



SEGUROS DE COSECHAS EN INDIA Y BRASIL: SIGUIENDO DE CERCA LA EVOLUCIÓN DE UN CLIMA CAMBIANTE



Segunda parte de una serie de cinco boletines

IMPORTANCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA LOS SEGUROS Y REASEGUROS AGRÍCOLAS

El cambio climático antropogénico está asociado a cambios en las condiciones meteorológicas severas que afectan a la agricultura, como olas de calor, fuertes precipitaciones y sequías (IPCC, 2021)¹. El impacto del cambio climático en la agricultura es relevante tanto en términos económicos como de seguridad alimentaria. Este boletín técnico se centra en los seguros agrícolas en India y Brasil. Ambos países tienen un importante sector agrícola y un mercado de seguros agrícolas amplio y en expansión, por lo que evaluar el riesgo asociado al cambio climático y la agricultura es importante desde el punto de vista de los seguros. El creciente escrutinio por parte de los reguladores, las agencias de calificación y los inversores es una razón más para actuar.

Aún no se ha investigado y cuantificado lo suficiente el impacto del riesgo del cambio climático en el sector de los seguros. SCOR ha desarrollado un marco para evaluar el impacto del cambio climático en los principales riesgos naturales que afectan a los aseguradores y reaseguradores. Este boletín técnico es la segunda parte de una serie en la que nos proponemos cuantificar las posibles repercusiones de las pérdidas de seguros y reaseguros en las actividades de bienes y agricultura en un horizonte temporal de 5 a 10 años. La primera parte de esta serie de boletines (Seria y Herboch, 2021)² ofrece más información. Esta segunda parte se centra en la agricultura y presenta una evaluación del impacto del cambio climático en los modelos de pérdidas brutas por deterioro y grandes pérdidas para los principales mercados de seguros agrícolas de India y Brasil.

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS

Hay pruebas convincentes de que las temperaturas en la India han aumentado (por ejemplo, Ross et al. 2018), que seguirán haciéndolo en el futuro y que los aumentos de temperatura observados y previstos pueden atribuirse en gran medida a la presión antropogénica, como las elevadas concentraciones de CO₂ (Basha et al., 2017)³. La figura 1 muestra las proyecciones de temperatura para la India basadas en diferentes niveles de CO₂. Estos aumentos de temperatura repercuten en el rendimiento de los cultivos, como se describe a continuación. El cambio climático no sólo está asociado a los cambios de temperatura, sino también a los cambios de otras variables atmosféricas y a los fenómenos atmosféricos que afectan a la agricultura, como la sequía, las inundaciones y el granizo. Estos fenómenos pueden tener un mayor impacto en la agricultura que los aumentos de temperatura, pero la fiabilidad de las

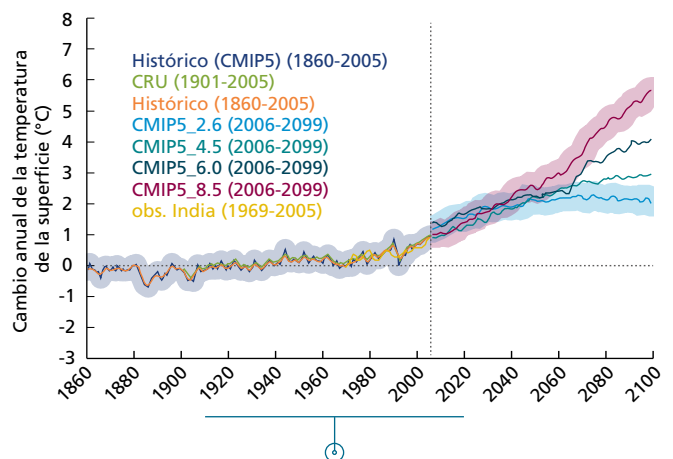
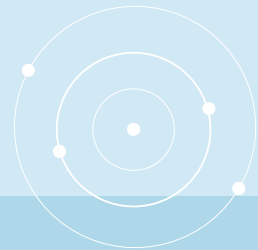


FIGURA 1: CAMBIOS EN LA TEMPERATURA ANUAL EN LA INDIA SEGÚN LAS PROYECCIONES DEL CMIP5 Y EL CRU CON RESPECTO AL PERIODO DE REFERENCIA 1901-1960

Proyección de la temperatura media anual en superficie en la India a partir de los datos medios del conjunto de modelos (Coupled Model Intercomparison Project, CMIP5) para el periodo comprendido entre 1860 y 2100 en relación con el periodo de referencia 1901-1960. El periodo 2006-2099 representa las proyecciones futuras para varios escenarios de emisiones de CO₂ (Trayectorias de Concentración Representativa, RCP). La zona gris representa una desviación estándar alrededor de la media del conjunto de modelos.

Fuente: Basha et al., 2017

1. IPCC Cambio Climático 2021: Bases físicas. Resumen para responsables de políticas [Informe]. - [s.l.]: Cambridge University Press. En Prensa., 2021. — p. 1535
 2. Seria Junaid y Herboch Ivan Modelización del cambio climático para el sector de los seguros y reaseguros. Guía del profesional para el análisis de escenarios de eventos extremos [Informe]. — París : Estrategia y desarrollo de SCOR P&C, 2021
 3. Basha G. [et al.] Historical and Projected Surface Temperature over India during the 20th and 21st century [Revista] // Nature Scientific Reports. - 2017



tendencias pasadas y futuras de estos fenómenos es inferior a la fiabilidad de los cambios de temperatura.

El aumento de las temperaturas acelera el desarrollo de muchos cultivos importantes como el arroz (Guo et al., 2019)⁴, el trigo (Asseng, 2014)⁵, el maíz (Zhu et al., 2019)⁶ y la soja (Tan et al., 2021)⁷. Este desarrollo acelerado provoca un acortamiento de los periodos clave de crecimiento, lo que a su vez se traduce en una menor fotosíntesis, una menor biomasa y, finalmente, un menor rendimiento. En la literatura científica se han documentado varios efectos adicionales del estrés por calor, según el cultivo y la fase de desarrollo. Cada tipo de cultivo tiene una sensibilidad diferente a los cambios de temperatura. En el caso del arroz, un aumento de la temperatura de 1,0 °C podría reducir el rendimiento entre un 3 y un 10% (Guo et al., 2019)⁸. El impacto de la temperatura en el maíz y el trigo es mayor que en el arroz y la soja (Zhao et al., 2017;⁹ Sun et al., 2019)¹⁰. Las posibles estrategias para adaptar los cultivos al creciente estrés por calor incluyen el uso de cultivos tolerantes al calor, el ajuste del tiempo de siembra y el riego (Khan et al., 2019;¹¹ Akter et al., 2017)¹². Aunque una siembra más temprana alarga los periodos de crecimiento y disminuye la exposición del trigo al estrés por calor, a menudo no se hace por diversas razones, como en el caso del cultivo de arroz en la temporada anterior (Newport et al., 2020)¹³.

Las precipitaciones en la India (especialmente durante el monzón) tienen una gran influencia en el rendimiento de los cultivos y en las pérdidas de los seguros agrícolas. Sin embargo, las tendencias de las sequías pasadas son poco fiables y las tendencias de las precipitaciones son menos significativas que las de la temperatura (Birthal et al., 2014;¹⁴ Hoegh-Guldberg et al., 2018)¹⁵. Se prevé que las precipitaciones aumenten con el calentamiento en la India (Hoegh-Guldberg et al., 2018)¹⁵. Hay publicaciones científicas que indican tanto un aumento reciente de los eventos de sequía (Mallya et al., 2016)¹⁶ como una disminución reciente (Jin et al., 2017)¹⁷. Durante los monzones,

existen indicios de que, aunque la precipitación total no está disminuyendo, se está volviendo más errática (más días secos, más días con precipitaciones intensas), lo que tiene un impacto negativo en el rendimiento de los cultivos (Mishra et al., 2014;¹⁸ Fishman, 2016)¹⁹. Un estudio en el que se investigaba cada estación por separado mostró que las precipitaciones extremas de invierno y otoño presentaban una tendencia creciente, mientras que las precipitaciones extremas estacionales de primavera presentaban una tendencia decreciente (Pal et al., 2009)²⁰.

Las elevadas concentraciones de CO₂ son importantes para los cultivos, no sólo por ser una causa del cambio climático, sino también como factor que afecta directamente al desarrollo de las plantas. Estudios experimentales muestran que los rendimientos de las plantas C3 (p. ej., trigo, arroz, soja)

Aumento de la temperatura

El aumento de las temperaturas acelera el desarrollo de los cultivos. Como resultado, el periodo de crecimiento se acorta y el rendimiento disminuye.

Precipitaciones erráticas

La literatura científica sugiere que hay más días secos y más días con precipitaciones intensas en la India, lo que tiene un impacto negativo en el rendimiento de los cultivos.

Concentraciones de CO₂

El impacto de las altas concentraciones de CO₂ es una de las mayores fuentes de incertidumbre en las estimaciones del rendimiento de los cultivos en los escenarios futuros.

FIGURA 2: FACTORES RELACIONADOS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO QUE AFECTAN A LOS NIVELES DE RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS

Fuente: SCOR

4. Guo Yahui [et al.] *Modeling Climate Change Impacts on Rice Growth and Yield under Global Warming of 1.5 and 2.0°C in the Pearl River Delta, China* [Revista]. - [s.l.] : atmosphere, 2019

5. Asseng S [et al.] *Rising temperatures reduce global wheat production* [Revista]. - [s.l.] : Nature climate change, 2014

6. Zhu Peng [et al.] *Dissecting the nonlinear response of maize yield to high temperature stress with model-data integration* [Revista]. - [s.l.] : Global Change Biology, 2019

7. Tan Qinghua [et al.] *Shortened key growth periods of soybean observed in China under climate change* [Revista]. - [s.l.] : Scientific reports, 2021

8. Guo Yahui, Wu Wenxiang y Bryant Christopher Robin *Quantifying Spatio-Temporal Patterns of Rice Yield Gaps in Double-Cropping Systems: A Case Study in Pearl River Delta, China* [Revista]. - [s.l.] : Sustainability, 2019

9. Zhao C. [et al.] *Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates* [Revista] // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2017. - pp. 114(35), 9326-9331

10. Sun Qiaohong [et al.] *Global heat stress on health, wildfires, and agricultural crops under different levels of climate warming* [Revista] // Environment International. - 2019. - pp. 125-136

11. Khan Shahbaz [et al.] *Mechanisms and Adaptation Strategies to Improve Heat Tolerance in Rice. A Review* [Revista] // Plants. - 2019

12. Akter N. y Islam M. R. *Heat stress effects and management in wheat. A review* [Revista] // Agronomy for Sustainable Development. - 2017

13. Newport Danielle [et al.] *Factors Constraining Timely Sowing of Wheat as an Adaptation to Climate Change in Eastern India* [Revista] // Weather, Climate and Society. - 2020. - pp. 515-528

14. Birthal P. S. [et al.] *Impact of Climate Change on Yields of Major Food Crops in India: Implications for Food Security* [Revista] // Agricultural Economics Research Review. - 2014

15. Hoegh-Guldberg O. [et al.] *Impactos de un calentamiento global de 1,5°C en los sistemas naturales y humanos. En: Calentamiento global de 1,5°C. Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero* [Revista]. - 2018

16. Mallya G. [et al.] *Trends and variability of droughts over the Indian monsoon region* [Revista] // Weather and Climate Extremes. - 2016

17. Jin Q. y Wang C. *A revival of Indian summer monsoon rainfall since 2002* [Revista] // Nature Climate Change. - 2017

18. Mishra A. y Liu S. C. *Changes in precipitation pattern and risk of drought over India in the context of global warming* [Revista] // Revista of Geophysical Research: Atmospheres. - 2014

19. Fishman R. *More uneven distributions overturn benefits of higher precipitation for crop yields* [Revista] // Environmental Research Letters. - 2016

20. Pal I. y Al-Tabbaa A. *Trends in seasonal precipitation extremes – An indicator of ‘climate change’ in Kerala, India* [Revista] // Revista of Hydrology. - 2009. - pp. 367(1-2), 62-69



aumentan con altas concentraciones de CO₂, siempre que haya una amplia disponibilidad de agua y nutrientes (Toreti et al., 2020)²¹. Este no suele ser el caso de las plantas C₄ como el maíz y el sorgo. Los aumentos de rendimiento debidos a altas concentraciones de CO₂ son bajos o insignificantes en cultivos sometidos a una disponibilidad de agua y nutrientes limitada.

Además, las altas concentraciones de CO₂ pueden tener un impacto negativo en la calidad y el valor nutricional de los cultivos (Toreti et al., 2020)²¹. En general, el impacto de las altas concentraciones de CO₂ es una de las mayores fuentes de incertidumbre en las estimaciones del rendimiento de los cultivos en los escenarios futuros (Jägermeyr et al., 2021)²².

¿PODRÁN LOS AGRICULTORES ADAPTARSE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL FUTURO?

El rendimiento futuro de los cultivos no sólo dependerá del cambio climático, sino también de la capacidad de adaptación de la agricultura mundial. La adaptación al clima en la agricultura incluye varios elementos: la disponibilidad de nuevas tecnologías, la aplicación de métodos agrícolas mejorados, la modificación de los patrones de cultivo y la mejora de las infraestructuras públicas. En Brasil, por ejemplo, el rendimiento de la soja aumentó considerablemente en la década de 2010 (Figura 3). Una hipótesis razonable es que este aumento puede atribuirse en gran medida a la introducción de herbicidas a base de glifosato, que se produjo al mismo tiempo. En la India, la producción de arroz y trigo ha experimentado un fuerte aumento - aumentando en un factor de 4 y 11 respectivamente en el período 2000-2017 en comparación con el período 1950-1959 (Nelson et al., 2019)²³.

Los beneficios obtenidos en el pasado gracias a la tecnología y las infraestructuras agrícolas no garantizan que el rendimiento de los cultivos siga aumentando en el futuro. En la India, por ejemplo, el incremento del rendimiento gracias a la irrigación adicional se está ralentizando y el aumento de la temperatura debido al cambio climático se está acelerando, por lo que será

un reto lograr que el rendimiento del trigo siga aumentando en el futuro (Zaveri et al., 2019)²⁴. Además, la adaptación suele conllevar costes adicionales tanto para los productores como para los gobiernos, lo que significa que la adaptación está limitada por la disponibilidad de fondos. Un calentamiento global de 1,5 °C en comparación con los niveles preindustriales costaría a la agricultura mundial unos 63.000 millones de dólares al año (Iizumi et al., 2020)²⁵. De estos 63.000 millones, 53.000 millones representan el coste de la adaptación y el resto está relacionado con los daños residuales causados por el cambio climático. Algunos de los daños residuales pueden ser cubiertos por el seguro. Se prevé que estos daños aumenten con el calentamiento.

Otro desafío para los agricultores en términos de adaptación es la tendencia creciente de la contaminación atmosférica, por ejemplo debido al ozono y los aerosoles, que tiene un impacto negativo en el rendimiento (Gupta et al., 2016;²⁶ Burney et al., 2014;²⁷ Fischer, 2019)²⁸. Además, en los países en los que la agricultura no está lo suficientemente mecanizada, la producción futura puede verse afectada negativamente por el hecho de que el trabajo manual es más duro en un entorno más caluroso.

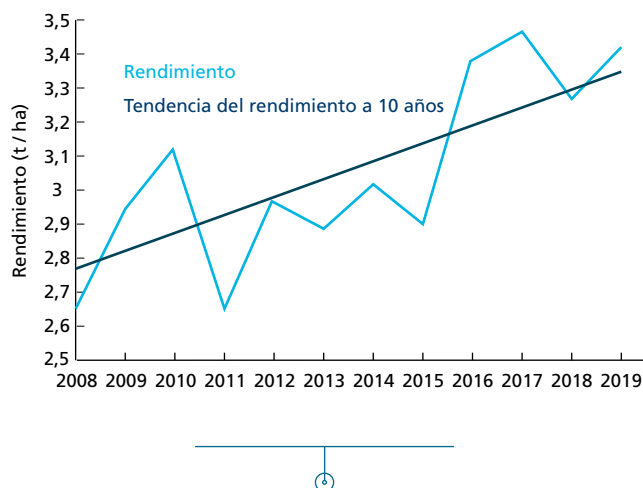


FIGURA 3: SERIES TEMPORALES DEL RENDIMIENTO DE LA SOJA EN BRASIL (USDA, 2020)²⁸

Fuente: USDA PS&D en línea

21. Toreti Andrea, Deryng Delphine y Tubiello Francesco N. *Narrowing the uncertainties in the effects of elevated CO₂ on crops* [Revista]. - [s.l.] : Nature, 2020

22. Jägermeyr Jonas [et al.] *Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models* [Revista]. - [s.l.] : Nature Food, 2021

23. Nelson A. R. L. E., Ravichandran K. y Usha A. *The impact of the Green Revolution on indigenous crops of India* [Revista] // Revista of Ethnic Foods. - 2019

24. Zaveri E. y Lobel D. B. *The role of irrigation in changing wheat yields and heat sensitivity in India* [Revista] // Nature Communications. - 2019

25. Iizumi Toshichika [et al.] *Climate change adaptation cost and residual damage to global crop production* [Revista] // Climate Research. - 2020. - pp. 203-218

26. Gupta R., Somanathan E. y Dey S. *Global warming and local air pollution have reduced wheat yields in India* [Revista] // Climatic Change. — 2016

27. Burney J. y Ramanathan V. *Recent climate and air pollution impacts on Indian agriculture* [Revista] // Proceedings of the National Academy of Sciences. - 2014

28. Fischer T. *Wheat yield losses in India due to ozone and aerosol pollution and their alleviation: a critical review* [Revista] // Outlook on Agriculture. - 2019



TENDENCIAS DE LOS RENDIMIENTOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS IMPULSADAS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO

El punto de partida para estimar cuantitativamente el impacto del cambio climático en las pérdidas de los seguros de cosechas para la India fue la fijación de precios de SCOR para las renovaciones de 2020-2021. Este enfoque de fijación de precios se basa en el historial reciente (10 años) de datos de rendimiento, que está disponible para cientos de miles de combinaciones ubicación-cultivo. Las directrices del plan de seguros de cosechas patrocinado por el gobierno indio (“Pradhan Mantri Fasal Bima Yojana”, en adelante “PMFBY”) se aplican a los datos de rendimiento para estimar los costes de las pérdidas sobre una base anual. Antes de aplicar las directrices PMFBY para calcular los costes de las pérdidas anuales, se lleva a cabo un procedimiento de “*detrending*”, es decir la eliminación de tendencias (Hoffmann et al., 2017).²⁹ Las tendencias climáticas de los principales cultivos de la India proceden de dos artículos revisados por expertos: (Birthal et al., 2014)³⁰ y (Mall et al., 2004)³¹.

Se han adaptado las estimaciones de tendencia recogidas en los artículos originales para que correspondan a tres escenarios de temperatura desarrollados por SCOR (Seria y Herboch, 2021)³². Estos escenarios incluyen un aumento de temperatura inferior (0,95°C), medio (1,075°C) y superior (1,2°C) para 2020-2030 en

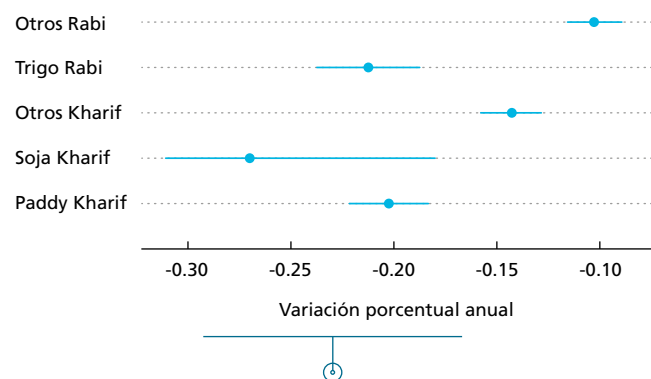


FIGURA 4: TENDENCIAS DE RENDIMIENTO PORCENTUAL A NIVEL DEL PAÍS UTILIZADAS PARA LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA INDIA. Fuentes: basadas en Birthal et al. (2014) para el trigo y el arroz y en Mall et al. (2004) para la soja. Las tendencias se han ajustado a los escenarios de temperatura de SCOR (Seria y Herboch, 2021). Kharif y Rabi representan las principales estaciones de cultivo de verano e invierno, respectivamente.

comparación con 1850-1900. Las tendencias de cada escenario se resumen en la Figura 4. Estas tendencias se refieren a proyecciones de rendimiento a corto plazo y a las principales zonas productoras de la India para los respectivos cultivos.

Estas tendencias son comparables con los resultados de otras publicaciones (Figura 5) y se consideran representativas de las tendencias generales.

Como se indica en la página 3 (“¿Podrán los agricultores adaptarse al cambio climático en el futuro?”), las tendencias generales del rendimiento de los cultivos no sólo se deben a los cambios climáticos, sino también a factores no climáticos, como la contaminación atmosférica, las mejoras en las prácticas agrícolas, la tecnología disponible y las infraestructuras públicas. Estas tendencias (en adelante, “tendencias no climáticas”) también se estiman y se tienen en cuenta en nuestras proyecciones de costes de pérdidas, en base a la siguiente regla de suma simple: **tendencia general = tendencia no climática + tendencia climática** (ecuación 1). La **tendencia general** se calcula a partir de los datos de rendimiento disponibles. Suponemos que las tendencias generales del pasado reciente se mantendrán a corto plazo (2025). Las tendencias climáticas

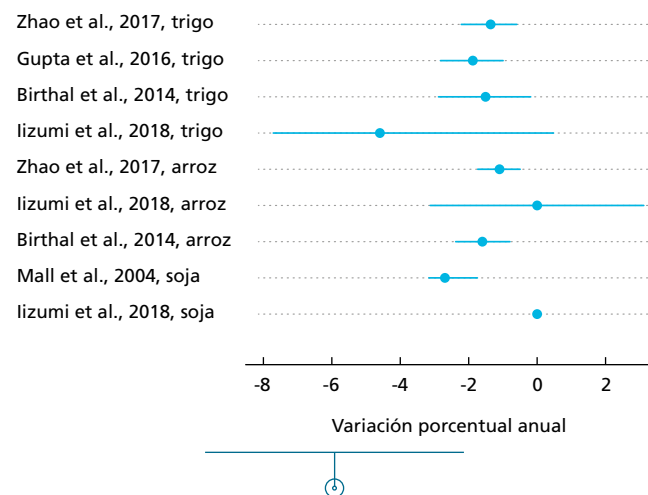


FIGURA 5: COMPARACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE RENDIMIENTO PORCENTUAL ENTRE VARIAS PUBLICACIONES

Se han convertido las tendencias originales en tendencias anuales para facilitar la comparación. Las estimaciones incluyen un rango de incertidumbre, en su caso. Fuente: se basan en Lizumi et al., 2018, Mall et al., 2004 para la soja; Birthal et al., 2014, lizumi et al., 2018, Zhao et al., 2017 para el arroz; lizumi et al., 2018, Birthal et al., 2014, Gupta et al., 2016, Zhao et al., 2017 para el trigo.

29. Hoffmann T. [et al.] Guía sobre el Seguro Agrícola Parte III: Aspectos de la modelización del riesgo [Informe]: Boletín técnico de SCOR. - [s.l.] : Estrategia y desarrollo de SCOR P&C, 2017
 30. Birthal P. S. [et al.] *Impact of Climate Change on Yields of Major Food Crops in India: Implications for Food Security* [Revista] // Agricultural Economics Research Review. - 2014
 31. Mall R. K. [et al.] *Mitigating climate change impact on soybean productivity in India: a simulation study* [Revista] // Agricultural and Forest Meteorology. - 2004y
 32. Seria Junaid y Herboch Ivan *Modelización del cambio climático para el sector de los seguros y reaseguros. Guía del profesional para el análisis de escenarios de eventos extremos* [Informe]. — Paris: Estrategia y desarrollo de SCOR P&C, 2021



son las proyecciones a corto plazo resumidas en la Figura 4 y la Tabla 1. Teniendo en cuenta estas estimaciones para la tendencia general y la tendencia climática, la tendencia no climática se calcula a partir de la ecuación 1.

Las proyecciones de costes de pérdidas para 2025 se elaboran en dos etapas. En primer lugar, los datos de rendimiento se proyectan cinco años hacia el futuro (2023), suponiendo una tendencia lineal.

El umbral de rendimiento para 2025 se calcula a partir de estos datos proyectados. En segundo lugar, se eliminan las tendencias (*detrending*) de los datos, siguiendo el método de *detrending* descrito en Hoffmann et al., 2017. La figura 6 muestra un ejemplo de *detrending* de los rendimientos proyectados. Una vez que se han eliminado las tendencias de cada combinación ubicación-cultivo, se calculan los costes de las pérdidas aplicando las directrices PMFBY. Estas pérdidas se agregan para obtener los costes de las pérdidas a nivel de mercado. Este procedimiento puede repetirse teniendo en cuenta únicamente las tendencias climáticas o tecnológicas. De este modo, se pueden identificar de forma separada las contribuciones a las estimaciones globales de pérdidas de 2025.

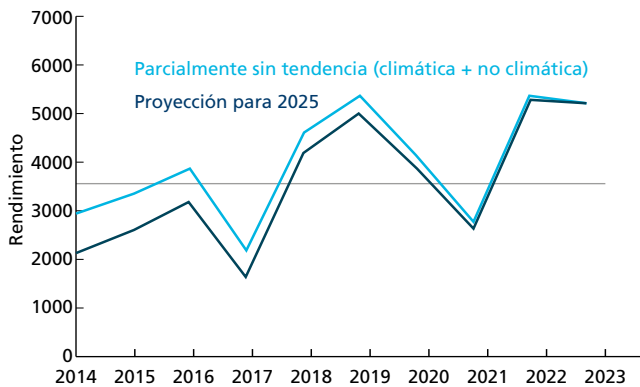


FIGURA 6: DETRENDING DE LOS RENDIMIENTOS PREVISTOS DEL ARROZ A MODO DE EJEMPLO. PAIS: INDIA

Fuente: SCOR

La fijación de precios para la actividad de Brasil se lleva a cabo principalmente mediante un enfoque basado en la experiencia. Un paso muy importante en la modelización del riesgo agrícola es la actualización de los datos para calcular las pérdidas *as-if* basadas en la cartera actual o en la proyección de la cartera para el próximo año de suscripción. Las pérdidas y exposiciones históricas deben actualizarse en función de la distribución geográfica, el tipo de productos (u otras características) y las tasas de las primas antes del ajuste de la curva, un método de análisis que supone la estacionariedad.

Las tendencias climáticas para varios cultivos importantes en Brasil también se obtienen de publicaciones científicas (Follador, 2016;³³ Assunção et al., 2016)³⁴. Estas tendencias se refieren a proyecciones de rendimiento a corto plazo, suponiendo que son constantes para todo Brasil (Tabla 1). Esta suposición se hace a efectos de modelización, pero podría afinarse para tener en cuenta las variaciones en todo el país. La tabla 2 resume estas variaciones.

Cultivo	Escenarios		
	Bajo	Medio	Alto
Trigo	-23.4%	-25.3%	-29.2%
Soja	-13.4%	-14.5%	-16.7%
Maíz	-7.4%	-8.1%	-9.3%

TABLA 1: TENDENCIAS DE RENDIMIENTO A NIVEL NACIONAL UTILIZADAS EN ESTA INVESTIGACIÓN PARA BRASIL

Fuente: Follador, 2016

Reducción	Trigo	Producción	Soja	Producción	Maíz	Producción
Centro Oeste	-	-	-4%	15,516,018	0%	7,880,159
Sur	-18%	1,853,315	-30%	11,756,357	-4%	3,440,878
Sureste	-100%	181,349	-12%	2,482,634	-5%	1,928,009
Noreste	-	-	-18%	3,242,058	-40%	2,615,196
Norte	-	-	-1%	1,834,676	-8%	674,309
Media	-25.3%	2,034,664	-14.5%	34,831,743	-8.1%	16,538,551
Reducción global	-13%					

TABLA 2: CAMBIOS EN EL RENDIMIENTO PARA LA DÉCADA 2020-2030 EN COMPARACIÓN CON 2009 PARA VARIOS CULTIVOS Y ÁREAS EN BRASIL - ESCENARIO MEDIO

Fuente: Follador, 2016

33. Follador Marco Potential impacts of climate change on Brazilian agriculture and economy [Informe]. - 2016

34. Assunção J., Pietracchi, B. y Souza P. Fueling development: sugarcane expansion impacts in Brazil [Revista] // Climate Policy Initiative, Iniciativa para o Uso da Terra. - 2016



Para convertir las anteriores reducciones de rendimiento en costes de pérdidas y capacidad, se aplican las siguientes etapas de modelización:

- Utilización de los datos del IBGE (datos oficiales de rendimiento proporcionados por el gobierno brasileño) para el trigo, la soja y el maíz.
- Estimación de la relación entre los rendimientos y las pérdidas del IBGE mediante un Modelo Lineal Generalizado.
- Utilización de los escenarios anteriores para estimar el impacto de la reducción de los rendimientos en las pérdidas.
- Revisión de la distribución del ratio de pérdidas basándose en los cambios en las pérdidas mencionados más arriba y revalorización de la cartera de seguros principales.

CAMBIOS EN LOS FENÓMENOS DE SEQUÍA SEVERA

El enfoque de *detrending* descrito hasta ahora para la India se basa sólo en 10 años de datos. Se utiliza un método diferente para estimar los posibles cambios en la frecuencia de los eventos severos. Este método se basa en un registro de precipitaciones de 117 años (1901-2017) en todo el país para la India, compilado por el Departamento Meteorológico de la India (Figura 7). La razón por la que utilizamos los datos de las precipitaciones es que tienen una gran influencia en el rendimiento de los cultivos, y consideramos que la sequía es la principal causa de las grandes pérdidas en la India. Aunque los datos de precipitación sólo pueden considerarse como una variable aproximativa de las grandes pérdidas de los seguros, la longitud de este conjunto de datos lo hace más adecuado para un estudio de eventos extremos. Los datos de precipitación incluyen una serie temporal de precipitación mensual para cada una de las 36 subdivisiones meteorológicas³⁵ de la India. En total, de las 36 subdivisiones hemos considerado 25 con una importante exposición agrícola.

Antes de utilizar los datos de precipitación para extraer conclusiones sobre las pérdidas de los seguros, investigamos la relación entre ambos. Se agregaron las pérdidas de seguros para el periodo 2008-2017 a nivel de subdivisión y a nivel de mercado utilizando el capital asegurado para ponderar los resultados. Los datos de precipitación también se agregaron de la misma manera. A continuación, se calculó el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, Standardized Precipitation

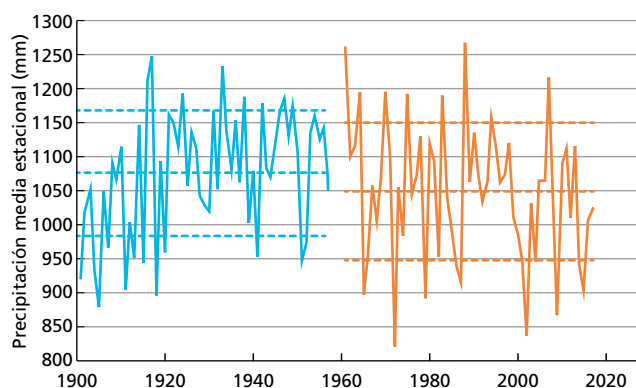


FIGURA 7: PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA INDIA EN LA ESTACIÓN DE LOS MONZONES (JJAS) BASADA EN 25 SUBDIVISIONES

Los datos se dividen en dos partes (azul y naranja). La media de cada parte con +/- una desviación estándar se representa con líneas discontinuas.

Fuente: SCOR

Index) para los datos de precipitación a nivel de subdivisión y a nivel de mercado. El SPI (Lloyd-Hughes et al., 2002)³⁶ facilita la comparación de las cantidades de precipitación entre regiones con climas diferentes.

La figura 8 muestra la relación entre las pérdidas y la sequía a nivel de mercado. El coeficiente de correlación entre ambas cantidades es de -0,70 si consideramos el periodo 2009-2016. Esta correlación no es estadísticamente significativa, con un nivel de confianza del 95%. Faltan muchos puntos de datos en los años 2008 y 2017. Si los incluimos en el cálculo del coeficiente de correlación, obtenemos un valor de -0,66, que es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95%. El coeficiente de correlación indica un grado moderado de correlación. En general, las pérdidas pequeñas se producen cuando el SPI es alto y las grandes pérdidas cuando es bajo. 2015 destaca por registrar la mayor pérdida, pero no un SPI extremadamente bajo. Según Mishra et al. (2016),³⁷ la sequía de 2015 no fue extrema por sí misma, sino que se vio agravada al ser precedida por otro año de sequía en 2014.

También se examinó la relación entre el SPI y las pérdidas de seguro a nivel de subdivisión. El gráfico 9 muestra el coeficiente de correlación lineal entre el SPI y las pérdidas de seguros para

35. Las subdivisiones meteorológicas de la India se han definido de tal manera que cada una de ellas tiene un clima relativamente homogéneo. Además, estas subdivisiones se solapan en parte con los límites políticos del Estado

36. Lloyd-Hughes Benjamin y Saunders Mark A *drought climatology for Europe* [Revista]. — [s.l.] : International Journal of Climatology, 2002

37. Mishra A. y Liu S. C. *Changes in precipitation pattern and risk of drought over India in the context of global warming* [Revista] // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. - 2014

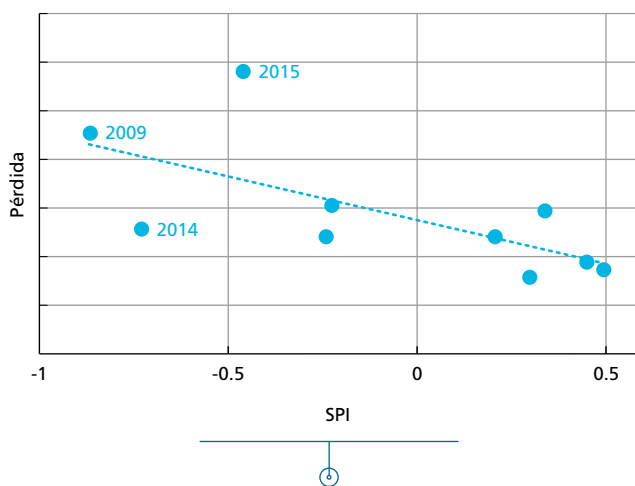
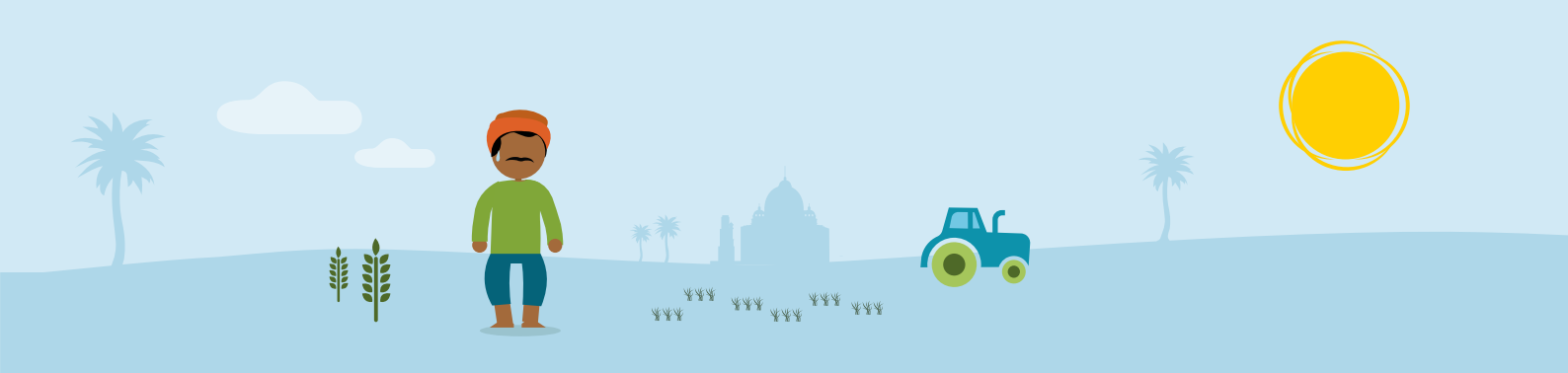


FIGURA 8: GRÁFICO DE DISPERSIÓN DEL SPI VS PÉRDIDAS EN EL MERCADO INDIO PARA EL PERIODO 2008-2017

Se indican los tres años más secos.

Fuente: SCOR con datos de precipitación del Departamento Meteorológico de la India

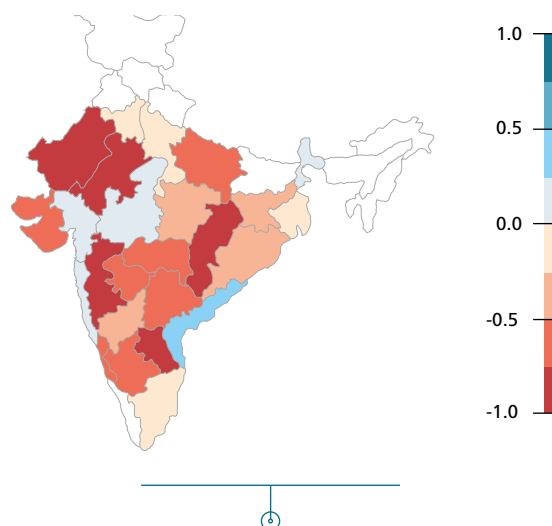


FIGURA 9: CORRELACIÓN LINEAL ENTRE EL COSTE DE LAS PÉRDIDAS Y EL SPI PARA CADA SUBDIVISIÓN METEOROLÓGICA

Fuente: SCOR con datos de precipitación del Departamento Meteorológico de la India

cada subdivisión de la India. La mayoría de las correlaciones no son estadísticamente significativas, principalmente debido al corto periodo de registro de datos de pérdidas.

Las correlaciones lineales suelen ser negativas, es decir que, para escasas precipitaciones, se produjeron grandes pérdidas. Sin embargo, hay excepciones. El este de Madhya Pradesh, una subdivisión con un elevado capital asegurado, tiene una baja correlación con las pérdidas. La razón es que en 2013 hubo un exceso de lluvias y altas pérdidas. En general, aunque utilizemos un coeficiente de correlación lineal como medida de dependencia, la relación entre las precipitaciones y las pérdidas no tiene por qué ser lineal: puede ocurrir que las pérdidas sean elevadas cuando las precipitaciones son escasas, que disminuyan a medida que las precipitaciones aumentan y que vuelvan a aumentar cuando las precipitaciones son excesivas. Otra razón por la que no se observa una correlación negativa en algunos casos es que las precipitaciones pueden aproximarse a la media en general durante la estación, pero ser erráticas, lo cual genera rendimientos bajos. La estación de Kharif en Odisha en 2011 es un ejemplo de ello. Además, las subdivisiones con muy buena irrigación, como Bengala Occidental, en la región del Ganges, también tienen una baja correlación entre las pérdidas y las precipitaciones.

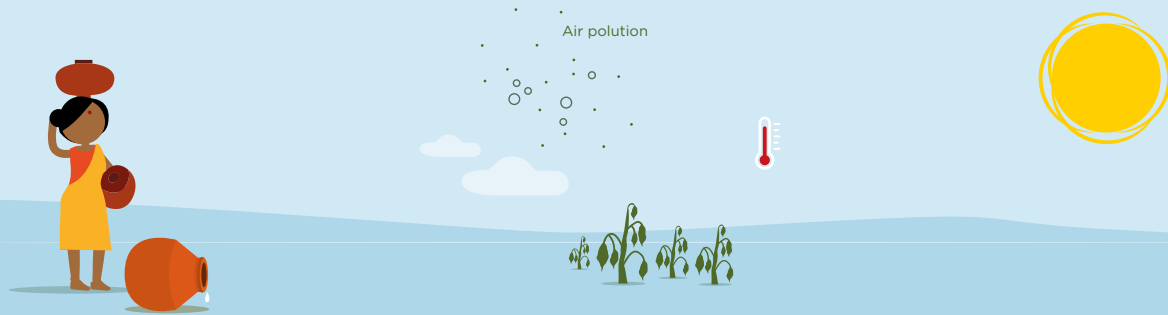
Una vez establecida la relación entre las precipitaciones y las pérdidas de seguros, se desarrolló un método para detectar los cambios en los fenómenos de sequía extrema. Este método se basa en una reciente publicación sobre los fenómenos de inundación (Myhre et al., 2019)³⁸.

Los datos de precipitación a nivel de subdivisión de la India se promedian para todo el país. La serie temporal resultante se divide en dos periodos: los primeros 58 años (1901-1958) y los últimos 58 años (1960-2017). Se han aplicado otras tres divisiones como prueba de sensibilidad: un periodo de 30 años (1901-1930, 1988-2017), un periodo de 40 años (1901-1940, 1978-2017) y un periodo de 50 años (1901-1950, 1968-2017).

Para cada periodo de datos, se ajusta la distribución de probabilidad utilizando el mismo enfoque que para los cálculos del SPI. De este modo, para cada periodo de datos, se ajusta una distribución a la primera parte y otra a la segunda parte de la serie temporal de precipitaciones. Como segunda prueba de sensibilidad, se realizaron otros dos ajustes de distribución para cada periodo de datos.

Las dos distribuciones permiten estudiar los posibles cambios en la probabilidad de eventos extremos. Esto se ilustra en la figura 10, donde se muestran dos distribuciones de pérdidas en azul y naranja respectivamente: la línea azul corresponde al primer periodo y la naranja al segundo. Supongamos que en

38. Myhre G. [et al.] Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming [Revista] // Scientific Reports. - 2019



el primer periodo hubo una estación con bajas precipitaciones de 900 mm. En la Figura 10, podemos observar que tener la misma cantidad de precipitación en el segundo periodo tiene una probabilidad mayor (0,0012) en comparación con el primer periodo (0,0007).

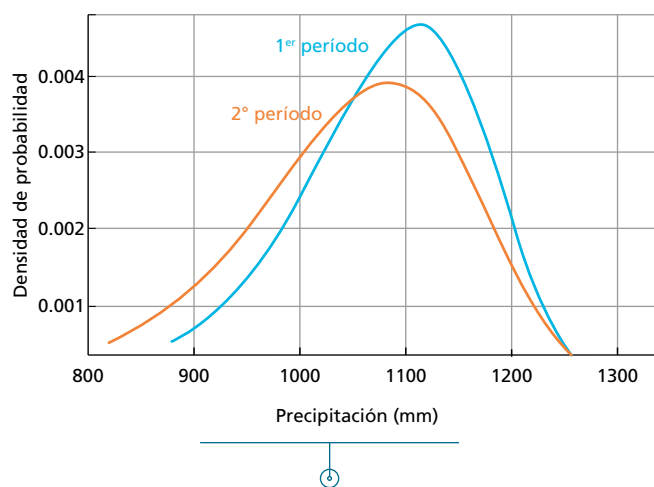


FIGURA 10: USO DE DOS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN PARA ESTIMAR LOS CAMBIOS EN LA FRECUENCIA Y LA GRAVEDAD DE UN EVENTO DETERMINADO. La probabilidad de registrar 900 mm de precipitación es mayor en el segundo periodo (línea naranja) en comparación con el primer periodo (línea azul).

Fuente: SCOR con datos de precipitación del Departamento Meteorológico de la India

Este método se aplicó al conjunto de datos de precipitación de la India para el evento de sequía de 2009, que se eligió como un evento reciente importante para el que existen estimaciones de pérdidas as-if. Otro evento importante es la sequía de 2015, que representa la mayor pérdida de mercado de la historia reciente. Sin embargo, probablemente no se trate de una pérdida típica por sequía puesto que está relacionada con 2014, que también fue un año de sequía (Mishra et al., 2014). Otras sequías severas recientes se produjeron en 2002 y en 1987.

IMPACTO A CORTO PLAZO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SEGURO DE COSECHAS

Basándonos en nuestras estimaciones obtenidas aplicando los métodos anteriores, podemos decir que el cambio climático seguirá teniendo un impacto considerable en las pérdidas agrícolas si no se toman medidas de adaptación. Este impacto se traduce en un aumento de los costes de las pérdidas en función del escenario de temperatura, lo cual es parcialmente compensado por el impacto de los factores no climáticos. SCOR monitorea los cambios relevantes en el riesgo y adapta su método de fijación de precios para que refleje estos cambios.

El principal motor de los cambios en el rendimiento es el aumento de la temperatura debido al cambio climático (por ejemplo, BIRTHAL et al. (2014))³⁹. Este aumento tiene un impacto negativo en el crecimiento de las cosechas en la India para la mayoría de los cultivos. También se tiene en cuenta la precipitación, pero no se considera un factor importante de los cambios en el rendimiento porque los cambios en la precipitación media a corto plazo en la India son pequeños.

La misma conclusión observada en la India se aplica a Brasil: los impactos del cambio climático y los impactos no climáticos se compensan en parte en los escenarios propuestos y sus horizontes temporales (5 a 10 años).

Los cambios en la frecuencia de los eventos severos en la India se cuantificaron al calcular el ratio:

$$r^{2009} = (p_2^{2009} - p_1^{2009}) / p_1^{2009}$$

donde p_1^{2009} es la probabilidad acumulada del evento de sequía de 2009 en condiciones pasadas (primer periodo de datos) y p_2^{2009} es la probabilidad acumulada del mismo evento en condiciones actuales (segundo periodo de datos). Las cantidades r^{2002} y r^{2015} se calcularon de la misma manera. Como prueba de sensibilidad, el cálculo de cada evento se repitió para cuatro periodos de datos diferentes (30, 40, 50 y 58 años) y tres distribuciones diferentes (Lognormal, Weibull y Gamma), lo que dio lugar a 12 estimaciones diferentes para cada una de r^{2002} , r^{2009} y r^{2015} . Los resultados se resumen en la Figura 11. Existe un amplio abanico de estimaciones para r^{2009} pero casi todas son positivas. Esto significa que la probabilidad de que se produzcan eventos severos es mayor para el primer periodo que para el segundo. Si se comparan los rangos de resultados de los fenómenos de 2002, 2009 y 2015, se llega a la conclusión de que el aumento de la probabilidad es mayor para los fenómenos más extremos.

39. BIRTHAL P. S. [et al.] *Impact of Climate Change on Yields of Major Food Crops in India: Implications for Food Security* [Revista] // *Agricultural Economics Research Review*. - 2014



Se realizó un análisis adicional de los cambios en la frecuencia de los fenómenos severos utilizando un método de agregación diferente para los datos de precipitación.

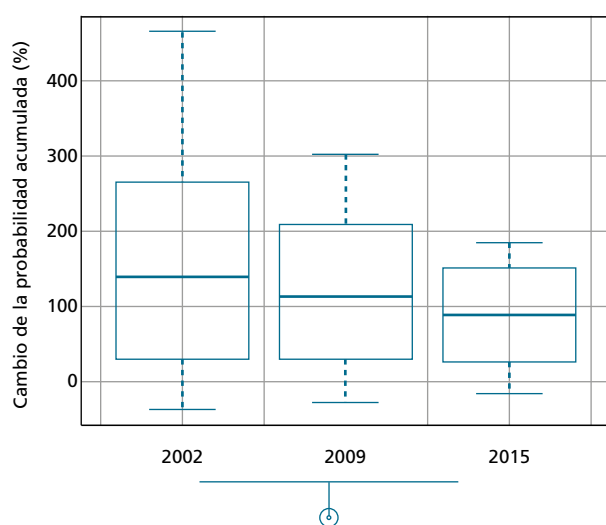


FIGURA 11: CAMBIO PORCENTUAL DE LA PROBABILIDAD ACUMULADA DE LAS SEQUÍAS DE 2002, 2009 Y 2015 ENTRE DOS PERÍODOS DE TIEMPO. CADA DIAGRAMA INCLUYE LOS CÁLCULOS PARA 12 COMBINACIONES DE PERÍODOS DE DATOS (30, 40, 50 Y 58 AÑOS) Y OPCIONES DE DISTRIBUCIÓN (LOGNORMAL, GAMMA, WEIBULL)

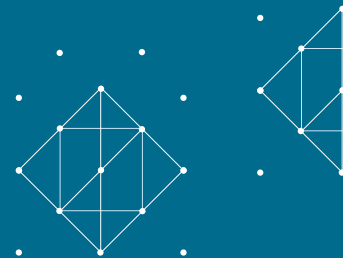
Fuente: SCOR con datos de precipitación del Departamento Meteorológico de la India

En concreto, los datos de precipitaciones por subdivisión se agregaron a nivel de país utilizando el capital asegurado para ponderar los resultados. A partir de estos datos no se observa ningún aumento de la frecuencia de los fenómenos severos. En las zonas con un gran capital asegurado (Rajasthan, Gujarat, Maharashtra, Madhya Pradesh), hay una tendencia a una menor volatilidad en los últimos períodos.

El análisis de los episodios de sequía severa a partir de los datos de precipitación permite concluir que la probabilidad de que se produzcan estos episodios ha aumentado a lo largo del último siglo en la India. Para la parte del estudio relacionada con los fenómenos severos, hemos asumido que no se produce ninguna adaptación porque los cambios en la probabilidad de fenómenos severos son difíciles de observar durante el transcurso de una generación humana y, por tanto, es menos probable que se actúe a tiempo. Además, la adaptación a los fenómenos severos es más difícil que para los fenómenos moderados.

El cambio climático repercute negativamente en el rendimiento de los principales cultivos y en las pérdidas de los seguros. En SCOR, nuestro enfoque de fijación de precios tiene en cuenta la evolución de los rendimientos y el aumento de la probabilidad de sequía severa. Estos impactos conllevan un aumento de los costes de las pérdidas, mitigado en gran medida por las nuevas tecnologías y la mejora de las prácticas agrícolas.

Aunque esperamos que esta situación continúe en los próximos cinco a diez años, a medida que las temperaturas sigan aumentando, el impacto en el rendimiento de los cultivos podría empeorar, lo que dificultaría la adaptación. Es imprescindible que sigamos colaborando con nuestros clientes para entender estas tendencias y desarrollar soluciones de seguros a medida que les ayuden a seguir siendo resilientes en este contexto de riesgos cambiante.



Este artículo fue redactado por:



**IAKOVOS
BARMPADIMOS**

Modelador senior de
riesgos agrícolas

ibarmpadimos@scor.com



DULCY GNINGHAYE

Actuario de modelización
de catástrofes

dgninghaye@scor.com



LEA MUELLER

Directora de modelización
de riesgos agrícolas

lmuller@scor.com

Para más información, póngase en contacto con nuestros expertos:

CICLÓN TROPICAL

Junaid SERIA
Director de Análisis y Gobernanza
jseria@scor.com

CICLÓN EXTRATROPICAL EUROPEO

Roger BORDOY
Analista senior de riesgos de catástrofe
rbordoy@scor.com

Lysiane MAYORAZ

Analista de riesgos de catástrofe
lmayoraz@scor.com

TORMENTA CONVECTIVA

Roger BORDOY y Junaid SERIA

INUNDACIÓN

Maurizio SAVINA
Jefe de I+D de catástrofes
msavina@scor.com

Stefan RIMKUS

Analista senior de riesgos de catástrofe
srimkus@scor.com

SEQUÍA

Iakovos BARMPADIMOS
Analista senior de riesgos
ibarmpadimos@scor.com

INCENDIOS FORESTALES

Raphaël BIDINGER
Analista I+D de catástrofes
rbidinger@scor.com

CATÁLOGOS

Stefan RIMKUS, con el apoyo de Carlotta BRUNETTI
srimkus@scor.com



VISÍTENOS EN SCOR.COM

SCOR SE

5, avenue Kléber — 75795 Paris Cedex 16
France
scorglobalpc@scor.com



The Art & Science of Risk

**PARA OBTENER TODOS LOS BOLETINES TÉCNICOS, PÓNGASE EN CONTACTO
CON SCORGLOBALPC@SCOR.COM**

Editor: SCOR Property & Casualty Business
ISSN: 1967-2136

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de ninguna manera sin la autorización previa del editor. SCOR ha hecho todos los esfuerzos razonables para garantizar que la información proporcionada a través de sus publicaciones sea exacta en el momento de su publicación y declina toda responsabilidad por inexactitudes u omisiones.

© Marzo 2022 - Diseño y producción: Periscope