CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A. C.

APLICACIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE FACTORES PARA EL DESARROLLO DE UN ÍNDICE DE RIESGO AGRÍCOLA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN ECONOMÍA

PRESENTA

JORGE LUIS OCAÑA CORONA

DIRECTOR DE LA TESIS: DR. GUSTAVO ADOLFO DEL ÁNGEL MOBARAK

MÉXICO, D. F. JUNIO DE 2011

A mi abuela:

Campesina, migrante, pero sobre todo, valiente mujer zacatecana.

El sufrimiento endureció tu corazón, pero te dio el valor y la determinación para dar a nosotros, tus hijos, un mejor horizonte de oportunidades…

Este trabajo, aunque académicamente es una nimiedad, personalmente es un logro y representa la feliz culminación de un ciclo de mi vida. En este sentido quiero extender los siguientes agradecimientos.

Agradezco a toda mi familia por su apoyo, confianza y cariño. Sé que con ustedes siempre tendré una deuda.

Agradezco a mi novia, Mariana, por un año de felicidad. Aún falta un largo camino por recorrer, pero recuerda: The sun is waiting for us… TAM…

Agradezco al Dr. Gustavo del Ángel, por darme la oportunidad de colaborar con él y por aceptar dirigir mi tesis. Su apoyo fue y es invaluable.

Agradezco al Centro de Investigación y Docencia Económicas por haberme permitido acceder a una mejor educación y a mejores oportunidades.

Agradezco a todos mis profesores por sus enseñanzas, presiones, ofensas y demás cosas fantásticas que tienen lugar en ese espacio de poder tan maravilloso llamado "salón de clases".

Finalmente, agradezco a todos mis amigos y a todas aquellas personas que en algún momento de mi vida me hicieron retomar el camino.

Sinceramente

Jorge L. Ocaña

Índice

Introducción 9

1. Antecedentes 11

1.1. La economía rural y sus problemas 11

1.2. Objetivo 14

1.3. Revisión de literatura 15

1.4. Definición de una medida observable de siniestralidad 17

2. El sector agrícola en México 21

2.1. La base de datos 21

2.2. Las características de la explotación agrícola en México 22

3. El modelo 30

3.1. Aplicación del modelo estadístico de factores 30

3.2. Un enfoque de portafolio para la siniestralidad agrícola 31

3.3. El modelo y sus supuestos 35

3.4. Los métodos de estimación y sus problemas 38

3.5. La construcción del índice de riesgo 44

4. Resultados 44

4.1. Índice de riesgo para el ciclo Primavera-Verano 45

4.2. Índice de riesgo para el ciclo Otoño-Invierno 49

4.3. Discusión 51

5. Conclusiones 52

6. Bibliografía 55

7. Anexos 58

Introducción

Para los hacedores de política es importante contar con diversas medidas de riesgo que les permitan una mejor toma de decisiones cuando asignan recursos, crean esquemas de cobertura o establecen fondos financieros destinados a atender y prevenir los efectos de contingencias climatológicas. En línea con esta necesidad, este trabajo propone una nueva metodología para la estimación de un índice que nos permita clasificar a las entidades mexicanas de acuerdo al nivel de riesgo que enfrentan sus economías rurales. En particular, proponemos un índice que estratifica a las entidades federativas de acuerdo al riesgo climatológico que enfrentan las actividades agrícolas. El ejercicio es relevante por tres razones.

La primera tiene que ver con el peso de este sector en la economía nacional. Si bien las actividades agropecuarias, silvícolas y pesqueras, que son el motor de la economía rural, tan solo representa el 3.7 % de la economía nacional, es necesario observar que de ellas depende una proporción importante de la población mexicana. Según datos del INEGI, en 2010 estas actividades ocuparon al 13.5% de la fuerza laboral, pero de la economía rural depende el 22.0 % de la población. Estos bajos niveles de ingreso y productividad se combinan con una creciente exposición a riesgos climatológicos que amenazan el patrimonio de las familias e inhiben las inversiones necesarias para el desarrollo de economías rurales más productivas y con mayores niveles de ingreso.

La segunda tiene que ver con los niveles crecientes de riesgo a los que se enfrentan los sistemas socioeconómicos. Según el Informe Stern y el informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, los patrones del clima están cambiando y,

como consecuencia, la intensidad y frecuencia de los fenómenos climáticos extremos está aumentando (Galindo, 2008). En México, las consecuencias del cambio en los patrones climáticos ya pueden observarse. Saldaña (2007) analiza el impacto económico de los fenómenos climáticos en México y encuentra que en las últimas tres décadas los desastres naturales se han incrementado, tanto en frecuencia como en costo económico. Otros autores, como Keykhah (2000), Brauner (2002) y Emmerson (2007), analizan las consecuencias a nivel global y afirman que se pueden esperar mayores pérdidas económicas causadas por fenómenos climáticos, no sólo en la economía rural, sino en los sistemas socioeconómicos en su conjunto. En síntesis, existe un consenso creciente en parte de la comunidad científica, de que el riesgo climático está incrementándose.

Por último, la tercera tiene que ver con la ausencia de mercados completos, como el de seguros, que permitan una eficaz transferencia de riesgos y reduzcan la volatilidad de la riqueza de las familias en la economía rural. Esta ausencia de mercados obliga al estado a desarrollar políticas de prevención y crear esquemas financieros que le permitan hacer frente a las contingencias. Sin embargo, es necesario que cualquier diseño de política evalúe previamente el riesgo por medio de diversos índices.

Para lograr nuestro objetivo, este trabajo se organiza de la siguiente forma. En el capítulo 1 se hace una breve revisión de la literatura y se definen las medidas que se utilizaran para la estimación del índice. En el capítulo 2 se describirán las características de la explotación agrícola en México. En el capítulo 3 se presentará el modelo que servirá de base para la estimación del índice así como los supuestos que lo subyacen y se describirá la metodología. Por último, en el capítulo cuatro se presentaran los resultados y se comparan

con los de Torres (2006), con los datos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) y con los del Fondo para Atender a la Población rural afectada por contingencias climatológicas (FAPRACC). Finalmente, se presentan las conclusiones.

1. Antecedentes

1.1 La economía rural y sus problemas

La producción agrícola —y en general la economía rural— está expuesta a un amplio conjunto de riesgos. Sin duda, uno de los más importantes es el que se deriva del potencial destructivo de las variaciones atípicas o extremas del sistema climático. Procesos como el germinado de las semillas, el ciclo de crecimiento de las plantas y el desarrollo de los frutos requieren de condiciones climáticas específicas que de no presentarse ocasionan daños de distinto grado en los cultivos. En el mejor de los casos, las variaciones de los fenómenos climáticos pueden afectar la calidad de los frutos o la productividad de la tierra, lo que se traducirá en pérdidas económicas de distinta cuantía; en el peor, pueden dañar severamente los cultivos y ocasionar el colapso de la economía rural. Aunado a lo anterior, los siniestros agrícolas suelen ir acompañados de daños severos en la infraestructura de las comunidades y en el patrimonio de las familias más pobres, sobre todo cuando el fenómeno causante del siniestro es de tipo hidrometeorológico, lo que se convierte en un lastre para la movilidad social.

Una vez que los siniestros se presentan, el esfuerzo de reconstrucción y la reactivación de la economía rural exigen una gran cantidad de recursos humanos y financieros con un alto costo de oportunidad para la sociedad (Saldaña, 2007). Pero al mismo tiempo, el colapso de la economía rural y el daño ocasionado al patrimonio de las familias genera otro tipo de

problemas con un impacto de largo plazo, como la migración y la persistencia del atraso y la marginación (Escamilla, 2005). Además del costo de oportunidad y de los efectos de largo plazo, el problema del riesgo climatológico en las actividades agrícolas adquiere mayor relevancia para el caso mexicano por dos razones.

La primera tiene que ver con las características de la explotación agrícola en México y el conglomerado humano que depende de ellas. Éstas se sintetizan en la existencia de asimetrías tecnológicas y financieras que llevan indiscutiblemente a asimetrías en productividad, ingreso y capacidad para administrar los riesgos propios de la actividad agrícola. Por ejemplo, en el cuadro 9 del anexo se presenta la productividad promedio del periodo 1995-2005 por tipo de producto, ciclo agrícola y modalidad de cultivo para las 32 entidades de México. Como podemos observar, la productividad de la superficie cosechada es mayor en la modalidad de riego que en la de temporal para todos los ciclos y cultivos. Sin embargo, como se muestra en el cuadro 10 del anexo, Sinaloa, Guanajuato y Sonora concentraron en el periodo 1995-2005 el 43.7% de la superficie sembrada en la modalidad de riego en todos los ciclos y cultivos. Aunado a lo anterior, en el cuadro 12 del anexo se muestra que estas entidades concentraron en promedio el 25.9% del valor de la producción agrícola en el mismo periodo. Es decir, mientras existen regiones agrícolas dotadas de sistemas de irrigación, altamente productivas y con una gran capacidad financiera para controlar y mitigar los riesgos, subsisten amplias zonas agrícolas en donde la baja productividad y la vulnerabilidad son la constante. Esto adquiere una gran relevancia

debido a que, según datos del INEGI, cerca del 13.5% de la fuerza laboral se ocupa en actividades agropecuarias aunque sólo produce el 3.7% del PIB.[1]

La segunda se relaciona con el incremento en frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos. Según el Informe Stern y el informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, los patrones del clima están cambiando y, como consecuencia, la intensidad y frecuencia de los fenómenos climáticos extremos está aumentando (Galindo, 2008). Por su parte, Saldaña (2007) analiza el impacto económico de los fenómenos climáticos en México y encuentra que en las últimas tres décadas los desastres naturales se han incrementado, tanto en frecuencia como en costo económico. Keykhah (2000), Brauner (2002) y Emmerson (2007) afirman que se pueden esperar mayores pérdidas económicas causadas por fenómenos climáticos, no sólo en el sector agrícola, sino en los sistemas socioeconómicos en su conjunto. En síntesis, el consenso en la comunidad científica es que el riesgo climático está incrementándose y en consecuencia el riesgo al que se enfrenta el sector agrícola es mayor y creciente. En el sector de la producción agrícola en México, el incremento en la intensidad y frecuencia de los fenómenos climáticos, combinado con las características de los cultivos, el tipo de explotación agrícola y la situación geográfica de la superficie agrícola, propicia una mayor vulnerabilidad. Según datos de AGROASEMEX (2006), entre 1995 y 2005 las sequías, las inundaciones, las lluvias y los huracanes estuvieron asociados con el 96% de los pagos realizados por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) y el Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC).

[1] Los datos corresponden a 2010.

También es necesario considerar que los fenómenos climáticos no sólo han afectado a la producción agrícola, sino también a un conjunto amplio de la sociedad. Por ejemplo, entre 1970 y 1990 se registraron poco más de 1,000 inundaciones que cobraron más de 1,800 víctimas y tuvieron un costo estimado de 7,700 millones de dólares. En Septiembre de 1998, inundaciones y deslaves en el estado de Chiapas dejaron sin hogar al 25% de la población que en su mayoría residía en las zonas costeras (Saldaña, 2007). Dado lo anterior, la construcción de un índice de riesgo agrícola también puede ser una forma de identificar a las entidades mexicanas más vulnerables.

1.2 Objetivo

El objetivo de este trabajo es estimar un índice que nos permita estratificar a las entidades federativas mexicanas de acuerdo al nivel de riesgo que enfrenta la producción agrícola. En general, las pérdidas experimentadas en la producción agrícola son consecuencia de la intensidad y la fuerza de los fenómenos climáticos y de la sensibilidad de cada entidad ante dichos fenómenos. Por lo tanto, el índice debe ponderar la sensibilidad de cada entidad ante los factores que subyacen a los siniestros en la producción agrícola y la vulnerabilidad muy particular que enfrenta cada entidad. Estas dos dimensiones del riesgo se conocen como sistemáticas e idiosincráticas.

Para lograr el objetivo de esté trabajo se utiliza información sobre la superficie sembrada y cosechada por entidad federativa. La fuente de información es el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Construimos dos medidas de siniestralidad. Las medidas de siniestralidad nos permitirán hacer uso de un modelo estadístico de factores para identificar la sensibilidad de cada una de las entidades ante los factores que subyacen a los siniestros

en la producción agrícola así como su riesgo específico o idiosincrático. Una vez calculada la sensibilidad de cada región se construirá el índice. El índice resultante es comparado con el estimado por Torres (2008). Finalmente, los índices son comparados con los recursos del FONDEN utilizados en el periodo 2005-2010 y los recursos del FAPRACC utilizados en el periodo 1995-2004. Se espera que los estados con un riesgo mayor al promedio concentren la mayor proporción de los recursos provenientes de los fondos.

1.3 Revisión de literatura

En gran parte debido a la discusión sobre el cambio climático, la investigación científica sobre el comportamiento del clima y su interacción con el medio físico se ha multiplicado en los últimos años. Un conjunto de investigaciones busca identificar cuáles son las causas de los fenómenos climáticos, de qué depende su intensidad, frecuencia y comportamiento y si es plausible suponer que éstos están cambiando. Otro conjunto de investigaciones evalúa el impacto del clima en los sistemas socioeconómicos, su costo económico y los factores de riesgo para las sociedades humanas. Sin embargo, existe aún desacuerdo entre la comunidad científica sobre las variables que explican el comportamiento del clima y su dinámica de mediano plazo. Ello ocasiona que exista una gran incertidumbre en los pronósticos del impacto económico de las variaciones del clima y, en consecuencia, en la medición del riesgo climático (Kunreuther, 2001).

Las investigaciones arriba mencionadas podrían clasificarse en dos grupos. En el primero encontramos a los modelos de circulación general que intentan extraer información a partir de simular las interacciones en la atmósfera. Este tipo de modelos son ampliamente utilizados en el área de la meteorología. Sin embargo, su uso es limitado debido a que aún

existe un alto grado de incertidumbre sobre los pronósticos de mediano y largo plazo que dichos modelos arrojan. En el segundo, se encuentran los modelos estocásticos de variables climáticas clave como la precipitación pluvial. Algunos modelos hacen uso de las simulaciones de Monte Carlo para estimar la probabilidad de que las variables climáticas superen ciertos umbrales. Sin embargo, como lo menciona Brauner (2002), los procesos climáticos son fenómenos físicos, no estadísticos. Los datos observados nos dan cuenta de forma imprecisa acerca de la frecuencia con que un fenómeno se presenta, pero no sobre los mecanismos subyacentes que lo provocan. Hay una diferencia cualitativa fundamental entre las observaciones estadísticas y las relaciones causales.

La constante en los trabajos arriba mencionados es que modelan el clima y no sus consecuencias. Desde el punto de vista económico y de política, es necesario identificar los complejos socioeconómicos más vulnerables y estimar el impacto económico de los fenómenos climáticos. Ejercicios como el último han sido hechos por Saldaña (2007), quién analiza la vulnerabilidad socioeconómica ante los desastres naturales en México, y Galindo (2008), quién hace un diagnóstico de mediano plazo. Sin embargo, estos trabajos son evaluaciones muy generales que no proponen medidas de riesgo.

Dado lo limitado del conocimiento sobre las relaciones causales entre el sistema climático y el medio físico y lo “inapropiado” de considerar los procesos climáticos como meros eventos estadísticos, surge la necesidad de buscar una tercera vía que use el poder de las técnicas estadísticas, pero que no ignore las relaciones causales subyacentes. Un trabajo que modela los siniestros agrícolas es el de Torres (2008) que construye un índice de riesgo agrícola tomando como supuesto que los siniestros de la superficie agrícola tienen un

comportamiento crítico auto-organizado. Desde nuestra perspectiva, lo relevante de este enfoque es que no considera a los siniestros agrícolas como un evento estocástico, pero su debilidad es que ignora completamente la relación causal subyacente. En este trabajo desarrollamos un índice de riesgo que sí incorpora los factores que subyacen a la siniestralidad agrícola. Si bien estos factores no pueden ser fácilmente identificados, su incorporación puede representar una ventaja cuando se estima un índice de riesgo como el aquí propuesto.

1.3 Definición de una medida observable de siniestralidad

El primer paso para cumplir con el objetivo de esta investigación es establecer una medida observable de "siniestralidad". En la industria de los seguros agropecuarios, las medidas de siniestralidad toman en consideración variables de productividad de los cultivos con el fin de capturar de forma más precisa los umbrales para los que el agricultor experimente disminuciones en el valor de su capital (Galvis, 2001; AGROASEMEX, 2006). Sin embargo, estas definiciones requieren de la introducción de variables nominales que pueden llegar a ser muy volátiles, como el precio de los productos agrícolas y los costos de producción además de hacer uso de datos meteorológicos a un nivel muy desagregado. Este tipo de análisis escapa a los objetivos de este trabajo.

En este trabajo se utilizan dos medidas de siniestralidad: la superficie siniestrada y la tasa siniestral para cada ciclo agrícola. La superficie siniestrada está medida en hectáreas y la tasa siniestral es un porcentaje que nos indica qué proporción de las hectáreas sembradas se siniestró. En cierto sentido, es una medida de éxito. La primera medida se define como la diferencia entre la superficie sembrada y la cosechada y la segunda como el ratio entre la

superficie siniestrada y el total de la superficie sembrada por región o cultivo. Aritméticamente se expresan de la siguiente forma.

$$ssi_{i,t} = Superficie\ Sembrada_{i,t} - Superficie\ Cosechada_{i,t}$$

$$\tau_{i,t} = \frac{ssi_{i,t}}{Superficie\ Sembrada_{i,t}}$$

Donde:

$ssi_{i,t}$: es la superficie siniestrada, medida en hectáreas, observada en la región i en el año t.

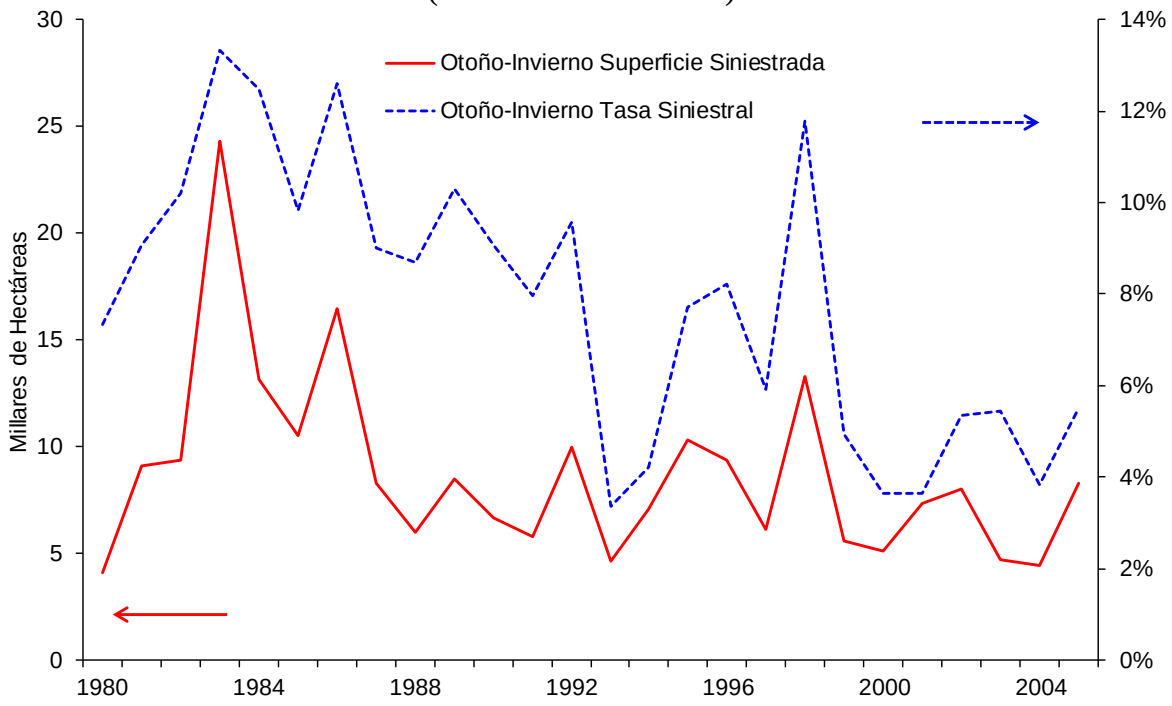
$\tau_{i,t}$: es la tasa siniestral observada en la región i en el año t.

¿Por qué es necesario usar dos medidas? Suponga que tiene datos sobre la superficie siniestrada para la región i desde 1980 hasta 2005 y ésta es la misma para todos los años. ¿Qué puede decir acerca de la siniestralidad en dicha región? Una conclusión sencilla es que el nivel de siniestralidad no ha experimentado variación. Sin embargo, al observar los datos sobre la superficie sembrada se percata de que ésta se ha reducido año con año. Ahora es evidente que nuestra primera conclusión es vergonzosamente errónea. En efecto, la superficie siniestrada es una proporción cada vez mayor de la superficie sembrada lo que nos lleva a concluir que el nivel de siniestralidad se ha incrementado. Por ejemplo, supongamos que en dos periodos subsecuentes se cultivaron 10 hectáreas y en ambos 2 de ellas se siniestraron. En este caso la siniestralidad en ambos periodos fue la misma: 2 hectáreas o 20 % de las hectáreas sembradas. Sin embargo, si en el primer periodo se siembran 10 hectáreas y en el segundo 5 y las hectáreas siniestradas son 2 en cada periodo la conclusión ya no es la misma. Note que la superficie siniestrada es la misma en ambos

periodos —2 hectáreas—, pero la proporción de hectáreas siniestradas con respecto a las sembradas es mucho mayor en el segundo periodo —20% en el primer periodo versus 40% en el segundo—.

La gráfica 1 muestra la superficie siniestrada promedio y la tasa siniestral promedio para cada año de la muestra en el ciclo Otoño-Invierno. Ambas medidas de siniestralidad exhiben una volatilidad similar. A priori podemos suponer que no deberían existir diferencias significativas en los índices de riesgo, sea cual sea la medida utilizada, debido a que el método de estimación se basa en la volatilidad de las medidas de siniestralidad y no en sus valores absolutos. Sin embargo, se harán las estimaciones con ambas medidas para conocer si nuestra suposición se verifica.

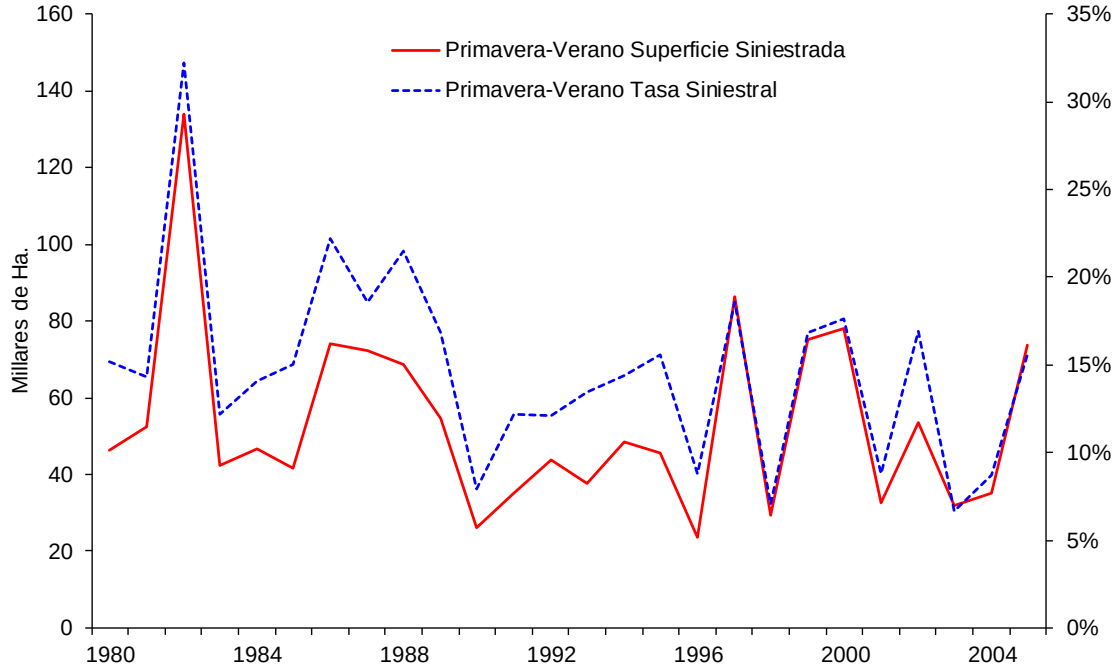
Gráfica 1. Superficie Siniestrada vs. Tasa Siniestral
(Promedios Nacionales)



Fuente: SIAP-SAGARPA

La gráfica 2 muestra las medidas de siniestralidad para el caso del ciclo Primavera-Verano. Nuevamente observamos, quizá aquí de forma más clara, que la volatilidad es muy similar. Con base en la observación de las gráficas 1 y 2 podríamos suponer que tanto la superficie siniestrada como la sembrada mantienen una correlación positiva y además los cambios son proporcionales en ambas medidas. Es decir, que a una mayor superficie sembrada existe una mayor superficie siniestrada. Sin embargo, esto no se cumple en la mayoría de los casos. Por ejemplo, en la gráfica 2 para el año 1993 se observa que la superficie siniestrada se redujo mientras que la tasa siniestral se incrementó. Para que la tasa siniestral se incrementara fue necesario que la superficie siniestrada cayera menos que proporcionalmente respecto a la caída en la superficie sembrada lo que llevaría a exhibir una correlación negativa entre ambas medidas. Es necesario estimar los índices con ambas medidas y conocer si estos efectos implican grandes cambios en los resultados.

Gráfica 2. Superficie Siniestrada vs. Tasa Siniestral
(Promedios Nacionales)



Fuente: SIAP-SAGARPA

2. El sector agrícola en México

2.1 La base de datos

Para la estimación del índice de riesgo en este trabajo se hace uso del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). El SIAP es una base de datos longitudinal con información acerca del volumen de producción agrícola, hectáreas sembradas y hectáreas cosechadas por entidad federativa y tipo de cultivo desde 1980 hasta 2005. La base de datos es alimentada de la información que proveen las delegaciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en el territorio nacional.

La base de datos recoge la información por ciclo agrícola y a un nivel muy poco desagregado en términos geográficos —entidades federativas—. Ello representa un problema porque no nos permite identificar las diferencias hacia adentro de los estados. Otro problema radica en que los datos se recogen al final de cada ciclo. Por lo tanto, dado que el ciclo agrícola tiene periodos de siembra y de cosecha que se traslapan, no es posible diferenciar en qué momento del año se experimentan las mayores pérdidas. Por último, los índices se estiman usando el panel de datos construido con las observaciones del periodo 1980-2005 lo que nos da una cantidad insuficiente de observaciones para hacer una estimación más precisa. Las observaciones insuficientes también sesgan nuestra estimación ya que no nos permiten aproximar con mayor certeza la función de probabilidad a la que se ajusta el fenómeno de la siniestralidad.

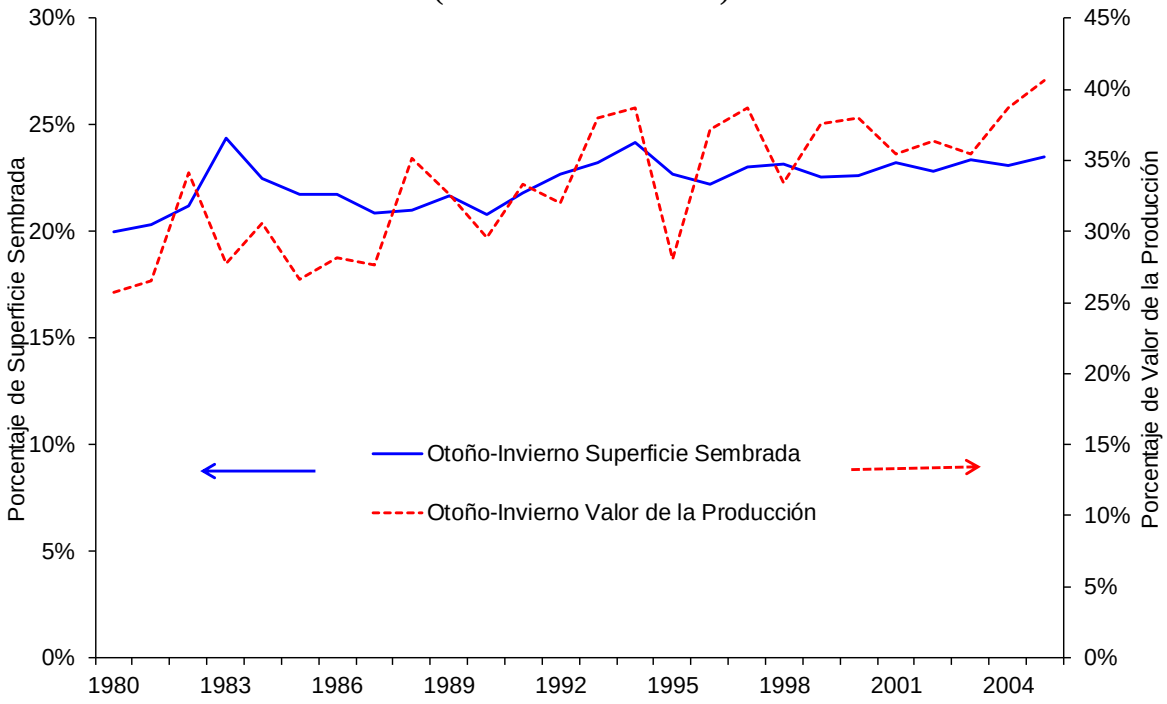
2.2 Las características de la explotación agrícola en México

La producción agrícola en México se practica en dos ciclos y dos modalidades de cultivo. Indiscutiblemente, la estructura de producción, entendida como la modalidad de cultivo predominante en alguno de los ciclos, puede afectar el nivel de riesgo promedio del país. En este apartado describimos las características promedio de las regiones agrícolas en México. Básicamente se consideran cuatro elementos: el ciclo de cultivo, la modalidad de cultivo, la superficie sembrada y el valor de la producción, estos dos últimos expresados como proporciones del total del valor de la producción y la superficie sembrada por año agrícola.

Los ciclos se dividen en Primavera-Verano (PV) yOtoño-Invierno (OI). Tanto el ciclo PV como el OI se dividen en un periodo de siembra y uno de cosecha. En el ciclo PV, el periodo de siembra inicia en abril y termina en septiembre y el de cosecha inicia en junio y termina en marzo del año siguiente. La fase de siembra del ciclo OI inicia en octubre y termina en marzo del siguiente año y la de cosecha inicia en diciembre y termina en septiembre del siguiente año. Ambos ciclos tienen una duración de 12 meses. La duración total de ambos ciclos es de 18 meses y da inicio en abril con la siembra en el ciclo PV y concluye en septiembre del año siguiente con la cosecha del ciclo OI.

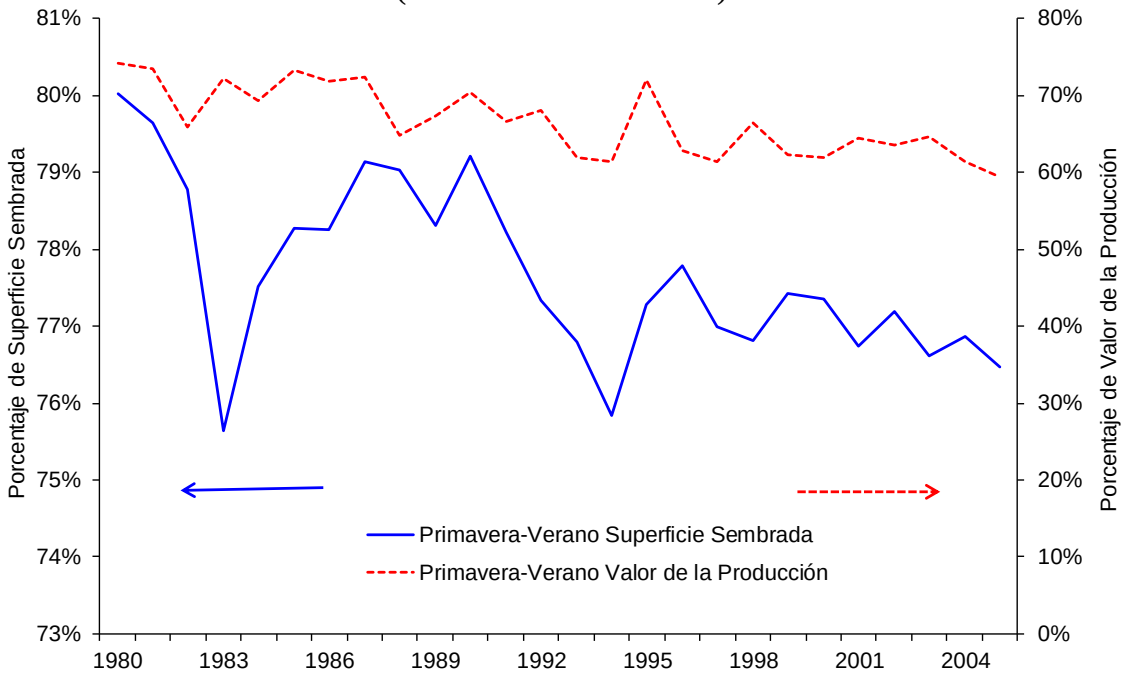
Las gráficas 3 y 4 muestran la aportación porcentual al valor de la producción y la proporción de la superficie sembrada en cada uno de los ciclos. La gráfica 3 muestra el caso del ciclo Otoño-Invierno. En este ciclo se ha sembrado entre el 20 y 25% de la superficie y ha aportado niveles superiores al 35% del valor de la producción, llegando a 40% en 2005.La gráfica 4 muestra el caso del ciclo Primavera-Verano.

Gráfica 3. Participación de la Superficie Sembrada vs. Valor de la Producción
(Ciclo Otoño-Invierno)



Fuente: SIAP-SAGARPA

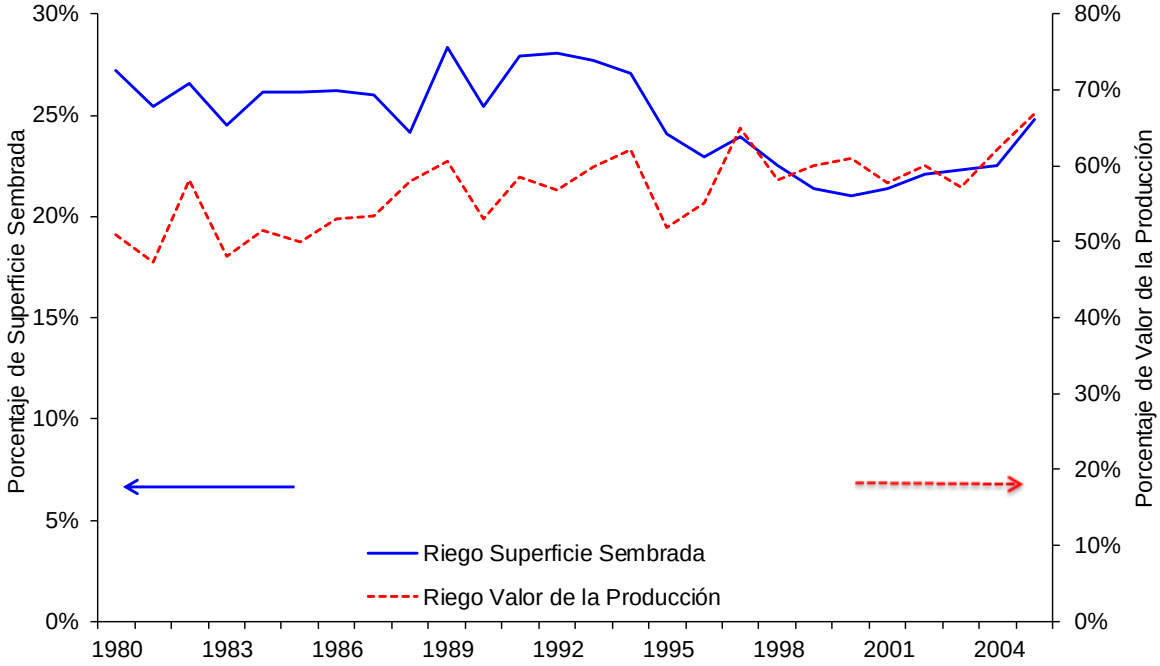
Gráfica 4. Participación de la Superficie Sembrada vs. Valor de la Producción
(Ciclo Primavera Verano)



Fuente: SIAP-SAGARPA

Este ciclo sigue participando con niveles cercanos al 75% de la superficie sembrada, pero aporta poco menos del 60% del valor de la producción. Cabe destacar que la participación en el valor de la producción ha experimentado una disminución paulatina durante el periodo de observación.

Gráfica 5. Porcentaje del Valor de la Producción y Superficie Sembrada en la Modalidad de Riego Respecto al Total del Valor y la Superficie en Ambos Ciclos

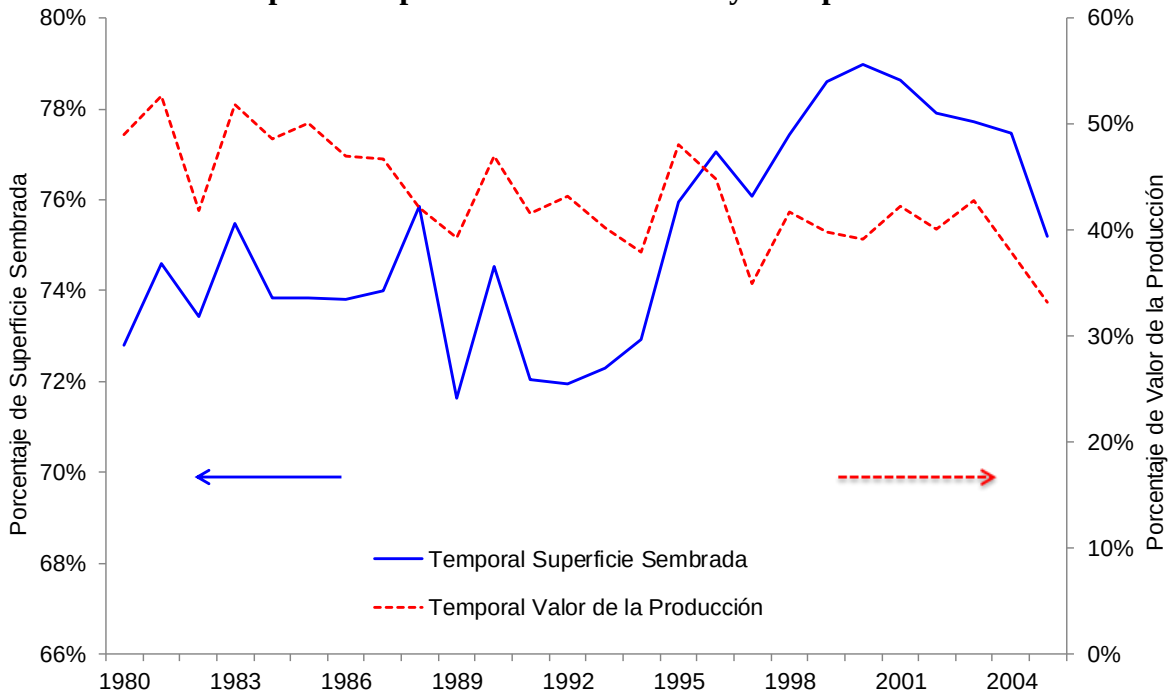


Fuente: SIAP-SAGARPA

Las modalidades se dividen en temporal y riego. Las gráficas 5 y 6 muestran la proporción de la superficie sembrada y la proporción de valor de la producción que se produce en cada una de las modalidades. Se observa que los cultivos en la modalidad de riego han aportado entre el 60 y el 75% del valor de la producción nacional mientras que sólo han ocupado entre el 17 y 25% de la superficie sembrada. También se observa que los cultivos en la modalidad de riego se han vuelto más productivos a partir de 1994 ya que han disminuido

su participación en la superficie sembrada, pero han mantenido e incluso aumentado su participación en el valor de la producción.

Gráfica 6. Porcentaje del Valor de la Producción y Superficie Sembrada en la Modalidad de Temporal Respecto al Total del Valor y la Superficie en Ambos Ciclos

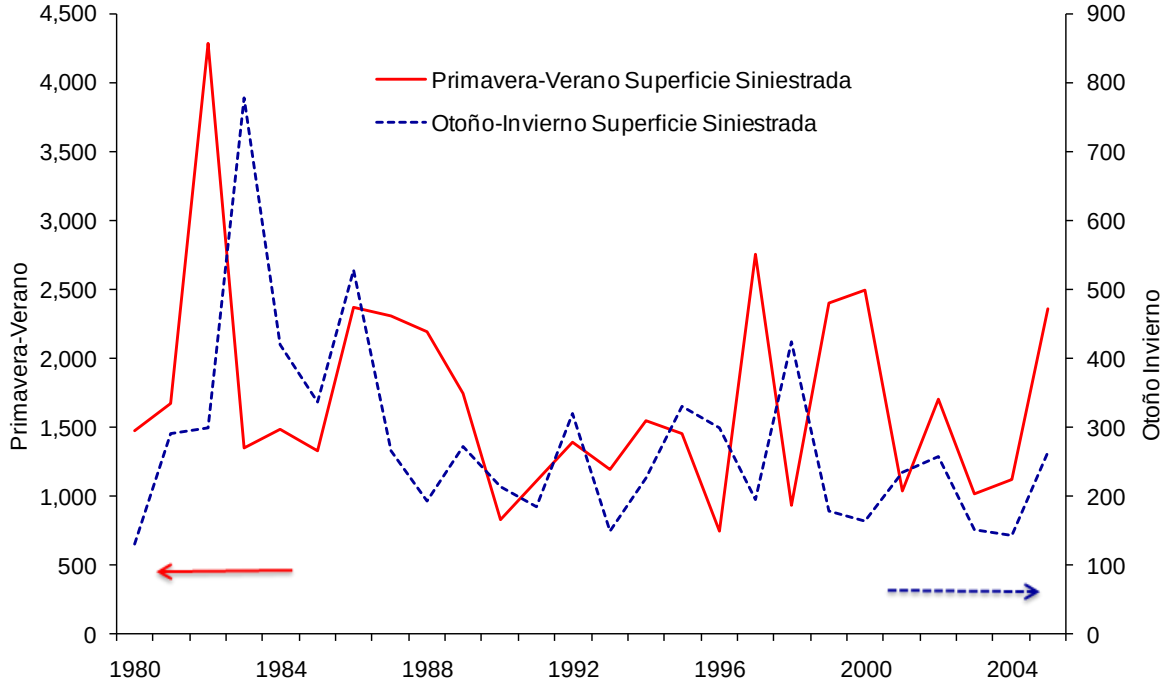


Fuente: SIAP-SAGARPA

Los cultivos en la modalidad de temporal han aportado una proporción cada vez menor al valor de la producción. Su participación en este rubro va de niveles de 50% en 1981 a poco más del 30% en el 2005. Sin embargo, la cantidad de superficie agrícola sembrada en esta modalidad no ha sido inferior al 74% desde 1995, alcanzando un máximo de 79% en el año 2000. En síntesis, la explotación agrícola en la modalidad de temporal parece ir disminuyendo su productividad. Una investigación interesante indagaría sobre las razones de esta caída. Una posible explicación es que los cultivos en modalidad de temporal se han visto afectados por un deterioro paulatino de la capacidad productiva de la tierra. También

podemos suponer que las regiones cultivadas en la modalidad de riego concentran un menor riesgo debido a que cuentan con mejor infraestructura para mitigarlos y son menos dependientes del ciclo de lluvias. Esta idea se refuerza con la gráfica 5 que muestra que en esta modalidad existe una mayor productividad en términos de valor generado.

Gráfica 7. Superficie Agrícola Siniestrada
(Miles de Hectáreas)

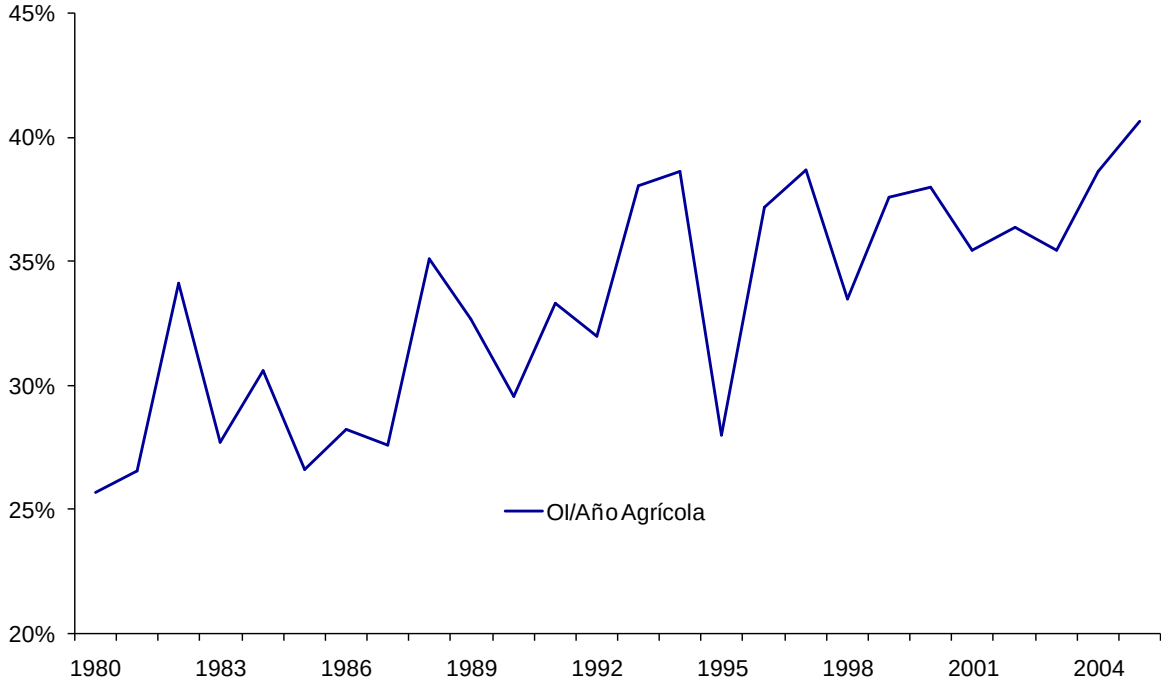


Fuente: SIAP-SAGARPA

Como se puede observar en la gráfica 7, la superficie agrícola siniestrada exhibe una volatilidad muy similar tanto en el ciclo Primavera-Verano como en el ciclo Otoño-Invierno. En esa misma gráfica podemos observar dos cosas. La primera es que la superficie siniestrada alcanza valores mucho más altos para el ciclo Primavera-Verano que para el ciclo Otoño-Invierno. Esto se debe a que la superficie sembrada en la modalidad Otoño-Invierno ha representado en promedio el 33% de la superficie sembrada en el año

agrícola. En el gráfico 8 se muestra la superficie sembrada en el ciclo Otoño-Invierno como proporción de la totalidad de la superficie sembrada en el año agrícola. La gráfica nos permite observar que la modalidad OI ha incrementado su participación hasta alcanzar niveles cercanos al 40%. La segunda es que la volatilidad exhibida por las series es muy similar. Aunque el modelo que usaremos se basa en el análisis de la varianza, no es plausible suponer que los mismos factores afectan la siniestralidad observada de la superficie agrícola en ambos ciclos. De ahí la necesidad de separar nuestras estimaciones para obtener índices de riesgo para cada ciclo. Si estimamos el índice sin hacer esta diferenciación es posible que estemos sobreestimando o subestimando el riesgo de algunas regiones.

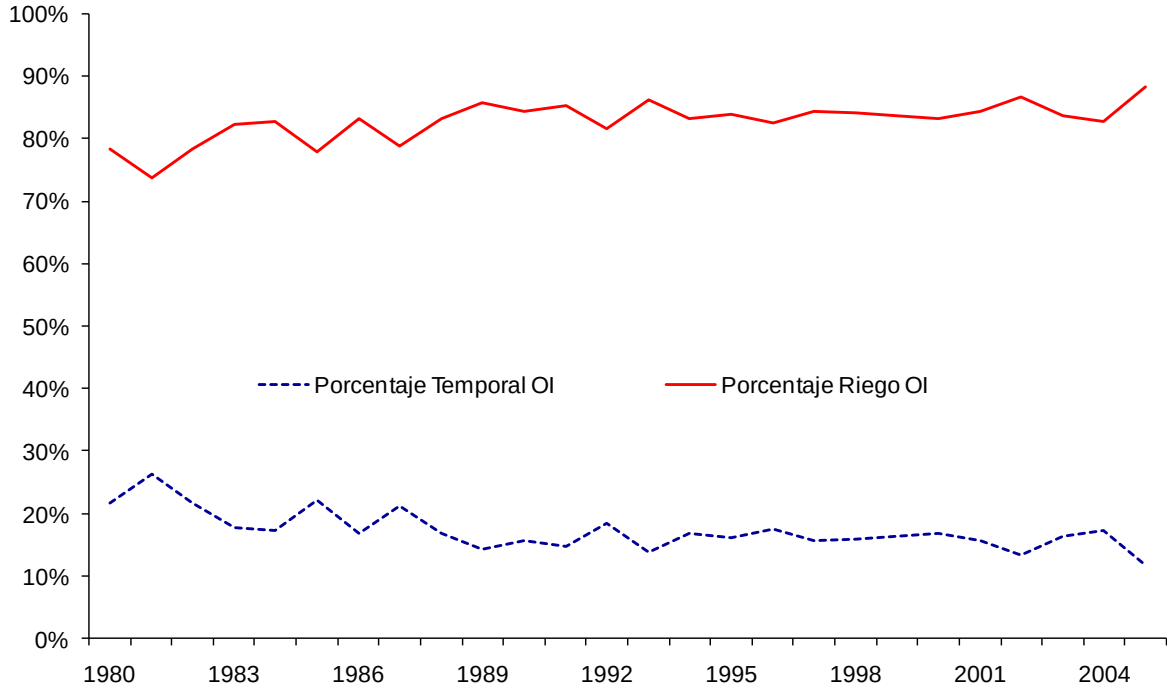
Gráfica 8. Superficie Sembrada en el Ciclo OI como Proporción de la Totalidad del Año Agrícola



Fuente: SIAP-SAGARPA

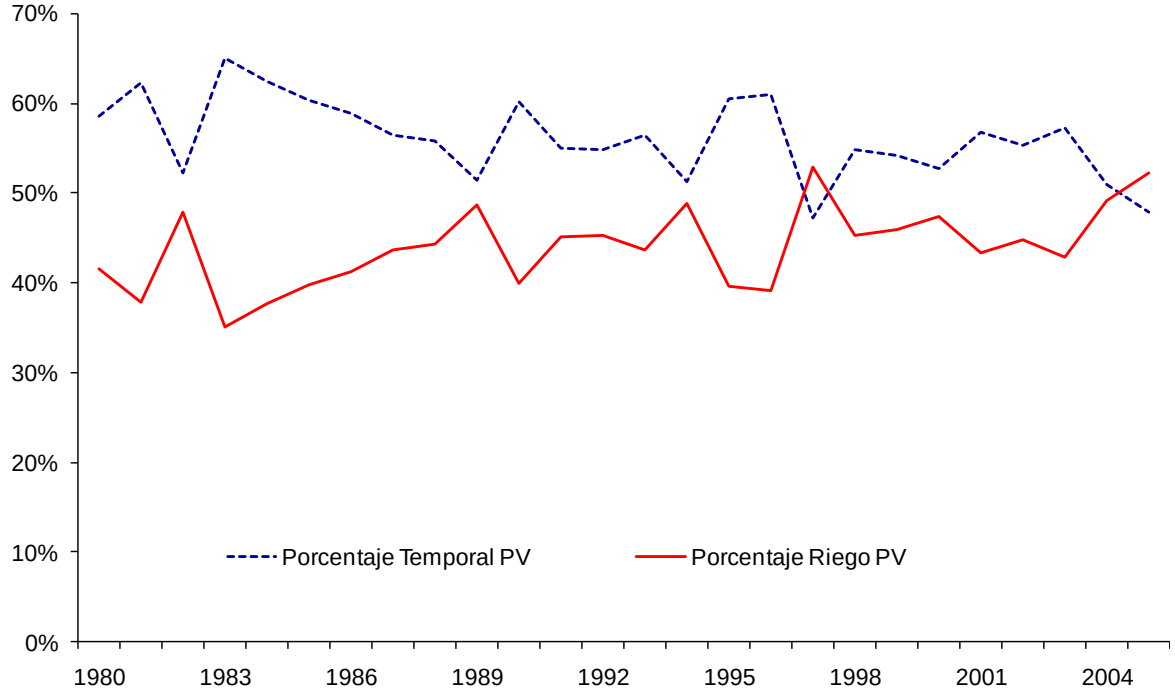
Otro factor a considerar es la proporción de superficie de riego y temporal en cada uno de los ciclos. La gráfica 9 muestra la participación de la modalidad de riego en el ciclo OI. A lo largo del periodo de observación, la superficie en modalidad de riego ha participado con niveles superiores al 80%, alcanzando el 90% para el 2005. En la gráfica 10 se observa el caso del ciclo PV. La modalidad de temporal ha disminuido su participación en este ciclo. Esto se puede deber a las medidas encaminadas a volver a los cultivos menos dependientes del ciclo de lluvias.

Gráfica 9. Porcentaje en la Modalidad de Riego y Temporal
(Ciclo Otoño-Invierno)



Fuente: SIAP-SAGARPA

Gráfica 10. Porcentaje en la Modalidad de Riego y Temporal
(Ciclo Primavera-Verano)



Fuente: SIAP-SAGARPA

En síntesis, la descripción que aquí se presenta tiene por objeto hacer patentes las transformaciones estructurales que ha sufrido el sector de la producción agrícola. Estas transformaciones pueden ser sintetizadas en cuatro puntos.

1. Menor dependencia del ciclo de lluvias debido a una ampliación de la superficie sembrada de riego.

2. Una mayor participación del ciclo OI tanto en superficie dedicada como en valor de la producción.

3. Una caída paulatina del valor de la producción, como porcentaje del valor producido en el año agrícola, en el ciclo PV.

Es necesario aclarar que estos efectos son promedios nacionales y que no pueden ser extrapolados a cada una de las regiones. Si bien se ha dotado de infraestructura de riego a más hectáreas cultivables no podemos suponer que la dotación ha sido simétrica a lo largo de todas las regiones. En consecuencia, algunas regiones empeoraron sus índices de riesgo, mientras que otras lo mejoraron respecto al promedio nacional.

3. El modelo

3.1 Aplicaciones del modelo estadístico de factores

El análisis estadístico de factores fue desarrollado en el campo de la Psicología con el objeto de identificar los factores subyacentes que determinan la personalidad y la inteligencia. En las décadas de los setenta y ochentaesta técnica de análisis fue aplicado en el campo dela teoría financiera que se desarrolló a partir del *Capital Asset Pricing Model* (CAPM). El CAPM explica el retorno de un activo considerando que éste sólo está expuesto a un factor de riesgo: el rendimiento del mercado. Las pruebas empíricas del CAPM sugerían que un solo factor de riesgo no era suficiente para determinar el retorno de un activo. Ello llevó al desarrollo de dos teorías. Por un lado, Merton (1973) desarrollo el *Intertemporal Capital Asset Pricing Model* (ICAPM). Por el otro, Ross (1976) desarrolló el *Arbitrage Pricing Theory* (APT).

El modelo APT es esencialmente empírico y a partir de él se aplicó la técnica del análisis de componentes principales, que es un caso general del análisis estadístico de factores. La idea central surgió a partir de la observación de los rendimientos de un conjunto amplio de activos a lo largo del tiempo. Éstos suelen exhibir movimientos muy similares, lo que llevó a suponer que están gobernados por las mismas fuentes de riesgo (Campbell, 1997; Tsay,

2005). El problema consistía en identificar esos factores comunes en ausencia de una teoría bien desarrollada (Campbell, 1997). El análisis estadístico de factores se convirtió entonces en una herramienta poderosa que exigía un número mucho menor de supuestos que aquellos que exigía el CAPM.

3.2 Un enfoque de portafolio para la siniestralidad agrícola

En finanzas se considera que las variaciones de los precios generan pérdidas o ganancias de capital, definidas como la diferencia entre el precio al que se compró el activo y el precio al que se vende. Estas ganancias o pérdidas son conocidas como retornos del activo cuando se expresan como proporciones del precio al que originalmente se compró dicho activo.Siguiendo esta línea de razonamiento, en este trabajo consideramos que la siniestralidad de la superficie agrícola de cada región puede ser vista como el retorno de un activo (tasa porcentual) o como su precio (nivel). Ello nos permite aplicar una herramienta que nos ayuda a identificar la magnitud en que las variables subyacentes afectan la variabilidad de la siniestralidad. Para el caso de la tasa siniestral la conexión es más o menos obvia: la superficie siniestrada expresada como una proporción de la superficie sembrada nos da una medida del éxito agrícola donde valores altos implican mayores pérdidas. La superficie siniestral es el nivel que alcanza la siniestralidad en una región.

El enfoque de portafolio consiste en considerar que la siniestralidad nacional está constituida por la siniestralidad de cada región, de la misma forma en que el retorno de un portafolio de activos está formado por el retorno esperado de cada uno de los activos que lo constituyen. La varianza del portafolio está formada por la varianza ponderada de cada uno de los activos que lo constituyen. Análogamente consideramos que la varianza de la

siniestralidad nacional es una combinación de la varianza de cada uno de las regiones agrícolas. En general, el riesgo del portafolio estará constituido por el riesgo de cada uno de los activos que lo constituyen. ¿Qué determina el riesgo de cada región agrícola?

En términos generales, la siniestralidad de la superficie agrícola es producto de un número amplio de factores de riesgo subyacentes que pueden ser divididos en sistemáticos y específicos o idiosincráticos. Según la teoría financieralos riesgos sistemáticosson aquellos que están correlacionados con todos los activos. Análogamente podemos decir que los riesgos sistemáticos a los que se enfrentan el sector de la producción agrícola son aquellos que están correlacionados con todas las regiones. A modo de ejemplo, podríamos pensar que esos riesgos son el clima, las características físicas de la región y el tipo de explotación agrícola.

Sin embargo, si bien podemos suponer cuáles son estos factores, no es trivial modelar cómo se relacionan con la siniestralidad observada de la superficie agrícola. Un enfoque que privilegie la sencillez consiste en suponer que la siniestralidad observada es gobernada por un pequeño conjunto de fuerzas comunes o sistemáticas, pero no observables, y un factor único o idiosincrático de riesgo.Aunque los factores comunes afectan la siniestralidad de la superficie agrícola de todas las regiones, la sensibilidad de cada una de las regiones difiere. Por ejemplo, las lluvias intensas no afectaran de la misma forma a regiones con zonas cultivables susceptibles de ser inundadas que a aquellas que poseen menor exposición al riesgo de inundaciones.

Extrapolando el modelo de rendimiento de los activospodemos establecer una relación lineal entre la siniestralidad observada de la superficie agrícola y sus factores de riesgo

sistemático e idiosincrático. Empezamos descomponiendo la siniestralidad observada de la superficie agrícola de la siguiente forma:

$$\theta_{i,t} = \mu_i + \beta_i f_t + \varepsilon_{i,t} \qquad \text{Modelo 1}$$

Donde:

$\theta_{i,t}$: es la medida de siniestralidad de la superficie agrícola en el tiempo t para la regióni.

μ_i: es la siniestralidad media de la región i.

β_i: es un vector $1 \times m$ que captura la sensibilidad de la región i ante todos los factores comunes y es el vector a ser estimado.

f_t: es el vector $m \times 1$ de factores comunes de riesgo en el tiempo t.

$\varepsilon_{i,t}$: es el factor de riesgo único para la región i en el tiempo t.

Antes de continuar es necesario hacer una justificación de la existencia de la matriz β. Los siniestros agrícolas observados son consecuencia de la interacción entre los sistemas climáticos y las regiones en donde estos se presentan. La geografía física y económica de una región provoca que el impacto de los factores climáticos sea heterogéneo entre regiones (Galindo, 2008). Esta relación pretende ser capturada por la matriz de pesos de los factores. Por ejemplo, supongamos que uno de los factores es la precipitación pluvial y que estamos analizando su impacto sobre dos regiones. La primera región practica una explotación agrícola predominantemente de temporal, con grandes extensiones de tierra cultivable en márgenes de ríos y con poca infraestructura para mitigar los efectos de las variaciones

inesperadas de la precipitación pluvial. La segunda es una región con infraestructura para mitigar los efectos de lluvias intensas, pero además no está cerca de ríos, presas o afluentes de agua susceptibles de causar inundaciones. Es de esperarse que el impacto del factor "precipitación pluvial" sea diferente para ambas regiones. Esas diferencias en sensibilidad son las que pretenden ser capturadas por medio de la matriz de pesos de los factores.

El modelo 1 establece que la siniestralidad observada en la región i en el tiempo t es igual a la siniestralidad media de la región $i$más los choques causados por los factores de riesgo idiosincráticos y sistemáticos. Una forma conveniente y más intuitiva de escribir el modelo 1 consiste en expresar el miembro izquierdo de la ecuación como las desviaciones de la siniestralidad observada respecto a la siniestralidad media de la región. El modelo se escribe de la siguiente forma:

$$\theta_{i,t} - \mu_i = \beta_i f_t + \varepsilon_{i,t} \qquad \text{Modelo 2}$$

En el APT los factores comunes son vistos como innovaciones de información sobre la situación general de la economía que motivan ajustes en las carteras de los inversionistas. Estas innovaciones son descontadas inmediatamente por el mercado y pueden ser vistas como ajustes a la escala de rendimientos esperados.En consecuencia, la media de los factores es cero y el parámetro μ_i es interpretado como el rendimiento medio del activo i a lo largo del tiempo. Sin embargo, en nuestro modelo se plantea de forma distinta. Suponemos que existe una siniestralidad media de la superficie agrícola por región o por cultivo que está determinada por niveles "normales" de los factores subyacentes. Como se mencionó en la introducción de este trabajo, las variaciones atípicas de las variables que

determinan la producción agrícola tienen efectos de distinto grado sobre los cultivos. Resulta plausible suponer que los niveles “normales” de los factores subyacentes generan una siniestralidad de la superficie agrícola que es capturada por el parámetro μ_i. Es decir, podemos argumentar que la siniestralidad observada oscila alrededor de una media y que sus desviaciones son provocadas por realizaciones atípicas de los factores de riesgo. De lo anterior se sigue que los efectos de los factores se nulifican a lo largo del tiempo y por lo tanto su valor esperado es cero. Pero esto se verá más adelante.

3.3 El modelo y sus supuestos

La variable observada para la construcción del modelo es una de las medidas de siniestralidad desarrolladas previamente. El subíndice $i = \{Aguascalientes, \dots, k\}$ es el contador de las regiones agrícolas que en este caso serán las entidades federativas. Suponemos que existe una siniestralidad media por región y cultivo, a la que llamaremos μ_i. Para el caso de todas las regiones o cultivos,μ es un vector columna de dimensión k donde cada entrada captura la siniestralidad media de la superficie agrícola de la regióni. Sea θ_t un vector columna con k entradas. El elemento $\theta_{i,t}$ de este vector es la medida de siniestralidad de la superficie agrícola observada enla región i en el tiempo t con $t = \{1980,1981, \dots ,2005\}$.Sea f_t un vector columna de dimensión $m \times 1$ que representa los factores que son comunes a todos los periodos, pero que no son observados en ninguno de ellos. Como se mencionó anteriormente, las regiones poseen diferentes grados de sensibilidad para cada uno de los factores. Esta sensibilidad es capturada a través de la matriz β que tiene dimensiones $k \times m$ y es la matriz a ser estimada. En el renglón i de esta matriz se encuentra la sensibilidad de la regióni ante los m factores de riesgo. En el modelo

suponemos que el nivel de siniestralidad observado en el tiempo t es explicado por un conjunto m de factores subyacentes y por un factor único $\varepsilon_{i,t}$. Ambos, factores comunes y el factor único, no son observados, pero se supone que existe una relación lineal entre éstos y la siniestralidad observada.

$$\theta_t - \mu = \beta f_t + \varepsilon_t \qquad \text{Modelo 2}$$

A partir del modelo 3 podemos calcular la matriz de covarianzas.

$$Cov(\theta_t) = E[(\theta_t - \mu)(\theta_t - \mu)'] \qquad \text{Ecuación 1}$$

$$Cov(\theta_t) = E[(\beta f_t + \varepsilon_t)(\beta f_t + \varepsilon_t)'] \qquad \text{Ecuación 2}$$

$$Cov(\theta_t) = E[\beta f_t f_t' \beta' + 2\beta f_t \varepsilon_t' + \varepsilon_t \varepsilon_t'] \qquad \text{Ecuación 3}$$

$$Cov(\theta_t) = \beta E[f_t f_t']\beta' + 2\beta E[f_t \varepsilon_t'] + E[\varepsilon_t \varepsilon_t'] \qquad \text{Ecuación 4}$$

Para el análisis estándar de factores se supone que existe una estructura de factores estricta. Con esta estructura los m factores cuentan por la totalidad de las covarianzas de las k regiones o cultivos y podemos decir que $E[\varepsilon_t \varepsilon_t'] = \Sigma = D$ es una matriz diagonal. Si asumimos que $E[f_t f_t'] = \Omega_m$ la ecuación 4 puede ser escrita de la siguiente forma.

$$Cov(\theta_t) = \beta \Omega_m \beta' + D \qquad \text{Ecuación 5}$$

Como los factores son desconocidos existe una indeterminación y β puede ser identificada sólo sobre una transformación no singular. Esto sólo es posible si el modelo es ortogonal para lo que debe suponerse lo siguiente.

1.- $E[f_t] = 0$ y $Cov(f_t) = I_m$ donde I_m es una matriz identidad de dimensión m.

2.- $E[\varepsilon_t] = 0$ y $Cov(\varepsilon_t) = D = diag\{\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_k^2\}$.

3.- f_t y ε_t son independientes de donde se sigue que $Cov(f_t, \varepsilon_t) = E[f_t \varepsilon_t'] = 0_{m\times k}$.

El supuesto número uno establece que no hay correlación entre los factores, que su media es igual a cero y su varianza igual a uno. ¿Es plausible suponer que los factores no están correlacionados? Antes de continuar es conveniente recordar que los factores pueden ser vistos como desviaciones atípicas de los factores que afectan a la siniestralidad de la superficie agrícola. Pensemos en tres posibles factores:la precipitación pluvial, plagas y la orografía de la región. En términos estrictos, el medio físico está correlacionado con el climay éste a su vez crea condiciones específicas que generan plagas. Sin embargo, lo que aquí se argumenta es que los factores capturan la variabilidad no observada que desvía la siniestralidad observada de su promedio.En ese sentido es de esperar que ya estén descontados los efectos de las correlaciones y que el impacto esperado de los factores sea cero. La gráfica 11 refuerza este supuesto. En la gráfica se observan los niveles promedio de la tasa siniestral a lo largo del tiempo y es evidente que oscila alrededor de una media.

El supuesto número dos establece que el valor esperado de los factores únicos es de cero y que no están correlacionados entre regiones o cultivos. Los factores únicos pueden ser considerados como eventos que se presentan comúnmente en una sola región por ello la no correlación es un supuesto más o menos obvio. Por ejemplo, la existencia de microclimas puede propiciar el surgimiento de plagas específicas o hacer a una región más vulnerable ante los fenómenos naturales que a otra. Sin embargo, la media cero implica suponer que

los factores únicos mueven a la tasa siniestral a la baja y a la alza con más o menos la misma probabilidad. Consideraremos que este supuesto se mantiene aunque no dejaremos de llamar la atención sobre su debilidad.

El último supuesto establece que los factores comunes no estén correlacionados con los factores únicos. Este supuesto implica plantear qué tipo de choques pueden afectar sólo a una región y que son independientes de factores sistemáticos. Un ejemplo de este tipo de choques podría ser la incorporación de una región al cultivo de un nuevo producto. Si los agricultores son inexpertos en el tratamiento del cultivo es muy probable que experimenten pérdidas las cuales no están relacionadas con los factores de riesgo sistemáticos.

Si estos tres supuestos se mantienen, la matriz de covarianzas puede ser escrita de la siguiente forma:

$$Cov(\theta_t) = \beta\beta' + D \qquad \text{Ecuación 6}$$

La ecuación 6 nos permitirá identificar la proporción de varianza explicada por cada uno de los factores y el factor único. La matriz $\beta\beta'$ es una matriz $k \times k$ que en su diagonal tiene la siguiente expresión $\sum_{j=1}^{m} \beta_{i,j}^2$, donde cada elemento de esta suma nos indica la parte de la varianza de la región o cultivo i que es explicada por el factor j. Esta es la expresión a la que llegaremos después de las estimaciones.

3.4 Los métodos de estimación y sus problemas

La estimación de los parámetros de un modelo estadístico de factores requiere, antes que nada, que no exista correlación serial. La existencia o no de correlación serial implica que

las series muestran cierto grado de dependencia dinámica. Este problema se presenta comúnmente en las series financieras cuando se consideran datos con frecuencias iguales o menores a una semana (Tsay, 2005). Intuitivamente, podríamos pensar que la superficie agrícola siniestrada no se correlaciona a lo largo del tiempo, es decir, que la superficie siniestrada observada en el periodo t no guarda relación alguna con la observada en el periodo $t + 1$. Este supuesto se verifica por medio del uso del *Multivariate Portmanteau Test*.

Existen dos métodos de estimación: el de componentes principales y el de máxima verosimilitud. Ambos métodos tienen sus virtudes y sus defectos. El primer método puede ser aplicado a la matriz de covarianzas o a la de correlaciones. Sin embargo, aunque no requiere ni especificar previamente el número de factores ni suponer normalidad de la siniestralidad observada de la superficie agrícola, la solución que arroja es generalmente una aproximación (Tsay, 2005).El método de máxima verosimilitud, por el contrario, sí requiere suponer normalidad de las medidas observadas de siniestralidad y especificar previamente el número de factores.

El supuesto de normalidad genera dos problemas. En primer lugar, ya sea la tasa siniestral o la superficie siniestrada, son variables que no toman valores negativos. En consecuencia, suponemos que son sus logaritmos los que se distribuyen normalmente. En segundo lugar, el supuesto de normalidad implica en la mayoría de los casos subestimar los eventos extremos. Este punto es fundamental. Como se observa en la gráfica 3.4, la tasa siniestral promedio para el ciclo primavera-verano presenta un nivel muy alto para el año 1983. Estas

observaciones podrían considerarse como un evento extremo y el supuesto de normalidad subestima su probabilidad de ocurrencia.

Para verificar que las series cumplan con el supuesto de normalidad, se usó el estadístico de Jarque y Bera. La prueba hace uso de la definición de normalidad considerando que en la distribución normal tanto la medida de la acumulación de los datos lejos de la media (curtosis) como la asimetría de la función son iguales a cero. El estadístico se distribuye como una Xi cuadrada bajo la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, valores altos del estadístico implicaran una baja probabilidad de que los datos sigan una distribución normal. Los cuadros 1 y 2 presentan los resultados.

Para que el estadístico sea válido es necesario que no exista ningún grado de correlación serial en las series. Este supuesto se verificó para cada una de las series y sí se cumple para todas. Sin embargo, hay que advertir que el tamaño de la muestra es pequeño lo que implica una medición inexacta de la curtosis y la asimetría. Es posible que una muestra mayor permita observar cierto grado de sesgo hacia los valores pequeños de la tasa siniestral y la superficie siniestrada.

Cuadro 1. Prueba de Normalidad de Jarque y Bera para el Logarítmo Natural de las Series del Ciclo Otoño-Invierno

Entidad	Tasa Siniestral		Superficie Siniestrada	
	Estadístico de JB	Probabilidad	Estadístico de JB	Probabilidad
Baja California	1.6534	0.4375	1.7723	0.4122
Baja California Sur	1.7308	0.4209	0.1244	0.9397
Chiapas	19.6300	0.0001	24.3227	0.0000
Chihuahua	0.9429	0.6241	1.5005	0.4722
Coahuila	2.8342	0.2424	2.0354	0.3614
Durango	25.6940	0.0000	6.2123	0.0448
Estado de México	1.0539	0.5904	190.2284	0.0000
Guanajuato	20.4871	0.0000	167.7878	0.0000
Guerrero	1.8752	0.3916	2.9037	0.2341
Hidalgo	0.8339	0.6591	1.3719	0.5036
Jalisco	1.1649	0.5585	1.3354	0.5129
Michoacán	0.1335	0.9354	1.0046	0.6051
Morelos	2.2350	0.3271	0.2524	0.8814
Nayarít	0.5683	0.7527	1.1102	0.5740
Nuevo León	2.5473	0.2798	20.1526	0.0000
Oaxaca	2.6620	0.2642	2.8345	0.2424
Puebla	0.6178	0.7342	0.8070	0.6680
Querétaro	4.1803	0.1237	0.7375	0.6916
San Luis Potosí	12.7150	0.0017	1.5069	0.4707
Sinaloa	1.1682	0.5576	0.7268	0.6953
Sonora	0.1363	0.9341	3.4656	0.1768
Tabasco	0.3191	0.8525	0.2331	0.8900
Tamaulipas	1.3028	0.5213	1.5066	0.4708
Veracruz	2.5168	0.2841	0.7506	0.6871
Yucatán	4.9568	0.0839	1.9082	0.3852

Cuadro 2. Prueba de Normalidad de Jarque y Bera para el Logarítmo Natural de las Series del Ciclo Primavera-Verano

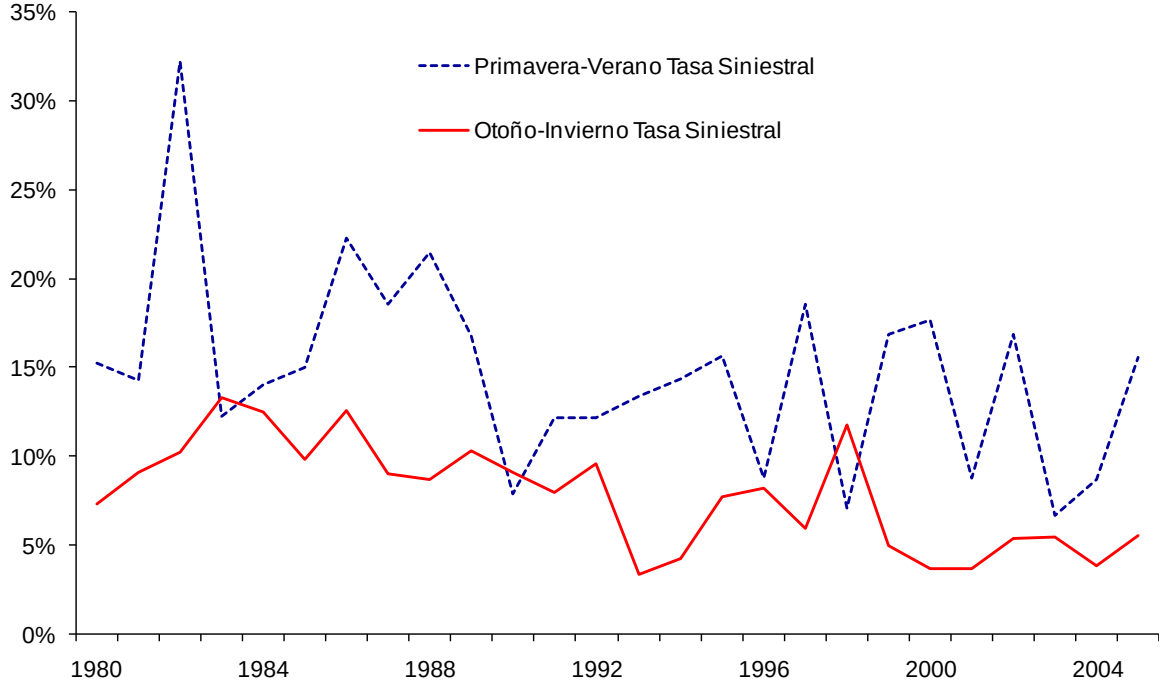
Entidad	Tasa Siniestral		Superficie Siniestrada	
	Estadístico de JB	Probabilidad	Estadístico de JB	Probabilidad
Aguascalientes	4.8154	0.0900	3.8959	0.1426
Campeche	1.5314	0.4650	1.4843	0.4761
Chiapas	1.9714	0.3732	0.7419	0.6901
Chihuahua	1.0082	0.6041	1.8199	0.4026
Coahuila	6.6562	0.0359	4.0940	0.1291
Durango	1.6742	0.4330	1.6257	0.4436
Estado de México	11.1177	0.0039	85.9433	0.0000
Guanajuato	0.7117	0.7006	0.5473	0.7606
Guerrero	0.9987	0.6069	0.8430	0.6561
Hidalgo	0.3581	0.8361	0.8559	0.6518
Jalisco	0.5313	0.7667	0.7330	0.6932
Michoacán	2.7216	0.2565	2.1245	0.3457
Morelos	2.4313	0.2965	26.9233	0.0000
Nuevo León	27.2864	0.0000	23.0536	0.0000
Oaxaca	1.4763	0.4780	1.8882	0.3890
Puebla	2.0460	0.3595	1.9203	0.3828
Querétaro	1.8387	0.3988	1.3326	0.5136
San Luis Potosí	3.0076	0.2223	1.5227	0.4670
Sinaloa	1.4358	0.4878	2.1617	0.3393
Sonora	0.5335	0.7659	0.9900	0.6096
Tamaulipas	1.4033	0.4958	0.9685	0.6162
Tlaxcala	0.2954	0.8627	0.2982	0.8615
Veracruz	1.6291	0.4428	1.4385	0.4871
Yucatán	1.8246	0.4016	1.9065	0.3855
Zacatecas	1.5818	0.4534	1.5597	0.4585

La identificación del número óptimo de factores ha sido ampliamente discutida en la literatura. El método sugerido por Tsay (2005) está basado en la estimación de máxima verosimilitud y es una variante de la prueba de razón de verosimilitud.

El método de estimación será el de máxima verosimilitud. Se elige este método debido a que el de componentes principales sufre de varias deficiencias. Morrison (2004) señala que si bien el método de factores principales permite “estimar” los betas, en realidad no es más

que una factorización de la varianza. Esto se traduce en dos problemas. 1) La forma de los factores es variante ante transformaciones en la escala de las medidas. 2) No existe un criterio racional para decidir cuándo una suficiente proporción de la varianza ha sido explicada por un componente principal.

Gráfica 11. Promedios Anuales de la tasa siniestral



Fuente: SIAP-SAGARPA

Se harán estimaciones para ambos ciclos debido a que las necesidades hídricas, de humedad y temperatura son distintas para el periodo de siembra, floración y cosecha (Escamilla, 2006). Si se estima el índice de riesgo agrícola sin diferenciar los ciclos es posible que los resultados estén sesgados.Por último, sólo podremos estimar el índice de riesgo para un número de regiones inferior al número de periodos. Para nuestro caso, si el número de periodos es inferior al número de regiones o cultivos, la matriz de covarianzas se hace no singular y la estimación es imposible. Para estimar los índices se seleccionaron las 25

regiones y los 5 cultivos que participan con la mayor proporción de la superficie sembrada en los ciclos PV y OI. Los cuadros correspondientes se encuentran en el anexo, cuadros 1 a 4.

3.5 La construcción del índice de riesgo

El índice de riesgo se construye a partir de la estimación de la matriz de pesos de los factores. Para la región i el índice se calculará de la siguiente forma.

1. Se calcula la proporción promedio de varianza que explica cada factor. Es decir, se calcula la siguiente expresión $\omega_j = \frac{\sum_i \beta_{i,j}^2}{k}$.

2. La expresión calculada en el punto 1 se usa para ponderar los betas de cada una de las regiones y obtenemos la siguiente expresión $p_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} \omega_{j\beta_{i,j}} + \sigma_i^2}{(m+1)}$.

3. Finalmente se calcula el índice de la siguiente forma $I_i = p_i k / (\sum_i p_i)$. Esta expresión identifica los valores de p_i que están por encima del promedio.

El índice de riesgo tomará valores mayores a uno para aquellas regiones que se ven más afectadas por un factor que explica una mayor cantidad de varianza.

4. Resultados

En las secciones 4.1 y 4.2 se presentan los índices de riesgo estimados en este trabajo para los ciclos Primavera-Verano y Otoño-Invierno, respectivamente. Así mismo, se presentan los índices estimados por Torres (2008) para cada uno de los ciclos. Finalmente, tanto nuestro índice como el de Torres (2008) son contrastados con los recursos del FONDEN y

del FAPRACC que han sido usados por cada entidad federativa en el periodo 2005-2010 Y 1995-2004, respectivamente.

El objetivo de la comparación es el de verificar que los estados más riesgosos son aquellos que han recibido una mayor proporción de recursos del FONDEN y del FAPRACC. Los recursos del FONDEN están principalmente destinados a financiar la reconstrucción de la infraestructura pública de las regiones afectadas por contingencias climatológicas y los del FAPRACC rehabilitar la producción agrícola de las comunidades afectadas. Como se mencionó en los antecedentes, los fenómenos de naturaleza hidrometeorológica tienden a afectar la producción agrícola, la infraestructura pública y la riqueza de las familias. En consecuencia, podemos suponer que existe una correlación alta entre la asignación de los recursos del FONDEN y del FAPRACC por entidad federativa y nuestro índice de riesgo.

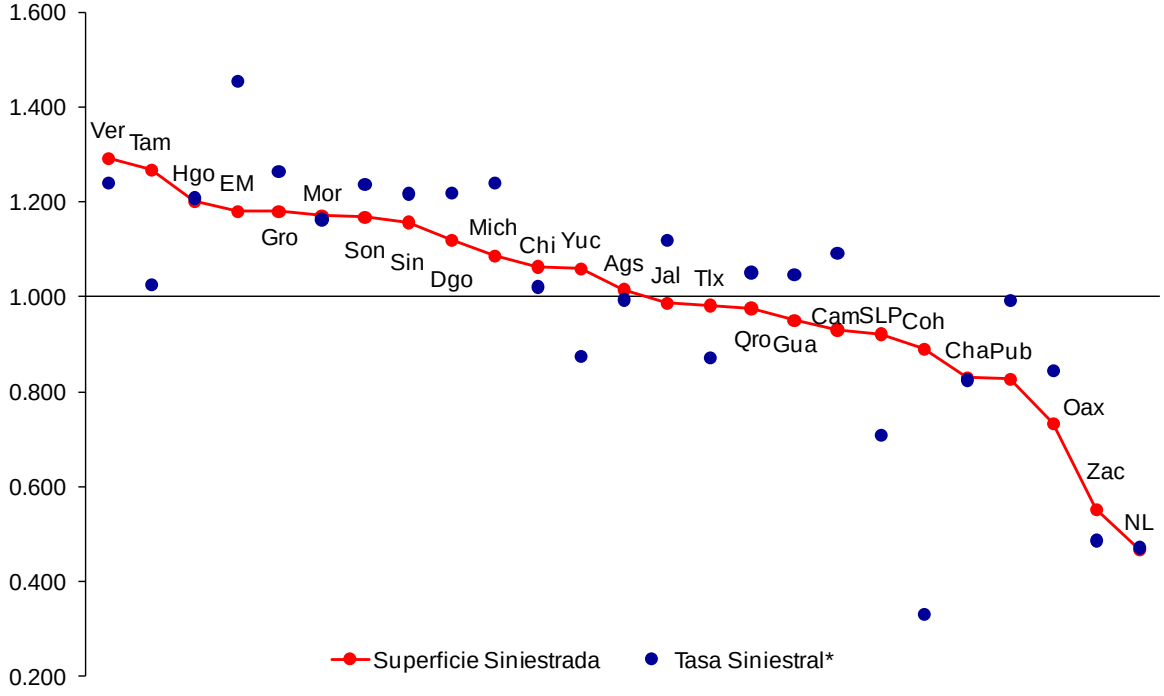
4.1 Índice de riesgo para el ciclo Primavera-Verano

El índice de riesgo estimado para el ciclo Primavera-Verano se presenta en la gráfica 12, el cuadro 5 del anexo y el cuadro 3 de esta sección. En el cuadro 3 también se muestra el índice de riesgo y el total de pagos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) durante el periodo 2005-2010. Los estados con índices de riesgo superiores a uno son aquellos que presentan un mayor nivel de riesgo respecto al promedio.

Según el índice estimado, entidades como Veracruz, Tamaulipas e Hidalgo muestran los mayores niveles de riesgo. Mientras que entidades como Oaxaca, Zacatecas y Nuevo León presentan los menores niveles. Los estados más riesgosos han recibido 42.9% de los recursos del FONDEN, mientras que los estados menos riesgosos han recibido el 18.8% de los recursos durante el periodo 2005-2010. También podemos observar que los estados con

un riesgo mayor que el promedio han recibido 74% de los recursos del FONDEN en el periodo y los menos riesgosos el 26%. Cabe destacar que Nuevo León presenta una mayor asignación de recursos por los daños que sufrió la infraestructura hidráulica, urbana, de salud y de vivienda por el paso del huracán Alex en 2010. De descontar los recursos asignados a Nuevo León, los estados menos riesgosos recibieron sólo el 14.3% de los recursos del fondo. Por su parte, los recursos entregados a los estados más riesgosos en el periodo 1995-2004 provenientes del FAPRACC representan 42.2% del total de recursos entregados.

Gráfica 12. Índice de riesgo para el ciclo PV



Por su parte, el índice estimado por Torres (2008) coloca a San Luis Potosí como la entidad más riesgosa. Los estados con riesgo por encima del promedio concentraron el 52.5% de los recursos del FONDEN. De descontar Nuevo León por las razones arriba explicadas, los

estados más riesgosos, según el índice de Torres (2008), concentraron el 44.8% de los recursos del FONDEN.

Cuadro 3. Índice de Riesgo Estimado vs. Pagos del FONDEN (2005-2010)
Ciclo Primavera-Verano

Entidad	Índice	Pagos FONDEN mp de 2010	Participación % en el FONDEN
Veracruz	1.2934	9,946.7	31.0
Tamaulipas	1.2676	1,194.9	3.7
Hidalgo	1.2023	2,634.1	8.2
México	1.1805	428.0	1.3
Guerrero	1.1803	213.2	0.7
Morelos	1.1722	14.3	0.0
Sonora	1.1684	1,093.8	3.4
Sinaloa	1.1548	855.6	2.7
Durango	1.1201	280.6	0.9
Michoacán	1.0873	1,009.5	3.1
Chiapas	1.0616	5,488.0	17.1
Yucatán	1.0600	456.1	1.4
Aguascalientes	1.0130	145.9	0.5
Jalisco	0.9876	212.8	0.7
Tlaxcala	0.9798	36.1	0.1
Querétaro	0.9735	90.8	0.3
Guanajuato	0.9514	0.0	0.0
Campeche	0.9281	54.7	0.2
San Luis Potosí	0.9190	304.7	0.9
Coahuila	0.8909	410.1	1.3
Chihuahua	0.8294	537.3	1.7
Puebla	0.8267	673.0	2.1
Oaxaca	0.7329	2,256.7	7.0
Zacatecas	0.5512	8.7	0.0
Nuevo León	0.4678	3,768.6	11.7

Fuente: SHCP y estimación propia con datos del SIAP.

En la gráfica 12 también se muestra el índice calculado a partir del logaritmo de la tasa siniestral. Este índice tiene que ser tomado con cautela ya que las estimaciones presentan el problema de Heywood. La estimación de la matriz de pesos de los factores para el ciclo PV se presenta en la tabla 8 del anexo.

Cuadro 4. Índice de Riesgo (Torres, 2008) vs. Pagos del FONDEN (2005-2010)
Ciclo Primavera-Verano

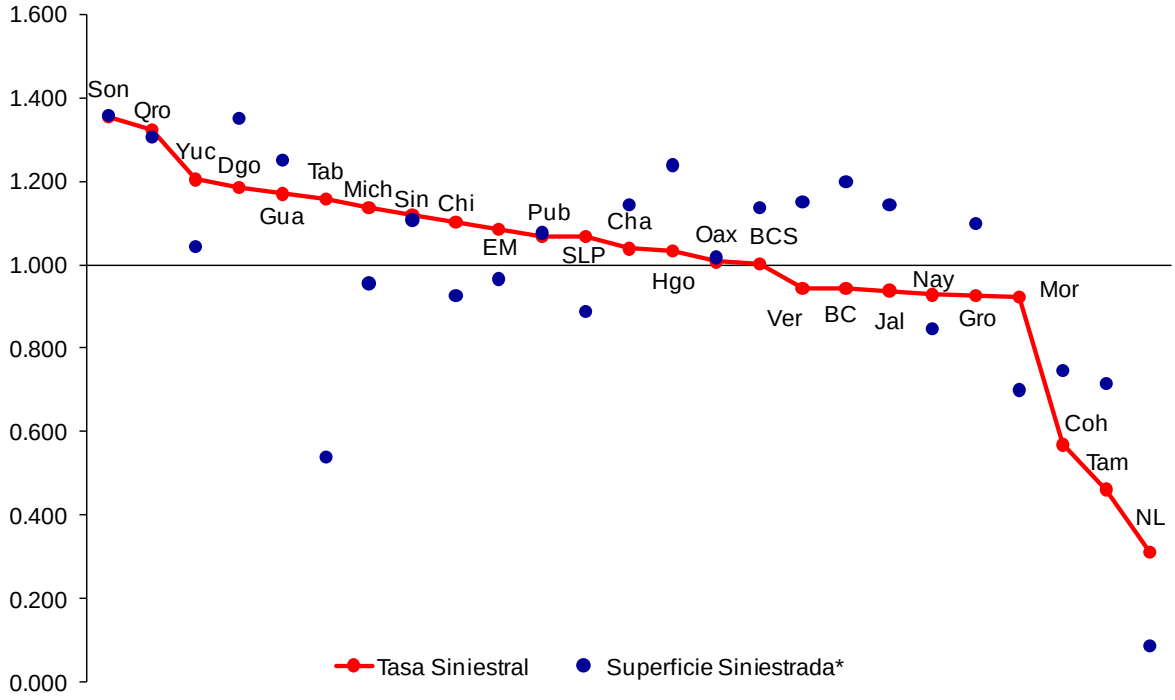
Entidad	Índice	Pagos FONDEN mp 2010	Participación % en el FONDEN
San Luis Potosí	1.1493	304.7	0.6
Aguascalientes	1.0836	145.9	0.3
Tamaulipas	1.0807	1,194.9	2.4
Nuevo León	1.0749	3,768.6	7.7
Sinaloa	1.0736	855.6	1.8
Coahuila	1.0568	410.1	0.8
Michoacán	1.0544	1,009.5	2.1
Veracruz	1.0544	9,946.7	20.4
Guanajuato	1.0473	0.0	0.0
Hidalgo	1.0460	2,634.1	5.4
Zacatecas	1.0289	8.7	0.0
Quintana Roo	1.0264	1,536.5	3.2
Chihuahua	1.0249	537.3	1.1
Oaxaca	1.0246	2,256.7	4.6
Puebla	1.0154	673.0	1.4
Querétaro	1.0121	90.8	0.2
Jalisco	1.0083	212.8	0.4
Chiapas	0.9992	5,488.0	11.3
Durango	0.9938	280.6	0.6
Sonora	0.9931	1,093.8	2.2
Baja California	0.9924	2,451.9	5.0
Campeche	0.9904	54.7	0.1
Tabasco	0.9809	10,395.7	21.3
Baja California Sur	0.9710	2,111.8	4.3
Nayarít	0.9439	0.0	0.0
Guerrero	0.9422	213.2	0.4
Yucatán	0.9413	456.1	0.9
México	0.9257	428.0	0.9
Colima	0.9245	54.9	0.1
Tlaxcala	0.9194	36.1	0.1
Morelos	0.8854	14.3	0.0
Distrito Federal	0.8615	107.7	0.2

Fuente: SHCP y Torres (2008)

4.2 Índice de riesgo para el ciclo Otoño-Invierno

En la gráfica 13, el cuadro 6 del anexo y los cuadros 5 y 6 de esta sección se presentan los resultados y las comparaciones para el ciclo Otoño-Invierno. Los estados que presentan mayores niveles de riesgo son Sonora, Querétaro y Yucatán. Mientras que Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila presentan los menores niveles. Los estados con un nivel de riesgo mayor que el promedio han recibido el 61.1% de los recursos del FONDEN en el periodo 2005-2010. Tomando el índice estimado por Torres (2008), lo estados con un riesgo mayor al del promedio recibieron en el periodo 74.5% de los pagos del FONDEN. Sin embargo, es necesario hacer notar que la gran mayoría de los pagos del FONDEN han sido destinados a atender las contingencias ocasionadas por fenómenos de índole hidrometeorológico. Ello representa un argumento a favor del ajuste de nuestro índice, debido a que en el ciclo Otoño-Invierno la mayoría de los siniestros se deben a la ausencia de lluvias.

Gráfica 13. Índice de riesgo para el ciclo OI



Bajo el esquema del FAPRACC, los estados con mayor riesgo recibieron el 75.2% de los recursos en el periodo 1995-2004.

También en la estimación del ciclo OI se presenta el problema de Heywood, pero ahora cuando usamos el logaritmo de la superficie siniestrada. En el cuadro 7 se presenta la matriz de pesos de los factores.

Cuadro 5. Índice de Riesgo Estimado vs. Pagos del FONDEN (2005-2010)
Ciclo Otoño-Invierno

Entidad	Índice	Pagos FONDEN mp 2010	Participación % en el FONDEN
Sonora	1.3536	1,093.8	2.3
Querétaro	1.3221	90.8	0.2
Yucatán	1.2046	456.1	1.0
Durango	1.1850	280.6	0.6
Guanajuato	1.1696	0.0	0.0
Tabasco	1.1584	10,395.7	22.2
Michoacán	1.1371	1,009.5	2.2
Sinaloa	1.1188	855.6	1.8
Chiapas	1.1034	5,488.0	11.7
México	1.0853	428.0	0.9
Puebla	1.0676	673.0	1.4
San Luis Potosí	1.0673	304.7	0.7
Chihuahua	1.0382	537.3	1.1
Hidalgo	1.0328	2,634.1	5.6
Oaxaca	1.0079	2,256.7	4.8
Baja California Sur	1.0019	2,111.8	4.5
Veracruz	0.9441	9,946.7	21.2
Baja California	0.9433	2,451.9	5.2
Jalisco	0.9380	212.8	0.5
Nayarít	0.9280	0.0	0.0
Guerrero	0.9264	213.2	0.5
Morelos	0.9218	14.3	0.0
Coahuila	0.5696	410.1	0.9
Tamaulipas	0.4624	1,194.9	2.6
Nuevo León	0.3126	3,768.6	8.0

Fuente: SHCP y estimación propia con datos del SIAP.

Cuadro 6. Índice de Riesgo (Torres, 2008) vs. Pagos del FONDEN (2005-2010) Ciclo Otoño-Invierno

Entidad	Índice	Pagos FONDEN 2010	Participación % en el FONDEN
Tamaulipas	1.1495	1,194.9	2.4
Sinaloa	1.1232	855.6	1.8
Baja California Sur	1.1175	2,111.8	4.3
Veracruz	1.1034	9,946.7	20.4
Nuevo León	1.0823	3,768.6	7.7
San Luis Potosí	1.0420	304.7	0.6
Tabasco	1.0418	10,395.7	21.3
Coahuila	1.0380	410.1	0.8
Sonora	1.0347	1,093.8	2.2
Baja California	1.0312	2,451.9	5.0
Quintana Roo	1.0292	1,536.5	3.2
Nayarít	1.0163	0.0	0.0
Oaxaca	1.0083	2,256.7	4.6
Campeche	0.9942	54.7	0.1
Jalisco	0.9895	212.8	0.4
Yucatán	0.9895	456.1	0.9
Guanajuato	0.9868	0.0	0.0
Durango	0.9854	280.6	0.6
Michoacán	0.9783	1,009.5	2.1
Chiapas	0.9764	5,488.0	11.3
Hidalgo	0.9590	2,634.1	5.4
Chihuahua	0.9448	537.3	1.1
Guerrero	0.9343	213.2	0.4
Colima	0.9338	54.9	0.1
Puebla	0.9312	673.0	1.4
Querétaro	0.9258	90.8	0.2
Zacatecas	0.9094	8.7	0.0
Aguascalientes	0.8694	145.9	0.3

Fuente: SHCP y Torres (2008)

4.3 Discusión

Existe una clara diferencia entre los índices calculados por Torres (2008) y los que son estimados para este trabajo. Las diferencias se deben a que nuestro índice pondera la

sensibilidad de cada región ante los factores de riesgo subyacentes y además toma en consideración el riesgo idiosincrático o específico. Por ejemplo, para el ciclo Primavera-Verano, los resultados de Torres (2008) sitúan a Zacatecas dentro de los estados más riesgosos. Si observamos el cuadro 8 del anexo, en los campos correspondientes a los estados de Veracruz y Zacatecas la unicidad toma los valores de 79.7 y 9.1% respectivamente. Esto implica que el estado de Veracruz tiende a verse más afectado por factores de riesgo idiosincráticos o únicos que por factores de riesgo sistemáticos y por lo tanto su nivel de riesgo será mayor. Para el caso de Zacatecas, la mayor parte de su variabilidad está explicada por los factores comunes y por lo tanto su nivel de riesgo es menor.

Para el caso del ciclo Otoño-InviernoTorres (2008) sitúa a Tamaulipas dentro de los estados más riesgosos, mientras que, de acuerdo con nuestro índice, es uno de los menos riesgosos. Según las estimaciones de la unicidad que se describen en el cuadro 7 del anexo, Tamaulipas tiene una unicidad de 31%, que es una de las más bajas, mientras que Sonora tiene una unicidad del 83% y es la entidad con mayor riesgo de acuerdo a nuestro índice. Este resultado soporta la idea de que el índice de riesgo pondera de forma importante el riesgo idiosincrático, pero lo atenúa ajustando por la sensibilidad ante los factores de riesgo sistemático.

5. Conclusión

El objetivo de este trabajo fue el de proponer un índice de riesgo que permita identificar aquellas regiones de México que presentan mayor riesgo para la explotación agrícola. El índice ponderó las dos dimensiones del riesgo, tanto la idiosincrática como la sistemática.

De acuerdo a nuestras estimaciones, los estados más riesgosos en el ciclo Primavera-Verano son Veracruz, Tamaulipas e Hidalgo, mientras que los menos riesgosos son Oaxaca, Zacatecas y Nuevo León. Para el caso del ciclo Otoño-Invierno, los estados más riesgosos son Sonora, Querétaro y Yucatán, mientras que Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila presentan los menores niveles de riesgo.

Se demostró que para el ciclo Primavera-Verano el índice estimado concentra a los estados que han recibido el 74.5% de los recursos del FONDEN en el periodo 2005-2010 mientras que los estados más riesgosos en el ciclo Otoño-Invierno recibieron el 61.1%. Sin embargo, los índices aquí estimados difieren de los estimados por Torres (2008). La justificación para esta diferencia es que los índices estimados por Torres (2008) no ponderan las dos dimensiones del riesgo y por lo tanto no diferencian aquellos estados con mayor riesgo idiosincrático.

Las estimaciones usando la tasa siniestral del ciclo Primavera-Verano y la superficie siniestrada del ciclo Otoño-Invierno presentan el problema de Heywood. Este problema generalmente se presenta cuandolos datos no son suficientes para proveer estimadores estables, lo que provoca que algunas varianzas estimadas sean negativas. Lo anterior tiene como consecuencia que las estimaciones de los betas sean poco fiables y en consecuencia nuestro índice de riesgo. A pesar de ello, el índice se presenta como mera referencia. Sin embargo, vale la pena preguntarse por qué los datos del ciclo Primavera-Verano presentan este problema cuando se transforman en tasa siniestral y por qué es necesario usar la tasa siniestral en los datos del ciclo Otoño-Invierno para que el problema de Heywood desaparezca.

Es necesario aclarar que los índices de riesgo que hemos desarrollado no pretenden hacer un *ranking* de los estados en función de los siniestros que experimentan. Por el contrario, pretende hacer un *ranking* tomando en consideración las dimensiones del riesgo idiosincrático y sistemático. La sensibilidad de los estados ante el riesgo sistemático es capturada por la matriz de pesos de los factores y, dependiendo de su signo, aumentan o reducen el riesgo idiosincrático. Los índices de riesgo aquí calculados hacen uso de una idea poderosa: existen estructuras latentes que determinan los datos observados. No obstante, lo poderoso de esta idea es cuestionable mientras no encontremos una manera de relacionar la matriz de pesos de los factores con variables observables.Más allá de los resultados, este trabajo pretende introducir una técnica de análisis que nos permita identificar los factores latentes que afectan la siniestralidad agrícola.

La idea es reconocer que la correlación existente entre las siniestralidad de todas las regiones nos permite cuantificar en qué medida las variables que la determinan afectan al riesgo global de una región.En este trabajo se reconoce la gran utilidad de las técnicas estadísticas para extraer información relevante de los datos observados, pero al mismo tiempo lo limitado de nuestro conocimiento sobre los procesos que los generan. El modelo que se utilizó pretendió aprovechar la ventaja de los datos y arrojar luz sobre los factores que podrían explicar el riesgo en el sector agrícola. En este sentido, el principio rector de este trabajo fue la simplicidad. Por supuesto, nuestras conclusiones no pretenden ser definitivas.

6. Bibliografía

AGROASEMEX (2006), *Mapas de Riesgo Agrícolas*, Dirección General Adjunta de Desarrollo Técnico, AGROASEMEX, Querétaro.

Brauner, Christian (2002), *Opportunities and Risk of Climate Change*, Swiss Reinsurance Company, Zurich.

Campbell, John Y. (1997), *The Econometrics of Financial Markets*, Princeton University Press, New Jersey.

Emmerson, Charles, et. al. (2007), *Global Risk 2007.A Global Risk Network Report*, Committed to Improving the State of the World, World Economic Forum, Ginebra.

Epstein, Richard A. (1996), "Catastrophic Responses to Catastrophic Risks", *Journal of Risk and Uncertainty*, 12.

Escamilla Juárez, Jesús (2006), "La experiencia Mexicana en el desarrollo y operación de seguros paramétricos orientados a la agricultura", AGROASEMEX, Querétaro.

Galindo Paliza, Luis Miguel (2008), *La economía del cambio climático en México (Síntesis)*, SHCP-SEMARNAT, México D. F.

Galvis Aponte, Luis Armando (2001), *¿Qué determina la productividad agrícola departamental en Colombia?*, Documento de Trabajo Sobre Economía Regional, Banco de la República, Cartagena de Indias.

Grossi, Patricia, Howard Kunreuther (Editores) (2005), *Catastrophe Modeling: A New Approach to Managing Risk*, Huebner International Series on Risk, Insurance and Economic Security, Vol. 25.

Hausmann, Peter (1999), *Inundaciones, ¿un riesgo asegurable?*, Swiss Reinsurance Company, Zúrich.

Keykhah, Mojdeh y Neil A. Doherty (2000), *Global Hazards and Catastrophic Risk: Assessments, Practitioners, and Decision Making in Reinsurance*, Belfer Center for Science and International Affairs, Discussion Paper 2000-22, Environment and Natural Resources Program, Kennedy School of Government, Harvard University.

Kleffner, Anne E. (1996), "Costly Risk Bearing and the Supply of Catastrophic Insurance", *The Journal of Risk and Insurance*, Vol. 63, Num. 4.

Kunreuther, Howard (2001), *Risk Analysis and Risk Management in an Uncertain World*, The Wharton School, Filadelfia.

Mahul, Olivier (2001), "Managing Catastrophic Risk through Insurance and Securitization", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 83, Num. 3.

Mitchell, Mark y Reto Schnarwiler (2008), *Financiamiento del riesgo de desastres: Reducir la carga sobre el presupuesto del sector público*, Swiss Reinsurance Company, Zúrich.

Morrison, Donald F. (2004), *Multivariate Statistical Methods*, Portland.

Saldaña Zorrilla, Sergio O. (2007), *Socioeconomc Vulnerability to Natural Disasters in Mexico: Rural Poor, Trade and Public Response*, CEPAL, Serie Estudios y Perspectiva, No. 92, México.

Rodda, J. C., R. A. Downing y F.M. Law (1976), *Systematic Hydrology*, Butterworths, Londres.

Tsay, Ruey S. (2005), *Analysis of Financial Time Series*, John Wyley & Sons, New Jersey.

Torres Rojo, Juan Manuel (2008), *Comportamiento crítico autoorganizado de la superficie agrícola siniestrada: su uso en la definición de riesgo agroclimático*, Documento de Trabajo 433, CIDE División de Economía, México D. F.

7. Anexos

Cuadro 1. Participación porcentual promedio en las hectareas sembradas PV

	Entidad	1980-2005	1980-1990	1991-2000	2001-2005	Acumulado
1	Zacatecas	9.24%	9.00%	9.38%	9.46%	9.46%
2	Jalisco	7.98%	8.84%	7.43%	7.23%	16.69%
3	Guanajuato	6.85%	7.14%	6.50%	6.92%	23.62%
4	Chihuahua	6.78%	6.82%	6.73%	6.78%	30.40%
5	Chiapas	6.68%	5.86%	7.14%	7.54%	37.94%
6	Estado de México	6.28%	6.42%	6.16%	6.20%	44.14%
7	Puebla	6.23%	6.32%	6.32%	5.88%	50.01%
8	Michoacán	5.59%	5.63%	5.57%	5.56%	55.58%
9	Durango	4.76%	4.62%	4.77%	5.03%	60.61%
10	Oaxaca	4.36%	3.88%	4.64%	4.86%	65.47%
11	Guerrero	4.07%	3.97%	4.10%	4.26%	69.73%
12	Sinaloa	4.03%	4.61%	3.70%	3.41%	73.14%
13	Veracruz	3.78%	3.59%	3.97%	3.80%	76.93%
14	Hidalgo	3.36%	3.18%	3.50%	3.46%	80.39%
15	San Luis Potosí	3.18%	2.76%	3.42%	3.63%	84.02%
16	Tamaulipas	2.86%	2.68%	2.98%	3.01%	87.03%
17	Tlaxcala	1.89%	1.88%	1.90%	1.91%	88.94%
18	Sonora	1.59%	2.15%	1.42%	0.71%	89.65%
19	Yucatán	1.39%	1.34%	1.45%	1.40%	91.05%
20	Querétaro	1.20%	1.24%	1.15%	1.21%	92.26%
21	Campeche	1.11%	0.95%	1.11%	1.44%	93.70%
22	Nuevo León	1.06%	1.17%	0.93%	1.06%	94.76%
23	Coahuila	1.03%	1.06%	1.04%	0.92%	95.68%
24	Aguascalientes	1.02%	1.05%	1.00%	1.01%	96.69%
25	Morelos	0.81%	0.85%	0.79%	0.78%	97.47%
26	Nayarit	0.63%	0.63%	0.69%	0.50%	97.97%
27	Quintana Roo	0.61%	0.60%	0.59%	0.69%	98.66%
28	Baja California	0.55%	0.66%	0.51%	0.38%	99.03%
29	Tabasco	0.48%	0.42%	0.51%	0.57%	99.60%
30	Colima	0.27%	0.32%	0.28%	0.17%	99.77%
31	Distrito Federal	0.18%	0.20%	0.17%	0.16%	99.93%
32	Baja California Sur	0.15%	0.17%	0.15%	0.07%	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

Cuadro 2. Participación porcentual promedio en las hectáreas sembradas OI

	Entidad	1980-2005	1980-1990	1991-2000	2001-2005	Acumulados
1	Tamaulipas	27.77%	29.65%	27.16%	24.85%	24.85%
2	Sinaloa	17.25%	16.14%	17.23%	19.73%	44.58%
3	Sonora	10.70%	11.18%	10.73%	9.59%	54.17%
4	Veracruz	6.32%	5.84%	6.58%	6.83%	61.00%
5	Guanajuato	4.79%	4.80%	4.86%	4.61%	65.61%
6	Nayarit	4.39%	4.64%	4.23%	4.16%	69.77%
7	Baja California	3.66%	3.78%	3.42%	3.90%	73.68%
8	Michoacán	3.35%	3.47%	3.41%	2.97%	76.64%
9	Chiapas	2.89%	1.63%	3.39%	4.66%	81.30%
10	Jalisco	2.64%	2.82%	2.69%	2.14%	83.44%
11	Oaxaca	2.11%	1.51%	2.43%	2.78%	86.22%
12	Nuevo León	1.96%	1.81%	2.17%	1.86%	88.08%
13	Chihuahua	1.66%	2.16%	1.40%	1.06%	89.15%
14	Puebla	1.28%	1.21%	1.31%	1.38%	90.52%
15	Tabasco	1.10%	0.70%	1.30%	1.59%	92.11%
16	Coahuila	1.08%	1.17%	1.09%	0.84%	92.95%
17	Hidalgo	1.08%	1.01%	1.16%	1.05%	94.00%
18	San Luis Potosí	1.02%	0.94%	0.95%	1.32%	95.32%
19	Guerrero	0.83%	0.72%	0.86%	1.03%	96.35%
20	Baja California Sur	0.82%	1.18%	0.60%	0.49%	96.84%
21	Yucatán	0.50%	0.96%	0.16%	0.15%	96.99%
22	Durango	0.50%	0.51%	0.48%	0.50%	97.49%
23	Estado de México	0.39%	0.40%	0.39%	0.38%	97.87%
24	Morelos	0.34%	0.33%	0.31%	0.41%	98.27%
25	Querétaro	0.31%	0.38%	0.28%	0.21%	98.48%
26	Quintana Roo	0.29%	0.32%	0.23%	0.33%	98.81%
27	Zacatecas	0.28%	0.27%	0.30%	0.27%	99.08%
28	Campeche	0.27%	0.08%	0.38%	0.43%	99.51%
29	Colima	0.21%	0.16%	0.26%	0.23%	99.74%
30	Aguascalientes	0.14%	0.11%	0.15%	0.17%	99.91%
31	Tlaxcala	0.06%	0.08%	0.05%	0.05%	99.97%
32	Distrito Federal	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

Cuadro 3. Hectáreas sembradas por tipo de producto PV

	Tipo de Producto	1980-2005	Acumulado
1	Cereales	62.17%	62.17%
2	Legúmbres secas	14.85%	77.02%
3	Forrajes	13.37%	90.40%
4	Oleaginosas	3.37%	93.77%
5	Industriales	3.36%	97.13%
6	Hortalizas	1.94%	99.07%
7	Tuberculos	0.35%	99.42%
8	Frutales	0.27%	99.69%
9	Otros	0.13%	99.83%
10	Orgánicos	0.10%	99.93%
11	Ornamentos	0.06%	99.99%
12	Semillas para siembra	0.01%	100.00%
13	Especias y medicinales	0.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

Cuadro 4. Hectáreas sembradas por tipo de producto OI

	Tipo de Producto	1980-2005	Acumulado
1	Cereales	42.87%	42.87%
2	Forrajes	27.88%	70.75%
3	Legúmbres secas	11.94%	82.69%
4	Oleaginosas	5.79%	88.48%
5	Hortalizas	5.47%	93.95%
6	Industriales	3.22%	97.17%
7	Frutales	1.66%	98.82%
8	Tubérculos	0.81%	99.63%
9	Otros	0.20%	99.83%
10	Ornamentos	0.10%	99.93%
11	Semillas para siembra	0.05%	99.98%
12	Especias y medicinales	0.01%	99.99%
13	Orgánicos	0.01%	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

Cuadro 5. Ídice de riesgo para el ciclo PV		
Entidad	Tasa Siniestral*	Superficie Siniestrada
Veracruz	1.240699	1.293388
Tamaulipas	1.026037	1.267576
Hidalgo	1.206640	1.202313
Estado de México	1.455307	1.180548
Guerrero	1.266337	1.180317
Morelos	1.161131	1.172232
Sonora	1.238989	1.168351
Sinaloa	1.215651	1.154817
Durango	1.220906	1.120149
Michoacán	1.242277	1.087286
Chiapas	1.019190	1.061615
Yucatán	0.875604	1.060040
Aguascalientes	0.992291	1.012980
Jalisco	1.120524	0.987593
Tlaxcala	0.872040	0.979824
Querétaro	1.049535	0.973494
Guanajuato	1.048101	0.951362
Campeche	1.093653	0.928144
San Luis Potosí	0.708724	0.919044
Coahuila	0.331071	0.890919
Chihuahua	0.822331	0.829441
Puebla	0.993728	0.826711
Oaxaca	0.846214	0.732881
Zacatecas	0.483868	0.551164
Nuevo León	0.469154	0.467812

* Las estimaciones usando el logaritmo de la tasa siniestral provocan el problema de Heywood. En este caso, los resultados deben ser interpretados con cautela.

Cuadro 6. Índice de riesgo para el ciclo OI		
Entidad	Tasa Siniestral	Superficie Siniestrada*
Sonora	1.353599	1.357286
Querétaro	1.322059	1.305619
Yucatán	1.204628	1.043070
Durango	1.185015	1.350959
Guanajuato	1.169616	1.250977
Tabasco	1.158450	0.540503
Michoacán	1.137142	0.955271
Sinaloa	1.118787	1.107843
Chiapas	1.103404	0.926049
Estado de México	1.085276	0.965825
Puebla	1.067575	1.076228
San Luis Potosí	1.067280	0.888854
Chihuahua	1.038242	1.143551
Hidalgo	1.032783	1.238333
Oaxaca	1.007932	1.018235
Baja California Sur	1.001950	1.137834
Veracruz	0.944140	1.151811
Baja California	0.943339	1.198434
Jalisco	0.937985	1.143055
Nayarit	0.928007	0.847222
Guerrero	0.926444	1.099616
Morelos	0.921773	0.700092
Coahuila	0.569578	0.747814
Tamaulipas	0.462364	0.717048
Nuevo León	0.312633	0.088472

* Las estimaciones usando el logaritmo de la tasa siniestral provocan el problema de Heywood. En este caso, los resultados deben ser interpretados con cautela.

Cuadro 7. Matríz de pesos de los factores estimada para el ciclo OI					
Entidad	Matriz de pesos de los Factores			Comunalidad	Unicidad
	Factor 1	Factor 2	Factor 3		
Tamaulipas	0.27981	-0.61057	0.48541	0.68671	0.31329
Sinaloa	0.56020	0.47292	0.09234	0.54600	0.45400
Sonora	0.34543	0.16137	0.13755	0.16428	0.83572
Veracruz	0.54823	-0.19892	0.46268	0.55420	0.44580
Guanajuato	0.52316	0.42311	-0.00519	0.45274	0.54726
Nayarit	0.50541	0.67148	0.21668	0.75327	0.24673
Baja California	0.36323	-0.05015	-0.44150	0.32938	0.67063
Michoacán	0.44412	0.53059	0.06097	0.48248	0.51752
Chiapas	0.29573	0.47728	0.41237	0.48530	0.51470
Jalisco	0.68647	0.29647	-0.27344	0.63391	0.36609
Oaxaca	0.63660	-0.23051	0.06595	0.46275	0.53725
Nuevo León	0.64606	-0.66678	-0.08416	0.86907	0.13093
Chihuahua	0.24990	-0.32675	-0.10061	0.17934	0.82066
Puebla	-0.06792	-0.02522	0.41921	0.18099	0.81902
Tabasco	0.20721	0.04945	0.48933	0.28483	0.71517
Coahuila	0.42613	-0.48409	-0.36508	0.54922	0.45078
Hidalgo	0.67396	-0.13797	0.20790	0.51648	0.48352
San Luis Potosí	0.60268	-0.18744	0.18846	0.43387	0.56613
Guerrero	0.74108	0.40998	-0.12552	0.73303	0.26697
Baja California Sur	-0.07603	0.11101	-0.32799	0.12568	0.87432
Yucatán	-0.00662	-0.07779	0.19355	0.04356	0.95644
Durango	0.41668	0.09326	-0.24548	0.24258	0.75742
Estado de México	0.13352	0.32286	-0.32681	0.22887	0.77113
Morelos	0.65503	0.16435	-0.34851	0.57754	0.42246
Querétaro	0.42759	0.19371	0.03489	0.22157	0.77843

Cuadro 8. Matríz de pesos de los factores estimada para el ciclo PV					
Entidad	Matriz de pesos de los factores			Comunalidad	Unicidad
	Factor 1	Factor 2	Factor 3		
Zacatecas	0.698863	0.440863	-0.475178	0.908564	0.091436
Jalisco	0.678566	0.420297	0.274887	0.712664	0.287336
Guanajuato	0.729951	0.425797	0.045180	0.716172	0.283828
Chihuahua	-0.294288	0.461618	0.129551	0.316480	0.683520
Chiapas	0.330471	0.575311	0.260546	0.508078	0.491923
Estado de México	-0.099330	0.186147	0.134795	0.062687	0.937313
Puebla	0.128791	0.550213	0.589633	0.666988	0.333012
Michoacán	0.319761	0.557761	0.245735	0.473729	0.526271
Durango	0.473236	0.431853	-0.083093	0.417354	0.582646
Oaxaca	0.046405	0.325767	0.759425	0.685004	0.314996
Guerrero	0.302516	0.218148	0.465359	0.355663	0.644337
Sinaloa	0.420121	0.463261	0.225539	0.441980	0.558020
Veracruz	0.328681	0.300927	0.059361	0.202112	0.797888
Hidalgo	0.529018	0.028852	0.293556	0.366867	0.633133
San Luis Potosí	0.833604	0.071946	0.013572	0.700256	0.299744
Tamaulipas	0.487510	0.212629	0.114969	0.296096	0.703905
Tlaxcala	0.443681	-0.149411	0.548434	0.519957	0.480043
Sonora	0.500109	-0.056743	0.340711	0.369412	0.630588
Yucatán	-0.142504	-0.137546	0.148469	0.061269	0.938731
Querétaro	0.706669	0.305550	-0.140478	0.612475	0.387525
Campeche	0.130717	-0.143359	0.617110	0.418463	0.581537
Nuevo León	0.848036	-0.476414	0.055509	0.949217	0.050783
Coahuila	0.714987	-0.262136	0.020649	0.580348	0.419652
Aguascalientes	0.611070	0.312973	-0.211533	0.516105	0.483895
Morelos	0.312506	0.244457	0.465366	0.373985	0.626015

Cuadro 9. Promedio de Productividad 1995-2005 por Tipo de Producto, Ciclo Agrícola y Modalidad (Ton/ Ha)

Entidad	Cereales				Legúmbres secas				Forrajes			
	Otoño Invierno		Primavera-Verano		Otoño Invierno		Primavera-Verano		Otoño Invierno		Primavera-Verano	
	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal
Aguascalientes	2.5		5.1	0.5	2.3		1.9	0.3	35.3		48.2	10.8
Baja California	5.9	1.6	3.6	0.7	6.8	2.0	1.0	0.5	37.3	2.1	24.0	3.4
Baja California Sur	5.1		4.8		1.3		1.3		12.2		12.9	
Campeche	3.7	0.7	4.3	1.8	0.9	0.5		0.8	2.7	2.3		2.0
Chiapas	3.5	1.2	3.0	1.9	0.6	0.6		0.6	3.6	3.2		2.9
Chihuahua	4.5	0.6	6.9	1.0	4.5	0.2	1.2	0.4	20.1	1.6	21.3	3.3
Coahuila	2.2	0.7	2.4	0.7	2.2		1.2	0.4	30.3	11.2	29.4	12.7
Colima	3.7		4.9	2.4	0.9		1.0	0.9	25.0		21.7	15.0
Durango	4.1	1.1	4.7	0.8	1.8		1.2	0.5	20.5	9.6	40.5	5.7
Estado de México	2.8	1.6	4.2	3.1	1.2	3.5	1.3	0.9	21.4	15.2	55.7	24.2
Guanajuato	5.6	1.4	6.5	1.6	1.3	0.8	1.6	0.4	21.6	1.1	8.8	3.7
Guerrero	3.1	2.6	3.2	2.3	0.6	0.6	0.8	0.6	18.4	14.9	15.0	8.6
Hidalgo	4.5	1.3	5.7	1.2	1.7	0.5	1.7	0.4	22.7	4.8	23.7	9.7
Jalsico	5.0	2.2	5.0	4.0	1.9	1.9	1.4	0.8	14.8	4.3	32.4	14.5
Michoacán	4.9	1.4	4.6	2.3	1.4	1.0	1.3	1.0	12.9	8.7	8.6	6.2
Morelos	2.8		5.1	2.2	1.6		1.7	1.0	17.4		6.9	4.1
Nayarit	5.4	2.7	4.1	3.0	1.2	0.9	0.9	1.0	5.6	5.0	12.1	6.0
Nuevo León	2.7	1.4	2.8	0.7	0.4	0.6	1.1	0.5	7.5	2.9	7.6	5.8
Oaxaca	2.5	1.9	2.4	1.2	1.0	0.7	1.0	0.5	14.3	3.3	17.0	3.9
Puebla	3.2	1.5	3.8	1.6	1.5	0.7	1.1	0.6	20.2	11.7	36.0	8.0
Querétaro	3.8	0.4	6.1	1.2	1.1	0.3	1.3	0.4	32.3	0.5	17.7	4.9
Quintana Roo	2.6	0.6	4.1	0.6	0.6	0.3		1.0		1.3		2.0
San Luis Potosí	2.9	1.0	3.2	0.6	1.4	0.5	1.7	0.4	5.8	2.3	22.4	2.1
Sinaloa	7.9	1.5	5.7	0.9	1.7	0.7	1.4	0.5	10.0	7.3	6.4	3.5
Sonora	5.7	1.6	4.2	0.7	1.8	0.9	1.4	0.6	12.2	3.8	9.2	2.9
Tabasco	4.1	1.5	3.4	1.8		0.6		0.7	4.0	2.8		2.8
Tamaulipas	3.5	2.3	2.3	1.3	0.7	0.5	0.8	0.6	3.6	2.3	2.7	2.0
Tlaxcala	2.7		3.1	2.0	2.0		1.2	0.7	21.3		38.1	27.4
Veracruz	4.2	1.6	6.0	2.0	1.0	0.6	2.4	0.7	4.2	3.3	11.0	4.0
Yucatán	3.1	3.2	3.5	0.8	1.1	0.4	2.4	0.3	2.3	3.5	32.7	0.9
Zacatecas	2.8		3.8	0.8	1.2		1.8	0.5	12.0		24.5	5.7
Promedio	3.9	1.5	4.3	1.5	1.6	0.8	1.4	0.6	15.7	5.2	21.7	7.0

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

Cuadro 10. Participación de las Entidades en la Superficie Sembrada Nacional Total y por Modalidad de Cultivo

Promedio 1995-2005

Entidad	Temporal	Riego	Total
Tamaulipas	9.4	4.6	8.3
Zacatecas	8.4	3.5	7.3
Sinaloa	3.4	19.7	7.0
Chiapas	8.6	0.5	6.8
Jalisco	6.9	3.3	6.1
Guanajuato	4.4	11.7	6.1
Chihuahua	5.1	6.8	5.4
Michoacán	4.7	6.4	5.1
Puebla	5.5	3.0	4.9
Estado de México	5.1	3.6	4.8
Veracruz	5.9	0.3	4.7
Oaxaca	5.0	1.7	4.3
Durango	4.3	2.4	3.9
Guerrero	4.1	1.2	3.4
San Luis Potosí	3.4	1.8	3.1
Sonora	0.3	12.3	3.0
Hidalgo	3.0	2.3	2.9
Tlaxcala	1.7	0.6	1.4
Nayarít	1.4	1.6	1.4
Nuevo León	1.2	1.3	1.3
Baja California	0.3	4.2	1.2
Campeche	1.4	0.2	1.2
Yucatán	1.4	0.2	1.1
Querétaro	0.9	1.2	1.0
Coahuila	0.5	2.5	1.0
Aguascalientes	0.8	0.9	0.8
Tabasco	1.0	0.0	0.8
Morelos	0.6	0.8	0.7
Quintana Roo	0.7	0.0	0.6
Colima	0.2	0.4	0.2
Baja California Sur	0.0	0.9	0.2
Distrito Federal	0.1	0.1	0.1

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

Cuadro 11. Composición de la superficie sembrada por entidad federativa
Promedio 1995-2005

Entidad	% Riego	% Temporal
Baja California Sur	100.0	
Sonora	92.0	8.0
Baja California	79.3	20.7
Sinaloa	62.9	37.1
Coahuila	58.0	42.0
Guanajuato	43.4	56.6
Colima	37.5	62.5
Michoacán	28.6	71.4
Querétaro	28.5	71.5
Chihuahua	28.0	72.0
Morelos	27.0	73.0
Nayarít	25.3	74.7
Aguascalientes	23.6	76.4
Nuevo León	23.2	76.8
Hidalgo	18.1	81.9
Estado de México	17.1	82.9
Durango	13.9	86.1
Puebla	13.5	86.5
San Luis Potosí	13.1	86.9
Tamaulipas	12.4	87.6
Jalisco	12.2	87.8
Zacatecas	10.8	89.2
Tlaxcala	9.9	90.1
Distrito Federal	9.6	90.4
Oaxaca	8.9	91.1
Guerrero	7.9	92.1
Campeche	4.5	95.5
Yucatán	3.1	96.9
Chiapas	1.8	98.2
Veracruz	1.5	98.5
Quintana Roo	1.3	98.7
Tabasco	1.2	98.8

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

Cuadro 12. Participación Porcentual en el Valor de la Producción Promedio 1995-2005

Entidad	Proporción
Sinaloa	13.3
Jalsico	7.5
Estado de México	7.0
Guanajuato	6.5
Michoacán	6.2
Sonora	6.1
Chihuahua	5.1
Baja California	4.9
Zacatecas	4.7
Tamaulipas	4.5
Puebla	3.8
Chiapas	3.7
Veracruz	3.2
Guerrero	3.0
Oaxaca	2.4
Durango	2.1
San Luis Potosí	2.0
Nayarít	2.0
Hidalgo	1.9
Morelos	1.5
Coahuila	1.3
Nuevo León	1.3
Tlaxcala	1.1
Baja California Sur	1.0
Querétaro	0.7
Aguascalientes	0.6
Campeche	0.6
Colima	0.5
Tabasco	0.4
Yucatán	0.3
Distrito Federal	0.3
Quintana Roo	0.1

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.