la producción, a menudo utilizan el riego en vez de depender de las lluvias y están mucho más integrados a los mercados internacionales. Ubicados entre los productores muy pequeños y los operadores comerciales más grandes y más productivos, cierto número de productores en transición están ampliando su escala y su productividad (OCDE, 2011).

Por otro lado, la agricultura mexicana se ha ido integrando más a los mercados mundiales a raíz del proceso de liberalización iniciado a principios de la década de 1990 y continuado hasta que finalizara la puesta en marcha del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 2008. Sin embargo, los alimentos agrícolas e industrializados representan un porcentaje relativamente pequeño de las exportaciones de mercancías de México, 6.4% en 2009, comparado con un promedio para la región latinoamericana de 33% en 2009 (OMC, 2011). Además, otros países de la región latinoamericana como Brasil, Argentina, Chile y Ecuador, eran más que enteramente autosuficientes en agricultura, con un promedio regional de 114%, en tanto que México alcanzaba 89% de autosuficiencia en el 2009 (Anderson y Valdés, 2009).

Cabe destacar que a pesar de las enormes variaciones regionales y de las diferencias de rendimiento entre productos y tipos de explotación, el crecimiento del PIB agrícola de México ha estado por debajo del crecimiento del PIB total en las últimas décadas. En la Revisión del Gasto Público, edición de 2009 del Banco Mundial, se calcula un crecimiento promedio anual del agrícola fue 1.6% entre 1980 y 2007, comparado con una tasa de crecimiento de 2.7% para la economía en su conjunto. Esto ha sido una consecuencia natural del rápido crecimiento en los

sectores no agrícolas de la economía. Además, el Banco Mundial hace notar una reducción en la diferencia entre el crecimiento del PIB agrícola y el crecimiento del PIB total en el periodo posterior al año 2000, aunque la agricultura no ha podido hacer la misma contribución al crecimiento nacional y a la reducción de la pobreza en México que consiguieran algunos países vecinos regionales como Brasil y Chile.

En este contexto, resulta necesario impulsar el crecimiento del sector, así como vincularlo a actividades con mayor valor agregado. Las políticas de estímulo deben partir de una visión sistémica, que considere a los demás sectores, para de este modo crear cadenas de valor y cadenas productivas. El punto de partida de estas cadenas puede ser el mejoramiento de la producción de materias primas, eslabonando actividades hasta llegar a la producción de bienes y servicios de alto valor agregado.

La vía para que el sector agrícola sea más dinámico es una mayor tecnificación, dado que al avance tecnológico y su transferencia conlleva un aumento de la productividad y, con ello, un aumento del nivel de producción. Se debe reconocer el papel dinámico del factor tecnológico, a diferencia de otros factores productivos y su disponibilidad, como la tierra, que son elementos graduales y en este caso limitados refiriéndonos a las áreas cultivables. Además, sus efectos no se limitan a aumentar la producción a través de una mayor productividad, sino que van más allá, puesto que promueven el desarrollo regional.

Un aspecto importante que determina el crecimiento de la productividad se encuentra en los sistemas de riego. La mayor parte de la tierra cultivada de México se usa para cultivos anuales, principalmente maíz, frijol, trigo y sorgo. Alrededor de 25% de la superficie dedicada a los cultivos (o 5.6 millones de hectáreas) es de riego. El área de riego está creciendo, pero, aunque alrededor de 75% de la producción agrícola es de temporal, casi 50% de la producción agrícola total y 70% de las exportaciones agrícolas de México provienen del 29% de la extensión territorial que se irriga (SAGARPA, 2011).

Habida cuenta de la dificultad de estudiar al sector agrícola en su conjunto, este trabajo se centra en un producto emblemático de México: el chile. El chile verde es un producto de consumo diario del mexicano. Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)), el cultivo de este producto es muy importante por el valor que aporta a la producción agrícola en diferentes regiones del país, pues aunque algunos estados tienen mayor participación que otros, prácticamente en las 32 entidades se cultivan las diferentes variedades de chile verde. La producción de chile verde genera ingresos competitivos para los productores y es una fuente importante de empleo al abarcar alrededor de 150 días por hectárea para la cosecha.

Aunado a lo anterior, México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial de acuerdo a la SAGARPA (2012), contando entre sus principales clientes a países como Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania.

CAPÍTULO 1

1. Evolución de la producción del chile verde en México en el periodo 1980-2011.

1.1. Breve panorama del campo mexicano.

A inicios del siglo XX, el PIB de México mostraba una importancia relativamente grande respecto de la producción agrícola o de bienes primarios. Sin embargo, a partir de la Revolución de 1910-1917, el PIB sufrió un severo estancamiento, puesto que el movimiento causó una contracción importante de la actividad primaria del país, como resultado directo de la destrucción y el abandono de miles de hectáreas de labor. Al mismo tiempo, las zonas urbanas del país comenzaron un proceso de desarrollo sostenido, debido a la industrialización nacional, que fue apoyada decididamente por el gobierno mexicano (Carrillo Huerta, 2001).

El proceso de urbanización e industrialización nacional acapararon la atención general y desplazaron al sector primario durante buena parte de la primera mitad del siglo pasado. Esto dio lugar a un desplazamiento migratorio hacia las ciudades donde se encontraban las principales industrias y fábricas. El PIB comenzó a crecer, pero no solamente como producto del crecimiento del sector primario, sino que inició un proceso de crecimiento impulsado por el sector secundario.

“A mediados de siglo el país tuvo un fuerte incentivo para restablecer la importancia de su campo. La Segunda Guerra Mundial significó en su momento, un mercado para los países en desarrollo como México. Los países del bando aliado requerían de alimentos para sus ejércitos en el frente, y la cercanía con Estados Unidos facilitó la exportación de productos mexicanos, por lo que se le dio un nuevo impulso al PIB por el lado del sector primario.” (Carrillo Huerta 2001, p. 37)

Sin embargo, en la última parte del siglo, el PIB muestra una composición que ha dejado prácticamente marginada a la actividad primaria del país. La participación del sector primario en el PIB, como se muestra en el *Cuadro 1.1*, ha disminuido sensiblemente, pues en 1951 era de 18.8%, en 1980 de 8.2%, en el año 2000 de 5.1% y en el 2012 de 3.4%.

Cuadro 1.1.

**Participación del sector agropecuario en el producto interno bruto:
México, 1951-2012***

AÑO	% DEL PIB						
1951	18.8	1968	11.7	1985	8.6	2001	3.7
1952	17.5	1969	11.5	1986	8.8	2002	3.7
1953	17.4	1970	11.2	1987	8.9	2003	3.8
1954	18.6	1971	11.4	1988	8.2	2004	3.7
1955	18.8	1972	10.7	1989	7.4	2005	3.5
1956	17.1	1973	10.4	1990	6.2	2006	3.6
1957	17.3	1974	10	1991	6.1	2007	3.5
1958	17.5	1975	9.7	1992	5.7	2008	3.5
1959	16.4	1976	9.4	1993	5.8	2009	3.6
1960	15.8	1977	9.8	1994	5.6	2010	3.5
1961	15.3	1978	9.5	1995	6	2011	3.3
1962	15.1	1979	8.4	1996	5.9	2012	3.4
1963	14.7	1980	8.2	1997	5.5		
1964	14.2	1981	8	1998	5.3		
1965	13.8	1982	7.9	1999	5.3		
1966	13.3	1983	8.5	2000	5.1		

* Incluye agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

FUENTES: La serie 1950-1989: SPP, Sistema de cuentas nacionales. La serie 1990-2012, calculada de INEGI, Sistema de cuentas nacionales.

Gráfica 1.1



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI.

La *Gráfica 1.1* muestra la caída sensible de la participación del sector primario en el PIB durante los últimos 50 años.

1.2. Problemas del sector agropecuario en México.

Se han aducido diversas razones por las que el sector primario ha dejado de ser pieza fundamental dentro de la composición del PIB. Una de ellas (Lugo Chávez, 1990) es que el campo ha perdido toda su competitividad debido a que el gobierno mexicano jamás se preocupó por estimular la actividad agropecuaria al mismo tiempo que estimulaba la actividad industrial. Esto provocó que se diera un fuerte fenómeno de emigración del campo a las ciudades, dejando al campo sin recursos humanos que lo pudieran seguir trabajando para elevar su competitividad. Según ese punto de vista, la inyección de recursos por parte de las empresas privadas siempre fue para la actividad secundaria, lo que dejó a la actividad primaria relegada al apoyo del gobierno que ha sido mal planeado e insuficiente.

La baja aportación del sector primario a la actividad económica del país también se explica por los bajos niveles de productividad del campo. Se argumenta que año con año se observa el escaso o casi nulo incremento en el valor de las cosechas. Esto es atribuible tanto a que el área de la superficie sembrada ha permanecido estancada (e incluso ha caído en los últimos tiempos para algunos cultivos importantes), como a que el número de mexicanos dedicados a actividades agropecuarias se ha mantenido casi constante.

Lo anterior es un breve panorama sobre lo acontecido en el sector primario nacional. Esto servirá de preámbulo para abordar el problema de *la productividad* del campo mexicano. Después de observar el declive del sector primario en los últimos años, observaremos algunos aspectos importantes del sector agrícola, comenzando por los principales cultivos que se realizan en el territorio mexicano.

1.3. Algunas características sobre productos importantes de la agricultura nacional.

A nivel nacional los cultivos cíclicos son los más importantes en términos de casi todas las variables (superficie sembrada, valor de la producción, etc.), cuando se estudia la producción agrícola a nivel de entidad federativa se observan ciertas vocaciones estatales importantes, sin embargo se detectan productos comunes como

el maíz, el sorgo y el frijol. Independientemente del tipo de cultivo de que se trate, en México existen estados orientados importantemente a la agricultura en general, y hacia algunos cultivos en particular, a decir por la superficie sembrada y cosechada. Las entidades federativas que mayor superficie destinaron a la producción agrícola en los últimos años, así como su vocación específica fueron: Sinaloa (maíz, sorgo, frijol), Tamaulipas (sorgo, maíz, soya), Jalisco (maíz, agave, caña de azúcar), Zacatecas (frijol, maíz, avena) y Chihuahua (avena, maíz, algodón) (SAGARPA, 2012). Como se observa, prácticamente todos estos productos son cereales y granos, sin embargo podemos olvidar productos del tipo hortaliza que son igualmente importantes como el jitomate, el aguacate y un producto, de identidad nacional, el chile. Se hace mención de lo anterior debido a que en cuestión de granos, México muestra una producción muy errática y hasta a la baja, sobre todo en comparación con la evolución del chile, como se observa en el *Cuadro 1.2*.

Cuadro 1.2

**Volumen de producción anual de productos seleccionados (ton):
México 1980-2011.**

Año	Arroz Palay	Frijol	Maíz Grano	Sorgo Grano	Chile Verde
1980	445,364.00	935,174.00	12,374,400.00	4,689,445.00	671,198.00
1981	709,611.00	1,331,287.00	13,988,074.00	6,086,354.00	552,825.00
1982	515,741.00	979,802.00	10,119,665.00	4,718,711.00	716,788.00
1983	421,050.00	1,285,171.00	13,188,000.00	4,867,294.00	550,435.00
1984	487,133.00	930,692.00	12,788,809.00	5,038,581.00	713,561.00
1985	807,529.00	911,908.00	14,103,454.00	6,596,708.00	780,577.00
1986	544,632.00	1,085,536.00	11,909,708.00	4,835,675.00	732,146.00
1987	590,999.00	1,023,734.00	11,606,945.00	6,317,250.00	903,304.00
1988	456,548.00	862,428.00	10,592,291.00	5,893,595.00	843,755.00
1989	527,118.00	593,436.00	10,952,847.00	5,002,072.00	972,223.00
1990	394,388.00	1,287,364.00	14,635,439.00	5,978,162.00	850,540.00
1991	347,245.00	1,378,519.00	14,251,500.00	4,307,792.00	921,227.00
1992	394,022.00	718,574.00	16,929,342.00	5,353,223.00	1,275,836.00
1993	287,180.00	1,287,573.00	18,125,263.00	2,581,072.00	1,219,767.00
1994	373,616.00	1,364,239.00	18,235,826.00	3,701,120.00	987,485.00
1995	367,030.00	1,270,915.00	18,352,856.00	4,169,898.00	1,187,476.00
1996	394,075.20	1,349,202.14	18,025,952.45	6,809,489.90	1,206,612.90
1997	469,455.00	965,055.74	17,656,258.00	5,711,564.00	1,833,077.00
1998	458,112.24	1,260,657.85	18,454,710.38	6,474,841.83	1,850,252.29

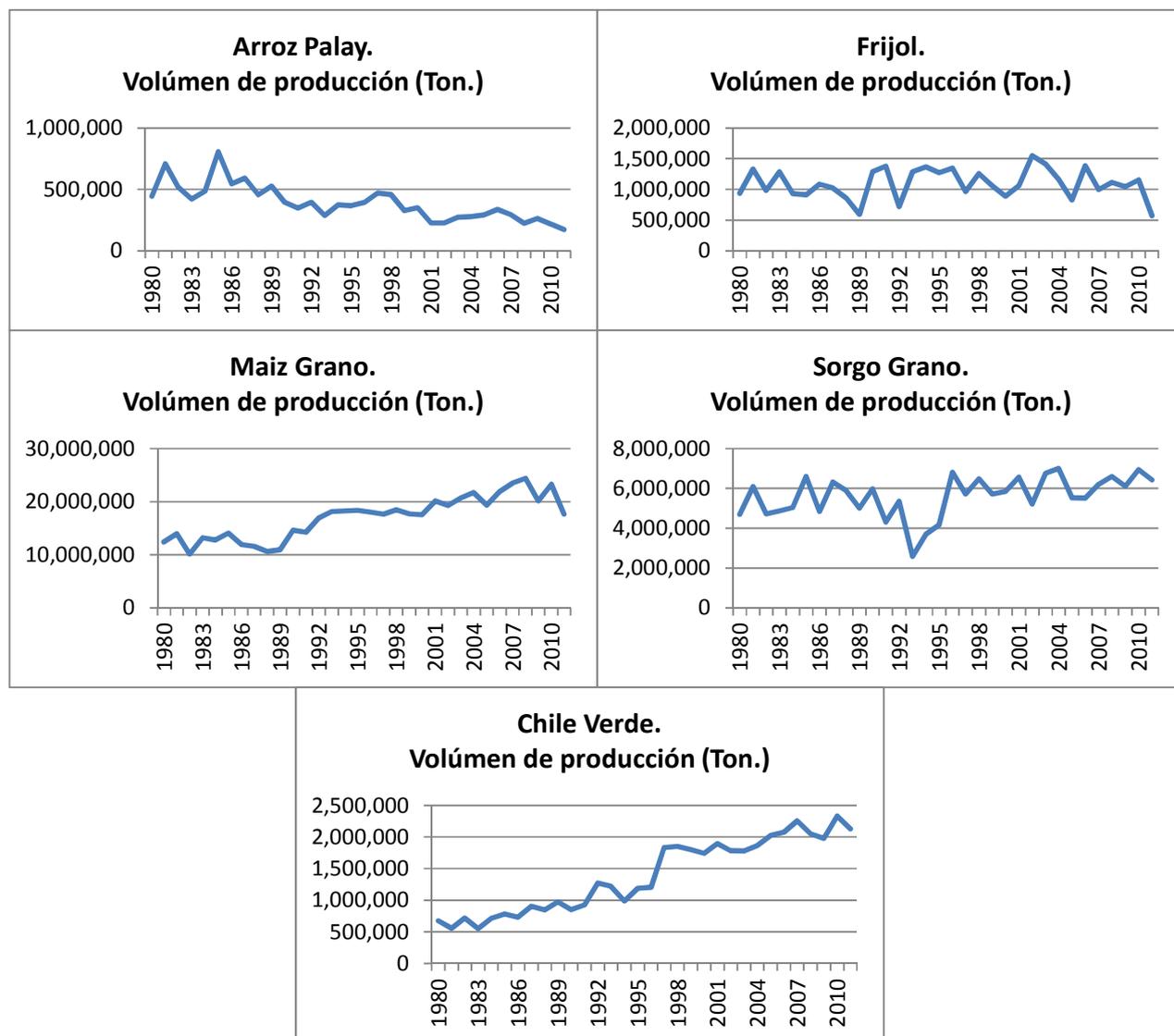
1999	326,513.10	1,059,155.52	17,706,375.63	5,720,343.42	1,800,155.06
2000	351,446.51	887,868.14	17,556,905.24	5,842,307.65	1,741,680.45
2001	226,638.56	1,062,629.31	20,134,312.10	6,566,535.24	1,896,413.03
2002	227,194.04	1,549,091.11	19,297,754.79	5,205,942.71	1,783,438.99
2003	273,266.16	1,414,903.81	20,701,419.85	6,759,120.73	1,776,817.78
2004	278,540.03	1,163,433.64	21,685,833.34	7,004,354.05	1,864,902.44
2005	291,149.04	826,892.07	19,338,712.89	5,524,384.45	2,023,442.03
2006	337,249.61	1,385,783.81	21,893,209.25	5,518,518.46	2,077,324.04
2007	294,697.17	993,952.76	23,512,751.85	6,202,920.10	2,258,562.44
2008	224,370.65	1,111,087.37	24,410,278.53	6,593,050.48	2,051,685.32
2009	263,027.51	1,041,349.90	20,142,815.76	6,108,085.15	1,981,564.45
2010	216,676.45	1,156,257.40	23,301,878.48	6,940,224.73	2,335,560.28
2011	173,460.78	567,779.15	17,635,417.31	6,429,311.46	2,131,739.73

Fuente: elaboración propia con datos de SIAP, SIACON (1980-2011).

Es interesante observar en la *Gráfica 1.2*, la evolución de los productos en sus tendencias más allá del volumen, puesto que en este rubro el maíz es el que sigue teniendo la mayor importancia superando los 24 millones de toneladas en su nivel más alto registrado en el 2008, pero con crecimiento poco dinámico. En cuanto al frijol y el sorgo observamos un comportamiento errático con una tendencia de crecimiento muy bajo, mientras que el arroz exhibe una tendencia francamente a la baja. Ahora bien, en lo referente a la producción de chile tenemos que ésta reporta un creciente dinamismo, particularmente, en los últimos 16 años. Esto en virtud de que dicha producción ha rondado los 2 millones y medio de toneladas en su máximo nivel en el 2010.

Gráfica 1.2.

Volumen de producción anual de productos seleccionados: México 1980-2011.



Fuente: elaboración propia con datos del SIACON (SAGARPA).

Un aspecto muy importante para analizar y que representa el centro de atención del presente trabajo es el tema de la productividad, medida a través del rendimiento, esto es, de la cantidad de toneladas de producto obtenido de una hectárea. Como observamos en el *Cuadro 1.3*, la productividad de los granos (arroz, frijol, maíz y sorgo) es bastante baja y se mantiene prácticamente sin variación durante el periodo

estudiado (1980-2011), caso contrario a la productividad del chile verde que muestra una tendencia creciente.

Cuadro 1.3

**Productividad anual de productos seleccionados medida en toneladas por hectárea:
México 1980-2011.**

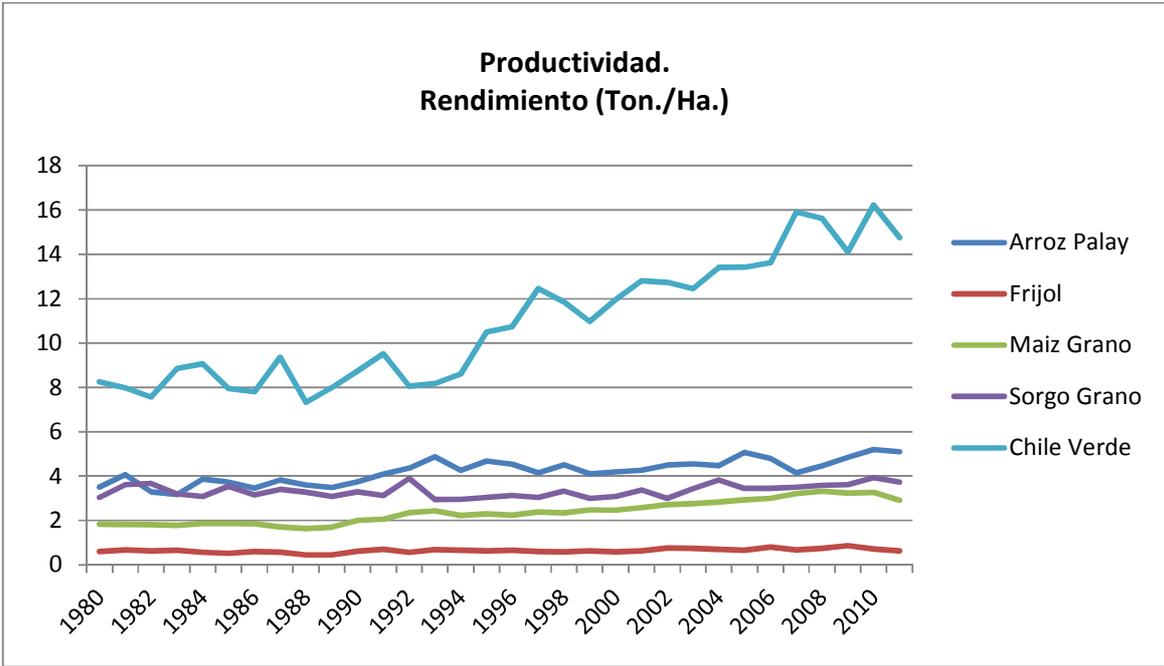
Año	Arroz Palay	Frijol	Maíz Grano	Sorgo Grano	Chile Verde
1980	3.494	0.603	1.829	3.039	8.247
1981	4.06	0.669	1.824	3.613	7.971
1982	3.289	0.624	1.798	3.673	7.564
1983	3.158	0.656	1.777	3.185	8.853
1984	3.869	0.554	1.855	3.08	9.058
1985	3.731	0.512	1.858	3.543	7.937
1986	3.46	0.6	1.841	3.15	7.802
1987	3.817	0.573	1.706	3.405	9.359
1988	3.604	0.443	1.629	3.275	7.327
1989	3.48	0.449	1.693	3.086	7.988
1990	3.742	0.615	1.994	3.289	8.743
1991	4.095	0.693	2.052	3.12	9.517
1992	4.358	0.555	2.345	3.891	8.051
1993	4.872	0.687	2.44	2.941	8.172
1994	4.256	0.654	2.226	2.957	8.598
1995	4.679	0.623	2.288	3.039	10.493
1996	4.541	0.659	2.239	3.117	10.74
1997	4.14	0.6	2.38	3.04	12.46
1998	4.51	0.59	2.34	3.32	11.86
1999	4.1	0.62	2.47	2.99	10.97
2000	4.18	0.59	2.46	3.08	11.96
2001	4.26	0.63	2.58	3.38	12.81
2002	4.5	0.75	2.71	2.99	12.74
2003	4.55	0.74	2.75	3.43	12.46
2004	4.47	0.69	2.82	3.82	13.41
2005	5.07	0.66	2.93	3.45	13.42
2006	4.79	0.8	3	3.45	13.62
2007	4.15	0.67	3.21	3.5	15.91
2008	4.46	0.74	3.32	3.58	15.63
2009	4.85	0.86	3.24	3.61	14.11
2010	5.19	0.71	3.26	3.93	16.22
2011	5.1	0.63	2.91	3.72	14.76

Fuente: elaboración propia con datos de SIAP, SIACON (1980-2011).

Esto lo podemos apreciar de mejor manera en la *Gráfica 1.3*, pues los únicos productos de grano que muestran crecimiento en su productividad a lo largo del tiempo son el maíz y el arroz aunque de manera muy lenta, y en el caso de la arroz, aun cuando se ha ido obteniendo más producto por hectárea, el volumen de producción ha caído rápidamente en todo el periodo (como se aprecia en la *Gráfica 1.2*). Resalta entonces la tendencia creciente en la productividad del chile verde, sobre todo a partir de 1995 y llegándose a obtener hasta 16.22 toneladas por hectárea en el 2010.

Por lo que en un primer acercamiento podemos decir que aumentar la productividad en el sector primario es de gran importancia para aprovechar el potencial en el campo mexicano, así como contar con mayores y mejores técnicas y tecnologías de producción.

Gráfica 1.3
Productividad anual de productos seleccionados medida en toneladas por hectárea: México 1980-2011.



Fuente: elaboración propia con datos del SIACON (SAGARPA).

1.4. La productividad y la tecnología en el sector primario.

Se dice que la transferencia tecnológica es la propagación de capacidades, normalmente se asocia a una transferencia entre países con diferente grado de desarrollo pero también se da entre regiones de un mismo país. Dicha transferencia puede ser tanto de objetos técnicos como de conocimientos con el objetivo de impulsar el desarrollo y crecimiento de diversos sectores económicos y sociales mediante el acceso al conocimiento, habilidades y experiencia de los más adelantados. Esto no es menos cierto en el sector agrícola, puesto que al avance tecnológico y su transferencia conlleva un aumento de la productividad y con ello, un aumento del nivel de producción.

Se afirma que el avance tecnológico es tan fundamental en el aumento de la productividad en general y en el sector agrícola en particular porque, como señala Schumpeter, en palabras de Irma Adelman, “el aumento de la producción depende de la tasa de cambio de los factores productivos, la tasa de cambio de la tecnología y la tasa de cambio del ambiente socio-cultural” (Adelman, 1978, p. 113)

Además de que se establece que (Montoya, 2004, p. 210) “los efectos de los cambios tecnológicos y sociales (tecnología, innovación y ambiente socio-cultural), ejercen un impacto más decisivo y más dinámico; por esta razón, estos factores inmateriales fueron denominados por Schumpeter fuerzas o factores del desenvolvimiento económico o evolución económica”

Lo anterior es de suma importancia toda vez que se reconoce el papel dinámico del factor tecnológico a diferencia de otros factores productivos y su disponibilidad, como la tierra que es un elemento gradual y limitado a las áreas cultivables. Además, sus impactos no sólo se reducen al aumento de la producción a través de la productividad más alta, sino que conllevan otros aspectos como desarrollo regional, empleo, entre otros.

1.5. El chile verde, características e importancia.

Ahora bien, abarcar el sector agrícola en su conjunto es complejo debido a la heterogeneidad entre productos, por lo que es necesario hacer una delimitación. Se ha elegido en este caso al producto chile verde debido a ciertas características relevantes. México es la región del mundo donde se produce no sólo el mayor

volumen de chile en fresco, sino que además, el mayor número de variedades, las cuales dependen de la región (dado que algunas se adaptan mejor a ciertas condiciones ambientales), así como de la cultura productiva y de consumo. Por ejemplo es posible distinguir que en la zona del Golfo destacan las variedades de Jalapeño y Serrano; en el Bajío predominan los chiles secos como el Ancho, Pasilla y Mulato; en la Mesa Central el Poblano, Serrano, Carricillo; en el Pacífico Norte el pimiento Bell, Anaheim, Caribe y Fresno; mientras que en el Sur aparece nuevamente el Jalapeño, pero ahora combinado con variedades más locales como es el Costeño y Habanero. Sin embargo, las variedades del chile verde representan el 92.6% de la producción total de chile en el país.

El chile verde es para México uno de sus productos emblemáticos en el consumo diario del mexicano. Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2012), el cultivo de este producto es muy importante por el valor que aporta a la producción agrícola en diferentes regiones del país, pues aunque algunos estados tienen mayor participación que otros, prácticamente en las 32 entidades se cultivan las diferentes variedades de chile verde. Por otra parte, genera ingresos competitivos para los productores y es una fuente importante de empleo al abarcar alrededor de 150 días por hectárea para la cosecha. Cabe destacar que México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial de acuerdo a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2012), contando entre sus principales clientes a países como Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania.

México posee características geográficas y climatológicas que lo convierten en una potencia para el cultivo del chile, de manera natural son relativamente pocas las zonas del territorio mexicano que reúnen las características óptimas, ubicándose la mayoría de ellas en la parte centro y bajío además de la zona noreste. Sin embargo, es curioso que la mayor participación en la producción de chile verde se encuentre en el norte de país (siendo Chihuahua y Sinaloa los estados con mayor producción total y por hectárea), con las condiciones menos propicias para su cultivo (SIAP, 2012). Esto significa que la tecnificación y la innovación han jugado un papel fundamental en el aumento de la producción y la productividad en esas zonas del país. También es

de destacar que Zacatecas ha sido junto con Chihuahua y Sinaloa, un estado con gran volumen de producción, aunque al contrario de aquellos, con una producción por hectárea bastante más baja.

Otro dato importante es que tanto Chihuahua como Zacatecas han tenido el mayor apoyo financiero, teniendo en conjunto el 73% de los subsidios de PROCAMPO (SAGARPA, 2012). Aun cuando Chihuahua tiene una productividad mayor que Zacatecas, éste estado resulta importante por la extensión de la superficie que se siembra. Se mencionan seis estados como los de mayor aportación al cultivo del chile verde, estos son: Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Durango y Michoacán que en conjunto participan con la mitad de la producción total del país, aunque Sinaloa ha ido posicionándose en los últimos años. En cuanto a financiamiento por crédito, que se realiza a través de Financiera Rural y FIRA, Zacatecas es el estado donde mayor monto de crédito se solicita, seguido de Sinaloa, Jalisco y Chihuahua.

Es interesante observar que Zacatecas tiene una importante presencia en el cultivo de chile verde. Sin embargo, comparado con Sinaloa y Chihuahua tiene una productividad muy baja, aun cuando se le apoya con subsidios y tiene acceso a un mayor crédito. Al parecer, la baja productividad de Zacatecas es atribuible a que los recursos que recibe no se han orientado a generar una mayor tecnificación, desperdiciando el potencial que pudiera ofrecer esta zona.

Este aspecto es una parte importante para el desarrollo del presente trabajo, realizar un análisis de la importancia del avance tecnológico en la producción agrícola a través del estudio de un producto en particular: el chile verde. Debido a su importancia a nivel nacional y cada vez más a nivel internacional, el chile verde resulta un caso representativo del sector agrícola.

CAPÍTULO 2

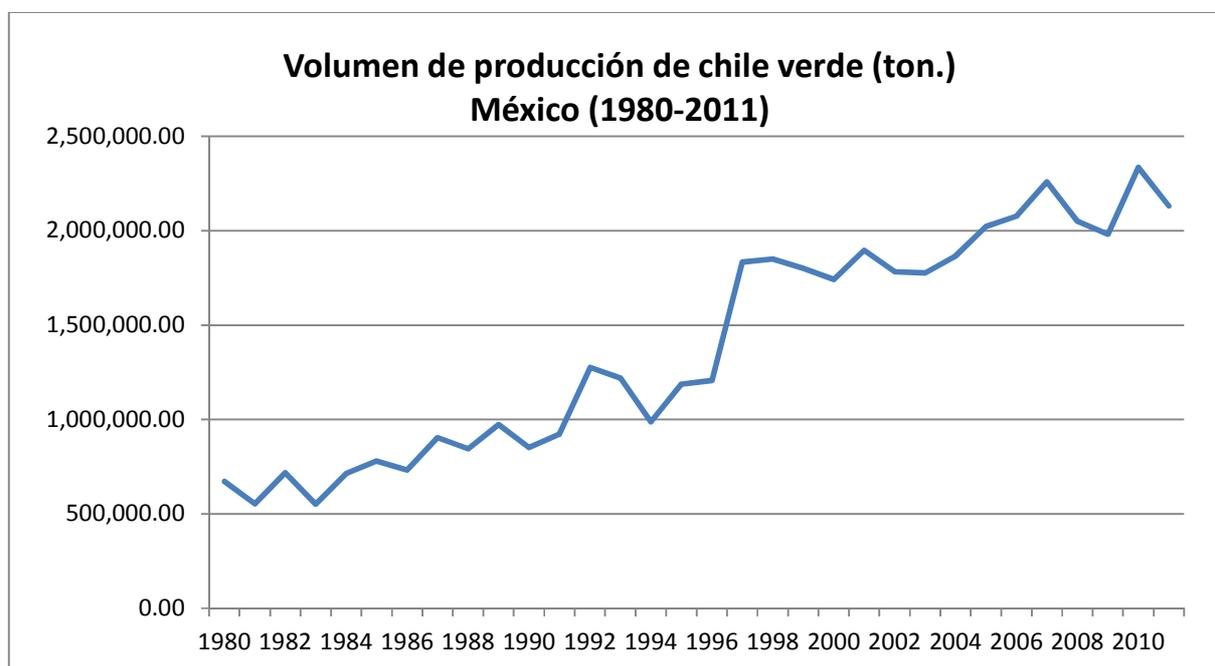
2. El aumento de la productividad como un determinante para una mejor eficiencia en la producción de chile verde: un estudio econométrico.

2.1. La producción de chile verde en México, un panorama ampliado.

La producción de chile a escala mundial se localiza principalmente en China, México, Turquía, España, Estados Unidos, Nigeria e Indonesia. En los últimos 10 años, esa producción, se ha incrementado gradualmente a una tasa de crecimiento anual promedio de 6.26%. Podría llegar a pensarse con facilidad que México es el país con mayor producción mundial de chile, al ser el que mayor variedad genética de *Capsicum* posee, sin embargo no es así, puesto que ocupa el segundo lugar después de China. Esto se debe a los bajos rendimientos que registra, los que oscilan alrededor de 15 toneladas por hectárea en promedio nacional. Aun así, México es la región del mundo donde se produce no sólo el mayor volumen de chile en fresco, sino que además, el mayor número de variedades, las cuales dependen de la región (ya que algunas se adaptan mejor a ciertas condiciones ambientales), así como de la cultura productiva y del consumo. Por la variedad de chile verde, México es el primer exportador a nivel mundial y sus principales clientes son Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania.

En 2011 destacaron Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas como principales productores del cultivo con más la mitad del volumen nacional en su conjunto. Cabe mencionar que el orden de importancia se modifica al comparar los rendimientos de estos tres estados. En el caso de Sinaloa, un estado con alto grado de tecnificación, se registró una cosecha de 28 toneladas por hectárea, en Chihuahua de 22 toneladas por hectárea y, finalmente, en Zacatecas, el de mayor superficie sembrada, de 8 toneladas por hectárea. Este aspecto se abordará nuevamente y con mayor detalle en el capítulo 3. El chile se cultiva en todos los estados de la República y se observa que ha tenido un incremento importante en su producción durante el período comprendido entre 1980 y 2011. Véase la *Gráfica 2.1*.

Gráfica 2.1. Volumen de producción de chile verde en México en el periodo 1980-2011.

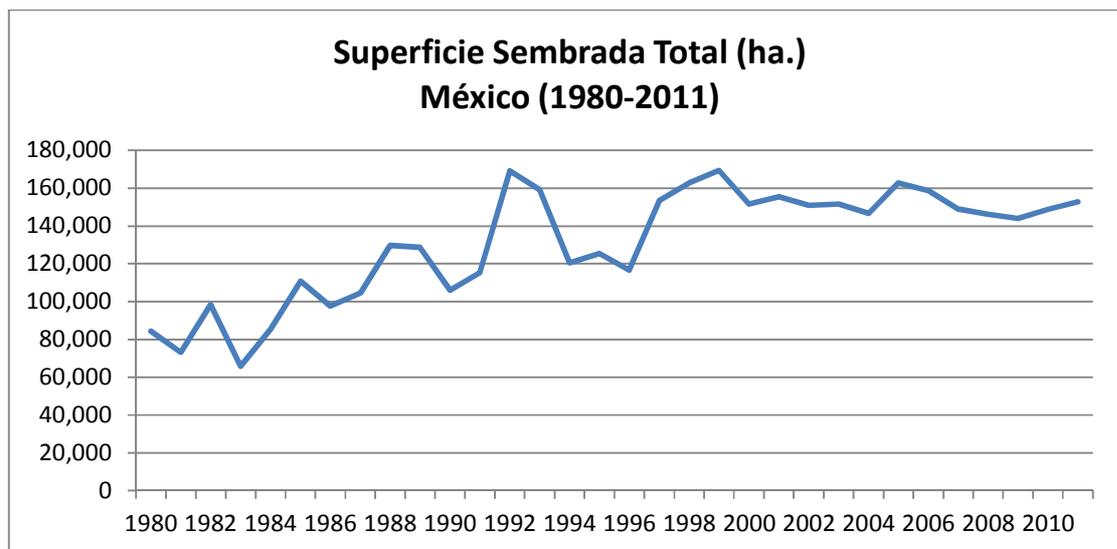


Fuente: elaboración propia con datos de SIAP-SIACON (2012).

En este punto es importante destacar algunas particularidades de la producción de chile verde, como que las entidades que concentran un alto porcentaje de la superficie sembrada y cosechada (27.9%), así como de la producción nacional (41.2%), son: Sinaloa y Chihuahua. La producción de chile verde fue muy dinámica en el periodo 1980-2001, de tal forma que su tasa de crecimiento acumulada se ubicó en 144.9 %, al pasar de 530,573 a 1,299,476 toneladas. Así mismo, tan sólo de 1995 a 2001 la producción creció 41.6% en total, dado que en 1995 se produjeron 917,812 toneladas y para el año 2001 la cantidad ascendió 1,299,476 toneladas. Estos datos reflejan un mayor impacto del TLCAN en la producción de chile verde y es por eso que en la anterior gráfica observamos un cierto quiebre a partir del año 1994, y además, durante el periodo 1995-2001, las exportaciones tuvieron un incremento acumulado de 71.1%, al pasar de 250,499 a 428,605 toneladas. Vale mencionar, que la producción se vio incentivada por la demanda externa generada por Estados Unidos, nuestro principal destino de exportación. Por último, con la liberación del comercio de hortalizas promovida por el gobierno estadounidense a partir del 1° de enero de 2003, se produjo un nuevo repunte de la producción que no se vio interrumpido sino hasta 2009, a consecuencia de la crisis económica mundial.

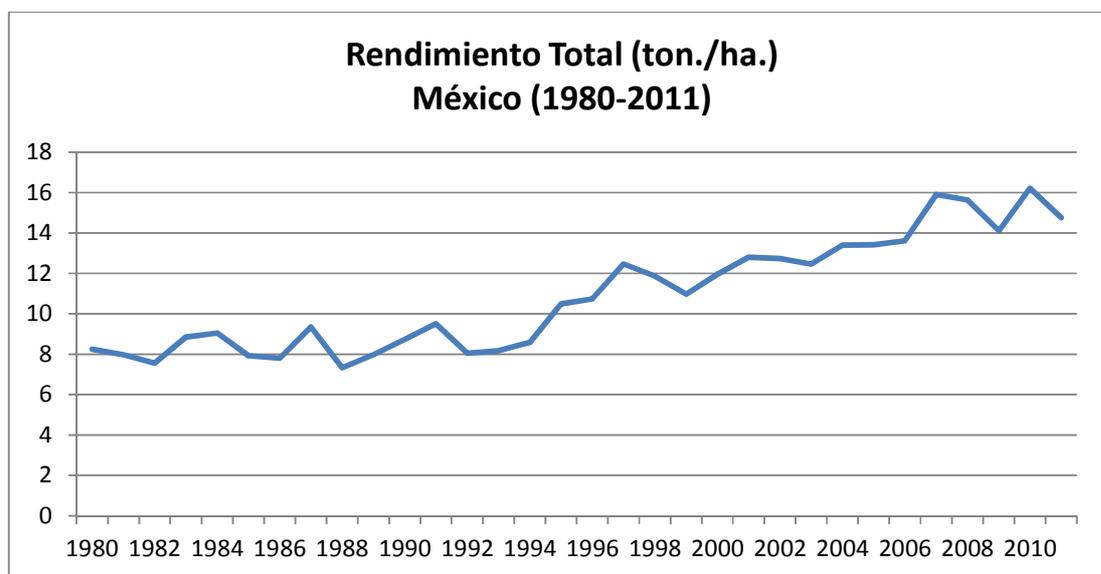
También tenemos que en el periodo de estudio se observa un aumento tanto en la superficie sembrada como en la productividad de la misma, medida en toneladas por hectárea, tal como se puede apreciar en las *Gráficas 2.2 y 2.3*.

Gráfica 2.2. Superficie sembrada de chile verde en México en el periodo 1980-2011.



Fuente: elaboración propia con datos de SIAP-SIACON (2012).

Gráfica 2.3. Rendimiento de la producción de chile verde en México en el periodo 1980-2011.



Fuente: elaboración propia con datos de SIAP-SIACON (2012).

2.2. El modelo, una función de producción.

El modelo Cobb-Douglas es de gran utilidad para especificar una función de producción. Este modelo fue formulado por Cobb y Douglas en 1928, y se convirtió en uno de los modelos más comúnmente utilizados para representar funciones de producción. La función de Cobb-Douglas puede ser obtenida a través de dos formas: directa e indirecta. Para cada caso se recurre a un tipo distinto de regresión. A continuación se detalla cada una de ellas, apoyándonos en el trabajo de Toro *et al.* (2010).

- a) Estimación por regresión multiplicativa. Permite la obtención de una función de Cobb-Douglas de manera directa.
- b) Estimación por regresión lineal de datos transformados. A diferencia del método anterior, este indirecto necesita la obtención del logaritmo neperiano de los datos originales, tanto para las variables independientes como para la dependiente.

De acuerdo con Toro *et al.* (2010), existen numerosas aplicaciones de la función Cobb-Douglas en agrosistemas. Igualmente Calatrava-Cañero (2001) hablan sobre diversos trabajos previos que confirman las bondades de la Cobb-Douglas en la especificación de r relaciones de producción para el sistema agrario.

Por lo tanto, en este trabajo se ha optado por especificar el modelo de producción de Chile como una función Cobb-Douglas:

$$CH = A * R^{\beta_1} SS^{\beta_2}$$

Donde CH representa la producción de Chile verde en toneladas, R es la productividad de la tierra (que de acuerdo a Calatrava-Cañero (2001) es una variable válida) medida en toneladas por hectárea, y SS es la superficie sembrada en hectáreas. A su vez se ha tomado la forma logarítmica de dicha función para realizar la regresión.

Con esto se pretende establecer qué factor ha tenido mayor incidencia en el aumento de la producción, por lo que nuestro modelo econométrico queda de la forma siguiente:

$$\ln ch = \beta_0 + \beta_1 \ln r + \beta_2 \ln ss + u_t$$

donde $\beta_1 > 0$, $\beta_2 > 0$, representan las elasticidades de las variables respecto del nivel de producción y $\beta_0 = \ln A$, el cual en la teoría económica denota al factor tecnológico (que aún se sigue calculando de manera residual). Sin embargo, en nuestro modelo la tecnología ya está implícita en la variable R , dado que la mayor productividad es resultado de una mayor y mejor implementación de dicha tecnología en la agricultura, por lo que se espera que β_0 sea estadísticamente no significativo. Por último, u_t representa choques aleatorios como eventos no predecibles que puedan siniestrar las áreas de cultivo como sequías, incendios, plagas, etc., es decir, recoge aquellas variaciones en la producción debidas a factores aleatorios que escapan al control del agricultor (Calatrava-Cañero, 2001).

A continuación se muestran los datos del modelo en la *Tabla 2.1*.

Tabla 2.1

Datos del modelo.

Periodo	Volumen de producción de chile verde CH (ton.)	Rendimiento total R (ton./ha.)	Superficie Sembrada total SS (ha.)
1980	671,198.00	8.247	84,444
1981	552,825.00	7.971	73,265
1982	716,788.00	7.564	98,323
1983	550,435.00	8.853	65,836
1984	713,561.00	9.058	85,379
1985	780,577.00	7.937	110,931
1986	732,146.00	7.802	97,668
1987	903,304.00	9.359	104,667
1988	843,755.00	7.327	129,730
1989	972,223.00	7.988	128,783
1990	850,540.00	8.743	106,116
1991	921,227.00	9.517	115,270
1992	1,275,836.00	8.051	169,217
1993	1,219,767.00	8.172	159,175
1994	987,485.00	8.598	120,593
1995	1,187,476.00	10.493	125,542
1996	1,206,612.90	10.74	116,686
1997	1,833,077.00	12.46	153,505
1998	1,850,252.29	11.86	162,775
1999	1,800,155.06	10.97	169,297

2000	1,741,680.45	11.96	151,690
2001	1,896,413.03	12.81	155,503
2002	1,783,438.99	12.74	151,027
2003	1,776,817.78	12.46	151,571
2004	1,864,902.44	13.41	146,758
2005	2,023,442.03	13.42	162,837
2006	2,077,324.04	13.62	158,743
2007	2,258,562.44	15.91	148,944
2008	2,051,685.32	15.63	146,264
2009	1,981,564.45	14.11	144,110
2010	2,335,560.28	16.22	148,759
2011	2,131,739.73	14.76	152,742

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP-SIACON (2012).

Estos datos los transformamos logarítmicamente para realizar el análisis de regresión. Los resultados de la primera regresión por MCO se observan en el *Cuadro 2.1*.

Cuadro 2.1

Ecuación no ajustada para la función de producción de chile verde.

Variable dependiente: <i>lnch</i>				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadística <i>t</i>	Valor de probabilidad
<i>lnss</i>	0.995402	0.02895	34.38910	0.0000
<i>lnr</i>	1.032748	0.02915	35.42826	0.0000
Término de intercepción	-0.087206	0.30390	-0.28696	0.7762
R^2 ajustada	0.994968	Error estándar de la regresión		0.032677
Estadística Durbin-Watson (DW)	2.007759	Valor de probabilidad (estadística Fisher (F))		0.000000

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Donde efectivamente β_0 es estadísticamente no significativo, por lo que ahora se corre el modelo sin éste coeficiente y los resultados se muestran en el *Cuadro 2.2*.

Cuadro 2.2

Ecuación ajustada para la función de producción de chile verde

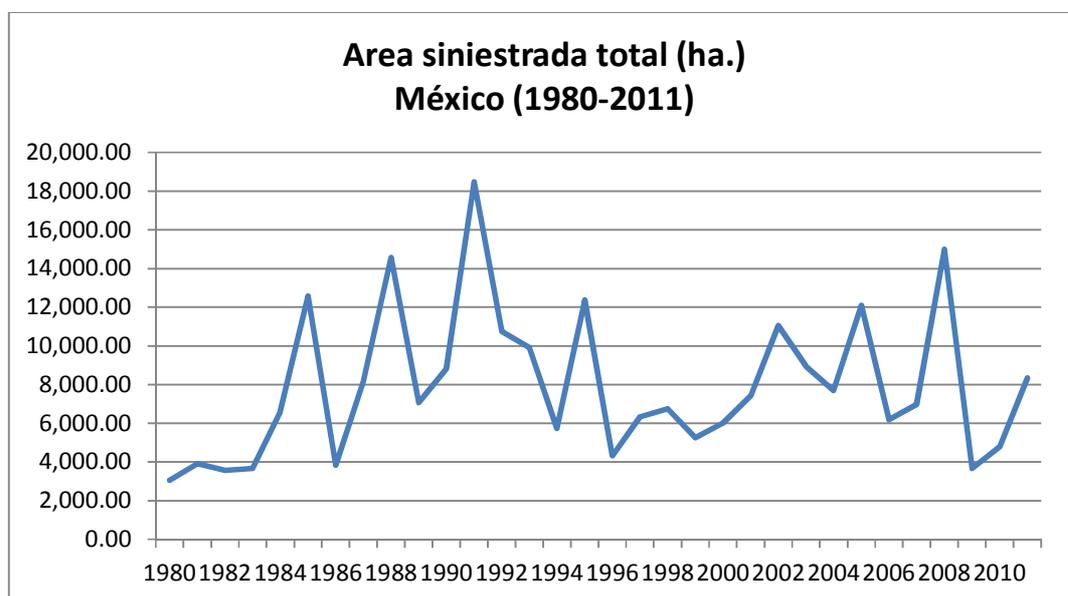
Variable dependiente: <i>lnch</i>				
Variable	Coeficiente	Error estándar	Estadística <i>t</i>	Valor de probabilidad
<i>lnss</i>	0.987233	0.00517	190.86920	0.0000
<i>lnr</i>	1.036499	0.02565	40.40445	0.0000
R^2 ajustada	0.995122	Error estándar de la regresión		0.032174
Estadística Durbin-Watson (DW)	2.024541			

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Se observa que los coeficientes β_1 y β_2 son positivos como se esperaba, es decir, que el crecimiento de la producción guarda una relación directa con el aumento de la superficie sembrada y el aumento de la productividad, además de que tanto individual como conjuntamente son estadísticamente significativos, es decir que explican el modelo adecuadamente. Como puede verse, $\beta_1 = 1.036499$, lo cual sugiere que por cada punto porcentual que aumente la productividad del cultivo de chile verde, la producción se incrementará en 1.04 puntos porcentuales. Asimismo, $\beta_2 = 0.987233$ lo cual indica que por cada punto porcentual de incremento en la superficie sembrada, la producción de chile aumentará en 98 centésimas de punto porcentual. Por lo tanto, además de la superficie sembrada, el aumento de la productividad influye en gran medida en el volumen de producción. Es decir, la utilización de sistemas de riego y las mejoras en las técnicas productivas son un requisito indispensable para lograr impulsar la producción.

Observamos también que tanto R^2 y \bar{R}^2 nos indican un buen ajuste del modelo con un 99% de explicación del mismo. Sin embargo, debe reconocerse que los errores no se distribuyen normalmente, puesto que el término u_t captura choques impredecibles como sequías, incendios, plagas, etc., esto lo podemos observar con las áreas siniestradas reportadas durante el periodo de estudio como se observa en la *Gráfica 2.4*.

GRÁFICA 2.4. Superficie siniestrada de chile verde en México en el periodo 1980-2011.



Fuente: elaboración propia con datos de SIAP-SIACON (2012).

La prueba de normalidad Jarque-Bera que se presenta en el *Cuadro 2.3*, es la que nos permite concluir que los errores no siguen una distribución normal.

Cuadro 2.3

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Normalidad	Los errores se distribuyen normalmente.	Jarque-Bera	0.000038

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Prueba de normalidad de Jarque-Bera.

El criterio de decisión se basa en que si el valor de la probabilidad del estadístico Jarque-Bera es menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los errores con por lo menos un 95% de confianza.

Es decir, resulta difícil capturar éste comportamiento estocástico. Sin embargo el procedimiento mínimo-cuadrático es válido cuando existen variables no normales para muestras grandes, e incluso para muestras pequeñas si la significación del modelo es elevada (Malinvaud, 1964), lo cual se cumple en nuestro modelo.

Ahora es importante asegurarnos que el modelo tiene forma funcional correcta, por lo que realizamos la prueba Reset y los resultados se muestran en el *Cuadro 2.4*.

Cuadro 2.4

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Especificación del modelo	El modelo está bien especificado	Estadística <i>t</i>	0.7347
		Estadística <i>F</i>	0.7347
		Razón de verosimilitud	0.7196

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Prueba de especificación de Ramsey RESET

El criterio de decisión se basa en los valores de probabilidad de los estadísticos que utiliza la prueba, si cada uno de ellos es mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula al 95.0% de confianza, se observa que todos cumplen con ello por lo que se determina que el modelo tiene la forma funcional correcta.

En cuanto a la multicolinealidad del modelo tenemos que la matriz de autocorrelación contenida en la *Cuadro 2.5*,

Cuadro 2.5

Matriz de autocorrelación de la variables.

	<i>Inch</i>	<i>Inr</i>	<i>Inss</i>
<i>Inch</i>	1.000000	0.896294	0.889701
<i>Inr</i>	0.896294	1.000000	0.602520
<i>Inss</i>	0.889701	0.602520	1.000000

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

indica que existe una alta relación entre la productividad y el volumen de producción, también entre la superficie cultivada y el volumen de producción lo cual es lógico, a su vez observamos que la relación es más alta entre producción y rendimiento que entre producción y superficie sembrada, pero no existe multicolinealidad entre la productividad y la superficie cultivada, es decir, los parámetros del modelo son linealmente independientes.

Para observar si existe el problema de heterocedasticidad recurrimos a dos pruebas: Arch y White, con los resultados expresados en los *Cuadros 2.6* y *2.7*.

Cuadro 2.6

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Heteroscedasticidad	Los errores son homoscedásticos	Estadística F	0.5881
		Ji-cuadrada	0.5732

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).
Prueba de heterocedasticidad autorregresiva condicional (Arch) con un rezago.

Cuadro 2.7

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, 1980-2011.

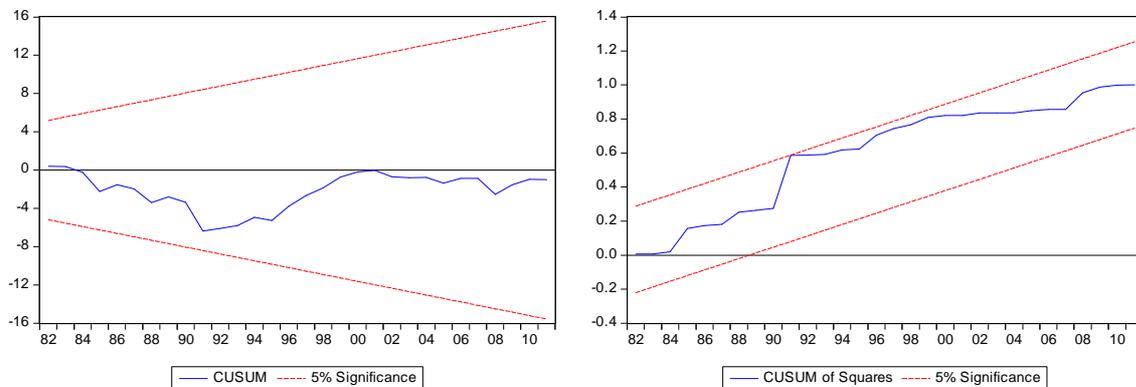
Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Heteroscedasticidad	Los errores son homoscedásticos	Estadística F	0.9320
		Ji-cuadrada	0.9211

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).
Pruebas de heterocedasticidad de White con dos rezagos y sin términos cruzados.

El criterio de decisión se basa en la probabilidad de los estadísticos que utiliza cada prueba, si cada uno de ellos es mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula al 95.0% de confianza, en los cuadros anteriores se observa que cada uno de los estadísticos cumple con el criterio, por lo que se determina que no existen problemas de heterocedasticidad en los errores.

Ahora veamos si existe permanencia estructural en el modelo por lo que realizamos las pruebas CUSUM y CUSUMQ mostrados en la *Gráfica 2.5*.

Gráfica 2.5



Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

La hipótesis nula de las pruebas CUSUM y CUSUMQ indican que existe permanencia estructural en el modelo.

H_0 : *existe permanencia estructural*

H_1 : *no existe permanencia estructural*

El criterio de decisión es a través de los gráficos, donde si la suma acumulada y acumulada al cuadrado de los residuos no rebasan las bandas al 95.0% de confianza, no se rechaza la hipótesis nula, lo cual sucede en este caso y se determina la permanencia estructural en los parámetros.

Es necesario ahora descartar de este modelo la existencia de autocorrelación. El estadístico DW establece la no existencia de autocorrelación de orden 1 si éste es estadísticamente cercano a 2, en este caso hemos visto que dicho estadístico es igual a 2.02.

Sin embargo, recurramos a otras pruebas para constatarlo. El Correlograma nos presenta la función de autocorrelación de los errores y la de autocorrelación parcial de la variable endógena con sus rezagos estadísticamente significativos, lo cual se muestra en el *Cuadro 2.8*.

Cuadro 2.8

Correlograma de residuos.

Autocorrelación	Correlación Parcial	Estadística Q	Valor de la probabilidad
		1	0.869
		2	0.673
		3	0.547
		4	0.623
		5	0.466
		6	0.570
		7	0.677
		8	0.484
		9	0.139
		10	0.194
		11	0.226
		12	0.290
		13	0.357
		14	0.431
		15	0.451
		16	0.523

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Correlograma de estadísticos Q para 16 rezagos.

El criterio de decisión es a través del gráfico donde los picos no deben rebasar las bandas al 95.0% de confianza, lo que significa que la probabilidad debe ser mayor a 0.05 lo cual sucede en este caso, por lo que se determina que las autocorrelaciones son estadísticamente no significativas, es decir, los errores son ruido blanco.

Se puede tener duda de autocorrelación en el noveno rezago del correlograma. Sin embargo, para descartar esa posibilidad tenemos la prueba de multiplicadores de Langrange, el cual se obtiene con la prueba Breusch-Godfrey, la hipótesis nula de éste estadístico es que no existe autocorrelación.

El criterio de decisión es a través de las probabilidades de sus estadísticos, los cuales si son mayores a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula al 95.0% de confianza, en el *Cuadro 2.9*, se observa que cumple el criterio por lo que se determina que no hay autocorrelación.

Cuadro 2.9

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Correlación serial	No hay correlación serial hasta el orden de rezago2	Estadística <i>F</i>	0.7232
		Ji-cuadrada	0.6934

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA). Prueba de Breusch-Godfrey para detectar la correlación serial hasta el orden de rezago 2

Dados los resultados favorables de nuestro modelo, es posible realizar una predicción, sin embargo no es un objetivo de este trabajo por lo que no se abordará este procedimiento. En cambio, a continuación se realizará una comparación entre la zona más tecnificada y una de menor tecnificación en la agricultura donde obtendremos resultados interesantes que se verán en los capítulos 3 y 4.

CAPÍTULO 3

3. Tecnificación de la producción agrícola y su relación con la productividad: un análisis empírico del cultivo de chile verde a nivel regional.

3.1. Características regionales en la producción de chile verde.

Como se mencionó anteriormente, México posee características geográficas y climatológicas que lo convierten en una potencia para el cultivo del chile, aunque son relativamente pocas las zonas del territorio mexicano que de manera natural reúnen las características óptimas. La mayoría de estas zonas se localizan en la parte centro y bajío, además de la zona noreste. Sin embargo, la mayor participación en la producción de chile verde corresponde a la región del norte de país (particularmente a Chihuahua y Sinaloa, que son los estados con mayor producción total y por hectárea) que es la que presenta las condiciones menos propicias para su cultivo (SIAP, 2012). Esto significa que la tecnificación y la innovación han jugado un papel fundamental en el aumento de la producción y la productividad en esa región del país. También debe destacarse que Zacatecas ha sido, junto con Chihuahua y Sinaloa, un estado con gran volumen de producción total, aunque al contrario de aquellos, con una producción por hectárea bastante más baja.

Los seis estados que mayor aportación hacen al cultivo del chile verde son: Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Durango y Michoacán que en conjunto participan con la mitad de la producción total del país. El caso de Sinaloa también es digno de señalarse, en virtud de que este estado ha venido posicionándose en los últimos años entre los grandes productores de chile verde. En cuanto a financiamiento por crédito, que se realiza a través de Financiera Rural y FIRA, Zacatecas es el estado donde mayor monto de crédito se solicita, seguido de Sinaloa, Jalisco y Chihuahua.

3.2. Clasificación por nivel de tecnología.

La producción de Chile puede dividirse regionalmente de acuerdo a las condiciones climáticas y tecnológicas (Inforural, 2010):

- Región Norte y Noreste - Alta tecnología adecuada.

Por lo general tienen buenos rendimientos y productividad en base a la adopción de buena tecnología, tienen condiciones ambientales más o menos estables y adecuados canales de comercialización. En esta región sobresalen

los estados de Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Baja California Sur y Sur de Tamaulipas quienes producen chiles jalapeños, bell, serranos, cayenne, anaheim, güeros y anchos. Esta región está especializada en la producción de chiles frescos para el consumo directo o la industria de proceso.

- Región Centro o Bajío - Mediana tecnología.
Comprenden zonas tradicionales de producción de chiles para deshidratar (anchos mulatos, pasilla, puya, guajillo); aun cuando se observa un creciente interés de producir para el mercado de frescos. Por lo general tienen tecnología de producción y los métodos de secado tradicionales, lo que ocasiona que sus rendimientos sean bajos y sus productos de mala calidad. Los estados comprendidos en esta región son Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas y Querétaro.
- Región Sur y Sureste - Baja tecnología.
Se siembra principalmente de secano y humedad residual, lo que origina altos riesgos e inestabilidad en la producción. Las regiones de Veracruz, Oaxaca, Campeche y Quintana Roo, han disminuido, en algunos, su área sembrada o bien han permanecido estables; sin embargo, los rendimientos aún continúan siendo bajos y no compiten en mercados exigentes de productos de calidad. A pesar de esta situación, hay signos visibles de cambio tecnológico.

Para un análisis más claro y sintético podemos resaltar las tecnologías más utilizadas en nuestro país en materia agrícola, las cuales son:

- 1) Maquinaria y equipo. Se refiere al área en la que se utiliza cualquier tipo de maquinaria agrícola como tractores, rastras, sembradoras, niveladoras, trilladoras, cosechadoras, para llevar a cabo las actividades de preparación del suelo, siembra, labores culturales y recolección de los frutos.
- 2) Fertilizantes químicos. Se refiere a la superficie cultivada en la que se aplican fertilizantes químicos o sustancias agroquímicas.
- 3) Semilla mejorada. Se refiere a la superficie agrícola sembrada de cultivos cíclicos con semillas de variedad que ha tenido un proceso de mejoramiento genético o selección presentando un alto vigor, pertenece a una población con características similares y un grado de parentesco.

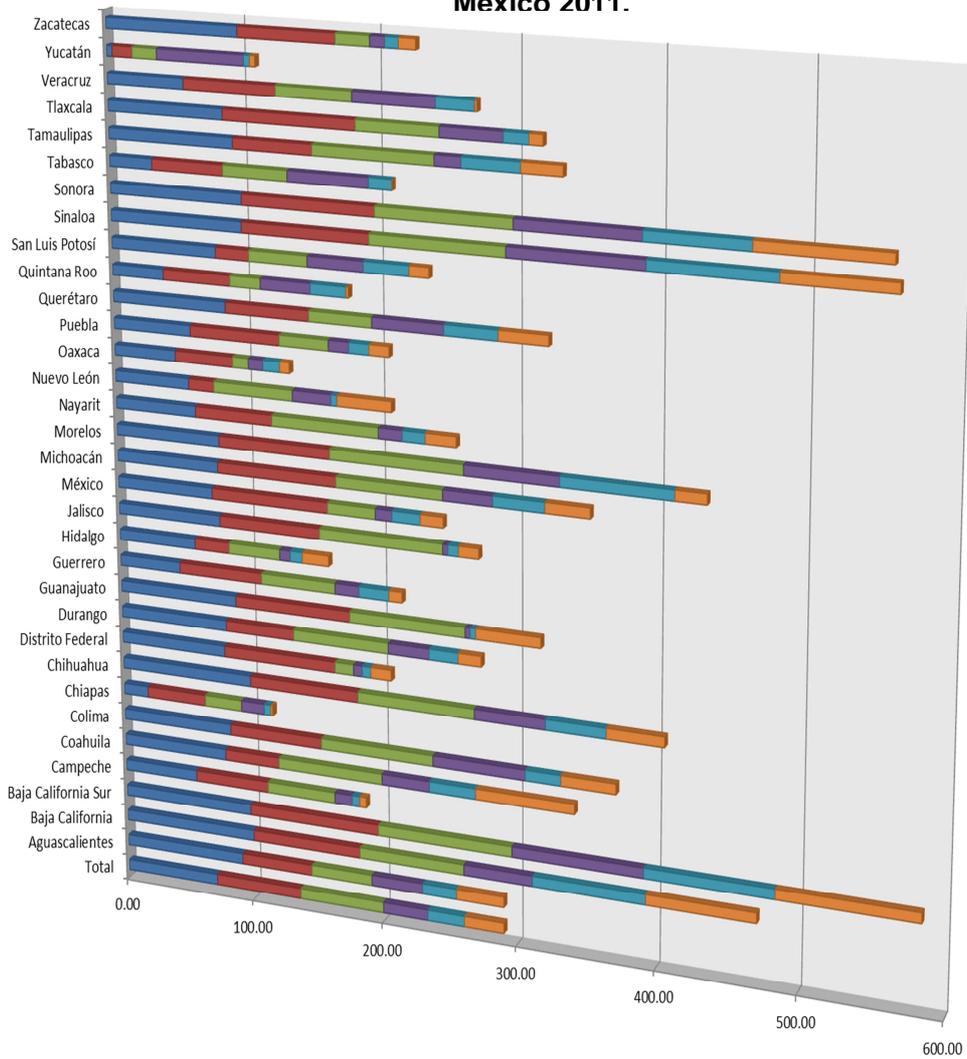
- 4) Servicios fitosanitarios. Se refiere a la superficie sembrada con cobertura de acciones oficiales de protección de las plantas cultivadas contra la propagación e introducción de plagas y enfermedades.
- 5) Asistencia técnica. Se refiere a la superficie agrícola sembrada que contó con asesoría de personal técnico calificado para llevar a cabo en forma óptima las labores culturales.
- 6) Sistemas de riego. Se refiere a la superficie agrícola que cuenta con sistemas de riego.

3.2.1. Uso tecnológico y de servicios en la agricultura en México.

De acuerdo a la *Estadística de uso tecnológico y de servicios en la superficie agrícola* realizado por el SIAP para el año 2011, podemos observar en la *Gráfica 3.1* un resumen del uso de las tecnologías mencionadas por entidad federativa para el sector agrícola en su conjunto.

Gráfica 3.1

**Uso de tecnologías y servicios en la agricultura por entidad federativa. (%)
México 2011.**



	Total	Aguascalientes	Baja California	Baja California Sur	Campeche	Coahuila	Colima	Chiapas	Chihuahua	Distrito Federal	Durango	Guanajuato	Guerrero	Hidalgo	Jalisco	México	Michoacán	Morelos	Nayarit	Nuevo León	Oaxaca	Puebla	Querétaro	Quintana Roo	San Luis Potosí	Sinaloa	Sonora	Tabasco	Tamaulipas	Tlaxcala	Veracruz	Yucatán	Zacatecas
% Mecanización	70.43	90.86	100.00	97.94	55.83	79.10	83.47	18.75	99.59	79.99	81.54	89.52	46.54	58.74	78.42	72.85	77.49	79.01	61.44	56.68	46.84	58.76	85.91	39.04	79.38	99.31	99.74	32.35	93.91	86.66	57.70	4.22	98.88
% F. químicos	65.42	53.75	81.77	98.07	55.86	41.37	69.98	45.26	82.07	84.60	51.92	86.70	62.99	26.24	75.85	87.70	89.62	83.70	58.16	19.17	43.79	67.39	62.68	50.81	25.00	94.40	98.34	53.67	58.87	98.10	68.79	15.28	72.13
% S. mejorada	63.53	46.19	78.35	99.62	51.56	78.81	84.05	28.27	86.72	14.10	71.50	85.65	55.96	38.92	91.57	35.85	78.86	98.64	79.66	59.65	12.03	36.84	46.66	22.95	43.78	98.37	99.35	48.28	88.75	60.48	56.11	18.62	25.04
% S. fito.	33.38	38.22	50.47	95.21	13.07	35.45	67.91	17.51	51.68	6.47	30.24	3.59	17.86	8.01	3.78	12.16	36.28	68.81	17.46	28.89	10.91	15.09	52.26	37.30	41.26	97.60	89.69	59.63	19.09	45.37	60.05	65.30	10.74
% A. técnica	27.60	25.47	81.87	92.44	5.73	34.24	25.89	5.03	43.69	6.46	21.44	4.05	22.47	9.04	7.73	20.97	37.36	80.56	16.88	4.42	12.68	14.90	39.08	26.41	33.38	90.18	74.41	17.05	42.03	18.02	27.80	4.42	9.83
% S. riego	29.29	35.18	78.35	100.00	5.01	72.26	39.61	1.58	41.45	15.24	16.87	47.38	9.71	19.89	14.73	16.80	32.34	22.34	22.59	40.23	7.25	14.70	35.88	1.83	14.37	79.39	93.93	0.00	29.83	9.80	1.76	3.99	12.35

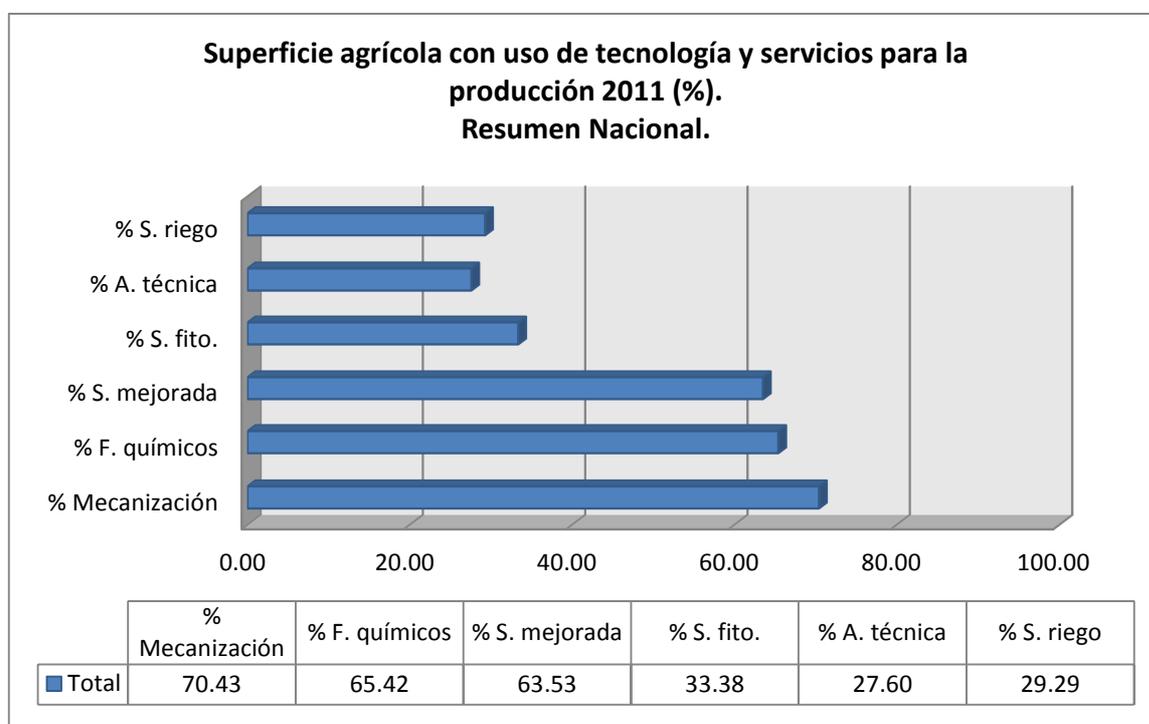
Fuente: elaboración propia con datos del SIAP.

Es importante señalar que el uso de tecnología en el campo mexicano permite incrementar la capacidad de generación de bienes. En la agricultura la consecución de mayores cosechas en cada nuevo ciclo productivo puede ser resultado directo de la interacción de factores como el empleo de maquinaria y equipo agrícola apropiado y moderno; el uso de semillas mejoradas con posibilidades de adaptación a los diversos entornos y de desarrollo de todo su potencial productivo; la fertilización de los terrenos agrícolas de siembra que coadyuvan en el desarrollo vegetativo de los cultivos; la asesoría técnica y los servicios fitosanitarios adecuados, son parte vital del mejoramiento en la producción. Lo anterior puede derivar en mayores cosechas, sobre todo, si se consideran otros factores, como condiciones climáticas y cambios en las mismas, o el grado de modernización de la maquinaria y equipo utilizados, el adecuado uso de los fertilizantes y plaguicidas, y sistemas de riego relativamente eficientes, por lo que los porcentajes presentados en la gráfica anterior constituyen una referencia y no un dato tecnológico absoluto. Sin embargo, son un buen indicador del estado actual del campo nacional y sobre todo una buena referencia en cuanto a la relación tecnología – productividad en la agricultura.

Dicho lo anterior, observamos cómo los estados que más destacan en el sector son Sonora, Sinaloa y Baja California Sur con los porcentajes más altos en todas las áreas, seguidos de Baja California, Morelos y Chihuahua. En resumen vemos que la superficie agrícola de las entidades federativas del norte de México tiene un mayor uso de maquinaria y equipo agrícola: en el territorio cultivable de Baja California Sur se emplean todos los factores señalados; en Yucatán sólo 4% de la tierra de labor está mecanizada. En Baja California Sur y Tlaxcala se usan fertilizantes químicos en una proporción mayor que en otras entidades, mientras que en Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí y Yucatán se utilizan en menos de la cuarta parte (25%) de la superficie de siembra. En la mitad de las entidades del país la proporción del uso de semilla mejorada en las áreas de siembra de cultivos cíclicos es mayor a 60%, destacando Baja California Sur y Sonora. Los servicios de protección fitosanitarios que presta el gobierno federal a las diversas regiones agrícolas del país, representa hasta cierto punto una garantía para la consecución de cosechas inocuas y de alta productividad en sólo diez entidades, a saber; Baja California, Baja California Sur,

Colima, Morelos, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Veracruz y Yucatán, puesto que una de cada dos hectáreas sembradas tiene cobertura fitosanitaria. En cinco estados del país el porcentaje de superficie agrícola con acompañamiento de servicios técnicos supera 70%, principalmente localizados en la región noroeste de México. Por último observamos que sólo 5 estados utilizan sistemas de riego en un porcentaje de entre el 70% y 100% de su área cultivada, éstos son: Sonora, Sinaloa, Coahuila, Baja California y Baja California Sur, todos de la zona norte del país. De esta manera tenemos que en el resumen a nivel nacional no son tan buenos los indicadores como se observa en la *Gráfica 3.2*.

Gráfica 3.2



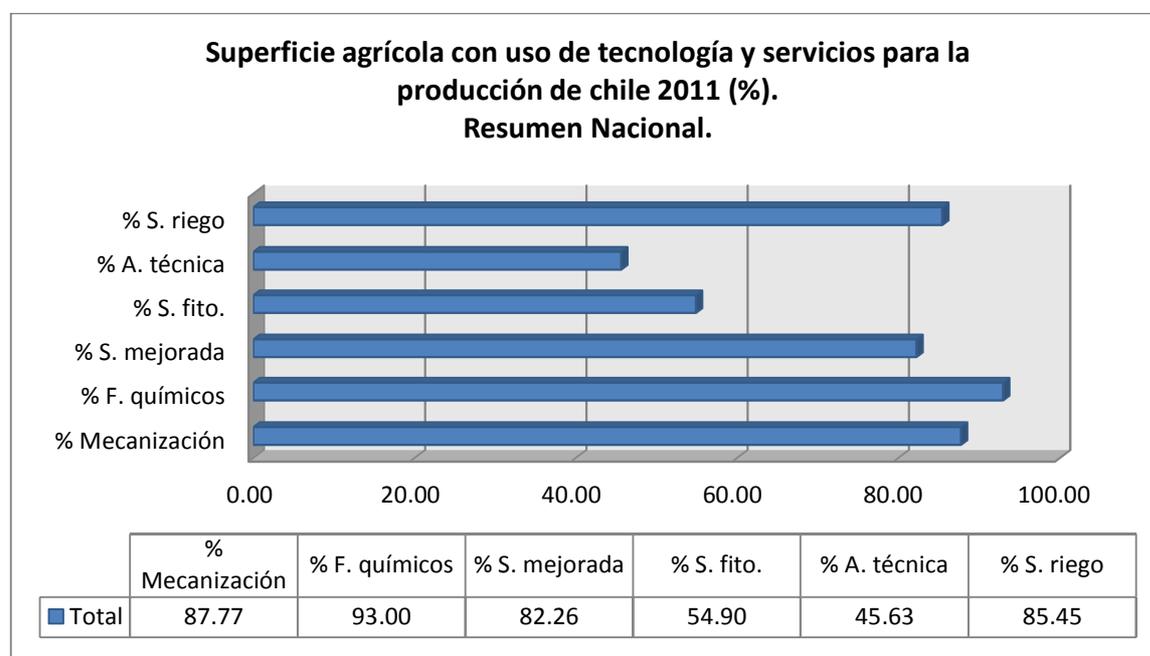
Fuente: elaboración propia con datos del SIAP.

La mecanización de los procesos alcanza un 70%, el uso de fertilizantes químicos y de semillas mejoradas están alrededor del 65%, es decir, se han adoptado ciertas tecnologías en la agricultura. Sin embargo, aspectos importantes como la asesoría adecuada en servicios fitosanitarios, asistencia técnica y los sistemas de riego apenas se utilizan en alrededor del 30% de la superficie sembrada.

3.3. La tecnificación en el cultivo de chile verde a nivel nacional y regional.

El cultivo del chile presenta una dinámica diferente al total de la actividad agrícola en cuanto a los factores tecnológicos y de servicios mencionados. Para observar dicha dinámica se han seleccionado sólo los estados con una participación significativa en la producción de este producto tanto en su volumen de producción como en la superficie sembrada. En la *Gráfica 3.3* vemos la proporción en que se utilizan las tecnologías y servicios en el cultivo de chile a nivel nacional.

Gráfica 3.3

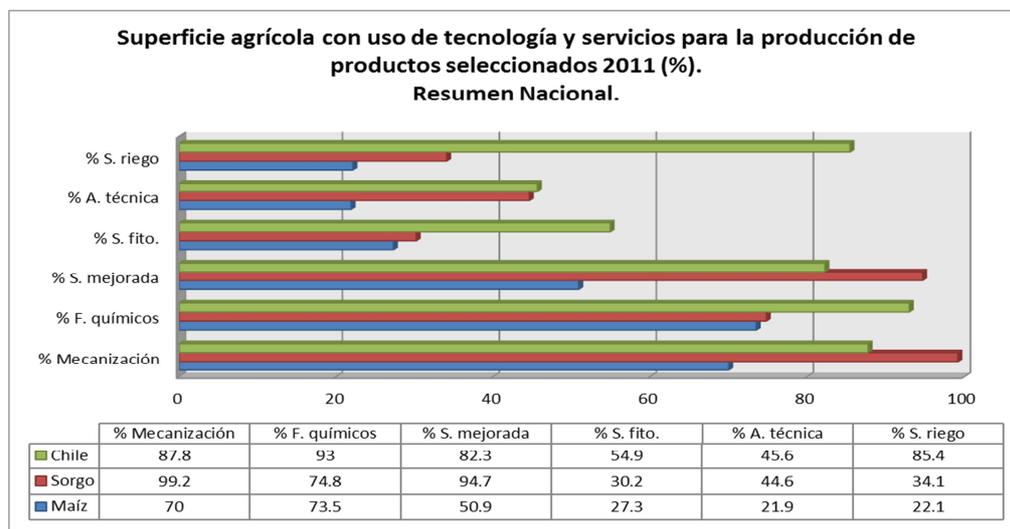


Fuente: elaboración propia con datos del SIAP.

A diferencia del resumen de productos, observamos un mayor uso tecnológico y de servicios en el cultivo de chile, como un alto porcentaje en la mecanización de los procesos de siembra, uso de fertilizantes químicos y semilla mejorada así como una mayor disponibilidad de sistemas de riego, todos ellos oscilando entre 80% y 90% de la superficie sembrada, aunque seguimos teniendo una baja utilización de servicios fitosanitarios y asistencia técnica, pues ésta no pasa del 55%. Aun así, es de destacarse el nivel de tecnificación de este producto si lo comparamos con otros de

mayor producción en México como el maíz y el sorgo. Esto se puede apreciar en la *Gráfica 3.4*.

Gráfica 3.4



Fuente: elaboración propia con datos del SIAP.

Vemos que el cultivo de chile supera al de maíz y sorgo, dos de los principales granos producidos en México, en la utilización de servicios fitosanitarios, fertilizantes químicos y sistemas de riego. Tanto los sistemas de riego, como el nivel de modernización de éstos son de gran importancia en la productividad, tal como puede apreciarse en la *Gráfica 3.5*.

Gráfica 3.5



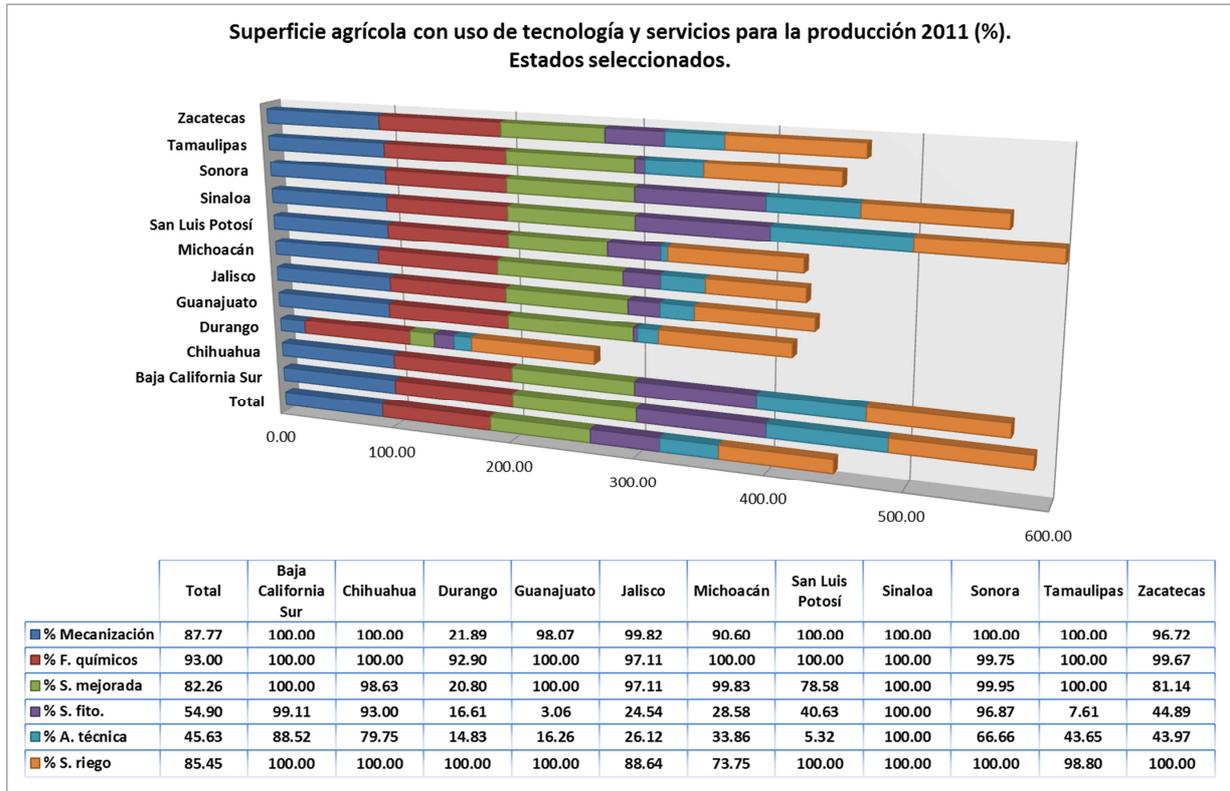
Fuente: elaboración propia con datos del SIAP, SIACON.

Nótese que la baja disponibilidad de sistemas de riego en el maíz y sorgo (22% y 34% de la superficie sembrada, respectivamente) hace que la productividad en el total sea muy baja (2.9 y 3.7 ton/ha, respectivamente), lo cual ocasiona que se diluyan los rendimientos más altos obtenidos mediante riego (6.2 y 6 ton/ha, respectivamente). Esto por cierto no ocurre en el caso del chile, pues la utilización de sistemas de riego en el 85% de la superficie sembrada hace que en el total se tenga una mayor productividad (14.8 ton/ha).

Un matiz importante, como ya se ha dicho, es que en los sistemas de riego también existen calidades, esto es, los sistemas más modernos resultan más eficientes y por lo tanto confieren mayor productividad.

Para retornar al tema del uso tecnológico en el cultivo de chile, presentamos la *Gráfica 3.6* por estados seleccionados.

Gráfica 3.6



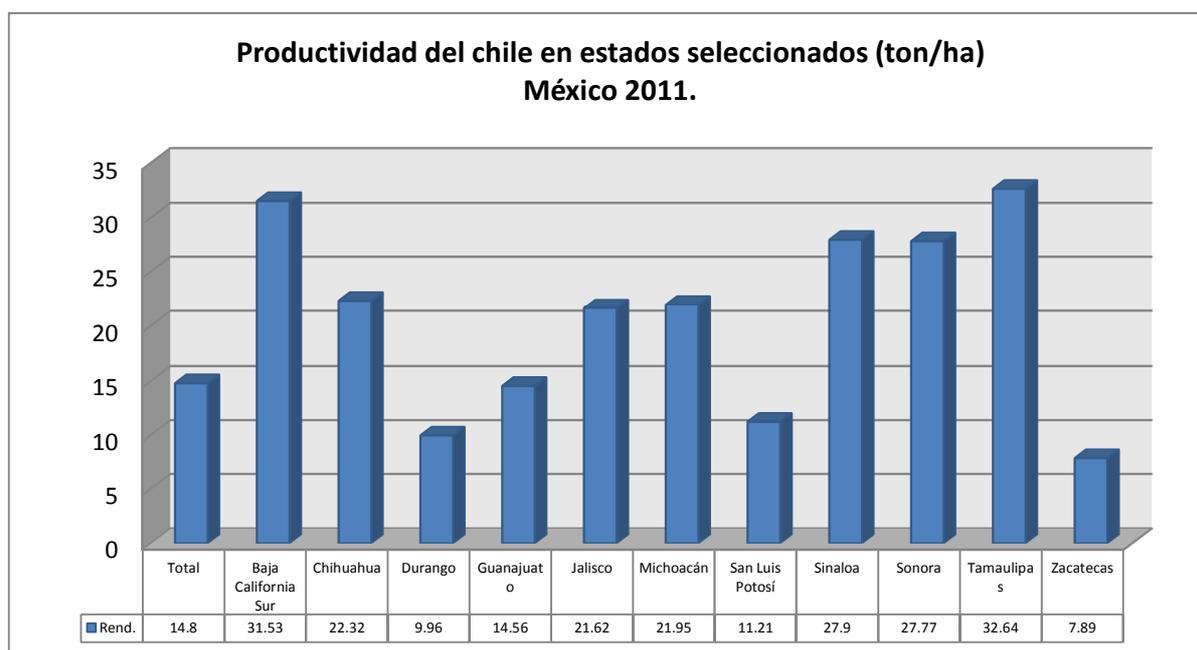
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

Los estados más destacados en el uso de tecnología y servicios en la producción de chile son Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Baja California Sur, los cuales están clasificados en la región de Alta Tecnología según Inforural. Por otro lado, tenemos a Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí y Zacatecas con estadísticas menos favorables, pues estos estados entran en la clasificación regional de Mediana Tecnología. Un caso particular es Tamaulipas, dado que existen diferencias entre la parte norte del estado menos tecnificada y la parte sur con buena tecnología y altos rendimientos.

3.4. Relación tecnología – productividad.

Ahora observemos en la *Gráfica 3.7* con estos mismos estados en términos de rendimientos productivos para ver la correspondencia tecnología – productividad.

Gráfica 3.7



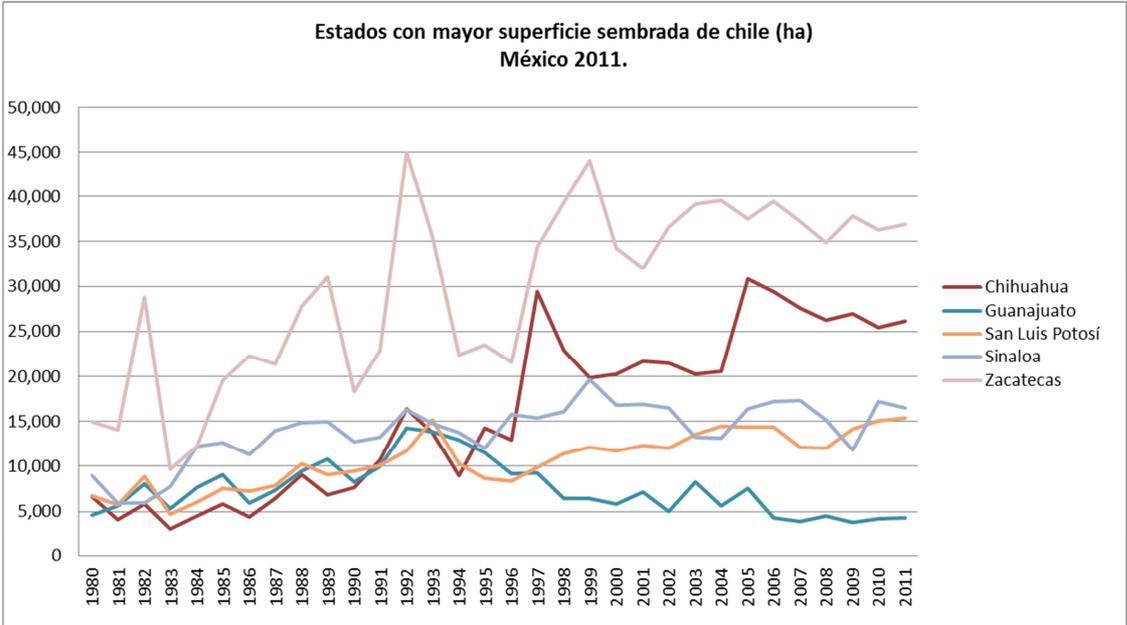
Fuente: elaboración propia con datos de SIAP, SIACON.

Aquí puede observarse que los estados con mayor productividad, como Baja California Sur (31.5 ton/ha), Chihuahua (22.3 ton/ha), Sinaloa (27.9 ton/ha) y Sonora (27.8 ton/ha), pertenecen a la clasificación de alta tecnología; entre los clasificados en mediana tecnología destacan Jalisco (21.6 ton/ha) y Michoacán (21.9 ton/ha), que hacen un uso relativamente bajo de servicios técnicos y fitosanitarios; por último, en el nivel más por debajo encontramos a Durango (9.9 ton/ha), Guanajuato (14.6 ton/ha), San Luis Potosí (11.2 ton/ha) y Zacatecas (7.9 ton/ha). Como se mencionó anteriormente, Tamaulipas es un caso especial donde encontramos que el alto desarrollo de su región sur en la producción de chile, le permite alcanzar la mayor productividad en el 2011 (32.6 ton/ha). Sin embargo, no es el más alto históricamente, puesto que ese lugar lo tiene Sinaloa con una productividad de 41.2 ton/ha en el 2007.

Un caso que merece especial atención es el estado de Zacatecas, que es el de más bajo rendimiento de la muestra, lo cual no concuerda con las estadísticas de uso de tecnología y servicios. Estas estadísticas indican un nivel de mecanización, un uso de fertilizantes químicos y semilla mejorada de entre 80% y 99%, y sobre todo, una disponibilidad de sistemas de riego de 100% en la superficie sembrada. Asimismo,

aunque presenta niveles bajos de uso de servicios fitosanitarios (45%) y asistencia técnica (44%), sus porcentajes son superiores a otros estados que presentan una productividad mayor en el rango de clasificación de mediana tecnología. Es aquí donde ciertas características de corte cualitativo, como el clima, el tipo de suelo, la modernización del equipo de siembra y los sistemas de riego, adquieren relevancia. De allí que valga la pena preguntarse cuál ha sido el problema de Zacatecas para tener rendimientos tan bajos. Una gran parte de la explicación se encuentra en el sistema de riego, pues el tipo de suelo más seco que tiene dicho estado y la menor disponibilidad de agua demandan modernizar todo su equipo para ser más eficiente y tener mayor productividad. También es muy importante que se utilicen los servicios fitosanitarios y asistencia técnica para explotar el potencial de la región. Finalmente, cabe preguntarse por qué es importante este estado en la producción de chile. La respuesta es que Zacatecas es el estado que históricamente destina una mayor superficie a la siembra de este producto a nivel nacional, como se observa en la *Gráfica 3.8*.

Gráfica 3.8



Fuente: elaboración propia con datos del SIAP, SIACON.

Si comparamos a Zacatecas con Chihuahua (el segundo estado con mayor superficie destinada a la siembra de chile) vemos que la diferencia entre la productividad del primero y la del segundo es muy grande (7.8 ton/ha contra 22.3 ton/ha, respectivamente) Sin embargo, las estadísticas de tecnificación de uno y otro estado no parecen estar muy alejadas. Por otra parte, ambos estados comparten un tipo de suelo no tan favorable en condiciones naturales y un clima similar (que va de templado a árido). Por lo tanto, lo que en cierta medida explica la diferencia entre Zacatecas y Chihuahua es el uso de servicios fitosanitarios (45% y 93%, respectivamente), la asistencia técnica (44% y 80% respectivamente), y la eficiencia y modernidad de sus sistemas de riego.

El almacenamiento y administración del agua tienen una repercusión directa en las actividades del sector agropecuario. En México, 46% del agua destinada a la producción de alimentos se usa de manera eficiente, por lo que es importante el mejoramiento permanente de los sistemas de riego. Estudios de la SAGARPA detallan que el rendimiento de cultivos en superficie de riego se incrementa de 2.2 a 3.6 veces, en comparación con los que no cuentan con infraestructura hidroagrícola. La finalidad de un sistema de riego es aplicar el agua de manera uniforme sobre el área deseada, dejándola a disposición del cultivo; el más utilizado hasta finales del siglo XIX fue el de riego por gravedad, en el cual el agua proveniente de las presas o cuerpos de agua se dirige a través de grandes canales hasta los centros de distribución hacia las parcelas. Por su parte, el sistema de riego por aspersión aplica el agua intensamente sobre el área deseada para que se infiltre en el mismo punto en el que cae; es adaptable a rotaciones de cultivos y riegos de socorro, los cuales actúan de manera urgente al rescate hídrico ante sequías extremas; permite, además, la automatización y el ahorro de la mano de obra. Para aplicar el agua en un punto específico en forma de lluvia o de niebla se utiliza el sistema de riego por microirrigación, en el cual no se moja todo el suelo, sino sólo una parte húmeda, que es donde la planta concentra sus raíces, este método es útil en sistemas de fertirrigación y es usado para combatir las heladas.

Los sistemas de riego son una de las principales técnicas para incrementar la producción, con ventajas de rendimiento y calidad, con el aprovechamiento de toda el

agua disponible, logrando la disminución al máximo de las pérdidas por escurrimiento y percolación, aplicando el agua al suelo de forma localizada. Con un eficiente sistema de riego se promueve la producción agrícola, se ahorra mano de obra, existe una mayor eficiencia de la fertilización, se puede regar en cualquier condición topográfica, además de permitir el uso de agua con un alto contenido de sales, controlando la distribución de la humedad en el suelo. El adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos permite un *uso más eficiente de la superficie cultivable y un rendimiento mayor en la producción de los cultivos*.

En este contexto, podemos argumentar que la poca modernización de los sistemas de riego en Zacatecas es una de las principales causas de la baja productividad en el cultivo de chile. Esta aseveración se sustenta en los resultados del *Proyecto Estratégico de Tecnificación de Riego 2008-2011* de la SAGARPA. En los últimos cinco años, la superficie modernizada en sistemas de riego de Chihuahua y Zacatecas es muy dispar como se ve en el *Cuadro 3.1*.

Cuadro 3.1

Superficie de cultivo beneficiada con el “Proyecto Estratégico de Tecnificación de Riego 2008 – 2012”.

Periodo	Superficie beneficiada (ha)		Características del proyecto
	Chihuahua	Zacatecas	
2009	27,809.31	8,061.58	Durante el 2009, los principales cultivos apoyados con la instalación de sistemas de riego tecnificados fueron: Maíz, Forrajes, Algodón, Chile verde, Hortalizas y Caña de azúcar. Los sistemas de riego con más demanda para su adquisición son: Pivote Central 36%, Goteo 26%, Microaspersión 9%, Multicompuertas y Válvulas Alfalferas 4%, otros sistemas de aspersión 25% (aspersión fija, portátil, cañón viajero,
2010	4,203.08	2,016.25	En el año 2010, los principales cultivos beneficiados con Tecnificación de Riego son: Hortalizas, Forrajes (maíz forrajero, sorgo forrajero, trigo forrajero y pastos), Maíz, Caña de Azúcar y Nogal. Los tipos de sistemas de riego que se apoyaron son: Pivote Central, Side Roll, Aspersión Fija, Aspersión Portátil, Cañones Viajeros, microaspersión y multicompuertas.
2011	20,031.38	6,571.82	En lo que a cultivos se refiere, los más beneficiados con tecnificación de riego son hortalizas (Chile, calabacita, papa y cebolla) 17%, granos (Maíz, frijol, trigo y sorgo) 24%, caña de azúcar 19%, frutales 15% y otros cultivos 25% del total de hectáreas tecnificadas. Los sistemas de riego más apoyados por su demanda para tecnificar fueron: aspersión 48%, goteo 40%, microaspersión 9% y multicompuerta 2%.
2012	18,247.26*	5,320.3*	Al mes de septiembre, el Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego reporta una superficie beneficiada con sistemas de riego tecnificados de 65,151.03 ha. De los sistemas de riego que se han apoyado, predominan los sistemas por aspersión 42% y goteo 32%, en el resto de la superficie tecnificada, se instalaron proyectos de sistemas de riego por compuertas y válvulas alfalferas 17% y en menor proporción, sistemas de microaspersión 8%.

*Cifras hasta el mes de septiembre de 2012

Fuente: elaboración propia con datos de SAGARPA 2012.

Una conclusión importante es que la tecnología de la agricultura zacatecana ha ido cayendo en la obsolescencia. Sintomático de esto, es el bajo o nulo crecimiento en la productividad. En el siguiente capítulo haremos el comparativo econométrico de éstos dos estados con gran aportación en la producción de chile en México, donde replicaremos el modelo del capítulo 2 pero a nivel regional.

CAPÍTULO 4

4. Análisis comparativo de producción extensiva en superficie sembrada y producción intensiva en tecnología. Caso de los estados Chihuahua y Zacatecas.

En el anterior capítulo se realizó un análisis de la tecnificación del campo mexicano y en particular el caso del chile, cuya finalidad fue encontrar una relación fuerte entre tecnología y productividad que reforzara la especificación del modelo presentado en el capítulo 2. Haciendo las consideraciones pertinentes en cuanto a las estadísticas de tecnificación, el modelo estimado arrojó resultados interesantes. Asimismo, fue posible identificar dos estados que resaltan en la producción de chile en México: Chihuahua y Zacatecas. Como se mencionó en su oportunidad, el primero de estos estados se localiza en la región de alta tecnología, mientras que el segundo se localiza en la región mediana tecnología (Inforural, 2010).

Enseguida nos ocuparemos de replicar el modelo econométrico a nivel regional para estos dos estados, los cuales aportaron conjuntamente el 41% de la producción en 2011 (Chihuahua con 27% y Zacatecas con 14%).

4.1. Modelo econométrico para Zacatecas.

Construimos el modelo para el estado de Zacatecas de la siguiente manera:

$$CHZ = A * SSZ^{\beta_1} RZ^{\beta_2}$$

Nuevamente CHZ representa la producción de chile verde en toneladas para el estado, RZ es la productividad de la tierra medida en toneladas por hectárea, y SSZ es la superficie sembrada en hectáreas. Se retoma la forma logarítmica de dicha función para realizar la regresión y estar en condiciones establecer qué factor ha tenido mayor incidencia en el aumento de la producción, por lo que el modelo estimado se especifica de la siguiente manera:

$$\ln chz = \beta_0 + \beta_1 \ln ssz + \beta_2 \ln rz + u_t$$

donde: $\beta_1 > 0$, $\beta_2 > 0$, representan las elasticidades de las variables respecto del nivel de producción y $\beta_0 = \ln A$ (con las anotaciones ya hechas sobre éste término en el capítulo 2) y el elemento aleatorio u_t .

Los datos utilizados en la regresión se muestran en la *Tabla 4.1*.

Tabla 4.1

Datos del modelo para el estado de Zacatecas.			
Periodo	Volumen de producción de chile verde CHZ (ton.)	Rendimiento total RZ (ton./ha.)	Superficie Sembrada total SSZ (ha.)
1980	15,019	94,865	6.355
1981	14,087	85,748	6.134
1982	28,764	181,420	6.325
1983	9,725	61,651	6.361
1984	12,239	79,224	6.611
1985	19,495	31,153	1.613
1986	22,278	165,381	7.569
1987	21,406	181,049	8.684
1988	27,751	174,200	6.324
1989	31,083	218,836	7.07
1990	18,345	135,418	7.49
1991	22,912	143,243	7.057
1992	44,976	302,864	6.788
1993	35,600	220,946	6.328
1994	22,378	155,709	7.083
1995	23,511	180,786	7.844
1996	21,611	167,913	7.896
1997	34,423.00	270,849.00	8.11
1998	39,346.00	334,957.00	8.64
1999	44,068.00	345,137.00	7.83
2000	34,264.00	308,320.00	9.02
2001	32,092.00	285,801.30	8.92
2002	36,602.00	297,296.00	8.25
2003	39,123.00	266,692.00	7.04
2004	39,532.00	271,247.90	7.27
2005	37,579.00	317,085.00	8.45
2006	39,443.00	280,876.00	7.41
2007	37,215.00	209,330.90	5.79
2008	34,918.65	213,129.45	7.03
2009	37,877.00	288,125.35	7.78
2010	36,321.00	288,796.19	7.96
2011	36,915.50	291,205.85	7.89

FUENTE: SIAP-SIACON (2012).

Como ya se ha señalado, estos datos se transforman logarítmicamente para realizar el análisis de regresión. Los resultados de la primera regresión por MCO se observan en el *Cuadro 4.1*.

Cuadro 4.1

Ecuación no ajustada para la función de producción de chile verde para el estado de Zacatecas

Variable dependiente: <i>Inchz</i>				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadística <i>t</i>	Valor de probabilidad
<i>Inssz</i>	0.992873	0.01537	64.58522	0.0000
<i>Inrz</i>	1.000341	0.02082	48.05031	0.0000
Término de intercepción	0.049942	0.15069	0.331424	0.7427
<i>R2</i> ajustada	0.996588	Error estándar de la regresión		0.032464
Estadística Durbin-Watson (DW)	1.97796	Valor de probabilidad (estadística Fisher (F))		0.000000

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

β_0 es estadísticamente no significativo, por lo que ahora se corre el modelo sin éste término y los resultados se muestran en el *Cuadro 4.2*.

Cuadro 4.2

Ecuación ajustada para la función de producción de chile verde para el estado de Zacatecas

Variable dependiente: <i>Inchz</i>				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadística <i>t</i>	Valor de probabilidad
<i>Inssz</i>	0.997792	0.00394	253.32390	0.0000
<i>Inrz</i>	1.000098	0.02050	48.79773	0.0000
<i>R2</i> ajustada	0.996689	Error estándar de la regresión		0.031979
Estadística Durbin-Watson (DW)	1.940727			

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Los coeficientes β_1 y β_2 son positivos como se esperaba, es decir, que el crecimiento de la producción guarda una relación directa con el aumento de la superficie sembrada y el aumento de la productividad, además de que tanto individual como conjuntamente son estadísticamente significativos; es decir, que explican el modelo adecuadamente. Sin embargo puede verse que, $\beta_1 = 0.997792$, lo cual sugiere que por cada punto porcentual que aumente la superficie sembrada de chile verde, la producción se incrementará en 0.99 puntos porcentuales, esto es, depende en mayor medida de la extensión que se siembra que el promedio nacional. Por otro lado, $\beta_2 = 1.000098$ lo cual indica que por cada punto porcentual de incremento en la productividad, la producción de chile aumentará en 1 punto porcentual, por lo que el impacto tecnológico en la producción es menor que el promedio nacional. Esto

sugiere que la poca modernización de los sistemas de riego y la menor asistencia técnica no han logrado impulsar la productividad y por lo tanto el potencial del volumen de producción.

En cuanto a la bondad de ajuste del modelo tanto R^2 y \bar{R}^2 nos indican un buen ajuste del modelo, con un 99% de explicación del mismo. Por otro lado, la prueba de normalidad Jarque-Bera que se presenta en el *Cuadro 4.3*, es la que nos permite ver nuevamente que los errores no siguen una distribución normal.

Cuadro 4.3

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, Zacatecas 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Normalidad	Los errores se distribuyen normalmente.	Jarque-Bera	0.000000

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Prueba de normalidad de Jarque-Bera.

El criterio de decisión se basa en que si el valor de la probabilidad del estadístico Jarque-Bera es menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula de normalidad en los errores con por lo menos un 95% de confianza, como ocurre en este caso, donde resulta complicado capturar éste comportamiento estocástico. Recurrimos al planteamiento de Malinvaud (1964) respecto a la normalidad, descrito en el capítulo 2.

Veamos ahora que el modelo tiene forma funcional correcta, por lo que realizamos la prueba Reset y los resultados se muestran en el *Cuadro 4.4*.

Cuadro 4.4

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, Zacatecas 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Especificación del modelo	El modelo está bien especificado	Estadística t	0.8049
		Estadística F	0.8049
		Razón de verosimilitud	0.7936

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Prueba de especificación de Ramsey RESET

Se observa que se cumple con el criterio de decisión para no rechazar la hipótesis nula, por lo que se determina que el modelo tiene la forma funcional correcta.

La matriz de autocorrelación presentada en el *Cuadro 4.5* sugiere que existe una alta relación entre la productividad y el volumen de producción, aunque menor a la que existe entre la superficie cultivada y el volumen de producción, confirmando la mayor dependencia del área de siembra en relación con la producción que en relación con la tecnología implícita en la productividad. Asimismo, observamos que no existe multicolinealidad entre la productividad y la superficie cultivada, es decir, los parámetros del modelo son linealmente independientes.

Cuadro 4.5

Matriz de autocorrelación de la variables para Zacatecas.

	<i>Inchz</i>	<i>Lnssz</i>	<i>Inrz</i>
<i>Inchz</i>	1.00000000	0.85614929	0.74442938
<i>Lnssz</i>	0.85614929	1.00000000	0.29645356
<i>Inrz</i>	0.74442938	0.29645356	1.00000000

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Continuando con las pruebas de diagnóstico, ahora veremos si existe un problema de heterocedasticidad, para lo cual recurrimos a las Arch y White cuyos resultados aparecen en los *Cuadros 4.6* y *4.7*.

Cuadro 4.6

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, Zacatecas 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Heteroscedasticidad	Los errores son homoscedásticos	Estadística <i>F</i>	0.6240
		Ji-cuadrada	0.6099

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Prueba de heterocedasticidad autorregresiva condicional (Arch) con un rezago.

Cuadro 4.7

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, Zacatecas 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Heteroscedasticidad	Los errores son homoscedásticos	Estadística F	0.8856
		Ji-cuadrada	0.8688

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA). Pruebas de heteroscedasticidad de White con dos rezagos y sin términos cruzados.

En los cuadros anteriores se observa que cada uno de los estadísticos cumple con el criterio para no rechazar la hipótesis nula, por lo que se determina que no existen problemas de heteroscedasticidad en los errores.

Pasando ahora a la prueba de diagnóstico referente a la existencia de autocorrelación, vemos que el estadístico DW mostrado en el *Cuadro 4.2*, establece la no existencia de autocorrelación de orden 1 con un valor de 1.94. Para constatarlo recurrimos además a otras pruebas como el Correlograma de los residuales, que nos presenta la función de autocorrelación estimada, la de autocorrelación parcial estimada, y las estadísticas Q de Ljung y Box. Todo esto aparece en el *Cuadro 4.8*.

Cuadro 4.8

Correlograma de residuos para Zacatecas.

Autocorrelación	Correlación Parcial	Estadística Q	Valor de la probabilidad
		1	0.917
		2	0.958
		3	0.647
		4	0.666
		5	0.794
		6	0.879
		7	0.902
		8	0.803
		9	0.765
		10	0.814
		11	0.871
		12	0.909
		13	0.891
		14	0.902
		15	0.930
		16	0.953

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Correlograma de estadísticos Q para 16 rezagos.

Como puede verse, los picos del *Cuadro 4.8* no rebasan las bandas de 95.0% de confianza, por lo que se determina que las autocorrelaciones son estadísticamente no significativas, es decir, los errores son ruido blanco.

Otra prueba de diagnóstico importante es la de multiplicadores de Ljung-Box, la cual se obtiene con la prueba Breusch-Godfrey para determinar la existencia de correlación serial, ésta la tenemos en el *Cuadro 4.9*.

Cuadro 4.9

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, Zacatecas 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Correlación serial	No hay correlación serial hasta el orden de rezago2	Estadística F	0.9659
		Ji-cuadrada	0.9612

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Prueba de Breusch-Godfrey para detectar la correlación serial hasta el orden de rezago 2

Como las probabilidades de las estadísticas son mayores a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula al 95.0% de confianza, por lo que se determina que no hay correlación serial.

Pasemos ahora a analizar los resultados del modelo aplicado al estado de Chihuahua.

4.2. Modelo econométrico para Chihuahua.

La especificación del modelo para el estado de Chihuahua es exactamente la misma::

$$CHC = A * SSC^{\beta_1} RC^{\beta_2}$$

Transformando logarítmicamente tenemos:

$$\ln chc = \beta_0 + \beta_1 \ln ssc + \beta_2 \ln rc + u_t$$

Los datos del modelo son mostrados en la *Tabla 4.3*.

Tabla 4.3

Datos del modelo para el estado de Chihuahua.			
Periodo	Volumen de producción de chile verde CH (ton.)	Rendimiento total R (ton./ha.)	Superficie Sembrada total SS (ha.)
1980	69,699	11.378	6,605
1981	66,553	16.613	4,059
1982	62,131	10.621	5,850
1983	48,663	15.841	3,072
1984	101,720	23.341	4,506
1985	121,335	21.047	5,849
1986	85,429	19.504	4,380
1987	157,181	25.446	6,458
1988	42,800	5.554	9,065
1989	98,518	14.997	6,837
1990	120,076	16.517	7,689
1991	210,699	20.263	10,747
1992	291,841	18.687	16,434
1993	201,639	15.005	13,789
1994	155,934	18.073	8,955
1995	310,881	24.479	14,295
1996	268,875	21.23	12,964
1997	579,419.00	20.48	29,430.00
1998	450,342.00	20.44	22,869.00
1999	367,876.00	19.5	19,804.00
2000	409,907.43	20.59	20,229.00
2001	416,003.70	20.26	21,644.50
2002	434,622.11	20.89	21,448.52
2003	362,488.61	20.1	20,229.56

2004	450,015.50	22.32	20,588.03
2005	374,708.71	15.16	30,792.47
2006	472,148.94	17.61	29,448.01
2007	564,256.08	21.07	27,526.75
2008	413,122.29	20.55	26,247.96
2009	508,057.61	19.68	26,933.32
2010	545,828.10	21.53	25,463.32
2011	576,945.71	22.32	26,187.45

FUENTE: SIAP-SIACON (2012).

Se realiza la transformación logarítmica de los datos para realizar el análisis de regresión. Los resultados de la primera regresión por MCO se observan en el *Cuadro 4.10*.

Cuadro 4.10

Ecuación no ajustada para la función de producción de chile verde para el estado de Chihuahua.

Variable dependiente: <i>lnhc</i>				
Variable	Coficiente	Error estándar	Estadística <i>t</i>	Valor de probabilidad
<i>lnssc</i>	0.961269	0.01489	64.57155	0.0000
<i>lnrc</i>	1.078288	0.03584	30.09059	0.0000
Término de intercepción	0.08496	0.14977	0.56728	0.5749
<i>R</i> ² ajustada	0.995411	Error estándar de la regresión		0.055720
Estadística Durbin-Watson (DW)	2.256053	Valor de probabilidad (estadística Fisher (F))		0.000000

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

β_0 es estadísticamente no significativo, por lo que ahora se corre el modelo sin éste término y los resultados se muestran en el *Cuadro 4.11*.

Cuadro 4.11

Ecuación ajustada para la función de producción de chile verde para el estado de Chihuahua.

Variable dependiente: <i>Inhc</i>				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadística <i>t</i>	Valor de probabilidad
<i>Inssc</i>	0.967552	0.00984	98.36820	0.0000
<i>Inrc</i>	1.086942	0.03206	33.90672	0.0000
<i>R2</i> ajustada	0.995515	Error estándar de la regresión		0.055087
Estadística Durbin-Watson (DW)	2.246493			

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Realizando el análisis de la regresión, tenemos que los coeficientes β_1 y β_2 son positivos, es decir, que el crecimiento de la producción guarda una relación directa con el aumento de la superficie sembrada y el aumento de la productividad, además de que tanto individual como conjuntamente son estadísticamente significativos; es decir; que explican el modelo adecuadamente. Ahora observamos diferencias interesantes respecto a los resultados del modelo aplicado al estado de Zacatecas, en primer lugar puede verse que $\beta_1 = 0.967552$, lo cual sugiere que por cada punto porcentual que aumente la superficie sembrada de chile verde, la producción se incrementará en 0.96 puntos porcentuales, esto es, depende en menor medida de la extensión que se siembra que Zacatecas y el promedio nacional. Y en segundo lugar $\beta_2 = 1.086942$ lo cual indica que por cada punto porcentual de incremento en la productividad, la producción de chile aumentará en 1.08 puntos porcentuales, por lo que el impacto tecnológico en la producción es mayor que en Zacatecas y el promedio nacional. De esta manera, se determina que el uso de modernos sistemas de riego y su constante actualización, al igual que la mecanización de procesos y la mayor utilización de servicios fitosanitarios y de asistencia técnica (como vimos en el capítulo 3), le ha conferido al estado de Chihuahua una mayor productividad y un mayor volumen de producción, aun cuando la superficie sembrada es menor que en el caso de Zacatecas.

En cuanto a la bondad de ajuste del modelo, R^2 y \bar{R}^2 nos indican un buen ajuste del modelo, con un 99% de capacidad explicativa de las variaciones. Ahora, en base a la consistencia de los resultados de los anteriores modelos, podemos hacer un resumen

de los resultados de las pruebas de diagnóstico para el caso de Chihuahua, el cual aparece en el *Cuadro 4.12*.

Cuadro 4.12

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada, Chihuahua 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
Normalidad ^a	Los errores se distribuyen normalmente.	Jarque-Bera	0.000000
Especificación del modelo ^b	El modelo está bien especificado	Estadística <i>t</i>	0.5924
		Estadística <i>F</i>	0.5924
		Razón de verosimilitud	0.5706
Heteroscedasticidad ^c	Los errores son homoscedásticos	Estadística <i>F</i>	0.6898
		Ji-cuadrada	0.6776
Heteroscedasticidad ^d	Los errores son homoscedásticos	Estadística <i>F</i>	0.5159
		Ji-cuadrada	0.4819
Correlación serial ^e	No hay correlación serial hasta el orden de rezago2	Estadística <i>F</i>	0.5050
		Ji-cuadrada	0.4670

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

^aPrueba de normalidad de Jarque-Bera.

^bPrueba de especificación de Ramsey RESET

^cPrueba de heterocedasticidad autorregresiva condicional (Arch) con un rezago.

^dPruebas de heterocedasticidad de White con dos rezagos y sin términos cruzados.

^ePrueba de Breusch-Godfrey para detectar la correlación serial hasta el orden de rezago 2

Respecto a la matriz de autocorrelación presentada en *el Cuadro 4.13*, vemos que existe una elevada correlación entre la productividad y el volumen de producción. Ésta es incluso mayor a la que existe entre la superficie cultivada y el volumen de producción, por lo que la tecnología implícita en la productividad tiene una gran incidencia en la producción, pero no existe multicolinealidad entre la productividad y la superficie cultivada; es decir, los parámetros del modelo son linealmente independientes.

Cuadro 4.13

Matriz de autocorrelación de la variables para Chihuahua.

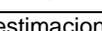
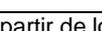
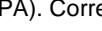
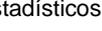
	<i>Inchz</i>	<i>Inssz</i>	<i>Inrz</i>
<i>Linchz</i>	1.00000000	0.61526726	0.92827081
<i>Lnssz</i>	0.61526726	1.00000000	0.28476101
<i>Lnrz</i>	0.92827081	0.28476101	1.00000000

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Enseguida realizamos la prueba de diagnóstico enfocada a determinar la existencia de autocorrelación de los residuales. En principio de cuentas, vemos que el estadístico DW mostrado en el *Cuadro 4.11*, establece la no existencia de autocorrelación de orden 1 con un valor de 2.24. Para constatarlo, recurrimos además a otras pruebas como el Correlograma, que nos presenta la función de autocorrelación de los errores y la de autocorrelación parcial de la variable endógena con sus rezagos estadísticamente significativos, mostrados en el *Cuadro 4.14*.

Cuadro 4.14

Correlograma de residuos para Chihuahua.

Autocorrelación	Correlación Parcial	Estadística Q	Valor de la probabilidad	
		1	0.6425	0.423
		2	1.2412	0.538
		3	2.2364	0.525
		4	2.5989	0.627
		5	2.7440	0.739
		6	4.2007	0.650
		7	4.2320	0.753
		8	4.3001	0.829
		9	4.4942	0.876
		10	4.8013	0.904
		11	4.9919	0.932
		12	5.9624	0.918
		13	6.8816	0.908
		14	6.8938	0.939
		15	7.5159	0.942
		16	7.5429	0.961

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA). Correlograma de estadísticos Q para 16 rezagos.

Al igual que en los modelos anteriores, vemos que los picos no rebasan las bandas al 95.0% de confianza por lo que se determina que las autocorrelaciones son estadísticamente no significativas, es decir, los errores son ruido blanco.

4.3. Análisis de raíces unitarias de las variables a nivel nacional y regional.

A continuación vamos a resumir en el *Cuadro 4.15* si nuestras series son estacionarias en niveles, con lo que se pretende comprobar que nuestros resultados no son espurios. Se utiliza el Argumento de Dickey-Fuller Aumentado con 8 rezagos para el análisis.

Cuadro 4.15

		Raíces unitarias de series logarítmicas en niveles.								
		México			Chihuahua			Zacatecas		
		Inch	Inss	Inr	Inchc	Inssc	Inrc	Inchz	Inssz	Inrz
		t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic	t-Statistic
Prueba estadística Dickey-Fuller Aumentado	Prueba de valores críticos	-3.772637	-6.227938	-3.753896	-1.529335	-3.841952	-5.583111	-1.646847	-3.961347	-5.529426
	Nivel 1%	-4.284580	-4.323979	-4.284580	-4.374307	-4.284580	-4.284580	-4.323979	-4.284580	-4.273277
	Nivel 5%	-3.562882	-3.580623	-3.562882	-3.603202	-3.562882	-3.562882	-3.580623	-3.562882	-3.557759
	Nivel 10%	-3.215267	-3.225334	-3.215267	-3.238054	-3.215267	-3.215267	-3.225334	-3.215267	-3.212361
	Probabilidad de MacKinon	0.0320	0.1928	0.0333	0.7915	0.0275	0.0004	0.7477	0.0211	0.0004

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

La hipótesis nula propone que la serie tiene una raíz unitaria. Si la estadística de prueba resulta positiva o está por debajo del valor crítico, entonces no se rechaza hipótesis. Este resultado se confirma cuando el valor de probabilidad es mayor a 0.05. En tal caso se sabe de la existencia de al menos una raíz unitaria.

En nuestro cuadro observamos que a nivel nacional la producción de chile no presenta raíz unitaria, es decir que es estacionaria, lo que no sucede a nivel regional con Chihuahua y Zacatecas. Por otro lado, la superficie sembrada tiene un comportamiento no estacionario cuando se toma al país en su conjunto, pero a nivel regional el comportamiento sí es estacionario. Por último, vemos que la productividad es estacionaria en todos los casos.

No obstante, si hubiera raíz unitaria en cada una de las variables del modelo, entonces éstas podrían guardar una relación de largo plazo en niveles. En este caso,

la regresión en niveles no sería espuria sino todo lo contrario. En este caso, Maddala (2001) señala que obtener primeras diferencias ocasiona pérdida de información valiosa para el análisis. Es por eso que en este trabajo se utilizó la regresión en niveles, sin embargo en el Anexo 1 se incluye el modelo en primeras diferencias donde los resultados siguen siendo adecuados, esto es, los resultados de la regresión no son espurios.

Conclusiones.

Como se ha demostrado, el nivel de la tecnificación en el sector agrícola es fundamental para generar un crecimiento sostenido de la producción, basado en la continua modernización de los procesos y servicios técnicos que impactan positivamente en la productividad los cultivos. En el caso concreto del producto chile verde, se observó que el volumen de producción ha mostrado una tendencia creciente de 1980 a la fecha, lo cual obedece más es atribuible al aumento de la productividad que al aumento de la superficie sembrada. Esto se debe a que el chile verde presenta un porcentaje de uso tecnológico más elevado que el de otros productos, como el maíz o el sorgo, aunque volumen de producción de chile medido en toneladas no es grande como el del maíz, el arroz, el frijol y el sorgo. El *Cuadro A2.1* del Anexo 2, demuestra que, en el período 2005-2011, la producción de chile fue comparativamente baja, pues representó un 7.34% del total.

En cuanto al “valor” de la producción del chile respecto del total agrícola tenemos igualmente una aportación pequeña (3.9% en el período 2005-2011). Esto contrasta con la aportación del maíz (que asciende a 19.83%), aun cuando la contribución del sorgo es similar (4.7% en el período referido). Véase el *Cuadro A2.2* del Anexo 2.

Los señalamientos anteriores, lejos de ser una desventaja, representan una oportunidad importante, puesto que revelan la existencia de un nicho de mercado susceptible de aprovecharse. Por otra parte, los datos alusivos al consumo aparente y las exportaciones, es decir, a la demanda de chile tanto interna como externa, presentan una tendencia a la alza. Ver *Gráficas A2.1 y A2.2* del Anexo 2.

Analizando a su vez la evolución del precio medio (o promedio) al productor (ver *Gráfica A2.3*, Anexo 2), observamos una estabilización del mismo a partir del 2007, lo cual representa una mayor certidumbre en cuando a los beneficios o márgenes de ganancia de los productores.

Por lo tanto, el entorno de relativa estabilidad de precios de los insumos podría ser aprovechado, particularmente en aquellos lugares con gran potencial para aumentar la producción, cuya única limitante es que siembran poco del producto aun cuando la productividad del mismo es buena, o bien que exhiben una productividad baja debido a la escasa modernización de sus procesos y equipos y a la deficiente utilización de

insumos (al registrar un bajo porcentaje de asistencia técnica y servicios fitosanitarios como se analizó en el capítulo 3). En términos generales, podría afirmarse que lo que se requiere es una transición a sistemas de riego más eficientes, dado que sólo algunos estados del noroeste del país han logrado modernizarse en este sentido.

El riego tradicional que consiste en llevar el agua por gravedad dentro de la parcela, se caracteriza por su baja eficiencia (40% en promedio, que incluye la conducción, la distribución y el riego parcelario), el cual se utiliza principalmente en cultivos básicos mejorados como maíz, trigo y arroz, así como en caña de azúcar y en algunas hortalizas. El riego tecnificado incluye al riego por gravedad mejorado (sifones y multicompuertas), al riego por aspersión y al riego localizado (goteo), y se caracteriza por una alta eficiencia de aplicación de agua (más del 90%), así como por inversión inicial alta. El riego tecnificado es recomendado para cultivos de alto valor comercial como las hortalizas, flores y algunos frutales (Cedillo y Calzada, 2004).

Por otro lado, las semillas de alto potencial genético pueden ser generadas a partir del mejoramiento genético tradicional (selección, cruzamiento e hibridación), que incluye la obtención de variedades e híbridos. Estas semillas también pueden ser generadas por la manipulación genética que da origen a las semillas transgénicas.

En conclusión, para poder incrementar la productividad del Chile y del sector agrícola en general, es necesario utilizar el agua de forma eficiente. Lo anterior exige sistemas de riego modernos, siembra de semillas de alto potencial genético, uso racional del suelo y mejoramiento de las diversas técnicas de manejo de los cultivos. Para avanzar en todos estos frentes, resulta imprescindible el apoyo planificado del gobierno y de los centros de investigación, no sólo con recursos económicos sino, también, con asesoría y capacitación a lo largo de toda la cadena productiva.

También podemos concluir de manera amplia, que el sector agrícola merece atención prioritaria en México debido a su potencial para contribuir al desarrollo y al crecimiento general, así como al bienestar de una parte importante de la población. Se deben aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos que se resumen a continuación:

- Pese a que, de acuerdo a la OCDE, ha habido reducciones significativas en la pobreza rural, las zonas rurales representan aún las dos terceras partes de la

población en pobreza extrema en México, como ocurría a principios de la década de 1990.

- La participación de la agricultura en el empleo en México, de 13.5%, sigue siendo alta.
- En consonancia con otros países en desarrollo avanzados, los ingresos agrícolas como porcentaje del ingreso familiar total han disminuido bruscamente, pero en México representan todavía una parte importante de los ingresos de la población pobre, que incluye tanto a los productores independientes como a los trabajadores agrícolas asalariados.
- A pesar de las enormes variaciones entre las distintas regiones del país y las fuertes diferencias entre los tipos de explotación agrícola, el crecimiento del PIB agrícola en México en su conjunto ha sido más lento que el de la mayoría de sus vecinos regionales.
- El sector está más abierto a la competencia internacional desde la entrada en vigor del TLCAN, pero el resultado de las exportaciones agrícolas mexicanas no ha sido tan fuerte como el promedio para la región latinoamericana en las dos últimas décadas.

ANEXO 1.

Modelo econométrico del chile verde en primeras diferencias.

$$dlnch = \beta_0 + \beta_1 dlnr + \beta_2 dlnss + u_t$$

Cuadro A1.1

Ecuación ajustada en primeras diferencias para la función de producción de chile verde

Variable dependiente: <i>dlnch</i>				
Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadística <i>t</i>	Valor de probabilidad
<i>dlnss</i>	0.870270	0.079276	10.97776	0.0000
<i>dlnr</i>	0.973313	0.050196	19.39016	0.0000
<i>R</i> ² ajustada	0.924547	Error estándar de la regresión		0.043191
Estadística Durbin-Watson (DW)	2.777606			

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Cuadro A1.2

Pruebas de diagnóstico de los residuos de la ecuación de regresión ajustada en primeras diferencias, 1980-2011.

Tipo de prueba	Hipótesis nula	Estadísticas	Valor de probabilidad
^a Normalidad	Los errores se distribuyen normalmente.	Jarque-Bera	0.643529
^b Especificación del modelo	El modelo está bien especificado	Estadística <i>t</i>	0.4917
		Estadística <i>F</i>	0.4917
		Razón de verosimilitud	0.4654
^c Heteroscedasticidad	Los errores son homoscedásticos	Estadística <i>F</i>	0.3422
		Ji-cuadrada	0.3252
^d Heteroscedasticidad	Los errores son homoscedásticos	Estadística <i>F</i>	0.3685
		Ji-cuadrada	0.3393
^e Correlación serial	No hay correlación serial hasta el orden de rezago2	Estadística <i>F</i>	0.0004
		Ji-cuadrada	0.0010

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

^aPrueba de normalidad de Jarque-Bera.

^bPrueba de especificación de Ramsey RESET

^cPrueba de heteroscedasticidad autorregresiva condicional (Arch) con un rezago.

^dPruebas de heteroscedasticidad de White con dos rezagos y sin términos cruzados.

^ePrueba de Breusch-Godfrey para detectar la correlación serial hasta el orden de rezago 2

Cuadro A1.3

Correlograma de residuos del modelo en primeras diferencias.

Autocorrelación	Correlación Parcial	Estadística Q	Valor de la probabilidad	
		1	1.0924	0.296
		2	1.3543	0.508
		3	4.1959	0.241
		4	5.0768	0.280
		5	5.1988	0.392
		6	5.4003	0.494
		7	5.6911	0.576
		8	8.3008	0.405
		9	12.2440	0.200
		10	12.7550	0.238
		11	14.2820	0.218
		12	15.0210	0.240
		13	15.4260	0.281
		14	16.5720	0.280
		15	18.7070	0.227
		16	18.8260	0.278

Fuente: estimaciones del autor a partir de los datos anuales de las bases de datos del SIACON (SAGARPA).

Correlograma de estadísticos Q para 16 rezagos.

ANEXO 2.

Cuadro A2.1

	Volumen de producción (ton)								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Promedio	Relativo %
Productos seleccionados*	25,981,138.45	29,134,761.13	31,004,321.88	32,338,787.03	27,555,278.32	31,615,037.06	24,805,968.70	28,919,327.51	100.00
Maíz	19,338,712.89	21,893,209.25	23,512,751.85	24,410,278.53	20,142,815.76	23,301,878.48	17,635,417.31	21,462,152.01	74.21
Sorgo	5,524,384.45	5,518,518.46	6,202,920.10	6,593,050.48	6,108,085.15	6,940,224.73	6,429,311.46	6,188,070.69	21.40
Chile	2,023,442.03	2,078,476.54	2,259,562.44	2,052,430.77	1,981,564.45	2,335,560.28	2,131,739.73	2,123,253.75	7.34

Fuente: elaboración propia con datos del SIACON (SAGARPA).

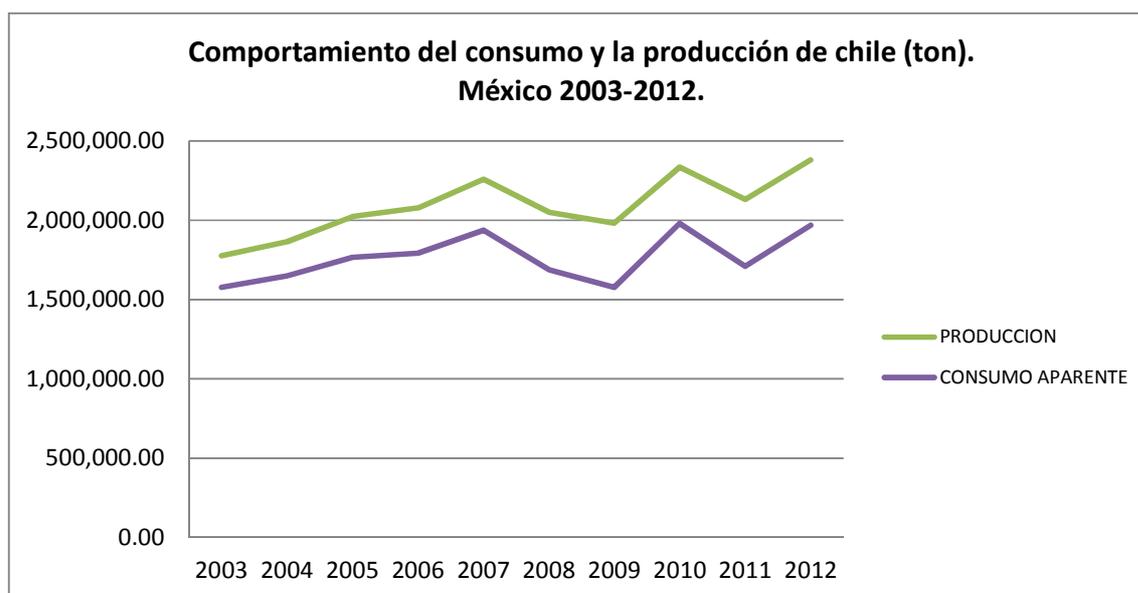
*Maíz, Arroz palay, Frijol y Sorgo

Cuadro A2.2

	Valor de la producción (mdp)								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Promedio	Relativo %
Resumen de cultivos	200,250.59	232,708.97	269,950.98	305,950.65	294,661.93	331,786.02	354,656.86	284,280.86	100.00
Maíz	30,515.12	44,017.36	57,417.90	68,764.85	56,441.24	65,629.39	71,913.86	56,385.67	19.83
Sorgo	6,607.13	8,637.35	11,935.46	15,235.31	13,188.39	15,752.80	22,185.07	13,363.07	4.70
Chile	9,852.02	8,064.36	12,021.13	11,286.11	11,039.08	13,224.80	12,099.21	11,083.82	3.90

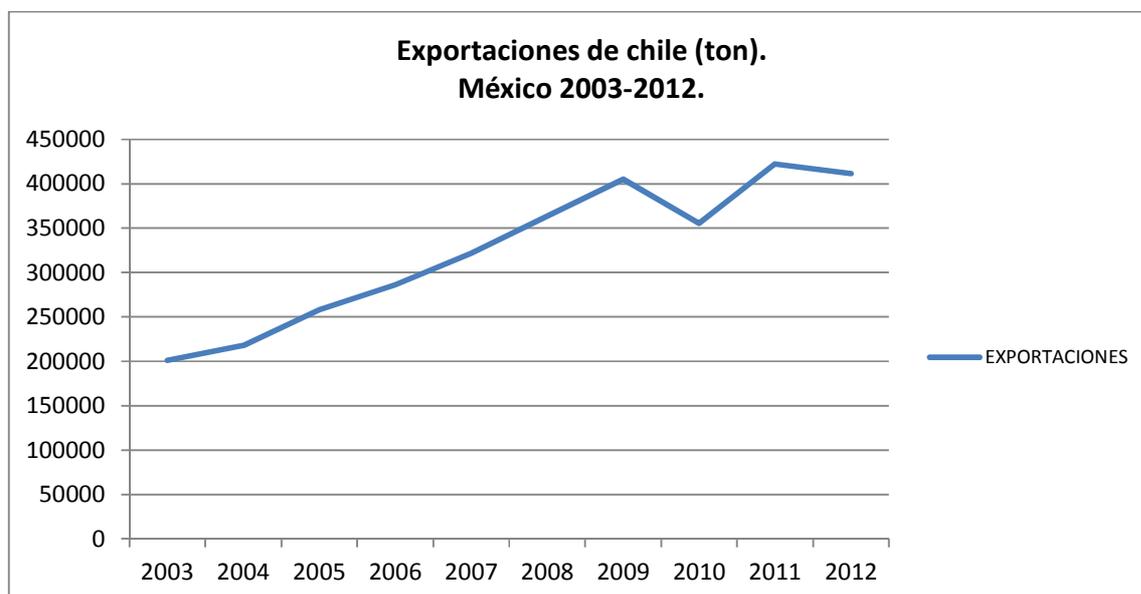
Fuente: elaboración propia con datos del SIACON (SAGARPA).

Gráfica A2.1



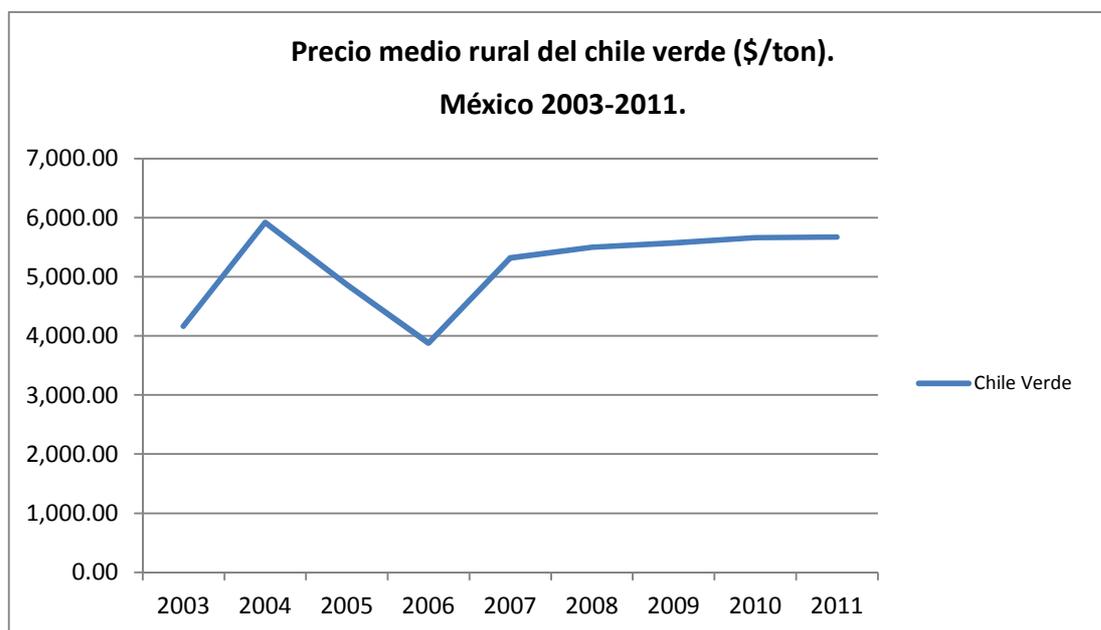
Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía y el SIACON (SAGARPA).

Gráfica A2.2



Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Economía y el SIACON (SAGARPA).

Gráfica A2.3



Fuente: elaboración propia con datos del SIACON (SAGARPA).

Referencias bibliográficas.

A la baja, la producción de chile en México. (2010,15 de noviembre). La jornada, pp 2.

ADELMAN, Irma. (1978). *Teorías del desarrollo económico*. Tercera reimpresión, México: Fondo de Cultura Económica, México.

ANDERSON, K. y A. Valdes (2007), *Distortions to Agricultural Incentives in Latin America*, Working Paper 60 of World Bank, Washington, DC.

BALTAZAR MONTES, B. (1998). *Diversidad genética del cultivo del chile (Capsicum spp) determinada por isoenzimas y RFLP's tipos: serrano, jalapeño, manzano y silvestres en su área de distribución*. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G026. México D. F.

CALATRAVA, J. y Cañero, R. (2001). *Funciones de producción frontera en invernaderos almerienses: Identificación de factores relacionados con la eficiencia técnica*. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros.

CARRILLO HUERTA, Mario Miguel (2001). *El sector agropecuario mexicano. Antecedentes recientes y perspectivas*. Instituto Politécnico Nacional, Dirección de Publicaciones.

CEDILLO, Eugenio y M. Calzada (n.d.) *Los sistemas de riego y las semillas mejoradas en la agricultura moderna*. UNAM. <http://www.revistaencuentros.com/wp-content/uploads/2010/08/Los-sistemas-de-riego-y-las-semillas-mejoradas.pdf>

Chile, producción nacional (2012) Consultado el 4 de julio. Inforural. <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article7381>

CUEVAS, Víctor M. (2010). *México: dinámica de las exportaciones manufactureras*. REVISTA Cepal 102.

ESCALANTE SEMERENA, Roberto I. (2008). *Situación actual del sector agropecuario en México: perspectivas y retos*. Economía Informa, núm. 350.

HEWITT, Joanna (2011). *Arreglos institucionales para las políticas agrícolas, pesqueras y alimentarias de México*. OCDE París. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Inst.%20Arrang.%20Spanish.pdf>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-INEGI (2010), Censo agrícola 2007, México.

MADDALA, G. S. (2001). *Introduction to Econometrics*. Macmillan Publishing Company.

MALINVAUD, E. (1964). *Statistical Methods in Econometrics*, Amsterdam: North-Holland.

México, primer exportador de chile verde del mundo. (2012) Consultado el 6 de julio. 2000Agro Revista Industrial del Campo.

<http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/hortofruticola/mexico-primer-exportador-de-chile-verde-del-mundo/>

MONTOYA SUÁREZ, Omar. (2004). *Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico*. Scientia et Technica Año X, No 25, Agosto 2004. UTP. ISSN 0122-1701

RUBLO ISLAS, A. (1991) *Aplicaciones de la biotecnología a los recursos fitogenéticos potenciales de México*, en R. Ortega, G. Palomino, F. Castillo, V. González y M. Livera (eds.) Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.

SCHUMPETER, J. (1978). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Quinta Reimpresión, México: Fondo de Cultura Económica.

SCOTT, J. (2005), *Transferencias públicas (y otros ingresos) en especie en la medición de la pobreza*, en Szelely (ed.), 2005, citado en RGP del Banco Mundial, 2009.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - SAGARPA (2010), *Retos y oportunidades del sistema agroalimentario de México en los próximos 20 años*, México, D. F.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - SAGARPA (2012). *Memoria documental del "Proyecto estratégico de tecnificación de riego" 2008 – 2012*. Dirección General de Productividad y Desarrollo Tecnológico. http://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/PNRCTCC/PNRCTCC%202012/MEMORIA%20DOCUMENTALTECNIFICACION%20DE%20RIEGO_FINAL%20PDF.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP (2011). *Estadística de uso tecnológico y de servicios en la superficie agrícola. Cuadros tabulares 2011*.

Consultado el 6 de mayo de 2012, de

<http://www.siap.gob.mx/opt/agricultura/tecnificacion/Estadistica.pdf>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP (2012) Consultado el 11 de noviembre de 2012, de <http://www.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografia-chile.pdf>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP (2012) Consultado el 28 de noviembre de 2012, de

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=310:mexico-primer-lugar-mundial-en-produccion-de-chile-verde-y-sexto-en-la-de-chile-seco&catid=6:boletines&Itemid=335

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP (2012) *Sistemas de Riego y su Eficiencia*. Consultado el 23 de mayo de 2013.

<http://www.siap.gob.mx/atlas/SR.html>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP (2012). *Mecanizada 70% de la superficie agrícola mexicana*. *DISEMINA*, Número 97.

<http://www.siap.gob.mx/opt/123/98/97.html>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP (2012). *Climas de México*. *DISEMINA*, Número 75. <http://www.siap.gob.mx/opt/123/76/75.html>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP (2012). *México, sexto lugar mundial por su infraestructura hidroagrícola*, Número 103.

<http://www.siap.gob.mx/opt/123/104/103.html>

TORO, P. *et. al.* (2010). *Modelos econométricos para el desarrollo de funciones de producción*. Consultado el 12 de enero de 2013 en

http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/10_10_02_Modeloseconometricos17-05-10.pdf

VARIAN, Hal R (1992). *Microeconomic Analysis*, 3rd. edition, Antoni Bosch, editor, S.A.

World Bank (2009), *Agriculture and Rural Development Public Expenditure Review: Mexico*, Washington, DC.

World Bank (2011), *World Development Indicators Database, 2011*, Washington, DC.