

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



UN ESTUDIO SOBRE LA EFICACIA DE LOS FONDOS DE ASEGURAMIENTO
AGROPECUARIO EN LA REDUCCIÓN DEL RIESGO MORAL EN LOS
SEGUROS AGRÍCOLAS MEXICANOS

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN ECONOMÍA

PRESENTA

LUIS ARMANDO LÓPEZ LÓPEZ

DIRECTOR DE LA TESINA: DRA. SONIA BEATRIZ DI GIANNATALE
MENEGALLI

Resumen

En la agricultura, los seguros agrícolas son esenciales para proteger a los productores de los riesgos biológicos y climáticos. Sin embargo, la presencia de un seguro puede inducir a los agricultores a adoptar prácticas de manejo de riesgos menos cuidadosas, un fenómeno conocido como riesgo moral. Este estudio se enfoca en examinar la participación en los Fondos de Aseguramiento Agropecuario (FAA) en la mitigación del riesgo moral en el sector agrícola en México. Se parte de un modelo teórico basado en el nivel de esfuerzo de un agente representativo de un FAA, así como de un agricultor asegurado en el sector privado. Se da un acercamiento empírico a través de datos de siniestros agrícolas de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) para encontrar una relación entre la mayor adopción de seguros agrícolas a través de los FAA y la ocurrencia de siniestros agrícolas.

Palabras clave: seguros agrícolas, riesgo moral, Fondos de Aseguramiento Agropecuario, siniestros agrícolas, asimetría de información, aversión al riesgo.

Contenido

1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	4
2.1. Planteamiento del Problema	9
3. Antecedentes Históricos	10
3.1. Seguro Agrícola en México	10
3.2. Fondos de Aseguramiento Agropecuario	12
4. Modelo Teórico	15
4.1. Riesgo Moral	15
4.2. Riesgo Moral en los Seguros Agrícolas	18
4.3. Fondos de Aseguramiento Agropecuario	20
4.4. Aseguramiento Agropecuario Privado	22
4.5. Solución	23
4.6. Caracterización de las Funciones de Utilidad	24
5. Base de Datos y Estadísticas descriptivas	26
5.1. Bases de Datos Ideales para Riesgo Moral	26
5.2. Base de Datos y Estadísticas Descriptivas	27
6. Resultados Empíricos	33
7. Conclusiones	43
Referencias	45
Anexo	47

Índice de figuras

3.1. Registro de FAA en el tiempo	13
3.2. Distribución Estatal de los FAA	14
4.1. Orden Cronologico Riesgo Moral	16
4.2. Funciones de utilidad para el cultivo de maíz	25
5.1. Número de pólizas emitidas por año	28
5.2. Número de siniestros ocurridos por año	29
5.3. Causas de siniestros a lo largo del tiempo 1	30
5.4. Causas de siniestros a lo largo del tiempo 2	30
5.5. Causas de siniestros a lo largo del tiempo 3	31
5.6. Hectareas aseguradas por los FAA	32
5.7. Participación de los FAA en las unidades aseguradas a nivel nacional	32
6.1. Porcentaje de siniestros por causas a nivel nacional	35
6.2. Relación Unidades Aseguradas - Total de Siniestros	37
6.3. Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 1	38
6.4. Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 2	38
6.5. Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 3	39
6.6. Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 4	39
6.7. Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 5	40
6.8. Coeficientes de Correlación Pearson	41
6.9. Coeficientes de Correlación Kendall	42

Índice de cuadros

9.1. Tabla de Agrocostos-Rendimientos	49
---	----

Capítulo 1

Introducción

En el mundo de la agricultura, donde los riesgos biológicos y climáticos están presentes, los seguros agrícolas surgen como un salvavidas para los productores. Sin embargo, ¿cómo responden estos productores ante la presencia de un seguro? ¿Acaso su comportamiento cambia cuando saben que están protegidos contra estos riesgos? A pesar de la existencia de los seguros, algunos estudios sugieren que los productores podrían estar tentados a adoptar prácticas de manejo de riesgos menos cuidadosas una vez que están asegurados.

El adoptar prácticas de manejo de riesgo menos cuidadosas es llamado riesgo moral, este fenómeno puede tener consecuencias significativas en la estabilidad y eficiencia del mercado agrícola. La mitigación del riesgo moral es crucial para garantizar la viabilidad y sostenibilidad de la industria agrícola. La asimetría de información del riesgo de la actividad agrícola y la aversión al riesgo de los productores agrícolas son factores clave que contribuyen a este fenómeno.

En la agricultura, los productores suelen tener un conocimiento más completo sobre los riesgos asociados con sus prácticas de manejo, como la variabilidad climática, las enfermedades de los cultivos y los cambios en los precios de los productos. Esta asimetría de información puede llevar a situaciones en las que los productores estén tentados a adoptar prácticas de manejo de riesgo menos cuidadosas, sabiendo que los costos y las consecuencias pueden no ser completamente transparentes para otros actores del mercado. Además, la aversión al riesgo inherente a la agricultura, debido a la incertidumbre del clima y los mercados, puede hacer que los productores sean más propensos a tomar decisiones conservadoras o a evitar riesgos desconocidos, lo que a su vez podría influir en su comportamiento en relación con el riesgo moral. Por lo tanto,

comprender y abordar estas dinámicas es fundamental para garantizar la integridad y la eficiencia del mercado agrícola a largo plazo.

En el contexto de los seguros agrícolas en nuestro país, la disponibilidad de datos detallados y precisos es fundamental para comprender y abordar el problema del riesgo moral. Sin embargo, la recopilación y análisis de estos datos enfrenta ciertos desafíos, como la confidencialidad en el caso de los seguros por parte de instituciones financieras privadas. A pesar de esto, existen avances tanto teóricos como empíricos para la evaluación del comportamiento de los agricultores en presencia de un seguro.

A lo largo de la historia, el seguro agrícola en nuestro país no tomó el papel que debía, ya que cumplía principalmente como un requisito más para la obtención de crédito y no para disminuir los riesgos asociados a la actividad. Debido a su poca importancia dentro del sector, se incurría cada vez más en riesgo moral y, como consecuencia, la cantidad de superficie siniestrada aumentaba año con año. A raíz de esto, y de las primas excesivas pagadas, surgieron los Fondos de Aseguramiento Agropecuario (FAA). Estas asociaciones de agricultores y/o ganaderos tienen como objetivo ofrecer protección colectiva exclusivamente a sus socios contra riesgos climáticos y biológicos. Estas organizaciones poseen características que ayudan a disminuir el riesgo moral en comparación con los seguros contratados con empresas privadas, como menores costos de contratación. Además, el sentido mutualista fomenta la ayuda y cooperación entre sus integrantes para implementar mejores prácticas preventivas y un monitoreo constante.

El presente estudio se enfoca en examinar la participación en los FAA en la mitigación del riesgo moral en el sector agrícola en México. Se parte de un modelo teórico basado en el nivel de esfuerzo para un agente representativo de un FAA, así como un agricultor asegurado en el sector privado. Se da un acercamiento empírico a través de datos de siniestros agrícolas de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) para encontrar una relación entre la mayor adopción de seguros agrícolas a través de los FAA y la ocurrencia de siniestros agrícolas. Además, se investiga si esta relación se ve influenciada por la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), que pueden ayudar a mitigar los riesgos asociados con la producción agrícola.

El presente trabajo se estructura de la siguiente forma: realizamos una revisión de literatura en la sección 2, en la sección 3 damos un contexto histórico de cómo ha sido el riesgo moral en los seguros agrícolas en nuestro país. En la sección 4 planteamos

el modelo teórico con su respectiva solución, la base de datos utilizada así como sus estadísticas descriptivas se analizan en la sección 5, en la sección 6 se muestran los resultados empíricos y, por último, en la sección 7 se exponen las conclusiones.

Capítulo 2

Revisión de literatura

La interacción compleja entre la incertidumbre y la toma de decisiones en el ámbito económico ha sido objeto de extensa investigación. En este contexto, el riesgo moral surge como uno de los fenómenos más notables. Esta revisión se propone adentrarse en los trabajos teóricos y empíricos que rodean al riesgo moral en los seguros agropecuarios.

El riesgo moral se manifiesta cuando una de las partes de un contrato tiene incentivos para comportarse de manera oportunista en detrimento de la otra parte, aprovechando la asimetría de información o las limitaciones de control por parte del otro contratante.

El riesgo moral se manifiesta tanto en interacciones individuales como en escenarios colectivos. Cuando uno o varios agentes participan en un contrato, surge el fenómeno del "free-rider", donde algunos individuos se benefician del esfuerzo de los demás sin contribuir de manera proporcional. Holmstrom (1982), resalta la complejidad de entender cómo la presencia de múltiples agentes intensifica el riesgo moral en entornos contractuales.

Dentro de la teoría de contratos, es crucial comprender cómo los incentivos influyen en el comportamiento de los agentes. En el mercado de seguros, es común observar que a medida que se contrata un seguro, los incentivos para evitar el riesgo disminuyen. Un primer enfoque para explorar empíricamente la dinámica del riesgo moral en el mercado de seguros proviene del estudio de Peltzman (1975), sobre cómo la implementación de leyes que obligan a los conductores a utilizar cinturones de seguridad resultó en un aumento promedio de la velocidad de los automóviles y una mayor incidencia de accidentes.

Una de las manifestaciones del riesgo moral en los seguros agropecuarios es la re-

ducción del esfuerzo por parte de los asegurados para minimizar costos. Por ejemplo, Smith y Goodwin (1996), encontraron que la adquisición de seguros lleva a una reducción en el uso de insumos químicos entre los agricultores, basándose en una encuesta realizada en Kansas en 1992. Esta reducción en el esfuerzo podría interpretarse como un comportamiento estratégico por parte de los asegurados para minimizar los costos, introduciendo así una nueva dimensión al riesgo moral en el sector agropecuario.

Además, el riesgo moral en los seguros agropecuarios puede manifestarse en el abandono de la actividad productiva ante la garantía de un ingreso asegurado. Chen (2005), utilizando un modelo probit, estimó que a medida que aumenta la ganancia neta asegurada, el índice de abandono de superficie cultivada por parte de los agricultores también aumenta en ciertos condados del estado de Texas. Este fenómeno sugiere que los agricultores, al obtener un ingreso asegurado, pueden reducir su esfuerzo dedicado a la actividad agrícola, lo que refleja una manifestación adicional del riesgo moral en este contexto.

Estas dinámicas subrayan la importancia de comprender cómo las estructuras de incentivos en los contratos de seguros agropecuarios pueden influir en el comportamiento de los asegurados y los aseguradores, así como la necesidad de diseñar mecanismos que mitiguen estas manifestaciones del riesgo moral para promover una gestión eficaz de los riesgos en el sector agropecuario. La teoría de contratos resalta la importancia de la asimetría de información como un factor clave que puede afectar la eficiencia y equidad de los contratos. En el mercado de seguros agropecuarios, la presencia de asimetría de información es notable y puede influir en las decisiones tanto de los asegurados como de las compañías de seguros.

La producción agropecuaria presenta una de las relaciones más complejas con el aseguramiento en comparación con otros sectores, debido a varios factores específicos. A diferencia de los seguros de otros sectores, como el de autos, los seguros agrícolas deben considerar la variabilidad climática, las enfermedades de los cultivos, las plagas y las fluctuaciones en los precios de los productos agrícolas. Estos riesgos son inherentemente inciertos y difíciles de predecir. Además, los ciclos de producción son largos y establecer un monitoreo a lo largo de ese tiempo resulta costoso. Esta complejidad requiere que los contratos se diseñen con mecanismos que tomen en cuenta la alta variabilidad y los riesgos específicos del sector, algo que no es tan necesario en seguros de otro tipo,

donde los riesgos son más estandarizados y predecibles.

El estudio de Makki y Somwaru (2001), proporciona una perspectiva valiosa sobre cómo la asimetría de información impacta en el mercado de seguros de cultivos en Iowa. Utilizando un marco de modelado desarrollado previamente en los mercados de seguros de salud y automóviles, los autores aplicaron un modelo logit para analizar las opciones de seguros y un modelo de mínimos cuadrados para examinar las tasas de primas y los niveles de cobertura.

Los resultados del estudio revelaron varias tendencias importantes. En primer lugar, se encontró que los agricultores con mayores ingresos eran más propensos a elegir productos de cobertura más altos. Esta tendencia sugiere que los agricultores más afluentes pueden tener una mejor comprensión de los riesgos asociados y, por lo tanto, optan por niveles de cobertura más amplios para proteger sus inversiones. Sin embargo, el estudio también destacó deficiencias en la evaluación de riesgos individuales por parte de las compañías de seguros y en la fijación de las tasas de primas. Se encontró que las tasas de primas no reflejaban adecuadamente la probabilidad de pérdidas, lo que indica una falta de precisión en la evaluación de riesgos por parte de las aseguradoras.

Estos hallazgos subrayan la importancia de abordar la asimetría de información en el diseño de contratos de seguros agropecuarios. Es crucial desarrollar mecanismos que ayuden a mitigar los efectos adversos de la asimetría de información, promoviendo una evaluación más precisa de riesgos y una fijación de primas más justa y equitativa. Al hacerlo, se puede mejorar la eficiencia de los seguros agropecuarios, beneficiando tanto a los asegurados como a las compañías de seguros.

El abordaje del problema del riesgo moral en los seguros agropecuarios implica considerar estrategias que puedan mitigar las posibles distorsiones en el comportamiento de los asegurados. Cuando el nivel de esfuerzo de un agente no es verificable por el principal, se deben asignar restricciones adicionales para asegurar un mínimo nivel de esfuerzo para poder alcanzar una solución "Second Best" que refleja la pérdida de eficiencia como consecuencia de la asimetría de información.

Por ejemplo, Weaver y Kim (2002), presentan un enfoque basado en la imposición de restricciones de rendimiento en los contratos de seguros. Estas restricciones establecen metas específicas que los asegurados deben alcanzar para recibir beneficios adicionales, lo que representa una intervención adicional para alinear los incentivos y mitigar el

riesgo moral.

Por otro lado, el monitoreo directo también puede considerarse como una restricción adicional en el contrato. He et al. (2016), proponen un modelo teórico que destaca la importancia de un monitoreo efectivo para garantizar el cumplimiento de los términos del contrato. Al implementar medidas de monitoreo, se añade una restricción adicional que busca reducir la posibilidad de comportamiento oportunista por parte de los asegurados pues constituye una estrategia para aminorar el efecto de la información asimétrica, aunque en ciertas situaciones puede ser muy costosa.

Asimismo, Islam et al. (1999), proponen un modelo teórico que combina el suministro de insumos con cobertura parcial, creando un incentivo para el uso de insumos. El monitoreo parcial de los insumos en forma de un requisito mínimo tiene un efecto en la disminución de riesgo moral, como sugieren sus simulaciones. Estas restricciones están diseñadas para contrarrestar las posibles distorsiones en el comportamiento de los asegurados, mejorando así la eficiencia y equidad en la gestión de riesgos en el sector agropecuario.

En el ámbito de los seguros agrícolas, existen investigaciones sobre cómo diversificar el riesgo en varias instituciones financieras. Miranda y Glauber (1997), destacan la importancia del reaseguro como una herramienta crucial para mitigar la exposición al riesgo en las carteras de seguros agrícolas. Su estudio empírico resalta que los contratos de reaseguro son fundamentales para la estabilidad y eficiencia de los mercados de seguros agrícolas, especialmente en entornos con alta correlación entre los rendimientos de las granjas. Esto nos habla sobre cómo, además de la imposición de restricciones, es importante observar las condiciones exógenas como son las climáticas para diseñar contratos óptimos que diversifiquen el riesgo.

Al considerar los riesgos únicos que enfrenta la agricultura y la diversidad de formas en que puede manifestarse el riesgo moral, se requieren consideraciones especiales para garantizar su correcto funcionamiento. Es en este contexto donde organizaciones como FAA, al estar diseñadas específicamente para ofrecer protección a una cantidad reducida de agentes, se posicionan como una alternativa diferenciada en el panorama de los seguros agrícolas. Sin embargo, es importante explorar lo que nos dice la literatura sobre cómo un colectivo puede afrontar el riesgo moral, lo que nos permitirá comprender mejor el papel y la eficacia de los FAA en la gestión de riesgos en el sector agrícola.

Cuando se tiene un grupo de agentes, es más probable que ocurra el riesgo moral, ya que es más fácil reducir el esfuerzo siempre y cuando se observe un rendimiento grupal. Una de las principales soluciones para que todos los niveles de esfuerzo sean un equilibrio de Nash es que, dependiendo de la producción grupal, cada uno de ellos reciba una transferencia adicional dada la producción grupal, dicha conclusión fue presentada por Holmstrom (1982). Uno de los estudios sobre el riesgo moral en grupos es el presentado por Breustedt y Larson (2006), donde presentan un modelo teórico que emplea los ingresos generados por los FAA como una medida de correlación con la incidencia de siniestros. La conclusión derivada de su propuesta sugiere que a medida que los FAA aumentan sus ingresos, la utilidad de cada integrante se incrementa, lo que, a su vez, motiva un mayor nivel de esfuerzo. Este aumento en el esfuerzo conduce a una disminución de siniestros y, por ende, del riesgo moral. Además, los autores respaldan su modelo teórico mediante un análisis empírico que utiliza datos de algunos fondos mexicanos, destacando una correlación negativa entre los ingresos de los fondos y la incidencia de siniestros.

Sin embargo, es crucial señalar que los resultados obtenidos no son concluyentes, ya que la investigación no incluye una comparación con un grupo externo a los fondos. Esta omisión limita la capacidad de determinar si la reducción de siniestros está directamente vinculada a la presencia de los fondos. La falta de un grupo de control externo plantea interrogantes sobre la causalidad de la disminución observada en la incidencia de siniestros y destaca la necesidad de futuras investigaciones que aborden esta cuestión para fortalecer las conclusiones del estudio.

Los estudios presentados nos muestran la complejidad del riesgo moral en el contexto de los seguros agrícolas, con múltiples manifestaciones que incluyen la reducción del esfuerzo por parte de los asegurados y el abandono de la actividad productiva. Estas dinámicas nos muestran la importancia de comprender cómo las estructuras de incentivos en los contratos de seguros pueden influir en el comportamiento de los agentes y afectar la eficiencia del mercado. Además, se identificaron diversas estrategias para mitigar el riesgo moral, como la imposición de restricciones en los contratos de seguros y el uso de mecanismos de monitoreo efectivo. Estas soluciones representan oportunidades importantes para diseñar contratos más equitativos y eficientes que promuevan una gestión de riesgos más efectiva en el sector agropecuario.

Existen oportunidades significativas para investigaciones futuras orientadas a evaluar tanto programas gubernamentales como diversas estructuras de seguros con el fin de entender y mitigar el riesgo moral. La obtención y análisis de datos detallados sobre los agricultores son cruciales para observar el comportamiento en todas las etapas del proceso de otorgamiento de un seguro. Este enfoque permitirá una comprensión más profunda de cómo las políticas y prácticas específicas pueden influir en el comportamiento de los asegurados.

2.1. Planteamiento del Problema

El objetivo principal de esta investigación es responder la siguiente pregunta: ¿Hay evidencia que indique una mitigación del riesgo moral entre los asegurados a través de los FAA en comparación con aquellos asegurados mediante seguros privados en el mercado mexicano?

Se plantea un enfoque tanto teórico como empírico para abordar esta cuestión. El desarrollo de un modelo teórico integrará aspectos clave como el nivel de insumos, aversión al riesgo y nivel de cobertura. Al resolver este modelo, se busca identificar los mecanismos específicos mediante los cuales los FAA pueden mitigar el riesgo moral en comparación con los seguros privados. Asimismo, un análisis empírico sobre la correlación de variables nos permitirá responder de una manera más robusta a esta pregunta, proporcionando evidencia concreta sobre la efectividad de los FAA en la mitigación del riesgo moral en el sector agrícola mexicano.

Capítulo 3

Antecedentes Históricos

3.1. Seguro Agrícola en México

El sector primario, dentro de todas las actividades económicas, es el más vulnerable a diversos riesgos. Los eventos adversos que afectan a la agricultura y la ganadería impactan directamente en las ganancias y los activos de los productores. En un nivel más amplio, estas pérdidas se traducen en una menor producción y, consecuentemente, en una reducción de los ingresos en el ámbito rural.

Los servicios financieros, especialmente los seguros, son cruciales para los productores del sector primario. Frente a situaciones adversas, las indemnizaciones ofrecidas por los seguros agrícolas ayudan a mantener la estabilidad económica de los productores, reduciendo los impactos negativos de factores naturales y otros riesgos. Además, estos seguros facilitan el acceso a financiamientos.

En sus inicios, el seguro agropecuario en México tenía como objetivo principal convertir a los productores en sujetos de crédito. La Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera S.A. (ANAGSA) fue fundada el 30 de diciembre de 1961 con esta finalidad. En ese momento, ANAGSA operaba en un mercado donde los clientes no pagaban directamente la prima de seguro; en su lugar, este monto era deducido de la cuota del crédito otorgado por alguna institución financiera. Por lo tanto, ANAGSA no proporcionaba una protección contra riesgos biológicos y climáticos, sino más bien aseguraba el crédito solicitado.

Según datos de Díaz Tapia (2006), la fijación de primas de aseguramiento por parte de ANAGSA se realizaba con criterios regionales, pero esto no fue suficiente para

compensar la diversidad de riesgos y su incidencia. Esto se reflejó en un aumento significativo de la superficie siniestrada, que pasó del 30% de la superficie total asegurada en 1964 al 57% en 1976. Durante este periodo, las sequías, plagas y enfermedades fueron los principales causantes de siniestros, representando casi el 50% del total.

La Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera S.A. (ANAGSA) enfrentó dificultades técnicas significativas al determinar con precisión los riesgos asociados a las actividades agropecuarias. Además, la empresa adoptó criterios mínimos para la asignación de seguros, lo que resultó en una selección poco rigurosa de asegurados. Estos problemas condujeron a una situación de riesgo moral, donde los productores optaban por buscar indemnizaciones en lugar de implementar medidas efectivas de gestión de riesgos en sus operaciones.

En un intento por abordar estas preocupaciones, se designaron inspectores, sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, persistieron prácticas irregulares por lo que no fue sorpresa la disolución de ANAGSA.

De acuerdo con Díaz Tapia (2006), en junio de 1990 se crea AGROASEMEX como aseguradora pública, con el objetivo de proporcionar seguros a las actividades agropecuarias. La experiencia previa de ANAGSA llevó a una reformulación del aseguramiento, que se centró en tres puntos: el otorgamiento selectivo de subsidios en favor de los productores con menor rentabilidad, un nuevo esquema de seguros y reaseguros para garantizar la autosuficiencia económica y financiera, y el desarrollo de fondos de autoaseguramiento en las organizaciones campesinas.

Uno de los principales desafíos a nivel nacional a travez de la historia en la gestión de seguros agrícolas era el riesgo moral entre los productores. Este fenómeno se refiere a situaciones en las que los asegurados pueden influir en la probabilidad de que ocurran siniestros, ya que existe una preferencia por recibir una indemnización en lugar de llevar a cabo las acciones necesarias para mantener la producción.

Díaz Tapia (2006), menciona que a partir del año 1994, se observó una tendencia a la disminución de la siniestralidad. Este cambio puede atribuirse a las medidas progresivas implementadas por AGROASEMEX para abordar el riesgo moral y mejorar la gestión de riesgos en general. Estas medidas incluyeron la depuración de riesgos, el aumento de deducibles y el refuerzo de la supervisión en el campo.

3.2. Fondos de Aseguramiento Agropecuario

En el estudio de Díaz Tapia (2006), menciona que a finales de los años setenta se crean los FAA, que son asociaciones de agricultores y/o ganaderos cuyo objetivo es ofrecer protección con un sentido mutualista, exclusivamente a sus socios, contra riesgos climáticos y biológicos en la agricultura y ganadería. Estos fondos también incluyen operaciones de vida, accidentes y enfermedades. Inicialmente, los fondos se crearon sin ningún respaldo legal, pero en 1992 la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) expidió las reglas generales para su constitución, operación y funcionamiento.

Los FAA se formaron por iniciativa de uniones de ejidos colectivos en los estados del norte del país. Pueden pertenecer a los FAA personas físicas, siempre que sean mexicanos y tengan residencia o actividades relacionadas con el sector rural. Los beneficios de la membresía incluyen el acceso a seguros adaptados a sus necesidades y la posibilidad de recibir asesoramiento técnico, así como apoyo en situaciones de emergencia.

La estructura de gobierno de los FAA incluye una Asamblea General de Socios, que es la máxima autoridad del fondo. También cuentan con un Consejo de Administración, responsable de la gestión diaria, y un Consejo de Vigilancia, encargado de supervisar las operaciones y el cumplimiento de las normativas. Además, disponen de un director o gerente que se encarga de la operación administrativa del fondo (Ley de Fondos de Aseguramiento Agropecuario y Rural, Artículo 10).

Para cumplir su objetivo y de acuerdo con las reglas estipuladas por la SHCP, los FAA deben constituir dos tipos de reservas técnicas. La primera, las reservas de riesgo en curso, se compone de los recursos provenientes de las primas pagadas por los socios, después de descontar los pagos de reaseguro y los gastos administrativos. Estas reservas cubren seguros de vida, accidentes y enfermedades. La segunda, la reserva especial de contingencia, se forma con el 25% de los remanentes anuales (Ley de Fondos de Aseguramiento Agropecuario y Rural, Artículo 34).

El fondo social compuesto por el 70% de los remanentes al final de cada ciclo productivo y de aportaciones establecidas por el fondo destinado al mejoramiento productivo del lugar (Ley de Fondos de Aseguramiento Agropecuario y Rural, Artículo 35).

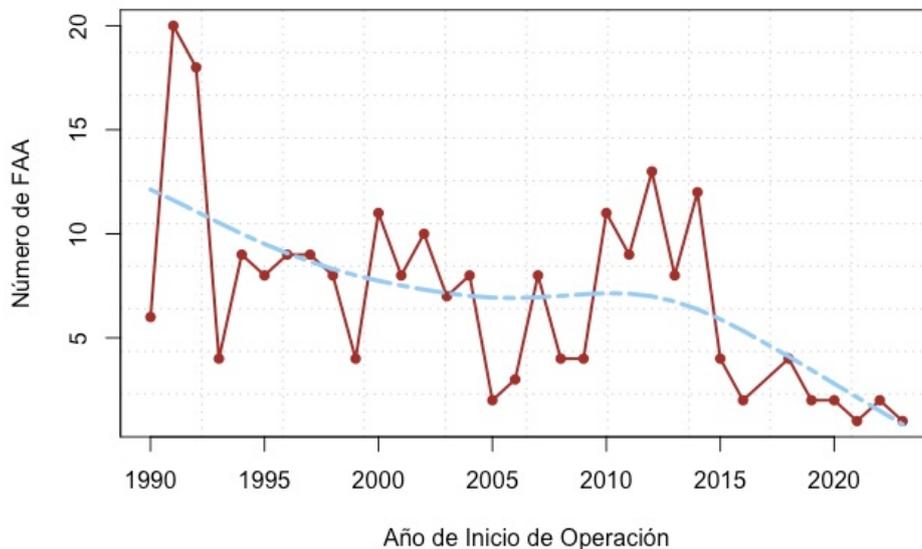
Los FAA realizan una evaluación exhaustiva de los riesgos climáticos y biológicos a los que están expuestos los cultivos y el ganado de sus socios. Utilizan criterios

específicos para seleccionar los riesgos que cubrirán, asegurando así una protección adecuada y sostenible. En caso de siniestro, los socios deben seguir un procedimiento establecido para presentar sus reclamaciones, que incluye la notificación oportuna del evento, la presentación de pruebas documentales y la cooperación con las inspecciones necesarias. El tiempo de respuesta y aprobación de las reclamaciones está diseñado para ser eficiente y transparente.

En situaciones de eventos catastróficos, cuando las primas acumuladas no son suficientes para cubrir las indemnizaciones, la legislación exige que cada FAA cuente con un reaseguro externo. Este puede provenir de una aseguradora privada o instituciones gubernamentales especializadas; en nuestro país, Agroasemex cumple ese papel con el propósito de respaldar el seguro agropecuario.

Cuando surge AGROASEMEX en 1990 se tenían registrados 14 FAA que venían operando con ANAGSA, para el año 2000 existían 196 fondos y actualmente existen 231, como se muestra en la Figura 3.1, la creación de estos ha ido disminuyendo con el paso del tiempo.

Figura 3.1: Registro de FAA en el tiempo



Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX.

De todos los FAA creados a través de los años la mayor cantidad se encuentra en la región norte donde el estado de Sinaloa alberga la mayor cantidad con 55 fondos, después tenemos a Tamaulipas con 42 y Coahuila con 38. Para la región sur tenemos una cantidad mucho menor o incluso estados donde no existe registro de algún fondo

Capítulo 4

Modelo Teórico

4.1. Riesgo Moral

La información en los últimos años se ha convertido en uno de los elementos fundamentales en el análisis de mercado, ya que es necesaria tanto para la asignación eficiente como la identificación de sectores productivos, a través de señales específicas del mercado como son los precios, particularmente estos actúan como una herramienta para coordinar las decisiones de cada agente.

Los modelos de Teoría de Contratos se pueden caracterizar como modelos de equilibrio parcial, donde se describe la interacción de un pequeño número de agentes, los cuales poseen algún tipo de información privilegiada. Las obligaciones que pueden contraer diversas instituciones o agentes se denominan contratos, y es sobre el desarrollo de este instrumento y las negociaciones que se basan los diversos modelos de teoría de contratos.

En estos modelos se supone una relación bilateral en la cual una de las partes contrata algún tipo de acción. Al que contrata se le denomina principal y al contratado agente. El contrato señalizado por ambas partes, especifica el pago que hará el principal al agente, se supone que el principal diseñó el contrato y es el agente quien decide aceptar o no, esta decisión se basará en la utilidad obtenida.

En la elaboración del contrato el principal debe decidir el nivel de esfuerzo que requiere del agente, para diseñar los posibles contratos que aceptaría el agente dado ese nivel de esfuerzo y escoger el que para el principal sea más barato y con esto determinar la remuneración que le pagará según el resultado final.

Cuando la elección del agente que se traduce como el nivel de esfuerzo es observable y verificable, la compensación puedes estar condicionada a esta elección. Formalmente, el contrato de compensación óptima es entonces la solución al siguiente problema de maximización, siguiendo la notación Bolton y Dewatripont (2004):

$$\begin{aligned} & \max_{a, w_t} p(a)V(1 - w_1) + (1 - p(a))V(-w_0) \\ & \text{sujeta a } p(a)u(w_1) + (1 - p(a))(w_0) - a \geq \bar{u} \end{aligned}$$

El problema esta caracterizado por dos estados de la naturaleza donde la función de utilidad del principal esta dada por una utilidad de 1 menos el sueldo pagado al agente, esta maximización esta sujeta a que la utilidad del agente sea mayor igual a un cierto nivel de utilidad que le da no aceptar el contrato, llamada restricción de participación siempre y cuando el nivel de esfuerzo sea observable, dicho contrato es conocido como "The First-best Contract".

El mayor problema que se puede presentar en el momento de realizarse un contrato es la asimetría de información. El hecho de que una parte de la relación tenga mayor grado de información que la otra puede condicionar su comportamiento poniendola en una situación ventajosa de la cual puede sacar provecho.

Cuando la acción o nivel de esfuerzo del agente no es verificable o cuando el agente recibe informacion privada después que el contrato ha sido iniciado se presenta el problema de Riesgo Moral. Al generarse esta asimetría es muy complicado, o muy costoso, para el principal verificar lo que el agente hace.

Podemos observar el esquema cronologico de los acontecimientos en la figura 4.1 de acuerdo a Macho-Stadler y Pérez-Castrillo (2001)

Figura 4.1: Orden Cronologico Riesgo Moral



Fuente: Macho-Stadler y Perez-Castrillo (2001).

El no poder observar en su totalidad el comportamiento del agente, lo obliga a tratar

de influenciar sus acciones a través de la única variable observada que es el producto final. Esto se logra añadiendo restricciones de incentivos donde el agente maximizará el nivel de esfuerzo realizado para obtener una mayor utilidad, un ejemplo sería que el principal le da al agente un pago mayor si el producto final hace probable que el agente haya tomado la acción óptima. Este tipo de contratos son llamados "The Second-best Contract".

El nivel de esfuerzo empleado por el agente puede ser un término ambiguo ya que puede manifestarse de diferentes maneras dependiendo el tipo de tarea o actividad involucrada, para realizar un análisis enfocado a cualquier sector podemos definir con precisión qué aspectos de las actividades representan el esfuerzo. Algunas formas de hacerlos pueden ser las siguientes:

- Medición de resultados: Podemos medir el rendimiento o los resultados obtenidos por el agente en relación con la tarea encomendada. En un contexto laboral, por ejemplo, el nivel de esfuerzo podría traducirse en la cantidad de ventas realizadas o el logro de objetivos específicos.
- Tiempo dedicado: El tiempo dedicado a una actividad puede ser una medida tangible del esfuerzo. Esto incluye horas de trabajo dedicadas a una actividad específica, la duración de la atención prestada a un cliente o la cantidad de tiempo invertido en el desarrollo de un proyecto.
- Recursos utilizados: El uso de recursos como materiales, tecnología, herramientas o habilidades puede reflejar el nivel de esfuerzo. El esfuerzo podría medirse en términos de la cantidad de presupuesto asignado a una actividad o recursos humanos y materiales utilizados para completar una tarea.
- Calidad del trabajo: La calidad del trabajo como la precisión, creatividad o la satisfacción del principal pueden definirse como medidas de esfuerzo

Podemos incluir los FAA en la teoría de contratos de la siguiente manera, los FAA se encuentran en una posición que podría considerarse cercana al "first best", ya que al operar como asociaciones mutualistas de agricultores y/o ganaderos, los miembros comparten un interés común en la gestión eficaz del riesgo agrícola. Esto se refleja en una supervisión colectiva de bajo costo y en incentivos alineados para mantener la viabilidad del fondo y la protección mutua contra los riesgos agrícolas.

4.2. Riesgo Moral en los Seguros Agrícolas

En el contexto de un seguro agrícola donde existe un agricultor y una aseguradora el problema del agente-principal se puede plantear de la siguiente manera.

En un escenario de First-best el objetivo sería maximizar el bienestar conjunto del agricultor y la aseguradora. Idealmente, esto implicaría diseñar un contrato en el que el agricultor tome todas las medidas necesarias para maximizar su salud y el rendimiento de sus cultivos, mientras que la aseguradora proporcione una cobertura completa contra los riesgos asociados al sector primario. Sin embargo, en la práctica, alcanzar el óptimo de first-best puede ser difícil debido a ciertas limitaciones provenientes como la información asimétrica, los costos de monitoreo y la posibilidad de comportamiento oportunista por parte del agricultor.

Para un contrato de tipo Second-best se buscaría maximizar el bienestar conjunto dentro de sus limitaciones. Esto podría implicar la introducción de deducibles, límites de cobertura o primas variables basadas en el nivel de esfuerzo del agricultor. Un ejemplo podría ser que la aseguradora ofrezca una prima más baja si el agricultor implementa prácticas agrícolas recomendadas, de la misma manera, la aseguradora puede realizar inspecciones periódicas para verificar el estado de los cultivos y garantizar el cumplimiento de las condiciones del contrato, sin embargo, este monitoreo generaría un costo adicional a la aseguradora.

Para desarrollar un modelo basado en el nivel de esfuerzo de un agricultor, primero debemos caracterizar dicho esfuerzo dentro de la actividad agrícola. Las BPA son un conjunto de principios, técnicas y estándares diseñados para optimizar los rendimientos de producción mientras se minimizan los impactos negativos en el medio ambiente, la salud humana y la sociedad en general. Estas BPA representan el nivel de esfuerzo requerido para mantener una agricultura sostenible y responsable. Algunos ejemplos de estas prácticas son:

- Preparación del suelo y siembra adecuada. Un agricultor que se esfuerza en preparar adecuadamente el suelo y plantar las semillas de manera cuidadosa y oportuna aumenta las probabilidades de una germinación exitosa y un establecimiento saludable de los cultivos.
- Uso de prácticas de riego eficientes. Un agricultor que se esfuerza en implementar

prácticas de riego adecuadas, como programar el riego según las necesidades del cultivo y utilizar métodos eficientes de distribución de agua, garantiza un suministro de agua óptimo para el crecimiento de los cultivos y reduce el riesgo de estrés hídrico.

- Aplicación oportuna de fertilizantes y nutrientes. Un agricultor que se esfuerza en aplicar fertilizantes y nutrientes en el momento y la dosis adecuados promueve un crecimiento saludable de los cultivos y maximiza el rendimiento y la calidad de la cosecha.
- Control de malezas, plagas y enfermedades. Un agricultor que se esfuerza en monitorear y controlar eficazmente las malezas, plagas y enfermedades previene daños en los cultivos y minimiza la pérdida de rendimiento, lo que contribuye a una producción más estable y rentable.
- Seguimiento y gestión del clima y las condiciones ambientales. Un agricultor que se esfuerza en monitorear el clima y las condiciones ambientales, así como en ajustar las prácticas de manejo en consecuencia, puede anticipar y mitigar los efectos adversos del clima extremo, como sequías, heladas o inundaciones, reduciendo así el riesgo de pérdidas catastróficas.

Las BPA representan un indicador crucial del nivel de esfuerzo y compromiso de los agricultores hacia la producción responsable, impactando directamente en su utilidad y, por ende, en su capacidad para mitigar el riesgo moral en el sector agrícola. Al considerar la implementación de BPA, no solo estamos hablando de prácticas que maximizan los rendimientos, sino que también son esenciales para una producción agrícola sostenible y para fomentar un enfoque proactivo hacia la gestión de riesgos y la resiliencia agrícola.

El esfuerzo que los agricultores dedican a implementar las BPA es fundamental para mejorar la producción y promover la responsabilidad en el sector agrícola. Sin embargo, esta dinámica puede verse afectada cuando consideramos la interacción entre individuos dentro de un grupo. El riesgo moral en grupos surge cuando un miembro no contribuye con el esfuerzo necesario, lo que puede perjudicar la confianza y eficacia de la organización, creando una situación en la que algunos se benefician a costa del esfuerzo de otros.

Según la literatura, como la obra de Holmstrom (1982), una solución para este problema implica introducir transferencias basadas en la producción final de cada miembro del grupo. Esto asegura que todos tengan un incentivo para contribuir al máximo, lo que resulta en un equilibrio donde todos están motivados a trabajar de manera responsable.

En el contexto específico de los FAA, esta solución se ve reforzada por su estructura única. Si la comunidad de agricultores trata de evitar, parte de la reserva de contingencia se devuelve como incentivo adicional fomentando el esfuerzo individual.

Además, los FAA destacan por ofrecer un monitoreo sin costo gracias a la supervisión colectiva. Esta vigilancia constante, garantiza que cualquier comportamiento oportunista sea identificado y abordado eficazmente, sin costos adicionales de monitoreo externo.

Con lo anterior en mente, podemos avanzar hacia la construcción de un modelo que involucre a dos agentes: uno afiliado a un FAA y otro a una aseguradora privada. Este modelo nos permitirá desarrollar funciones de utilidad para cada agente y luego comparar sus niveles de esfuerzo.

4.3. Fondos de Aseguramiento Agropecuario

Se desarrollaran dos modelos que nos permitirán analizar el comportamiento de los agricultores en el contexto de los seguros agrícolas. El propósito principal de estos modelos es observar el nivel de esfuerzo que los agricultores están dispuestos a realizar, lo cual constituye una forma de evaluar la presencia del riesgo moral en el sector. Además, estos modelos nos permitirán caracterizar las particularidades tanto de los FAA como de las aseguradoras privadas, lo que nos permitirá comprender el comportamiento de los agentes en ambos ámbitos del seguro agrícola.

Al desarrollar estos modelos, podremos analizar cómo las diferentes estructuras de incentivos y las condiciones de los contratos afectan las decisiones de los agricultores en relación con la gestión del riesgo y la contratación de seguros. Esto nos permitirá deducir si los agricultores contribuyen o no al riesgo moral en el sector agrícola.

Partimos de la idea de un agricultor representativo, este productor posee una hectárea de superficie cultivable. Existe una función de producción que toma la forma $f(x)$, con $f'(x) > 0$, asegurando una relación positiva entre insumos y producción, y

$f''(x) < 0$, indicando que a medida que aumenta la cantidad de insumos, la tasa de producción va disminuyendo, teniendo rendimientos marginales decrecientes, comúnmente observados en la producción agrícola. Aquí, x representa la cantidad de insumos utilizados.

El agricultor se enfrenta a una probabilidad de que ocurra un siniestro, denotada como ρ ($0 < \rho < 1$), de encontrarse con un evento de riesgo, lo cual reducirá su producción de $f(x)$ a $\phi(x)f(x)$, donde $0 < \phi < 1$ y $\phi'(x) > 0$, asegurando que a mayor nivel de insumo, mayor será el nivel de ϕ , o su equivalente, menor será el impacto del siniestro. Teniendo en cuenta la gran diversidad de situaciones climatológicas para los cultivos en México, y que muchos desastres naturales son consecuencia de huracanes y sequías, definimos la probabilidad de que exista un desastre como exógena.

El agricultor es averso al riesgo, por lo que analizamos los resultados de sus preferencias bajo la función de utilidad: CRRA (Constant Relative Risk Aversion) con función $U(W) = \frac{W^{(1-\tau)}}{1-\tau}$, donde W es la riqueza del agricultor y τ es el nivel de aversión al riesgo. La función de utilidad para un miembro de un FAA es la siguiente.

La función de utilidad para un agricultor que participa en un FAA se formula de la siguiente manera:

$$U_F = (1 - \rho)[f(x) - cx - p_1 + \alpha p_1 + W_0] + \rho[\phi(x)f(x) - cx - p_2 + W_0]$$

sujeta a:

1. $x \geq 0$ la cantidad de insumos no puede ser negativa
2. $p_1 < p_2 < W_0$ las primas no pueden exceder la riqueza inicial

donde

- c denota los costos de producción asociados con el uso de insumos, asumimos costos lineales para mayor facilidad.
- p_1 es la prima pagada al FAA por el seguro.
- α ($0 < \alpha < 1$) es la proporción que se devuelve en caso de que no ocurra un siniestro.
- p_2 es la prima mas el deducible pagadas al FAA en caso de siniestro.

- W_0 es la riqueza inicial del agricultor.

Establecemos que $p_1 \neq p_2$ ya que p_2 nos representa la prima pagada mas un deducible por el cobro del seguro, como consecuencia $p_1 < p_2$. La solución óptima para maximizar la utilidad del agricultor, denotada como x_F^* , se determina encontrando el nivel de insumos que maximiza U_F .

4.4. Aseguramiento Agropecuario Privado

En el sector del seguro agropecuario, existe la opción de contratar un seguro con alguna aseguradora u otra institución financiera. Los términos y condiciones de este contrato se pactan con el fin de acordar la cobertura o el tipo de seguro, así como los costos impuestos en el monto de la prima y el deducible en caso de ocurrir el siniestro. También se tienen en cuenta factores como el lugar, el cultivo y, si es posible, el historial del productor, con la finalidad de calcular el riesgo y, por ende, el costo.

La función de utilidad para un agricultor que participa en un seguro privado se formula de la siguiente manera:

$$U_P = (1 - \rho)[f(x) - cx - p_3f(x) + W_0] + \rho[\phi(x)f(x) - cx - p_4f(x) + W_0]$$

sujeta a:

1. $x \geq 0$ la cantidad de insumos no puede ser negativa
2. $p_3 < p_4 < W_0$ las primas no pueden exceder la riqueza inicial

donde:

- c denota los costos de producción asociados con el uso de insumos.
- p_3 es la prima pagada a la aseguradora por el seguro.
- p_4 es la prima mas deducibles pagadas a la aseguradora en caso de siniestro
- W_0 es la riqueza inicial del agricultor.

Es importante destacar que, a diferencia de los FAA, en caso de que no ocurra un siniestro, no hay devolución de la prima en el seguro privado, ya que ese es un beneficio exclusivo de los FAA. Dado que la prima de seguro es lo que se le cobra al agricultor, esta debe reflejar el costo que le produce a la aseguradora el monitoreo. Dicho costo se refiere a las visitas de supervisión por parte de un técnico especializado en las diferentes etapas de la producción. Esta prima (más un deducible en caso de siniestro) dependerá del grado de producción, ya que si se espera una producción muy alta, la prima y el deducible serán muy altos. Por lo tanto, podemos expresar los costos de monitoreo (prima y deducible) como un porcentaje de la producción $p_3(0 < p_3 < 1), p_4(0 < p_4 < 1)$. También establecemos la siguiente relación por los mismos motivos ya mencionados: $p_3 < p_4$. La solución óptima para el problema de maximización del agricultor se denota como x_P^* .

4.5. Solución

Maximizamos las funciones de utilidad de acuerdo a nuestra variable x por lo que las condiciones de primer orden son las siguientes

$$Fondos (1): (1 - \rho) \frac{f'(x) - c}{[f(x_F^*) - cx_F^* - p_1 + \alpha p_1 + W_0]^\tau} + \rho \frac{\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c}{[\phi(x_F^*)f(x_F^*) - cx_F^* - p_2 + W_0]^\tau} = 0$$

$$Privado (2): (1 - \rho) \frac{f'(x) - c - p_3 f'(x)}{[f(x_P^*) - cx_P^* - p_3 f(x_P^*) + W_0]^\tau} + \rho \frac{\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c - p_4 f'(x)}{[\phi(x_P^*)f(x_P^*) - cx_P^* - p_4 f(x_P^*) + W_0]^\tau}$$

Podemos afirmar que $x_F^* > x_P^*$ siempre y cuando se cumpla las siguientes desigualdades provenientes de (1) y (2)

$$(1 - \rho) \frac{f'(x) - c}{[f(x_F^*) - cx_F^* - p_1 + \alpha p_1 + W_0]^\tau} > (1 - \rho) \frac{f'(x) - c - p_3 f'(x)}{[f(x_P^*) - cx_P^* - p_3 f(x_P^*) + W_0]^\tau} \quad (3)$$

$$\rho \frac{\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c}{[\phi(x_F^*)f(x_F^*) - cx_F^* - p_2 + W_0]^\tau} > \rho \frac{\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c - p_4 f'(x)}{[\phi(x_P^*)f(x_P^*) - cx_P^* - p_4 f(x_P^*) + W_0]^\tau} \quad (4)$$

La demostración detallada en el apéndice confirma las desigualdades (3) y (4), lo que indica que la cantidad de insumos utilizados en los FAA es mayor que en un seguro privado. Este resultado sugiere que los miembros del FAA exhiben un mayor nivel de esfuerzo en comparación con los individuos de las aseguradoras privadas.

Esta disparidad se atribuye a la estructura de incentivos del FAA, que incluye transferencias en ciertos escenarios, así como un costo de monitoreo nulo, lo que se traduce en primas de menor magnitud. Por el contrario, en las aseguradoras privadas, los individuos pueden tener menos incentivos para esforzarse debido a una estructura de seguro más costoso. Esto puede llevar a una menor utilidad, lo que puede equipararse con la utilidad de no seguir las BPA y, en cambio, incurrir en siniestros para obtener el pago del seguro.

Por lo tanto, esta diferencia en la estructura de incentivos entre los FAA y las aseguradoras privadas conlleva a una reducción más efectiva del riesgo moral en el modelo del FAA en comparación con el modelo de aseguradora privada.

4.6. Caracterización de las Funciones de Utilidad

Para comprender el contexto agrícola en nuestro país, tomamos como ejemplo el cultivo de maíz, que representa aproximadamente el 25% de la superficie asegurada en México y es uno de los cultivos más comúnmente asegurados en la mayoría de los estados. Este enfoque nos permite obtener una visión de una parte de la población agrícola del país. Sin embargo, para hacer una generalización completa, sería necesario realizar este ejercicio para todos los cultivos asegurados.

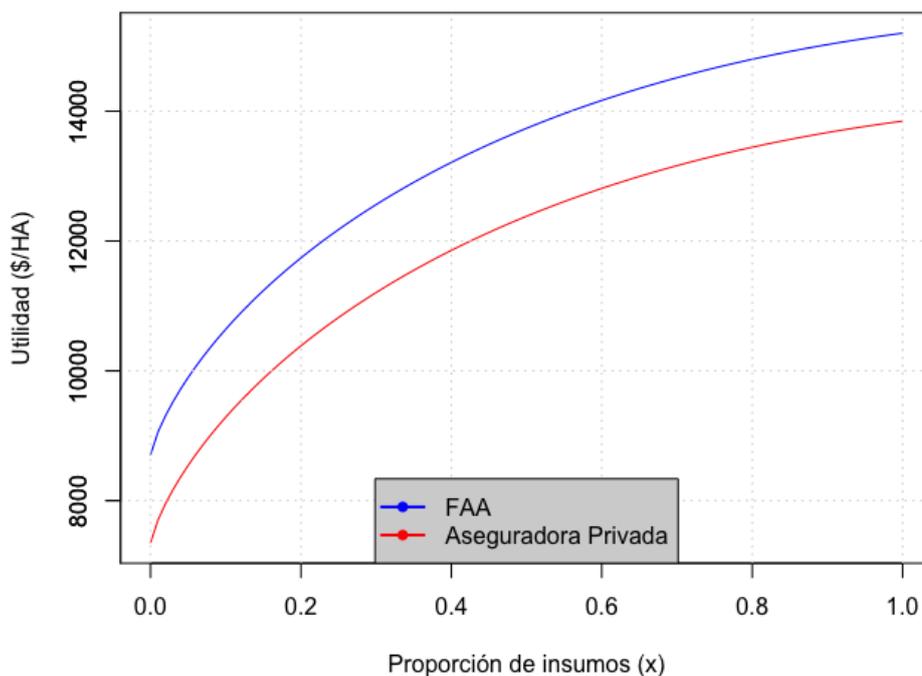
Los datos específicos se obtienen a través de los agrocostos publicados por Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA), detallados en el anexo. Estos datos revelan diferencias en los costos entre los diversos estados de la República, por lo que se toma un promedio para el análisis. Los costos reportados son para una hectárea y están desglosados en todas las actividades necesarias para obtener un rendimiento máximo. Además, el informe incluye el rendimiento esperado y el precio de venta, así como información sobre el costo de las primas de seguro.

Es importante destacar que este análisis se centra principalmente en los estados del centro y norte del país, donde predominan los medianos agricultores que cultivan y comercializan maíz, ya que son los reportados por FIRA. Aunque no podemos afirmar

que estas curvas sean representativas para todos los agricultores del país, sí proporcionan una visión para aquellos que participan en la producción y aseguramiento del maíz en estas regiones.

La figura 4.2 presenta las funciones de utilidad tanto para una persona que participa en un FAA como para aquella que contrata con una aseguradora privada. En el eje y, se representa la utilidad generada por unidad de aseguramiento, mientras que en el eje x se muestra el porcentaje de insumos. Para este análisis, se consideran todas las actividades e insumos como una sola unidad, ya que la producción máxima depende de la cantidad de insumos o esfuerzo. A medida que se realizan más actividades, repercute en la producción máxima que se puede obtener según nuestra función de utilidad.

Figura 4.2: Funciones de utilidad para el cultivo de maíz



Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA.

Es evidente que la función de utilidad de un miembro de un FAA asegura mayores niveles de utilidad que que la de una persona con un seguro privado. Esto se deriva de la forma en que hemos planteado estas funciones, ya que los miembros de los fondos tienen menores costos, lo que conlleva a una mayor utilidad para ellos.

Capítulo 5

Base de Datos y Estadísticas descriptivas

5.1. Bases de Datos Ideales para Riesgo Moral

Un desafío a la hora de realizar un análisis exhaustivo del riesgo moral en el contexto de los seguros agrícolas es la disponibilidad de datos detallados. Cuando queremos cuantificar adecuadamente el riesgo moral, es fundamental contar con información precisa sobre múltiples aspectos, como las decisiones de los agricultores, la frecuencia y gravedad de los siniestros, los detalles de los contratos de seguro, las características de los cultivos, las condiciones ambientales, entre otros. Sin embargo, esta tarea suele ser complicada debido a diversas razones, que incluyen la dispersión de fuentes de datos, la falta de registros estandarizados y la limitada disponibilidad de datos históricos.

En el contexto de nuestro estudio la tarea más desafiante es obtener los mismos datos tanto para los miembros de los FAA como para los asegurados en el sector privado. La dificultad para obtener datos específicos, como información detallada sobre los cultivos cubiertos, las causas de los siniestros, los montos de las indemnizaciones, entre otros aspectos relevantes, se debe a que en muchos casos estos datos se manejan internamente por las compañías de seguros y están sujetos a confidencialidad. La falta de detalles específicos dificulta la comparación directa entre un miembro de un FAA y uno de una aseguradora privada que enfrentan las mismas condiciones de cultivo y ubicación geográfica. La ausencia de esta información puede dificultar la evaluación precisa del impacto del seguro en el comportamiento de los agricultores y la efectividad de los FAA en la mitigación del riesgo moral.

Obtener datos específicos sobre los siniestros y los costos de producción, que están

relacionados con la cantidad de actividades realizadas por miembros de un FAA y de un seguro privado, nos permitiría evaluar si la disminución de siniestros está relacionada con el nivel de esfuerzo. De este modo, podríamos considerar los siniestros como una medida de riesgo moral, ya que pueden ser prevenibles. Si observamos que no existe una diferencia significativa en la cantidad de siniestros y que las causas son principalmente exógenas, podríamos caracterizar el comportamiento de los agricultores según los costos de producción. Analizar estos costos nos permitiría observar las diferentes prácticas agrícolas y determinar el comportamiento de los individuos ante estos dos tipos de contratos, evaluando si los agentes inciden o no en el riesgo moral.

5.2. Base de Datos y Estadísticas Descriptivas

Parte de la investigación empírica se basa en los datos publicados por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF), que corresponden a información estadística del ramo agrícola y de animales a nivel de mercado y por periodo de reporte, sobre la variable emisión de seguros. Estos datos están clasificados por entidad y esquema de aseguramiento. En esta base encontramos información a nivel nacional desglosada por estado y cultivo sobre el esquema de aseguramiento emitido, los montos de primas, la superficie asegurada y la suma asegurada.

También utilizamos la base de datos emitida por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF), que corresponde a información estadística sobre la variable siniestros. En esta base encontramos datos a nivel nacional desglosados por estado y cultivo sobre los siniestros ocurridos, la superficie siniestrada, el monto recuperado por reaseguro y el monto del siniestro ocurrido. Ambas base de datos tienen una ventana de ocho años desde el 2015 hasta el año 2022.

El número de seguros a través de los años ha experimentado una disminución, como se refleja en la Figura 5.1. Podemos observar que a partir del año 2017, el número de pólizas de seguro ha descendido, pasando de más de 46,000 en dicho año a cerca de 40,000 en 2022, lo que representa una reducción del 13% en 5 años.

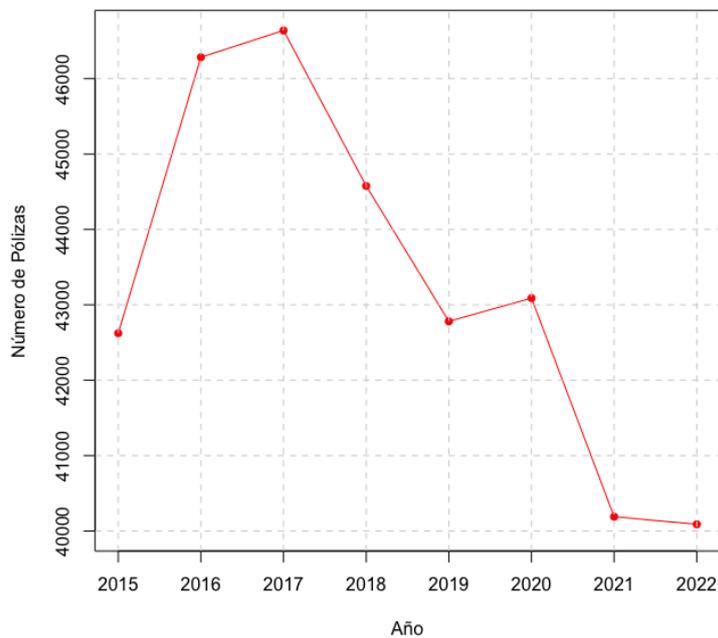
Esta tendencia es consistente con el número de siniestros en nuestro país, como se muestra en la Figura 5.2. En los últimos años, ha habido una notable disminución en la cantidad de siniestros reportados. El máximo se registró en 2017, con más de 55,000 siniestros, mientras que en 2022 solo se reportaron cerca de 32,000, lo que implica una

disminución del 42% en solo 2 años.

Aunque ambas tendencias muestran una disminución, no ocurren simultáneamente. Se observa que el número de siniestros comenzó a aumentar en 2017, mientras que en el mismo año, el número de pólizas contratadas disminuyó.

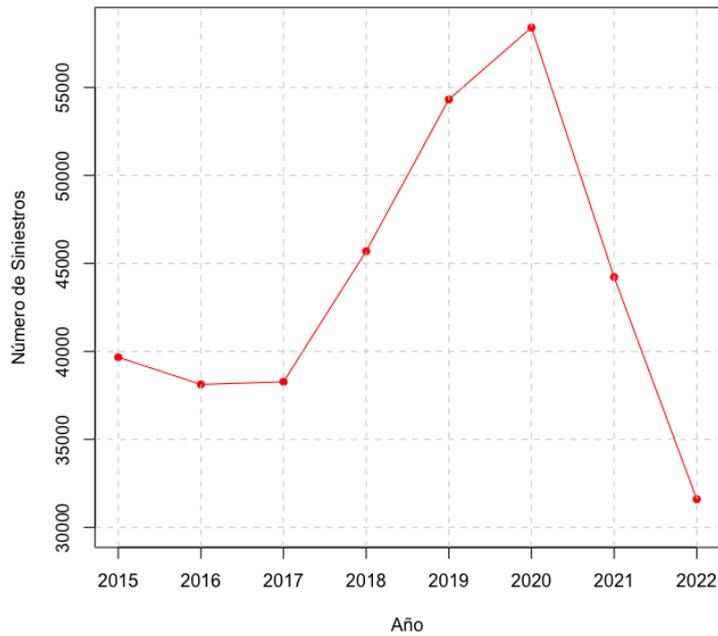
Es notable que la reducción en el número de siniestros se atribuye a la disminución en el número de pólizas emitidas; sin embargo, no es claro que se deba únicamente a este factor, ya que la magnitud de la disminución en los siniestros es mayor y algunos periodos de tiempo no coinciden con la disminución de pólizas y la reducción de siniestros. Es posible que otros factores, como mejoras en las prácticas agrícolas, condiciones climáticas favorables y cambios en las políticas de aseguramiento, estén contribuyendo significativamente a esta tendencia. Esta situación sugiere que el esfuerzo de los agricultores y la gestión de riesgos están teniendo un impacto positivo en la reducción de siniestros, lo cual es un aspecto importante a considerar al analizar el riesgo moral en el sector agrícola.

Figura 5.1: Número de polizas emitidas por año



Fuente: *Elaboración propia con datos de la CNSF.*

Figura 5.2: Número de siniestros ocurridos por año

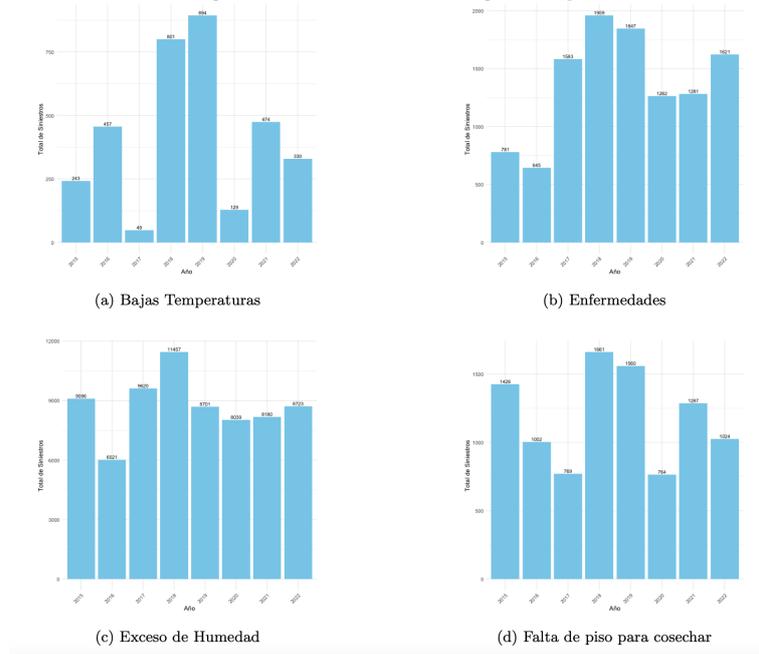


Fuente: Elaboración propia con datos de la CNSF.

De acuerdo con los datos recopilados, existen diversas causas de siniestros en nuestro país. Aunque el objetivo de esta investigación no es analizar cada una de ellas en profundidad, sí podemos observar ciertas tendencias generales. Destaca que algunas causas parecen ocurrir de manera aleatoria, posiblemente en respuesta a condiciones climáticas, como se ilustra en el gráfico a de la Figura 5.3, donde las bajas temperaturas no logran apreciar una tendencia clara de aumento o disminución con el paso del tiempo. Esta misma variabilidad aleatoria se observa en otras causas, como huracanes e incendios.

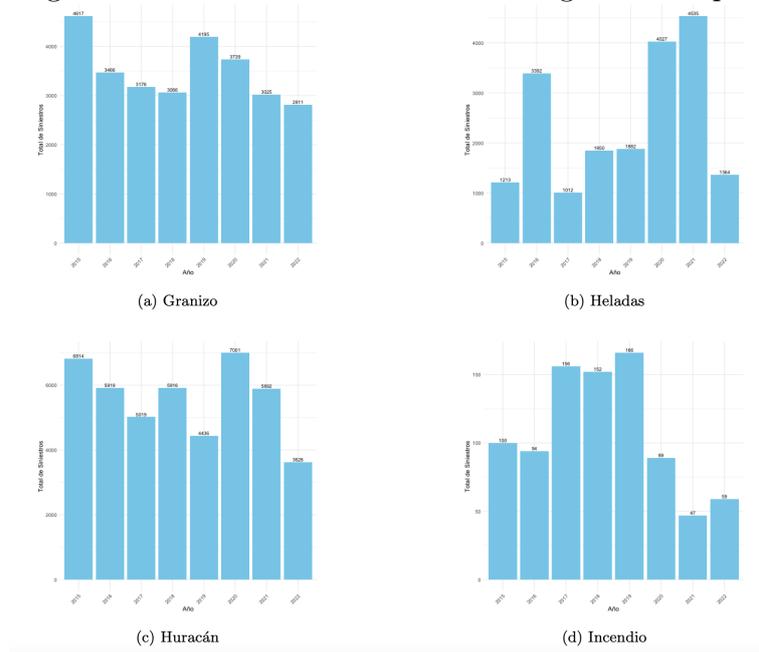
Por otro lado, hay causas que muestran un aumento evidente a lo largo de los años, como es el caso de la imposibilidad de siembra. Por último, hay causas que no muestran una tendencia clara a simple vista, sino que oscilan dentro de un rango específico a lo largo del tiempo.

Figura 5.3: Causas de siniestros a lo largo del tiempo 1



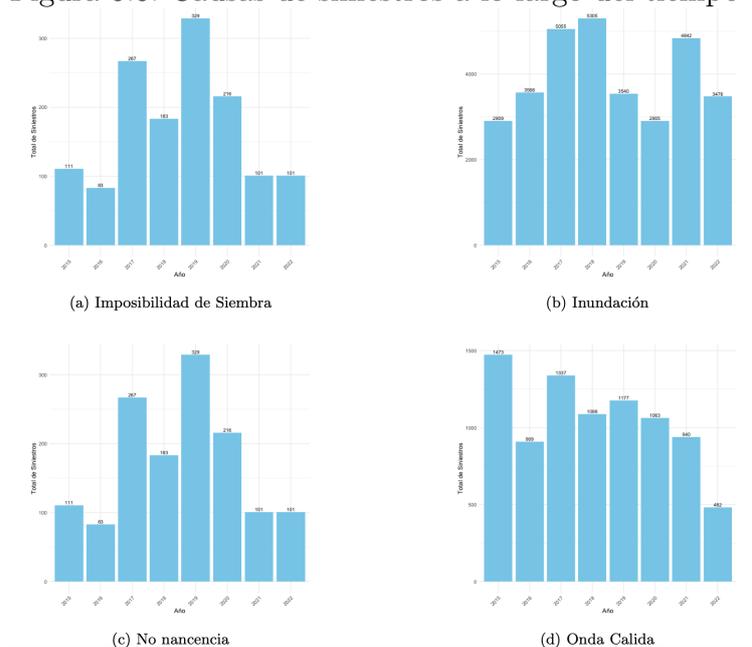
Fuente: Elaboración propia con datos de la CNSF.

Figura 5.4: Causas de siniestros a lo largo del tiempo 2



Fuente: Elaboración propia con datos de la CNSF.

Figura 5.5: Causas de siniestros a lo largo del tiempo 3

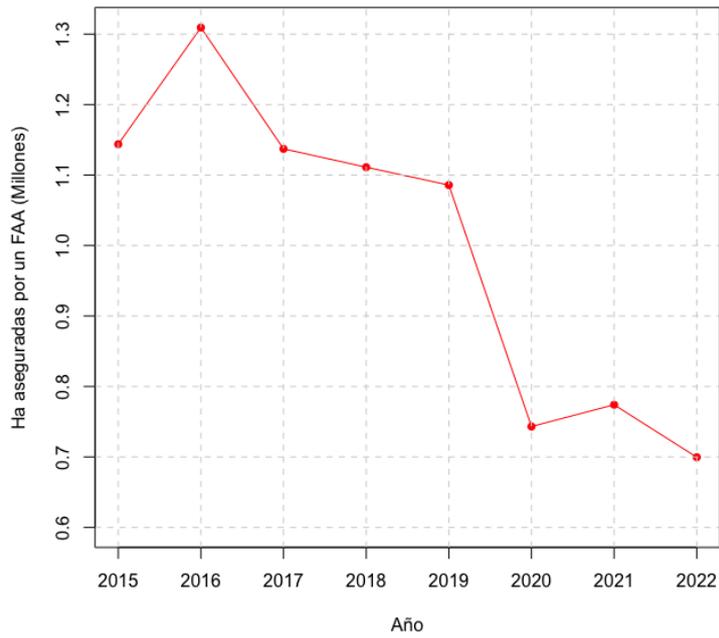


Fuente: Elaboración propia con datos de la CNSF.

A través de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT) del gobierno mexicano, se realizó una solicitud para acceder a información sobre los Fondos de Aseguramiento Agropecuario a través de la institución nacional Agroasemex S.A., encargada de los reaseguros de los FAA. Se obtuvieron datos relacionados con la variable emisión de seguros, clasificándolos por estado y cultivo. En esta base, solo encontramos las unidades aseguradas y el monto asegurado. Sin embargo, no se nos permitió el acceso a información sobre los siniestros ocurridos para los miembros de los FAA, lo que limita el análisis posterior.

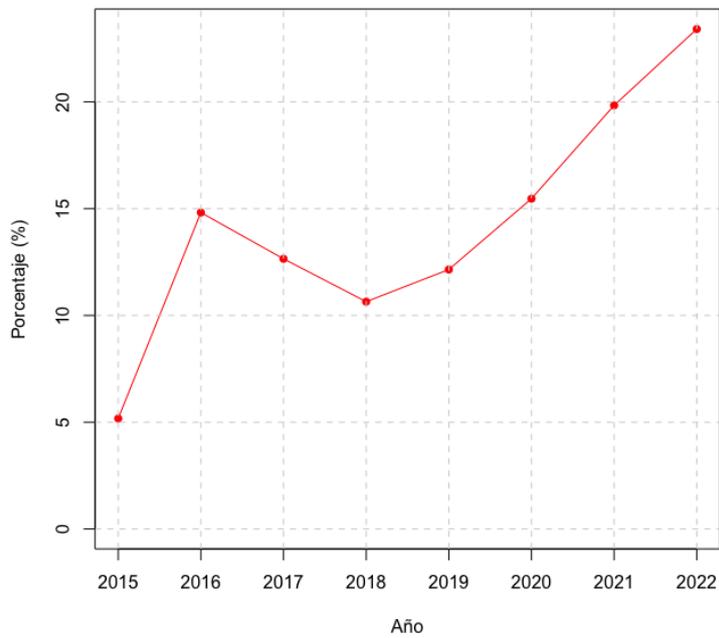
En la Figura 5.6, notamos una disminución en las hectáreas aseguradas por los fondos desde el año 2016. En ese año, estas hectáreas superaron 1.3 millones, mientras que para el 2022 apenas llegan a las 700,000. Esta tendencia sugiere una menor participación de las organizaciones campesinas en el país. Sin embargo, al examinar la Figura 5.7, que muestra el porcentaje de hectáreas en relación con el total nacional, observamos un aumento en su participación. En 2015, estas asociaciones representaban solo el 5% de la superficie asegurada en el país, pero para 2022, esa cifra ha aumentado hasta aproximadamente el 25%. Este incremento refleja una creciente adopción de esta forma de aseguramiento por parte de los productores agrícolas.

Figura 5.6: Hectareas aseguradas por los FAA



Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX.

Figura 5.7: Participación de los FAA en las unidades aseguradas a nivel nacional



Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX.

Capítulo 6

Resultados Empíricos

De acuerdo al modelo teórico presentado en la sección 4, existe una relación entre el nivel de esfuerzo de los productores, representado por la implementación de BPA. Estas prácticas abarcan actividades como el manejo adecuado del suelo, el riego eficiente, entre otras, y han demostrado su capacidad para reducir la vulnerabilidad de los cultivos a diversos riesgos, tanto climáticos como biológicos.

A medida que aumenta la participación de los FAA en el total de las unidades aseguradas del país, es crucial evaluar si este incremento en la proporción de agricultores asegurados por los FAA se acompaña de una disminución en la ocurrencia de siniestros. La hipótesis subyacente es que los FAA, al promover una mayor adopción de BPA entre sus miembros, pueden mitigar el riesgo moral en el sector agrícola al incentivar un mayor nivel de esfuerzo por parte de los agricultores. En esta sección, buscamos validar esta hipótesis mediante un análisis empírico de la correlación entre el número de siniestros y el porcentaje de unidades aseguradas por los FAA en relación con el total de unidades aseguradas en el país.

Es importante resaltar que las correlaciones observadas no pueden atribuirse únicamente a la reducción del número de pólizas. Si solo consideráramos el efecto del número de pólizas, esperaríamos ver una disminución en todos los siniestros, independientemente de su causa. Sin embargo, al encontrar tendencias de igual magnitud o incluso aumentos en ciertos tipos de siniestros, podemos inferir que estos eventos son sensibles a múltiples factores. La implementación de estas prácticas por parte de los agricultores podría estar influyendo en la disminución de ciertos tipos de siniestros, incluso en ausencia de cambios en el número de pólizas.

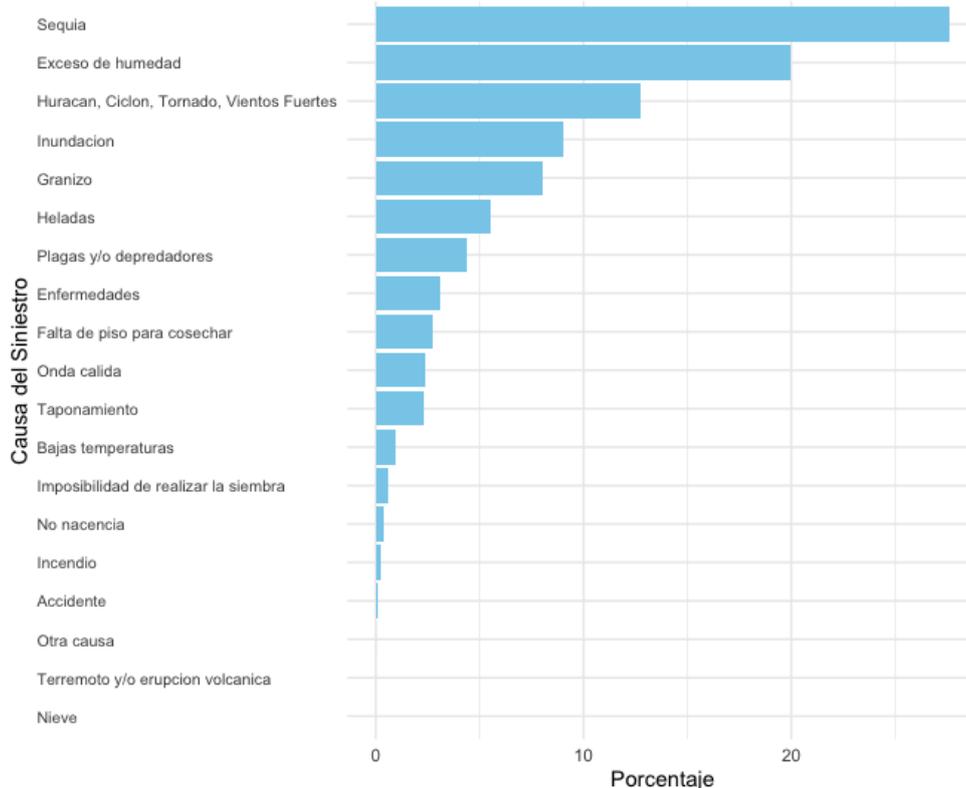
Además, al analizar gráficos anteriores, observamos que existen siniestros cuyas

tendencias no siguen la misma dirección que la de las pólizas a lo largo del tiempo. Esto sugiere que otros factores, como la adopción de BPA, podrían estar desempeñando un papel importante en la reducción de los siniestros, ya que si consideramos el caso de un agricultor que participa en un FAA y que, como resultado de implementar mejores prácticas, logra mitigar ciertos siniestros, es plausible que el aumento en la actividad de los FAA, reflejado en un incremento en el número de hectáreas aseguradas por parte de estos fondos, esté contribuyendo a la disminución general de siniestros en esos casos específicos.

En este sentido, la correlación entre el número de siniestros y el porcentaje de unidades aseguradas por los FAA podría proporcionar una indicación indirecta del impacto de las BPA en la reducción del riesgo moral en el sector agrícola. Si observamos una tendencia negativa entre estas variables, sugiere que una mayor participación de los agricultores en los FAA, asociada a la implementación de BPA, está contribuyendo a una disminución en la ocurrencia de siniestros. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas correlaciones no implican necesariamente una relación causal directa, ya que otros factores pueden estar influyendo simultáneamente en los resultados observados.

Según los datos recopilados, podemos identificar las principales causas de siniestros en nuestro país. En la Figura 6.1 se muestran los porcentajes correspondientes al número de siniestros de cada causa en relación con el total nacional. Algunas causas de siniestros representan una proporción considerable a nivel nacional. Por ejemplo, la sequía constituye casi el 30% de todos los siniestros en el país, mientras que eventos catastróficos como los huracanes representan cerca del 15%. También existen otros eventos más esporádicos o característicos de ciertas regiones geográficas que no son tan representativos, como los siniestros por nieve o terremotos. Para nuestro análisis, consideramos diez eventos que contienen datos para todos los años.

Figura 6.1: Porcentaje de siniestros por causas a nivel nacional



Fuente: Elaboración propia con datos de CNSF.

Analizamos si es posible mitigar estos siniestros a través de las BPA. Se identifican diversas causas de siniestros y se describen las medidas de mitigación para cada una de ellas.

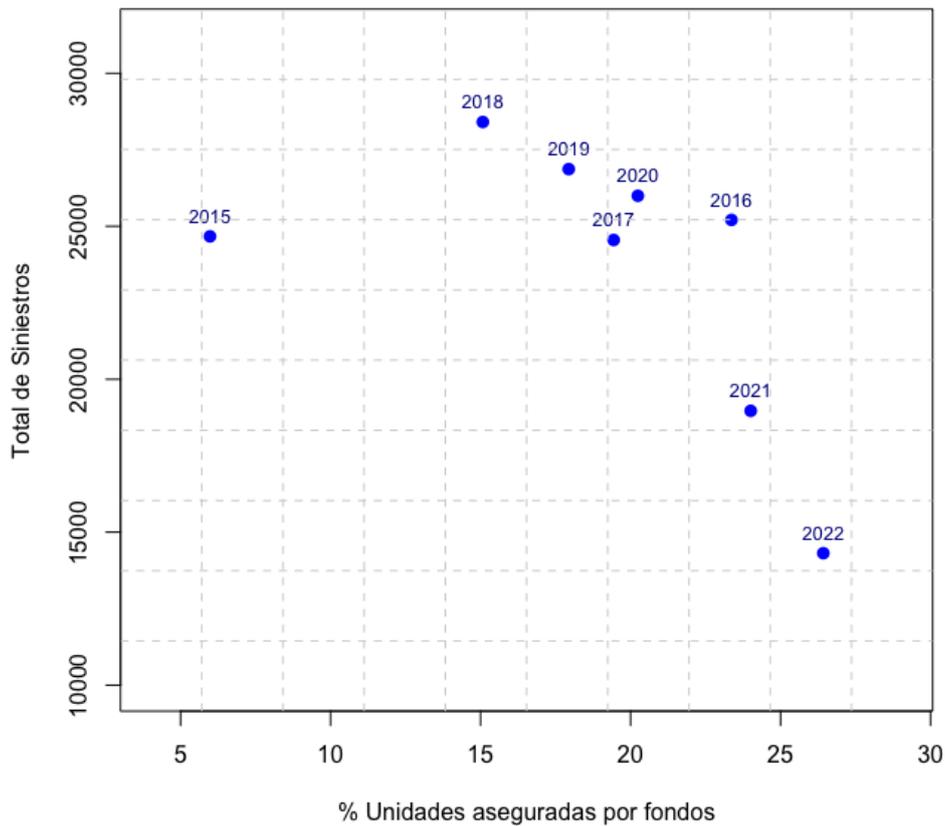
- Huracán, Ciclón, Tornado, Vientos Fuertes: Estos eventos climáticos extremos son fenómenos naturales de gran escala que pueden ser impredecibles y difíciles de controlar. Las prácticas agrícolas pueden ofrecer cierta protección, como la instalación de barreras cortavientos, pero la mitigación completa de los daños causados por estos eventos es difícil debido a su naturaleza destructiva y la magnitud de su impacto.
- Incendio: Los incendios pueden ocurrir por una variedad de razones, incluyendo causas naturales como rayos o causas humanas como accidentes con maquinaria o negligencia. Aunque algunas prácticas de manejo de residuos y prevención de incendios pueden ayudar a reducir la probabilidad de incendios, mitigar completamente los incendios forestales o agrícolas puede ser difícil debido a factores externos y condiciones climáticas.

- Sequía: La sequía puede ser mitigada mediante prácticas de manejo del agua, como sistemas de riego eficientes, cultivos resistentes a la sequía y técnicas de conservación del suelo que ayudan a retener la humedad. Además, la planificación adecuada de la siembra y la diversificación de cultivos pueden ayudar a reducir los efectos de la sequía en la producción agrícola.
- Exceso de humedad: El exceso de humedad puede ser mitigado mediante prácticas de manejo del agua, como drenaje adecuado y control de la erosión, que ayudan a prevenir problemas como la saturación del suelo y el encharcamiento. Además, la selección de variedades resistentes al exceso de humedad y la planificación adecuada de la siembra pueden ayudar a minimizar los daños causados por este tipo de siniestro.
- Inundación: Las inundaciones pueden ser mitigadas mediante prácticas de manejo del agua, como sistemas de drenaje y la construcción de terrazas y diques, que ayudan a controlar el flujo de agua y proteger los cultivos de la inundación. La ubicación estratégica de los campos agrícolas y la protección de cultivos en zonas elevadas también pueden ayudar a reducir los efectos de las inundaciones.
- Granizo, Heladas, Plagas y/o depredadores, Enfermedades, Falta de piso para cosechar, Onda cálida, Taponamiento, Bajas temperaturas, Imposibilidad de realizar la siembra, No nacencia: Estos siniestros agrícolas pueden ser mitigados en cierta medida mediante prácticas agrícolas específicas, como el uso de métodos de protección contra granizo, el riego por aspersión para proteger contra heladas, la implementación de prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades, la preparación adecuada del suelo, el uso de variedades resistentes y la planificación cuidadosa de la siembra. Estas prácticas pueden ayudar a reducir la probabilidad y magnitud de los daños causados por estos eventos adversos.

Es importante destacar que, aunque muchas de estas causas pueden ser mitigadas en cierta medida mediante prácticas agrícolas específicas, existen dos causas, incendios y fenómenos climáticos extremos como huracanes, ciclones y tornados, que son particularmente difíciles de prevenir. En un análisis de correlación, se espera observar una relación negativa entre el porcentaje de unidades aseguradas por los FAA y el número de siniestros, con la excepción de estas dos causas mencionadas anteriormente.

Para visualizar la correlación entre el número de siniestros y la participación de los FAA, primero analicemos gráficos de dispersión donde en el eje de las x tengamos el número de siniestros y en el eje y el porcentaje de unidades aseguradas por los FAA. En la Figura 6.2 observamos una tendencia negativa entre estas dos variables: a medida que aumenta el porcentaje de hectáreas aseguradas por los fondos, la cantidad de siniestros ha disminuido. Se nota cierta estabilidad en los años 2017-2020; sin embargo, en los años 2021 y 2022, vemos una disminución notable en los siniestros a medida que aumenta la participación de los fondos.

Figura 6.2: Relación Unidades Aseguradas - Total de Siniestros

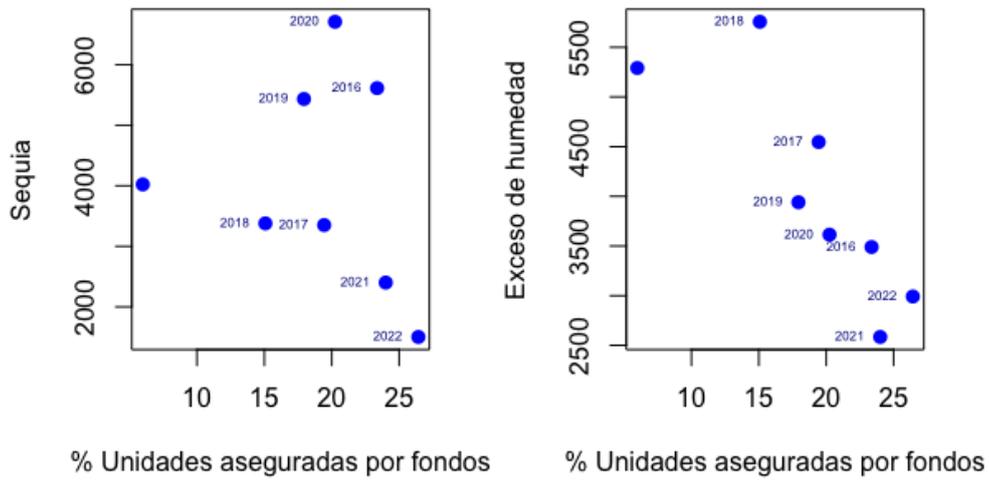


Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y CNSF.

Este mismo análisis podemos realizarlo para cada uno de los diferentes siniestros. En las Figuras 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 y 6.7 observamos el mismo gráfico, pero ahora para cada una de las causas de siniestro. Se observan tendencias negativas en varios casos, como en el de plagas, exceso de humedad y falta de piso para cosechar, siniestros que son, en cierta forma, más fáciles de mitigar a través de buenas prácticas agrícolas. Sin

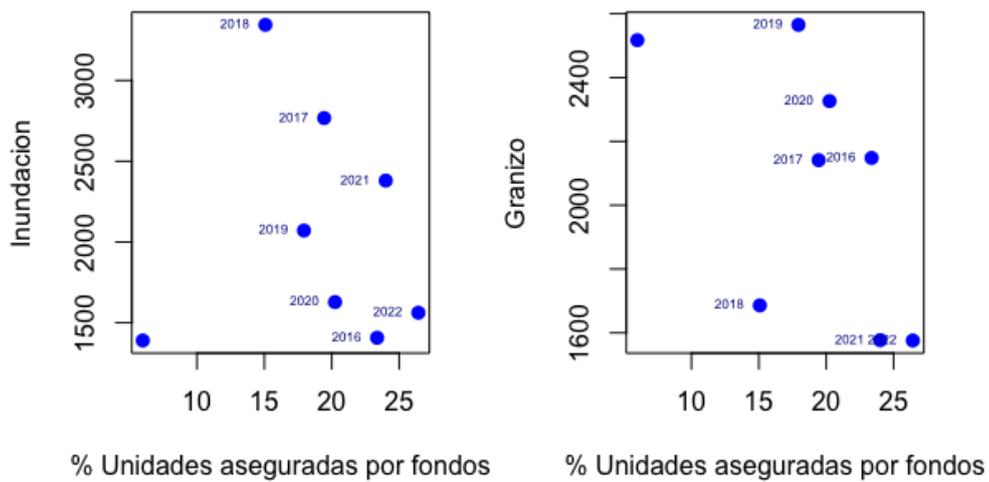
embargo, hay otros casos donde no se observa una tendencia clara, como en la sequía, las heladas y los incendios.

Figura 6.3: Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 1



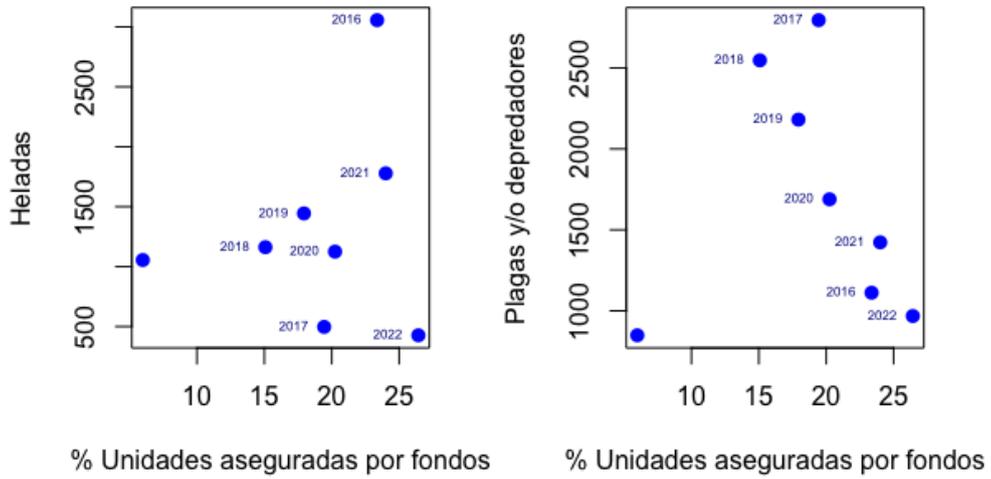
Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y CNSF.

Figura 6.4: Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 2



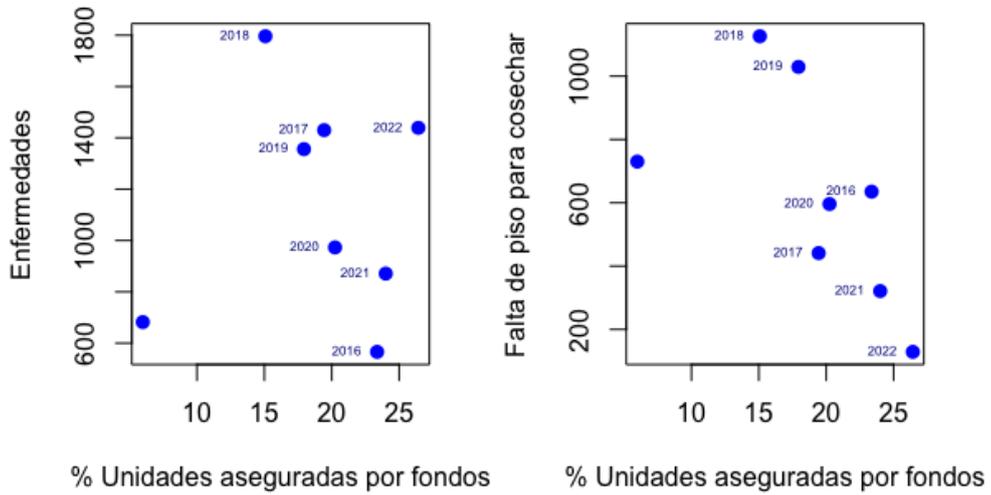
Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y CNSF.

Figura 6.5: Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 3



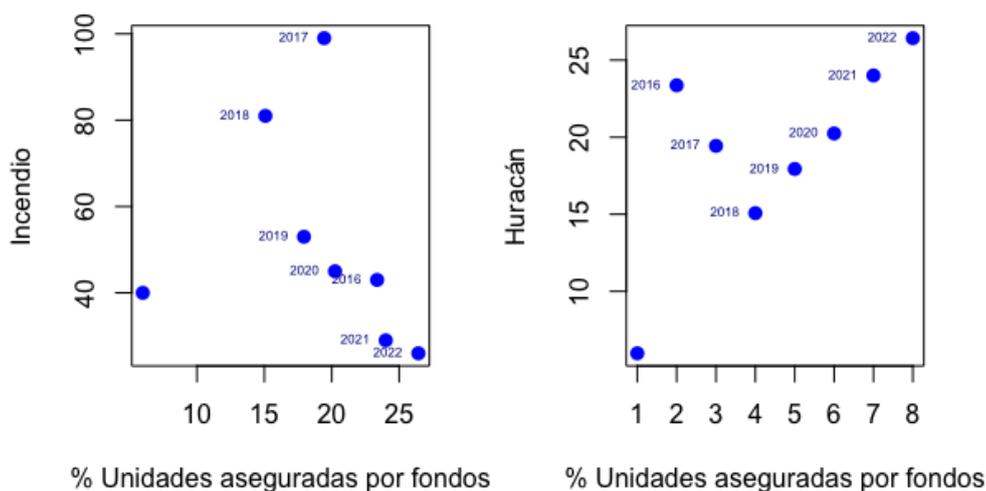
Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y CNSF.

Figura 6.6: Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 4



Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y CNSF.

Figura 6.7: Relación Unidades Aseguradas - Siniestros 5



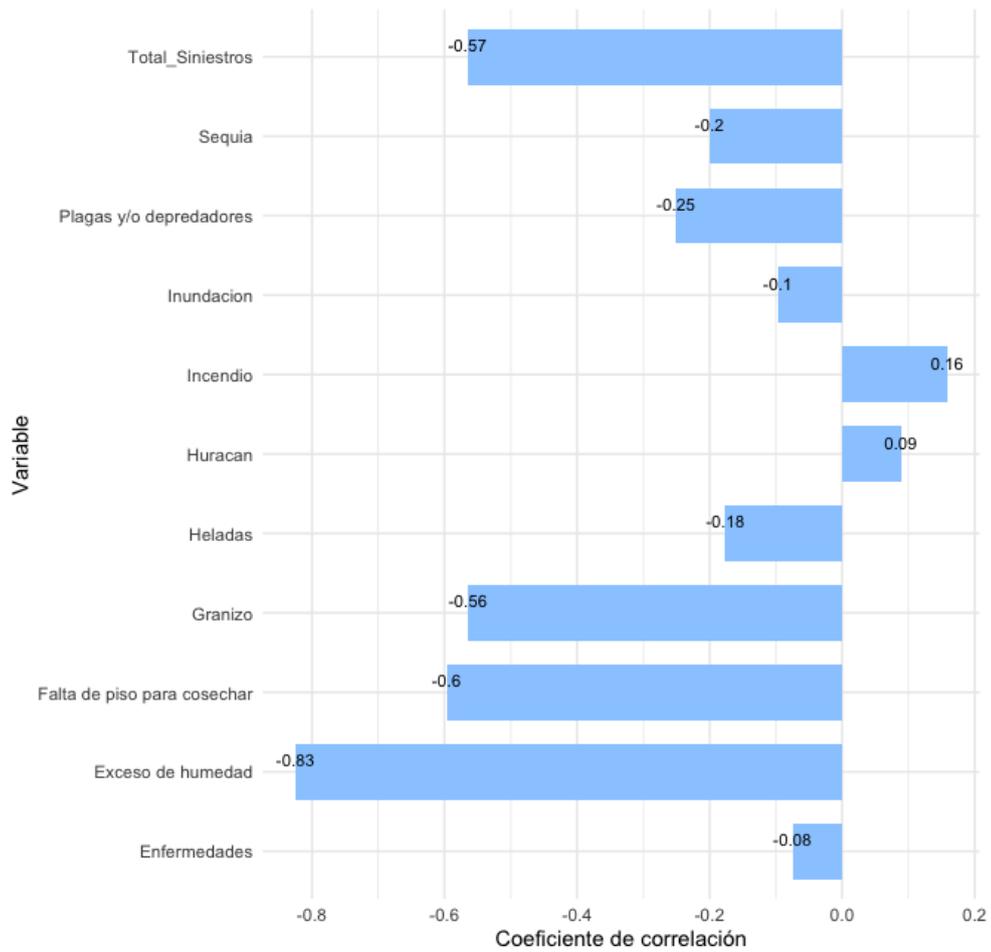
Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y CNSF.

Tomando la variable del porcentaje de unidades aseguradas por los fondos y el número de siniestros tanto en su totalidad como en cada una de sus causas realizamos dos análisis de correlación, uno es la correlación de Pearson donde se evalúa la relación lineal entre dos variables, el coeficiente varía entre -1 y 1 donde un valor de 1 indica una correlación positiva, -1 indica una correlación negativa perfecta. Realizamos también la correlación de Kendall la cual mide la concordancia o discordancia en los rankings de los pares de observaciones entre las variables, los coeficientes varían entre los mismos valores que el coeficiente de Pearson.

En la figura 6.8 observamos la correlación de Pearson. La mayoría de los valores son negativos, lo que indica una correlación negativa entre las variables, es decir, a medida que aumenta la participación de estos FAA, menor es el número de siniestros ocurridos. Para el total de siniestros, vemos un coeficiente de -0.57, que si bien no es muy alto, representa una correlación negativa notable. Se encuentran valores muy altos, como en el caso del exceso de humedad, donde el coeficiente es de -0.83. Por otro lado, hay valores muy pequeños, como en el caso de inundación y enfermedades. También se observan valores positivos para las causas de incendio y huracanes, lo cual podría indicar que, a medida que aumenta la participación de los FAA, aumentan los siniestros por estas causas. Sin embargo, esta conclusión es precipitada debido a la naturaleza aleatoria de estas causas.

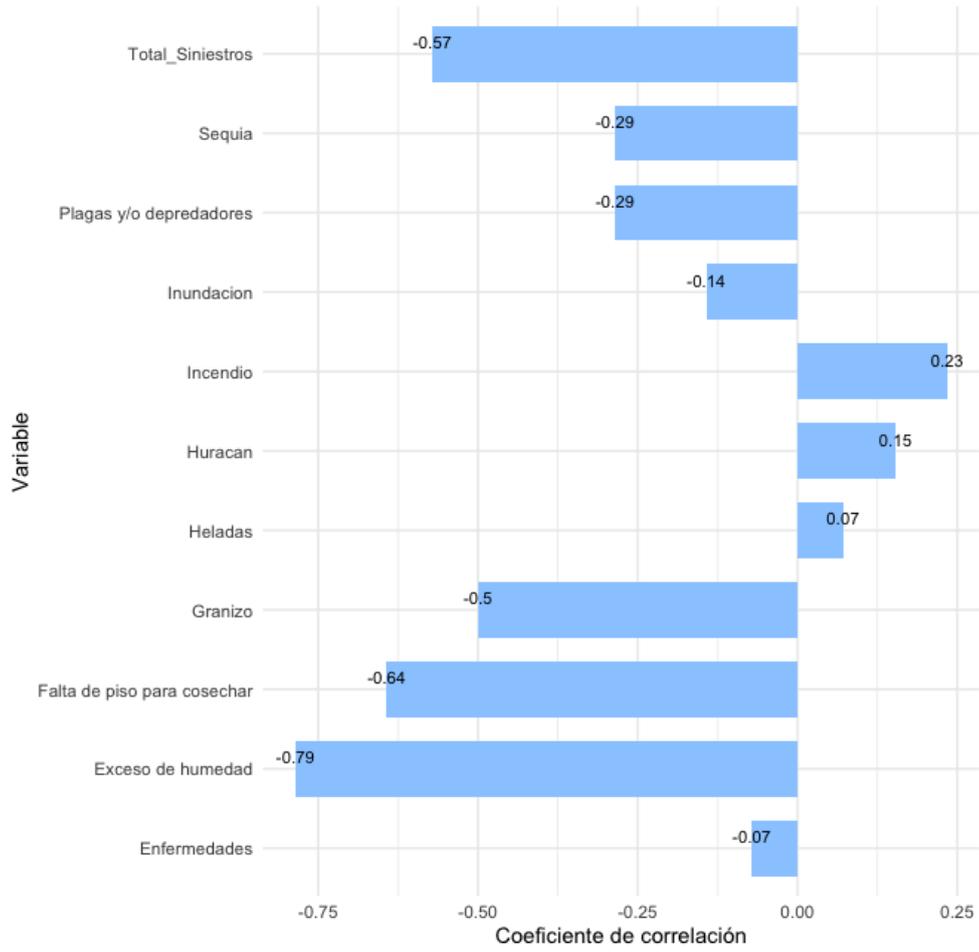
Como segunda visualización, en la figura 6.9, presentamos las correlaciones de Kendall, donde los valores cambian en cierta medida respecto a la correlación de Pearson. Sin embargo, el análisis anterior se mantiene: observamos un valor negativo para el total de los siniestros y la mayoría de las causas, y un valor positivo para las causas de huracanes e incendios. Incluso el valor para la causa de heladas se vuelve positivo, aunque de muy poca magnitud.

Figura 6.8: Coeficientes de Correlación Pearson



Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y CNSF.

Figura 6.9: Coeficientes de Correlación Kendall



Fuente: Elaboración propia con datos de AGROASEMEX y CNSF.

Capítulo 7

Conclusiones

Este estudio proporciona una visión integral sobre el riesgo moral en el contexto de los seguros agrícolas. A través del análisis de condiciones ideales en un modelo teórico que representa la disminución del riesgo moral, exploramos las consecuencias de su existencia y cómo puede observarse una disminución en el mismo.

Planteamos la pregunta de si los FAA ayudan a mitigar el riesgo moral en comparación con un seguro tradicional en el sector privado. Mediante un modelo teórico, identificamos las condiciones necesarias para que la relación contractual en un FAA desencadene un menor riesgo moral que el contrato establecido con una aseguradora privada. Concluimos que el riesgo moral se refleja en el número de siniestros, y los datos sugieren que a medida que los FAA cubren más hectáreas aseguradas en el país, existe una reducción en la ocurrencia de estos siniestros, lo que indica una posible mitigación del riesgo moral. Sin embargo, esta reducción varía para cada causa, lo que resalta la complejidad del análisis y la necesidad de no asumir una reducción específica del riesgo moral debido a la participación en un FAA.

Este trabajo contribuye a comprender cómo estas organizaciones campesinas logran mitigar este problema presente en nuestro país, en parte como consecuencia del subdesarrollo en el sector agrícola. Es esencial continuar explorando las características de estos fondos, ya que pueden ser una de las mejores formas para establecer una relación saludable con el seguro agrícola, permitiendo a los pequeños y medianos productores no solo suavizar el consumo futuro, sino también impulsar el desarrollo de este sector productivo. Destacamos la necesidad de datos transparentes sobre las características de los productores en este mercado de seguros para un análisis más minucioso y así proteger la vulnerabilidad financiera de los agricultores.

Una de las características principales de los FAA que nos ayuda a mitigar el riesgo moral es que existe un monitoreo continuo por parte de todos los integrantes y del cual tiene un costo nulo. Esto es consistente con el estudio realizado por Juan He y Xiaoyong Zheng (2016), donde se propone un modelo teórico que destaca la importancia del monitoreo efectivo para garantizar el cumplimiento del contrato.

Teóricamente, hemos observado que el nivel de esfuerzo utilizado por un integrante de los FAA es menor que el de una aseguradora privada. Al integrar este resultado con las características de los miembros, como asegurar este nivel de esfuerzo ya que es un equilibrio de Nash, así como el omitir restricciones de participación adicionales, nos permitió colocar la situación de los FAA como un problema de "First-Best", donde aseguramos que hay menor problema de riesgo moral en comparación con una aseguradora privada. En una aseguradora privada, al no poder observar este nivel de esfuerzo, se necesitan restricciones adicionales al agricultor, generando un mayor costo y, por consiguiente, la opción de cobrar el seguro sin la necesidad de emplear un nivel de esfuerzo adecuado.

Los resultados empíricos corroboran los hallazgos de Breustedt y Larson (2006), quienes sugieren que a medida que los fondos aumentan sus ingresos, la utilidad de cada integrante aumenta, lo que motiva a un mayor nivel de esfuerzo y, por consiguiente, una disminución en los siniestros. Este estudio se lleva a cabo para algunos FAA donde se encuentra esa disminución en los siniestros. Al encontrar una correlación negativa entre la participación de los FAA en las unidades aseguradas en el país y el número de siniestros, podemos agregar nueva evidencia que respalda la mitigación del riesgo moral gracias a los FAA.

En última instancia, abordar el riesgo moral en los seguros agropecuarios no sólo es una cuestión de proteger la viabilidad financiera de los productores, sino también de salvaguardar el futuro de la agricultura y el medio ambiente para las generaciones venideras.

Referencias

- Bolton, P., & Dewatripont, M. (2004). *Contract theory*. MIT Press.
- Breustedt, G., & Larson, D. F. (2006, 12-18 de agosto). *Mutual Crop Insurance and Moral Hazard: The Case of Mexican Fondos* [ponencia]. International Association of Agricultural Economists Annual Meeting, Queensland, Australia. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.25552>
- Chen, S.-L. (2005, 24-27 de julio). *Acreage Abandonment, Moral Hazard and Crop Insurance* [ponencia]. American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Providence, Rhode Island. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.19114>
- Díaz Tapia, E. (2006). *El seguro agropecuario en México: experiencias recientes*. CEPAL.
- He, J., Zheng, X., Rejesus, R., & Yorobe, J. J. (2016, 31 de julio-2 de agosto). *Estimating the Effect of Crop Insurance on Input Use When Insured Farmers are Monitored* [ponencia]. Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting, Boston, Massachusetts. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.235225>
- Holmstrom, B. (1982). *Moral hazard in teams*. The Bell Journal of Economics, 13(2), 324-340.
- Islam, Z., Turvey, C. G., & Hoy, M. (1999). *A Model Of Agricultural Insurance In Evaluating Asymmetric Information Problems* (Working Papers No. 34103). University of Guelph, Department of Food, Agricultural y Resource Economics. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.34103>
- Macho-Stadler, I., & Pérez-Castrillo, J. D. (2001). *An introduction to the economics of information: incentives and contracts*. Oxford University Press, USA.

- Makki, S. S., & Somwaru, A. (2001). Evidence of Adverse Selection in Crop Insurance Markets. *The Journal of Risk and Insurance*, 68(4), 685-708.
- Miranda, M. J., & Glauber, J. W. (1997). Systemic risk, reinsurance, and the failure of crop insurance markets. *American Journal of Agricultural Economics*, 79(1), 206-215.
- Peltzman, S. (1975). The effects of automobile safety regulation. *Journal of Political Economy*, 83(4), 677-725.
- Smith, V. H., & Goodwin, B. K. (1996). Crop insurance, moral hazard, and agricultural chemical use. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(2), 428-438.
- Weaver, R. D., & Kim, T. (2002, 28-31 de agosto). *Designing Crop Insurance to Manage Moral Hazard Costs* [ponencia]. European Association of Agricultural Economists International Congress, Zaragoza, Spain. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.24784>

Anexo

Demostración del Modelo Teórico

Partimos de la ecuación (3), primero eliminamos $(1 - \rho)$ de ambos lados

$$\frac{f'(x) - c}{[f(x_F^*) - cx_F^* - p_1 + \alpha p_1 + W_0]^\tau} > \frac{f'(x) - c - p_3 f'(x)}{[f(x_P^*) - cx_P^* - p_3 f(x_P^*) + W_0]^\tau}$$

Multiplicamos ambos lados de la desigualdad por $[f(x_F^*) - cx_F^* - p_1 + \alpha p_1 + W_0]^\tau$ sabemos que $f(x_F^*) - cx_F^* > 0$ y como $p_1 < W_0$ el termino completo es positivo por lo que no debemos cambiar el signo de la desigualdad.

$$f'(x) - c > f'(x) - c - p_3 f'(x) \frac{[f(x_F^*) - cx_F^* - p_1 + \alpha p_1 + W_0]^\tau}{[f(x_P^*) - cx_P^* - p_3 f(x_P^*) + W_0]^\tau}$$

Es claro que $f'(x) - c > f'(x) - c - p_3 f'(x)$ por lo que analizamos solo la siguiente expresión

$$\frac{[f(x_F^*) - cx_F^* - p_1 + \alpha p_1 + W_0]^\tau}{[f(x_P^*) - cx_P^* - p_3 f(x_P^*) + W_0]^\tau}$$

Elevamos a la τ

$$\frac{f(x_F^*) - cx_F^* - p_1 + \alpha p_1 + W_0}{f(x_P^*) - cx_P^* - p_3 f(x_P^*) + W_0}$$

Asumimos que $x_F^* = x_P^*$, podemos eliminar terminos iguales y recordando que $p_1 < p_3$ obtenemos

$$\frac{(1 - \alpha)p_1}{p_3 f(x^*)} < 1$$

Dado el resultado anterior podemos decir que

$$f'(x) - c - p_3 f'(x) > f'(x) - c - p_3 f'(x) \frac{[f(x_F^*) - cx_F^* - p_1 + \alpha p_1 + W_0]^\tau}{[f(x_P^*) - cx_P^* - p_3 f(x_P^*) + W_0]^\tau}$$

Como consecuencia la desigualdad (3) se cumple.

Eliminamos ρ de la ecuación (4) de ambos lados

$$\frac{\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c}{[\phi(x_F^*)f(x_F^*) - cx_F^* - p_2 + W_0]^\tau} > \frac{\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c - p_4 f'(x)}{[\phi(x_P^*)f(x_P^*) - cx_P^* - p_4 f(x_P^*) + W_0]^\tau} \quad (4)$$

Multiplicamos por el denominador del primer termino

$$\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c > \phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c - p_4 f'(x) \frac{[\phi(x_F^*)f(x_F^*) - cx_F^* - p_2 + W_0]^\tau}{[\phi(x_P^*)f(x_P^*) - cx_P^* - p_4 f(x_P^*) + W_0]^\tau}$$

Podemos observar que $\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c > \phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c - p_4 f'(x)$ por lo que solo analizamos la siguiente fracción.

$$\frac{[\phi(x_F^*)f(x_F^*) - cx_F^* - p_2 + W_0]^\tau}{[\phi(x_P^*)f(x_P^*) - cx_P^* - p_4 f(x_P^*) + W_0]^\tau}$$

Elevamos a la τ y eliminamos terminos iguales con lo cual nos queda

$$\frac{p_2}{p_4 f(x_P^*)} < 1$$

Debido a que este ultimo termino es menor a 1 y multiplica a $\phi'(x)f(x) + \phi(x)f'(x) - c - p_4 f'(x)$ la desigualdad se cumple y la ecuación (4) es cierta.

Cuadro Agrocostos Cultivo Maíz Ciclo OI 2023-2024

Cuadro 9.1: Tabla de Agrocostos-Rendimientos

Concepto	Monto
Preparación del terreno	\$3,624
Siembra	\$10,709
Fertilización	\$12,565
Labores Culturales	\$1,194
Riegos	\$3,115
Control de Plagas, Malezas	\$1350
Cosecha, Selección	\$3,703
Comercialización	\$5,388
Diversos	\$3,845
Rendimiento (Ton/Ha)	12
Precio	\$4,492
Utilidad (\$/Ha)	\$4,247

Fuente: Elaboración propia con datos de FIRA.