



María Victoria Rivas

Profesora del Departamento de Economía Aplicada, UAM

Dra. Econometría Espacial UNED

Dra. Ciencias Actuariales y Financieras UCM

Introducción

El cambio climático ha generado profundas alteraciones en los patrones meteorológicos globales, provocando un aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos como inundaciones, tormentas y olas de calor. El incremento de las temperaturas ha traído consigo variaciones en los patrones de precipitación, incluyendo un aumento significativo en la ocurrencia de lluvias intensas y eventos torrenciales.

A estos desafíos climáticos se suman factores como la urbanización acelerada y los cambios en el uso del suelo, que incrementan la vulnerabilidad de ciertas regiones frente a eventos como las inundaciones. Por ello, resulta imprescindible desplegar esfuerzos coordinados para mitigar y adaptarse a estos riesgos. Dichos esfuerzos

deben incluir el fortalecimiento de infraestructuras, la implementación de estrategias eficientes de conservación del agua y la promoción de prácticas sostenibles en el uso del territorio. La adaptación al cambio climático se ha convertido en una prioridad ineludible para gobiernos y comunidades a nivel global, con el fin de proteger la vida humana, los activos físicos y el bienestar socioeconómico.

En este contexto, las compañías aseguradoras enfrentan nuevos requerimientos regulatorios vinculados a la gestión del riesgo climático. Una de las herramientas emergentes con gran potencial en este ámbito es la Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR, por sus siglas en inglés), que permite medir el impacto del cambio climático sobre activos físicos de forma localizada y precisa.

El Reglamento Delegado (UE) 2021/2139 y el Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo, enmarcados en la Taxonomía Verde de la UE, establecen los criterios técnicos para que una actividad económica sea considerada como contribuyente sustancial a la mitigación o adaptación al cambio climático, estableciendo una serie de requisitos que serán analizados en la sección 3.

Frente a estos requisitos, la GWPR se posiciona como una herramienta estadística clave, ya que permite estimar el riesgo asociado a fenómenos climáticos como lluvias torrenciales o sequías, diferenciando espacialmente las zonas con mayor o menor siniestralidad. Esta diferenciación puede aplicarse directamente en procesos de tarificación, segmentación del riesgo y diseño de mapas de zonas de riesgo. Asimismo, esta técnica facilita la identificación de cuándo los patrones históricos resultan válidos y contribuye a la construcción de escenarios futuros.

Además, el modelo GWPR puede integrarse en el marco regulador de Solvencia II, especialmente en la Evaluación Interna de Riesgos y Solvencia (ORSA), que exige a las aseguradoras realizar proyecciones a un mínimo

de tres años incorporando los principales riesgos, incluyendo los de sostenibilidad (ESG). La correcta modelización del impacto climático resulta, por tanto, esencial para una adecuada planificación del capital y toma de decisiones estratégicas.

En este trabajo se muestra un caso específico de la modelización del riesgo de daños por agua teniendo como variable explicativa el nivel de lluvia y variable a explicar la frecuencia de siniestros, en donde la regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR) se ha aplicado. Dicho modelo se perfila como una técnica particularmente útil para abordar los desafíos actuales en la gestión del riesgo asegurador. Su capacidad para capturar la variabilidad espacial de los fenómenos climáticos, así como para identificar patrones de riesgo diferenciados a lo largo del territorio, permite una mejora sustancial en los procesos de análisis, tarificación y segmentación del riesgo.

Esta técnica permite evaluar con mayor precisión fenómenos como las lluvias intensas o la sequía, detectar patrones espaciales (clusters), optimizar la tarificación, desarrollar proyecciones y fortalecer los procesos de toma de decisiones.

El artículo se estructura de la siguiente manera:

- ✓ En la **Sección 2**, se explican los fundamentos del modelo GWPR así como se presenta una aplicación práctica basada en datos reales de seguros de hogar por daños por agua, demostrando cómo GWPR puede mejorar la medición del riesgo y segmentación.
- ✓ La **Sección 3** profundiza en cómo esta modelización contribuye al cumplimiento normativo, en especial al proceso ORSA y a los criterios de la taxonomía verde.
- ✓ Finalmente, en la **Sección 4**, se presentan las conclusiones y futuras líneas de trabajo, subrayando cómo GWPR puede integrarse estratégicamente en la gestión del riesgo asegurador.

Modelo de Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada: Aplicación práctica riesgo daños por agua.

Según la ciencia actuarial, el análisis de riesgos debe basarse en la incorporación, dentro del modelo, de factores de riesgo que puedan influir en la evaluación del riesgo asumido por la compañía. Este análisis de riesgos es imprescindible para diseñar un proceso de tarificación adecuado, que proporcione primas acordes con el nivel de riesgo, implicando que cada asegurado pague en función del riesgo específico que representa.

Además, para lograr el objetivo de optimización de la rentabilidad de la aseguradora, es necesario crear carteras de riesgo homogéneas, lo que implica establecer primas diferenciadas según el perfil de riesgo de cada asegurado. Para construir estas carteras, se agrupan asegurados con características similares en conglomerados o "clusters".

Una variable indispensable en el análisis de determinados riesgos para la construcción de clusters, es la componente geográfica. Para ello, se agrupan zonas geográficas según la homogeneidad del riesgo, lo que constituye la base teórica para el diseño de territorios ante la valoración del riesgo. Los territorios suelen ser definidos por las aseguradoras como agrupaciones de pequeñas unidades geográficas, tales como municipios, códigos postales o áreas censales, que se espera presenten costes de siniestralidad similares. Al calcular el riesgo individual, es importante considerar no solo variables tradicionales, sino también el territorio geográfico, ya que este representa un factor clave en la experiencia de siniestralidad.

El interés en aplicar GWPR surge de la relevancia de este modelo para analizar la heterogeneidad espacial y la no estacionariedad de las variables a lo largo del espacio. Al medir la dependencia espacial y considerar la heterogeneidad espacial, la Regresión de Poisson

Ponderada Geográficamente (GWPR, por sus siglas en inglés) ha demostrado ser una técnica eficaz. En el GWPR, se obtiene una función de regresión en cada ubicación, considerando también el impacto de los datos de las ubicaciones circundantes. Este procedimiento se conoce como mínimos cuadrados ponderados iterativos. Este modelo permite analizar la variación en los coeficientes estimados a lo largo del territorio y su diferencia con respecto a la modelización global. En consecuencia, se puede estimar una serie de parámetros locales, los cuales pueden ser representados en un mapa como una superficie que muestra cómo varían las relaciones en el espacio.

El modelo de regresión de Poisson ponderada geográficamente (GWPR) se especifica de la siguiente manera:

$$Y_i \sim \text{Poisson}[n_j \exp(\beta_k(\mathbf{u}_i) x_{ij})]$$

Donde $\mathbf{u}_i = (u_{li}, u_{hi})$ son las coordenadas de cada observación.

Al implementar este modelo, se obtienen diferentes coeficientes (B_k) para cada una de las ubicaciones. Los valores de los coeficientes se obtienen mediante la aplicación de la función de máxima verosimilitud, resolviendo el problema de maximización mediante mínimos cuadrados ponderados iterativos.

Esta técnica implica la selección de un ancho de banda para un núcleo de pesos espaciales con propiedades idénticas en todas las direcciones. Las matrices de ponderación se obtienen a través de una función de distancia $W(d)$, denominada función de ponderación o kernel. Existe una amplia variedad de funciones que pueden servir como kernel, siendo una de las selecciones más comunes un kernel exponencial continuo. En la modelización aplicada en este estudio, se utiliza un kernel gaussiano, el tipo más ampliamente aplicado. El kernel gaussiano permite anchos de banda tanto fijos como adaptativos. En esta investigación, el ancho de banda es fijo y se ha elegido mediante la validación cruzada leave-one-

out (LOOCV), ya que un kernel adaptativo puede ser aún más intensivo en cuanto a cálculos.

GWPR (Regresión Ponderada Geográficamente para Modelos Poisson) proporciona un modelo local al estimar una ecuación de regresión para cada ubicación. GWPR construye ecuaciones individuales mediante la incorporación de variables explicativas que se encuentran dentro del ancho de banda. La forma y el tamaño del ancho de banda dependen de la configuración introducida por el usuario para parámetros como el kernel, el ancho de banda, la distancia y el número de vecinos. Tanto la función kernel seleccionada para el modelo GWPR como el ancho de banda elegido para dicho kernel influyen en los parámetros estimados de GWPR, pero el impacto del ancho de banda seleccionado es mucho más significativo que el efecto de la función kernel.

Existe una compensación entre varianza y sesgo al seleccionar el ancho de banda; un ancho de banda grande implicará la inclusión de puntos de datos más distantes en la regresión, lo que reducirá la varianza pero aumentará el sesgo. Si el ancho de banda tiende a infinito, el modelo tenderá a un modelo de regresión global, en el que la superficie de los parámetros será plana y se ocultarán las anomalías locales. Al utilizar un ancho de banda pequeño, la regresión se limitará a un área local, y las estimaciones de los parámetros dependerán de observaciones cercanas al punto de regresión.

Esto significa que habrá un aumento en la varianza de las estimaciones de los parámetros, sin embargo, el sesgo será menor, por lo que podrán detectarse más anomalías. Se han desarrollado varios métodos basados en los datos para seleccionar un ancho de banda óptimo para un conjunto de datos determinado, por ejemplo, usando validación cruzada (CV) para minimizar errores de predicción y utilizando el Criterio de Información de Akaike (AIC) para lograr un equilibrio entre la complejidad del modelo y el ajuste. No obstante, y sin importar el criterio utilizado, el resultado será un ancho de banda óptimo constante para el modelo, y

este ancho de banda será la base para el análisis de todas las relaciones en el modelo.

Antes de aplicar el modelo GWPR, se utiliza la prueba de Kulldorff para detectar agrupamientos espaciales de alta o baja incidencia en el número de reclamaciones. El procedimiento para este contraste consiste en imponer una ventana sobre el mapa y mover el centro de la ventana sobre cada ubicación, de manera que la ventana incluya diferentes conjuntos de puntos vecinos en distintas ubicaciones. Al ajustar la ubicación del centro y el radio de la ventana, el método genera un gran número de ventanas distintas, cada una de ellas incluyendo diferentes conjuntos de puntos vecinos.

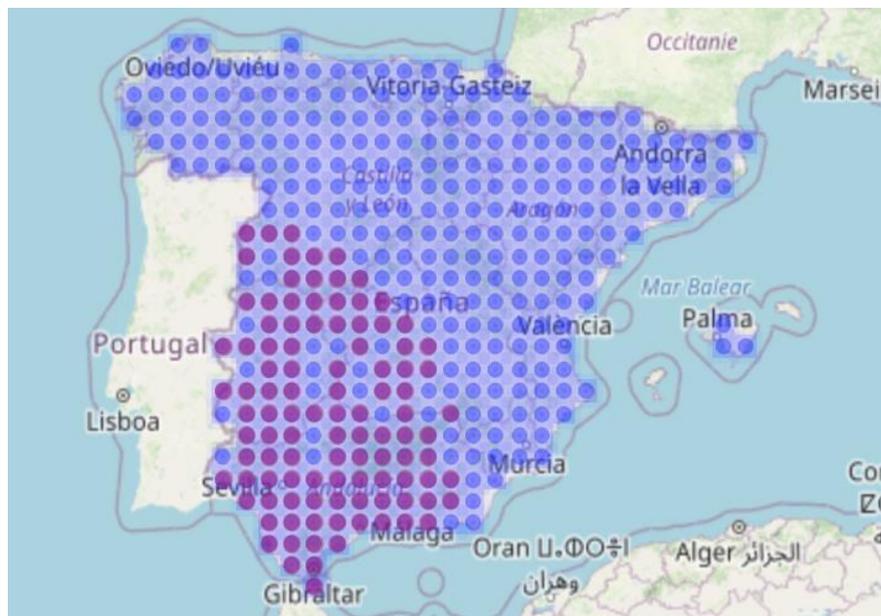
El método de detección de conglomerados espaciales de Kulldorff se aplica a una región de estudio con n áreas. El método construye zonas agregando consecutivamente áreas vecinas más cercanas hasta que se incluye una proporción de la población total del estudio. Dado el número observado de casos, la verosimilitud de cada zona se calcula utilizando distribuciones binomial o de poisson.

2.1. Aplicación práctica: GWPR y daños por agua

Para un mejor análisis de lo anteriormente expuesto, se presenta un estudio en el que se analizan datos de seguros de hogar con cobertura por daños por agua en el territorio español durante el período 2009–2014. Se han seleccionado una muestra de 2500 pólizas con siniestros y la variable a analizar es la frecuencia de siniestros de daños por agua. Se analiza en primer lugar, la existencia de clusters espaciales y a continuación aplica un modelo de Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR) sobre la misma variable, con el objetivo de obtener parámetros estimados para cada ubicación. La ventaja principal de aplicar este método, como se ha comentado es que permite obtener una función de regresión con sus correspondientes coeficientes para cada localización, lo que ofrece al analista una herramienta valiosa para

incorporar un mejor ajuste en la valoración del riesgo. En este caso, los parámetros obtenidos varían a nivel regional y cambian a lo largo del mapa.

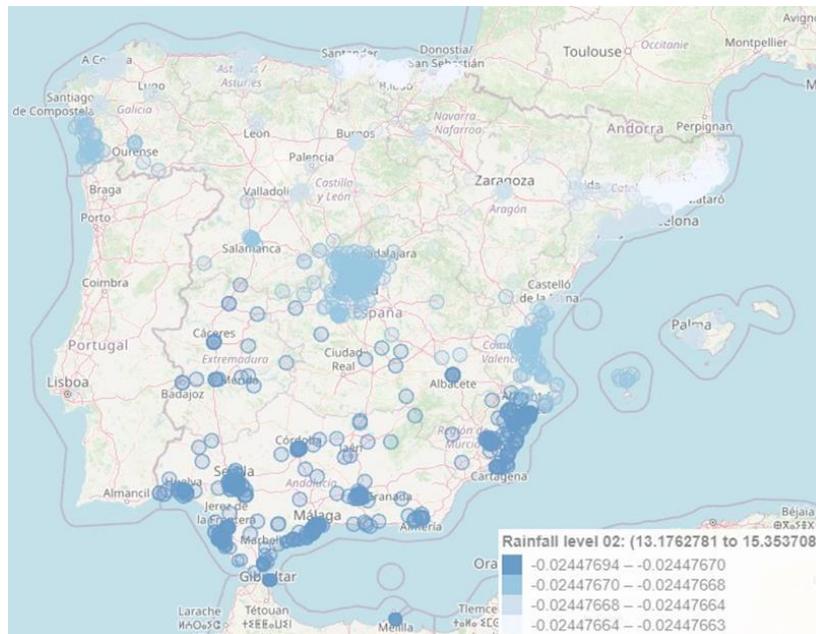
Posteriormente, utilizando los mismos datos, se ha analizado la existencia de posibles conglomerados espaciales mediante la prueba de escaneo de Kulldorff, obteniéndose el siguiente mapa en el que puede observarse un comportamiento espacial diferente en el número de siniestros entre el norte y el este (en azul), en comparación con el suroeste (en púrpura) de España. Este comportamiento se considera normal, ya que intervienen diferentes tipos de edificaciones y distintos niveles de precipitación.



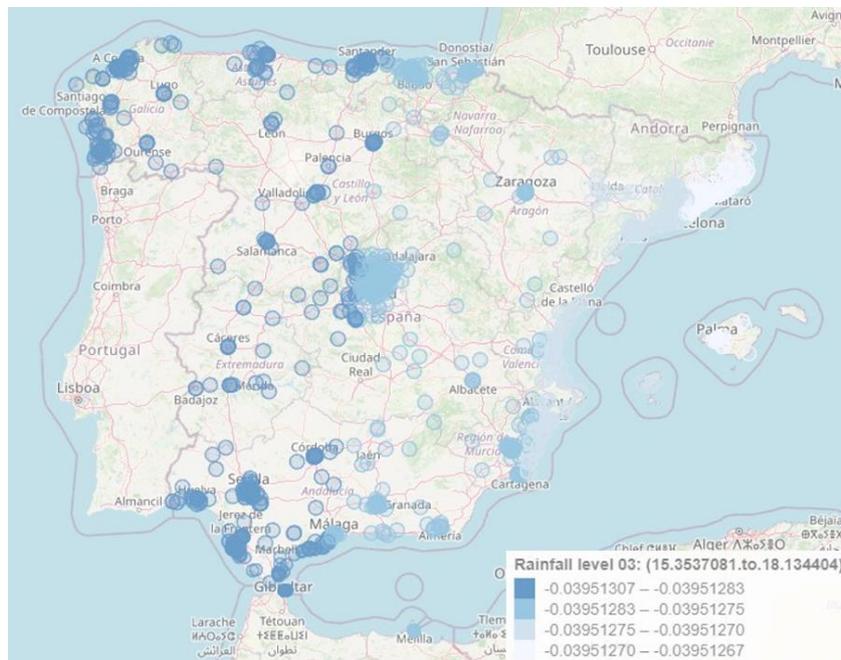
Mapa 1. Representation of clusters following Kulldorff test scan

En los siguientes mapas se refleja el comportamiento de cada una de las variables independientes y su efecto sobre el número de siniestros asociados a cada ubicación. En el noroeste y sur de España, el efecto del nivel de precipitaciones sobre el número de siniestros es menor que en el noreste y el centro del país. Esto podría explicarse porque los niveles de precipitación en el noroeste (Galicia) son normalmente —y de forma histórica— elevados, por lo que están mejor preparados para dichas condiciones. En cambio, en el sur de España, los niveles de lluvia suelen

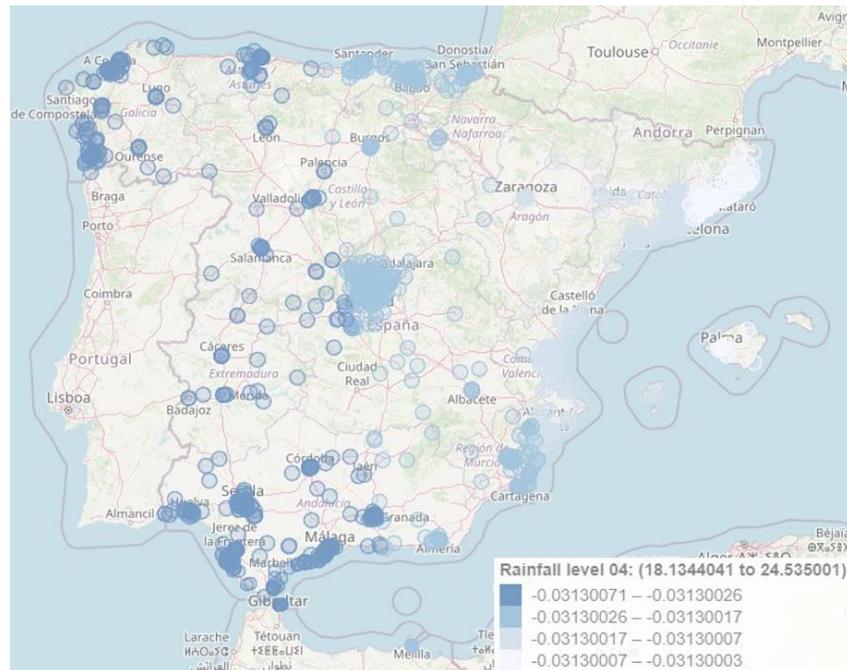
ser más bajos que en el resto del país, por lo que el impacto general sobre el número de siniestros es similar (Map 4).



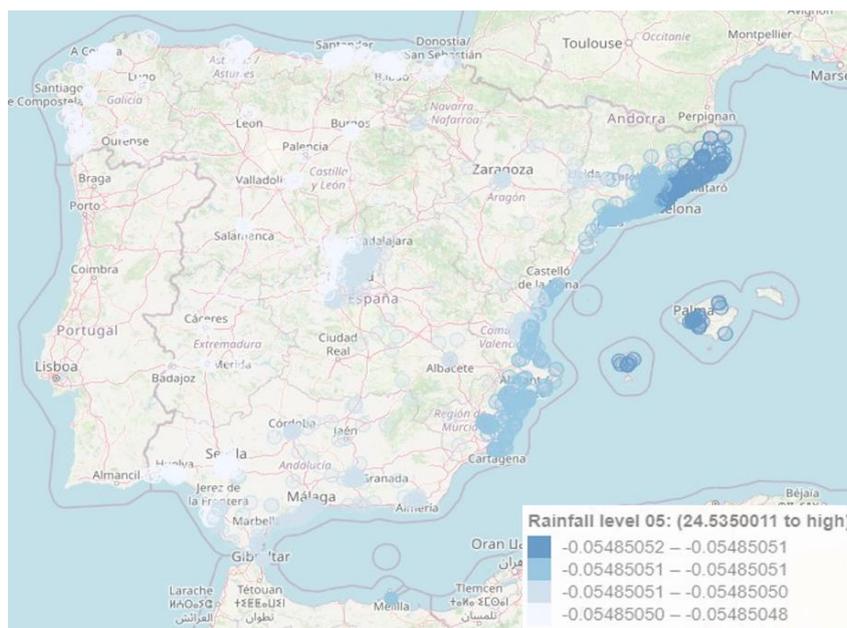
Map 2. Parámetros estimados asociados al nivel del agua (13.17-15.35) usando GWPR



Map 3. Parámetros estimados asociados al nivel del agua (15.35-18.13) usando GWPR



Map 4. Parámetros estimados asociados al nivel del agua (18.13-24.53) usando GWPR



Map 5. Parámetros estimados asociados al nivel del agua (24.53-superior) usando GWPR

Contribución de la modelización GWPR al cumplimiento normativo: ORSA y Taxonomía Verde

La aplicación de la Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR) no solo representa un avance técnico en la evaluación del riesgo asegurador, sino que también responde directamente a los desafíos regulatorios planteados por el marco de Solvencia II y por iniciativas como la taxonomía Verde de la Unión Europea.

En particular, esta modelización tiene un alto valor añadido en el contexto del proceso ORSA (Own Risk and Solvency Assessment), una herramienta útil para la gestión estratégica de las aseguradoras.

3.1. ORSA y su relación con la gestión del riesgo climático

El proceso ORSA exige que las aseguradoras evalúen de forma interna y prospectiva su perfil de riesgo, su capacidad de solvencia y la adecuación de su capital frente a escenarios adversos. Dentro de este ejercicio, los riesgos emergentes, como los derivados del cambio climático, ocupan un lugar cada vez más prioritario. Las autoridades supervisoras (como EIOPA) han enfatizado la necesidad de incorporar los riesgos de sostenibilidad (ESG) en las evaluaciones ORSA, incluyendo eventos extremos como inundaciones, sequías o tormentas, cuya frecuencia e intensidad se ven afectadas por el cambio climático.

En este contexto, la GWPR ofrece una ventaja fundamental: permite identificar espacialmente zonas con mayor siniestralidad y vulnerabilidad climática, así como proyectar cómo estos patrones podrían evolucionar bajo distintos escenarios. Esto resulta especialmente útil en el diseño de escenarios adversos dentro del ORSA, ya que permite a las aseguradoras visualizar cómo cambios en las condiciones climáticas podrían impactar diferencialmente en su cartera de pólizas.

3.2. Modelos avanzados y criterios de la taxonomía verde

La Taxonomía Verde de la Unión Europea, establecida en el Reglamento (UE) 2020/852 y desarrollada en el Reglamento Delegado (UE) 2021/2139, constituye un sistema de clasificación que define criterios técnicos para determinar cuándo una actividad económica puede considerarse como ambientalmente sostenible. Esta iniciativa forma parte del Pacto Verde Europeo y busca orientar las inversiones hacia actividades que contribuyan de manera sustancial a los objetivos medioambientales, como la mitigación y adaptación al cambio climático.

En el marco de la taxonomía, las actividades financieras y aseguradoras no quedan excluidas. De hecho, para los productos de seguros generales, en particular aquellos vinculados a riesgos climáticos, se establece una serie de criterios técnicos de evaluación para considerar si la actividad contribuye sustancialmente a la adaptación al cambio climático. Entre estos criterios destacan:

- ✓ Uso de modelos avanzados que representen los riesgos físicos actuales y futuros relacionados con el clima;
- ✓ No dependencia exclusiva de datos históricos, incorporando análisis prospectivos;
- ✓ Divulgación pública de la forma en que los riesgos climáticos se integran en la suscripción y gestión del producto asegurador;
- ✓ Incentivos para la reducción del riesgo por parte del asegurado;
- ✓ Condiciones claras de renovación o continuidad de la cobertura tras un evento climático extremo.

Estos requisitos son exigentes, pero su cumplimiento posiciona a las aseguradoras dentro del marco de la financiación sostenible, aumentando su atractivo para inversores institucionales y fondos con criterios ESG.

3.3. Aportaciones del modelo GWPR a los criterios de elegibilidad

La implementación de modelos como la Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR) permite a las aseguradoras avanzar de forma sólida hacia el cumplimiento de dichos criterios. A continuación, se detallan algunas de las formas en que GWPR aporta valor:

- ✓ Modelos avanzados: GWPR incorpora elementos espaciales y permite estimar relaciones locales entre variables climáticas y frecuencia de siniestros, mejorando la precisión respecto a modelos tradicionales.
- ✓ Análisis prospectivo: aunque el modelo se construya con datos históricos, su estructura permite ser alimentado con proyecciones climáticas teniendo en cuenta datos externos.
- ✓ Identificación de zonas de alto riesgo: mediante la desagregación espacial, GWPR identifica clusters con mayor exposición, lo que facilita tanto la gestión del riesgo como medidas de mitigación adaptadas.
- ✓ Transparencia: los resultados del modelo pueden presentarse en mapas interactivos, informes o dashboards fácilmente entendibles para auditores, reguladores y stakeholders, cumpliendo los requerimientos de transparencia y trazabilidad.
- ✓ Soporte para incentivos: conocer la distribución geográfica de los factores de riesgo permite diseñar incentivos diferenciados para el asegurado, promoviendo medidas de prevención en zonas más expuestas (por ejemplo, bonificaciones por instalar sistemas de drenaje o impermeabilización).

3.4. Evaluación de impacto y contribución a los objetivos climáticos

Más allá del cumplimiento formal de los criterios, el uso de GWPR contribuye a una gestión más estratégica y alineada con los objetivos del Acuerdo de París y el Reglamento de Divulgación (SFDR). Al mejorar la capacidad de las aseguradoras para:

- ✓ Identificar riesgos físicos;
- ✓ Evaluar su impacto en la cartera;
- ✓ Definir umbrales de riesgo aceptable;

- ✓ Y desarrollar políticas de suscripción más sostenibles

La modelización avanzada se convierte en una herramienta básica para generar valor a largo plazo tanto para la entidad como para el sistema financiero en su conjunto.

La GWPR cumple con todos estos requisitos. Su estructura permite prescindir del supuesto de homogeneidad espacial, permitiendo modelar cómo el riesgo varía a lo largo del territorio y adaptarse a nuevas condiciones climáticas. Además, al vincular el modelo con bases de datos geoespaciales y variables ambientales (como precipitaciones, pendientes, tipo de suelo o características urbanas), se enriquece la capacidad predictiva y la construcción de escenarios realistas.

3.5. Apoyo a la toma de decisiones estratégicas

Desde la perspectiva de planificación del capital y gestión del reaseguro, GWPR permite identificar con precisión qué zonas o segmentos representan una mayor exposición al riesgo climático. Esto facilita decisiones como:

- ✓ La determinación de capital económico requerido por zona;
- ✓ El diseño de estrategias diferenciadas de reaseguro;
- ✓ La priorización de acciones de mitigación;
- ✓ La definición de políticas de suscripción sostenibles.

Asimismo, al generar resultados fácilmente representables mediante mapas de calor o superficies espaciales, GWPR aporta claridad y transparencia al proceso de comunicación con reguladores y partes interesadas, cumpliendo con los requisitos de divulgación pública de los riesgos climáticos establecidos en la normativa europea.

3.6. GWPR como base para indicadores de sostenibilidad

La adopción de este tipo de modelos también permite a las aseguradoras desarrollar indicadores de sostenibilidad asociados al riesgo geográfico, como:

- ✓ Índices de vulnerabilidad climática por territorio;

- ✓ Coeficientes de ajuste de prima basados en exposición a eventos extremos;
- ✓ Medidas de resiliencia territorial frente a patrones históricos y proyectados.

Estos indicadores pueden integrarse en los reportes no financieros (ESG) y en el diseño de productos aseguradores alineados con los principios de la sostenibilidad, fortaleciendo el posicionamiento estratégico de la entidad frente a los objetivos de desarrollo sostenible.

Conclusiones

La creciente frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, sumadas a los procesos de urbanización y cambios en el uso del suelo, han generado nuevos desafíos para el sector asegurador. En este contexto, la necesidad de incorporar modelos más robustos, flexibles y espacialmente sensibles se vuelve imperativa para mejorar la gestión del riesgo, cumplir con las exigencias regulatorias y avanzar hacia una actividad más sostenible.

La Regresión de Poisson Geográficamente Ponderada (GWPR) se ha mostrado como una herramienta estadística de gran valor en este proceso. Su capacidad para capturar la heterogeneidad espacial del riesgo, generar parámetros locales y facilitar la identificación de zonas con mayor siniestralidad climática ofrece ventajas significativas en diversas áreas clave:

- ✓ Medición del impacto en los activos físicos asociados al cambio climático
- ✓ Tarifación técnica y segmentación del riesgo con mayor precisión y equidad;
- ✓ Evaluación espacial de la exposición a eventos extremos, con base en variables climáticas y socioeconómicas;
- ✓ Cumplimiento normativo, especialmente en el marco del proceso ORSA y los criterios técnicos de la taxonomía verde;
- ✓ Toma de decisiones estratégicas, como la planificación del capital, el diseño de coberturas adaptadas, o la estrategia de reaseguro.

- ✓ Existen varias direcciones prometedoras para ampliar el uso y el potencial de esta metodología en el ámbito asegurador:
- ✓ Integración con escenarios climáticos futuros desarrollados por organismos internacionales (IPCC, Copernicus, etc.), para evaluar el impacto a largo plazo del cambio climático sobre las carteras aseguradas.
- ✓ Ampliación del modelo a riesgos múltiples, incorporando no solo lluvias intensas o sequías, sino también incendios forestales, olas de calor, o aumento del nivel del mar, con enfoques multivariantes y multiescalares.
- ✓ Combinación con técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático, que permitan mejorar la selección automática del ancho de banda, detectar interacciones no lineales y aumentar la capacidad predictiva del modelo.
- ✓ Desarrollo de herramientas visuales interactivas para la interpretación y divulgación de resultados (dashboards geoespaciales, mapas dinámicos, simuladores de escenarios).
- ✓ Aplicación a nuevas líneas de negocio, como seguros paramétricos, seguros agrícolas o microseguros climáticos, donde la geografía y la variabilidad ambiental tienen un papel central.

En conclusión, el modelo GWPR ofrece una base metodológica sólida, adaptable y alineada con los desafíos regulatorios y técnicos del sector asegurador actual. Su integración en la cadena de valor aseguradora no sólo fortalece la toma de decisiones, sino que impulsa una evolución necesaria hacia modelos de negocio más transparentes y sostenibles.

Referencias

- Fotheringham, A. S., Charlton, M. E., & Brunsdon, C. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. Wiley.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. (1996). Geographically weighted regression: A method for exploring spatial nonstationarity. *Geographical Analysis*, 28(4), 281–298.
- European Commission. (2020). Regulation (EU) 2020/852 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment (Taxonomy Regulation). <https://eur-lex.europa.eu/>
- European Commission. (2021). Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2139 supplementing Regulation (EU) 2020/852 by establishing the technical screening criteria. <https://eur-lex.europa.eu/>
- EIOPA. (2021). Opinion on the supervision of the use of climate change risk scenarios in ORSA. European Insurance and Occupational Pensions Authority. <https://www.eiopa.europa.eu/>

- Solvency II Directive. (2009). Directive 2009/138/EC of the European Parliament and of the Council. <https://eur-lex.europa.eu/>
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch>
- Kulldorff, M. (1997). A spatial scan statistic. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 26(6), 1481–1496.
- Cleveland, W.S. and Devlin, S.J. (1988) Locally-Weighted Regression: An Approach to Regression Analysis by Local Fitting. *Journal of the American Statistical Association*, 83, 596-610.
- Bivand R, Yu D (2022). spgwr: Geographically Weighted Regression. R package version 0.6-35, <https://CRAN.R-project.org/package=spgwr>.
- Rivas-Lopez, M.V.; Minguez-Salido, R.; Matilla Garcia, M.; Echeverria Rey, A. Contributions from Spatial Models to Non-Life Insurance Pricing: An Empirical Application to Water Damage Risk. *Mathematics* 2021,
- Rivas-Lopez, MV., Matilla-García, M., Minguez-Salido, R. et al. Improving Home Insurance Ratemaking with Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR) Model: Assessing Water Damage Risk. *Appl. Spatial Analysis* 18, 38 (2025).