

Índice Climático Actuarial Español

Documento metodológico



ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	2
II.	EL ÍNDICE CLIMÁTICO ACTUARIAL ESPAÑOL.....	3
III.	DATOS	4
IV.	TEMPERATURA	4
V.	PRECIPITACIÓN	7
VI.	SEQUÍA	8
VII.	VIENTO	9
VIII.	NIVEL DEL MAR.....	11
IX.	COMBINACIÓN DE COMPONENTES.....	12
X.	BIBLIOGRAFÍA	14

I. INTRODUCCIÓN

La elaboración del Índice Climático Actuarial Español (ICAE) es una iniciativa promovida por el Instituto de Actuarios de España y desarrollado por el grupo de trabajo del observatorio de sostenibilidad y cambio climático creado para tal fin.

El ICAE es una métrica diseñada para ayudar en la cuantificación y evaluación del impacto de los eventos climáticos extremos. En su elaboración, se analiza la distribución de probabilidad de los componentes climáticos que lo conforman, cuantificando los eventos extremos situados en las colas de sus distribuciones de probabilidad y midiendo a lo largo del tiempo la desviación de dichos eventos frente a un periodo de referencia pasado.

La utilidad del índice radica en la capacidad de identificar y evaluar los riesgos extraordinarios de la naturaleza. Además, también presenta beneficios para la sociedad y las diferentes industrias pues, desde la información que nos dan los datos pasados, se puede tener un sistema de alerta temprana con el que articular medidas de prevención relacionadas con políticas públicas, educación e información ciudadana, planificación urbanística o cuantificaciones de la brecha de aseguramiento.

El objetivo principal del índice es ofrecer una herramienta rigurosa, objetiva y fácilmente interpretable que permita monitorizar la evolución de fenómenos climáticos extremos en España. Para su elaboración, se han utilizado series temporales históricas de datos mensuales desde el año 1961, procedentes de fuentes de información públicas y verificables.

El desarrollo metodológico toma como referencia la experiencia internacional, en particular la metodología utilizada por Estados Unidos y Canadá¹. Esta referencia ha servido como punto de partida para una adaptación específica al contexto geográfico y climático español.

Integrantes del grupo de trabajo del observatorio de sostenibilidad y cambio climático:

- Ramón Nadal
- José Garrido
- Jaimie Villanueva
- Arturo Palomo
- Nuria Revuelta
- Alex Pascual
- Raúl Maidagan
- Javier Pla
- Souad Ramy
- Nuria Ribagorda
- María Victoria Rivas
- Borja Soriano
- Alberto Tafalla
- Eduardo Sánchez

¹ [ACI, 16]

II. EL ÍNDICE CLIMÁTICO ACTUARIAL ESPAÑOL

El ICAE es un índice compuesto por distintos indicadores climáticos, resumiendo en una única métrica las anomalías o cambios extremos respecto a condiciones históricas normales.

$$ICAE = \frac{1}{6} \times (Tmax_{std} - Tmin_{std} + P5_{std} + W_{std} + NS_{std} + S_{std})$$

Los componentes seleccionados han sido definidos con base a su capacidad para representar, de forma cuantificable, riesgos climáticos que afectan directamente a la población, la infraestructura y los sectores financiero y asegurador. Se ha priorizado la inclusión de variables cuya evolución refleja con mayor sensibilidad los efectos del cambio climático.

Tabla 1 Listado de componentes incluidos en el ICAE

Componentes	Abreviatura	Definición
Temperatura alta	<i>Tmax_{std}</i>	Frecuencia de las temperaturas mayores al percentil 90
Temperatura baja	<i>Tmin_{std}</i>	Frecuencia de las temperaturas menores al percentil 10
Precipitación	<i>P5_{std}</i>	Máxima precipitación por mes en 5 días consecutivos
Sequía	<i>NS_{std}</i>	Disminución de la humedad del suelo respecto al periodo referencia
Viento	<i>W_{std}</i>	Frecuencia de la potencia mayor al percentil 90
Nivel del mar	<i>S_{std}</i>	Aumento del nivel del mar respecto al periodo referencia

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del índice, la Península Ibérica se delimita como el territorio comprendido entre los 36° y 43,7° de latitud norte y los -7,5° y 3,3° de longitud este, excluyendo la región francesa y portuguesa. Ceuta, Melilla, Islas Baleares e Islas Canarias quedan fuera del conjunto de datos considerado por la complejidad añadida que supone y el reducido impacto en los resultados del ICAE a nivel nacional. En fases posteriores se incorporarán estos territorios no incorporados dentro en el cálculo del ICAE.

El enfoque metodológico prioriza la detección de eventos climáticos extremos frente a observaciones medias, dado que son estos primeros los eventos que implican mayor riesgo. En particular, se analiza la evolución de la distribución de probabilidad asociada a cada variable climática, lo que permite detectar desplazamientos en los valores medios, asimetrías o cambios en la dispersión que indiquen una mayor frecuencia o severidad de eventos extremos. Este tipo de análisis resulta fundamental, ya que una variación en los extremos, aunque no se acompañe de cambios significativos en las medias, puede implicar un incremento sustancial del riesgo.

El ICAE se expresa en términos de anomalía o número de desviaciones estándar respecto a un periodo de referencia pasado. Este periodo de referencia es el comprendido entre el año 1961 y 1990, entendiendo este periodo como aquel que refleja la variabilidad natural o normal del clima sin mostrar una alta afección del efecto antropogénico causado por la actividad humana.

Las medias (μ_{ref_j}) y desviaciones estándar (σ_{ref_j}) para el componente C del mes j y año k del periodo de referencia necesarias para obtener las anomalías se definen como:

$$\mu_{ref_j} = \frac{1}{30} \sum_{k=1961}^{1990} C(j, k) \qquad \sigma_{ref_j} = \sqrt{\frac{1}{30} \sum_{k=1961}^{1990} (C(j, k) - \mu_{ref_j})^2}$$

La evolución temporal del índice se representa mediante una **media móvil de 5 años**, lo que permite observar las tendencias sin la distorsión de la variabilidad a corto plazo.

III. DATOS

Los datos empleados provienen de dos fuentes de información, dependiendo del tipo de variable.

Para las variables temperatura, precipitación, humedad del suelo (sequía) y velocidad del viento, la fuente de información empleada es el conjunto de datos *ERA5-Land hourly data*, desarrollado por el *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)* dentro del programa *Copernicus Climate Change Service (C3S)*.

La resolución de los datos es de 9 km por cuadrícula (latitud/longitud $0,1^\circ \times 0,1^\circ$), están disponibles con frecuencia intradía (horaria) y para cada mes desde el año 1950.

Para la variable nivel del mar, la fuente de información empleada es el conjunto de datos *ORAS5 global ocean reanalysis*, desarrollado por el *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)* mediante el sistema de análisis-reanálisis oceánico OCEAN5.

La resolución de los datos es de 25 km por cuadrícula (latitud/longitud $0,25^\circ \times 0,25^\circ$), están disponibles con frecuencias mensuales desde el año 1958.

Ambos conjuntos de datos forman parte de lo que se conoce como reanálisis. A diferencia de una serie compuesta exclusivamente por observaciones directas, el reanálisis combina múltiples fuentes de información, incluyendo mediciones in situ, satelitales y de teledetección, con modelos climáticos avanzados. Estos modelos permiten integrar y homogeneizar los datos observados, al mismo tiempo que estiman valores en localizaciones geográficas y/o periodos del tiempo con observaciones incompletas o ausentes.

El modelo IFS CY45R1, utilizado en la generación del reanálisis ERA5 y como base indirecta de *ERA5-Land*, está documentado en la biblioteca técnica del *ECMWF* y disponible para su consulta. La selección de Copernicus como fuente de datos está respaldada tanto por su utilización en otros índices climáticos como por numerosas publicaciones que avalan su idoneidad².

IV. TEMPERATURA

Definición

El componente de temperatura máxima se define como la frecuencia de días al mes con temperaturas por encima del percentil 90 (TX90, TN90), en relación con el periodo de referencia de 1961 a 1990. Por otro lado, el componente de temperatura mínima se define como la frecuencia de días al mes con temperaturas por debajo del percentil 10 (TX10, TN10), en relación con el periodo de referencia de 1961 a 1990.

$$ICAE(j, k) = \frac{1}{6} \times (T_{max_std}(j, k) - T_{min_std}(j, k) + P5_{std}(j, k) + W_{std}(j, k) + NS_{std}(j, k) + S_{std}(j, k))$$

La definición empleada de la variable permite identificar episodios extremos de calor y frío. La determinación de los percentiles que conforman los umbrales se realiza sin asumir ninguna

² [CURRY, 15] y [EUSPA, 26].

distribución de probabilidad paramétrica, analizando la distribución de probabilidad empírica de los datos.

Los datos brutos utilizados están expresados en Kelvin, que posteriormente son convertidos a grados Celsius.

Cálculo del subíndice

Temperatura Máxima

- **Paso 1. Cálculo de umbrales del periodo de referencia:** Se calcula un umbral único para cada mes del periodo de referencia. Para ello, se cogen todos los datos por mes, excluyendo los datos faltantes, de todos los años del periodo de referencia y se calcula el percentil 10 y 90 de las temperaturas máximas. El resultado son 12 umbrales correspondientes a 1 por cada mes.
- **Paso 2. Conteo del número de días que superan el umbral:** El objetivo es conocer cuántas veces de cada mes y de cada año las temperaturas máximas han sido superiores al umbral del percentil 90 e inferiores al umbral del percentil 10 definidos en el paso 1. Se realiza un conteo mensual recogido por el siguiente indicador, para cada día i , mes j y año k :

$$I_{max90}(i, j, k) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } Tmax(i, j, k) > P90maxref(j) \\ 0 \text{ si } Tmax(i, j, k) \leq P90maxref(j) \end{array} \right\}$$

$$I_{max10}(i, j, k) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } Tmax(i, j, k) < P10maxref(j) \\ 0 \text{ si } Tmax(i, j, k) \geq P10maxref(j) \end{array} \right\}$$

- **Paso 3: Cálculo de frecuencia mensual:** Para cada mes j y año k , donde $n(j)$ corresponde a el número de días con observaciones del mes j :

$$TX90(j, k) = \frac{\sum_i^{n(j)} I_{max90}(i, j, k)}{n(j)} \qquad TX10(j, k) = \frac{\sum_i^{n(j)} I_{max10}(i, j, k)}{n(j)}$$

- **Paso 4: Estandarización:** Se estandarizan las frecuencias mensuales a fin de homogeneizar la agregación final con el resto de los componentes del índice.

$$TX90_{std}(j, k) = \frac{TX90_{(j,k)} - \mu_{TX90_{ref(j)}}}{\sigma_{TX90_{ref(j)}}} \qquad TX10_{std}(j, k) = \frac{TX10_{(j,k)} - \mu_{TX10_{ref(j)}}}{\sigma_{TX10_{ref(j)}}}$$

Donde:

$\mu_{TX90_{ref(j)}}$: Valor medio de TX90 durante el mes j del periodo de referencia.

$\mu_{TX10_{ref(j)}}$: Valor medio de TX10 durante el mes j del periodo de referencia.

$\sigma_{TX90_{ref(j)}}$: Desviación estándar de TX90 durante el mes j del periodo de referencia.

$\sigma_{TX10_{ref(j)}}$: Desviación estándar de TX10 durante el mes j del periodo de referencia.

Temperatura Mínima

Los pasos de cálculo son los mismos que los expuestos para temperatura máxima, de modo que mediante los pasos 1 a 4 se obtendría:

$$I_{min10}(i, j, k) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } T_{min}(i, j, k) < P10_{minref}(j) \\ 0 \text{ si } T_{min}(i, j, k) \geq P10_{minref}(j) \end{array} \right\}$$

$$I_{min90}(i, j, k) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } T_{min}(i, j, k) > P90_{minref}(j) \\ 0 \text{ si } T_{min}(i, j, k) \leq P90_{minref}(j) \end{array} \right\}$$

$$TN90(j, k) = \frac{\sum_i^{n(j)} I_{min90}(i, j, k)}{n(j)}$$

$$TN10(j, k) = \frac{\sum_i^{n(j)} I_{min10}(i, j, k)}{n(j)}$$

$$TN90_{std}(j, k) = \frac{TN90_{(j,k)} - \mu_{TN90_{ref}(j)}}{\sigma_{TN90_{ref}(j)}}$$

$$TN10_{std}(j, k) = \frac{TN10_{(j,k)} - \mu_{TN10_{ref}(j)}}{\sigma_{TN10_{ref}(j)}}$$

Las variables obtenidas hasta ahora se podrían definir del siguiente modo:

$TX90_{std(j,k)}$: Anomalía o cambio en temperaturas cálidas diurnas.

$TN90_{std(j,k)}$: Anomalía o cambio en temperaturas cálidas nocturnas.

$TX10_{std(j,k)}$: Anomalía o cambio en temperaturas frías diurnas.

$TN10_{std(j,k)}$: Anomalía o cambio en temperaturas frías nocturnas.

Existe una elevada correlación entre $TX90_{std(j,k)}$ y $TN90_{std(j,k)}$ ya que días y noches cálidos tienden a ocurrir al mismo tiempo, y de modo análogo, entre días fríos $TX10_{std(j,k)}$ y noches frías $TN10_{std(j,k)}$.

Es por ello por lo que en el índice se introduce un único término que recoge anomalías o cambios en temperaturas cálidas $Tmax_{std}(j, k)$:

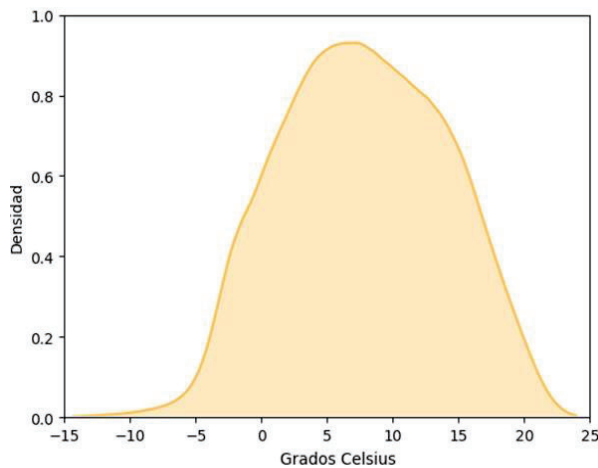
$$Tmax_{std}(j, k) = \frac{1}{2} (TX90_{std(j,k)} + TN90_{std(j,k)})$$

Y de modo análogo, un término único para recoger anomalías en temperaturas frías $Tmin_{std}(j, k)$:

$$Tmin_{std}(j, k) = \frac{1}{2} (TX10_{std(j,k)} + TN10_{std(j,k)})$$

Derivado del calentamiento global las temperaturas en España vienen siendo cada vez más cálidas, y por ello, $Tmin_{std}(j, k)$ suele tomar valores negativos dado que las temperaturas mínimas no llegan a rebasar el umbral inferior del periodo de referencia. Como disminuciones en $Tmin_{std}(j, k)$ suelen venir acompañado de incrementos en $Tmax_{std}(j, k)$, el signo debe revertirse a la hora de agregar estos dos componentes dentro de la ecuación general del ICAE para evitar que se cancelen entre ellos y produzcan una falsa sensación de estabilidad temporal en el índice.

Gráfico 1 Función de densidad T. Mínima



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2 Función de densidad T. Máxima

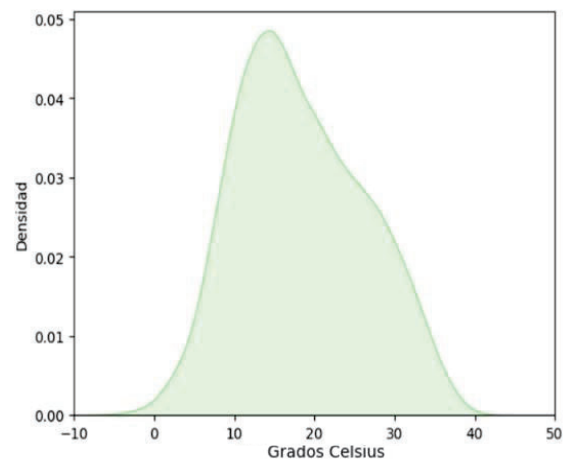
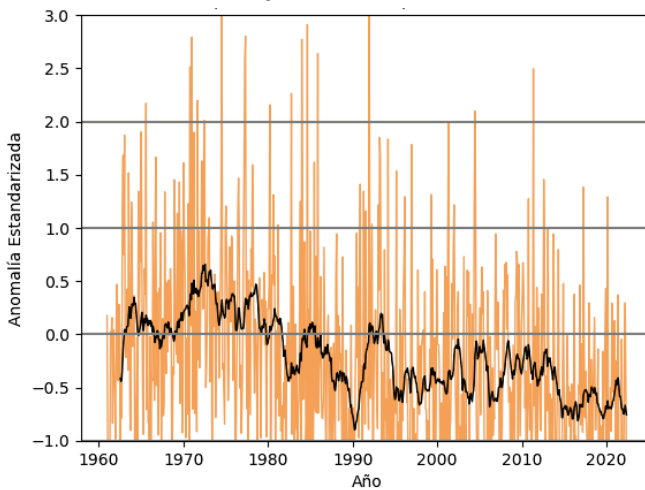
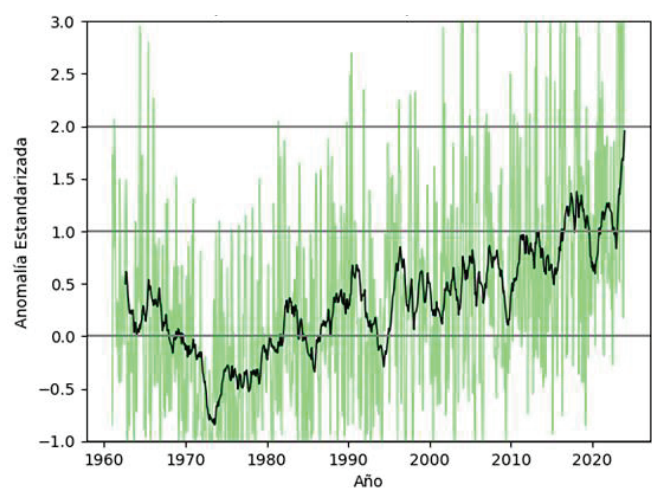


Gráfico 3 Subíndice T. Mínima



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4 Subíndice T. Máxima



V. PRECIPITACIÓN

Definición:

El componente de precipitación se define como la máxima acumulación de precipitación de cada mes, medido durante una ventana temporal móvil de 5 días consecutivos.

$$ICAE(j, k) = \frac{1}{6} \times (Tmax_{std}(j, k) - Tmin_{std}(j, k) + P5_{std}(j, k) + W_{std}(j, k) + NS_{std}(j, k) + S_{std}(j, k))$$

La definición empleada de la variable permite identificar eventos de precipitación intensa, recogiendo los eventos en la cola derecha de la distribución de probabilidad.

Los datos brutos utilizados están expresados en metros (m), que posteriormente se transforman a milímetros (mm).

Cálculo del subíndice

- **Paso 1: Cálculo de la serie temporal de acumulación de precipitación:** Partiendo de la serie temporal de milímetros (mm) de precipitación observados, se determina una ventana móvil con solapamiento de 5 días consecutivos, de tal modo que cada nueva observación calculada representa la suma o acumulación de la precipitación observada durante esos 5 días.
- **Paso 2: Cálculo de la acumulación máxima:** Para cada mes j y año k se determina el valor de máxima precipitación acumulada, $P5(j, k)$, sobre la serie temporal calculada en el paso 1.
- **Paso 3: Estandarización:** Se estandarizan los valores mensuales de cada año, $P5(j, k)$, a fin de homogeneizar la agregación final con el resto de los componentes del índice.

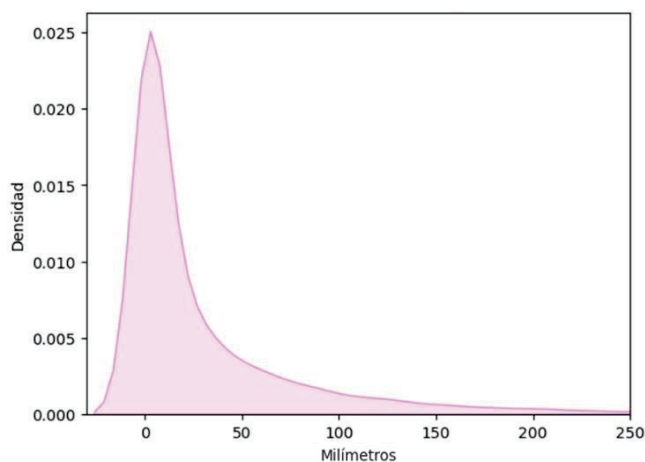
$$P5_{std}(j, k) = \frac{P5(j, k) - \mu_{P5_{ref}(j)}}{\sigma_{P5_{ref}(j)}}$$

Donde:

$\mu_{P5_{ref}(j)}$: Valor medio de P5 durante el mes j del periodo de referencia.

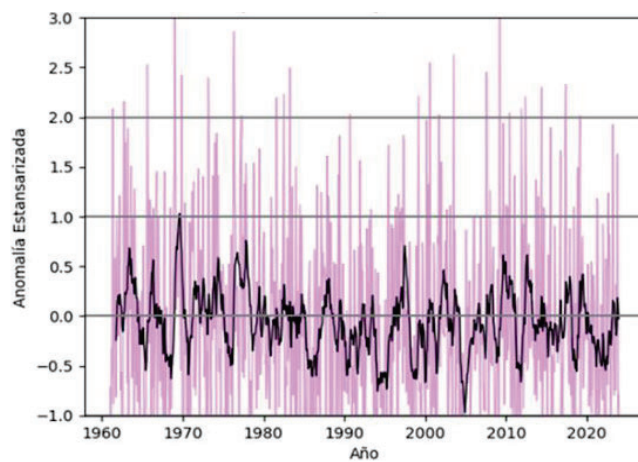
$\sigma_{P5_{ref}(j)}$: Desviación estándar de P5 durante el mes j del periodo de referencia.

Gráfico 5 Función de densidad Precipitación



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 Subíndice Precipitación



VI. SEQUÍA

Definición:

El componente de sequía se define a partir de los niveles de humedad del suelo, dado que ya en sí mismos recogen la información de la escasez de precipitación acumulada, la relación entre temperatura-precipitación y el efecto de la evaporización.

$$ICAE(j, k) = \frac{1}{6} \times (Tmax_{std}(j, k) - Tmin_{std}(j, k) + P5_{std}(j, k) + W_{std}(j, k) + NS_{std}(j, k) + S_{std}(j, k))$$

Los datos brutos utilizados representan la cantidad de agua presente en los primeros 289 cm del suelo, están expresados como la fracción del volumen total que ocupa el agua y su unidad es $m^3 m^{-3}$.

Cálculo del subíndice

- **Paso 1. Estandarización:** Se estandarizan los valores de humedad del suelo para reflejar el aumento o descenso de la humedad del suelo respecto al periodo de referencia.

La estandarización del subíndice de humedad del suelo se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$SM_{STD}(j, k) = \frac{SM(j, k) - \mu_{SMref(j)}}{\sigma_{SMref(j)}}$$

Donde:

$SM(j, k)$: Es el valor de humedad del suelo para el mes j y el año k .

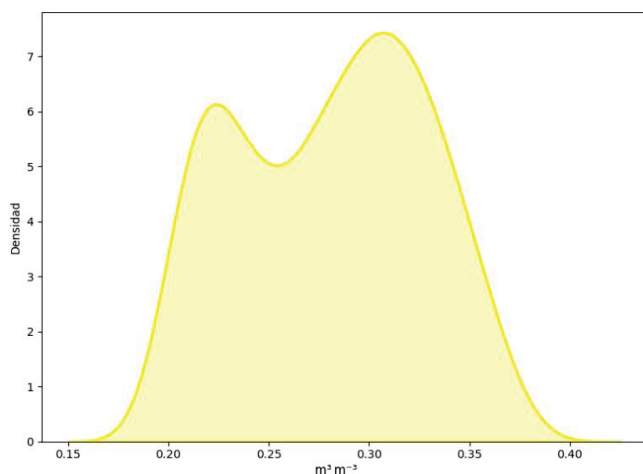
$\mu_{SMref(j)}$: Valor medio de SM durante el mes j del periodo de referencia.

$\sigma_{SMref(j)}$: Desviación estándar de SM durante el mes j del periodo de referencia.

- **Paso 2: Cambio de signo.** Para transformar la variable humedad en datos que representen la sequía se le realiza un cambio el signo, ya que a mayor nivel de humedad menor nivel de sequía. Con esta transformación, se puede añadir esta variable sumándola al resto de los componentes del índice.

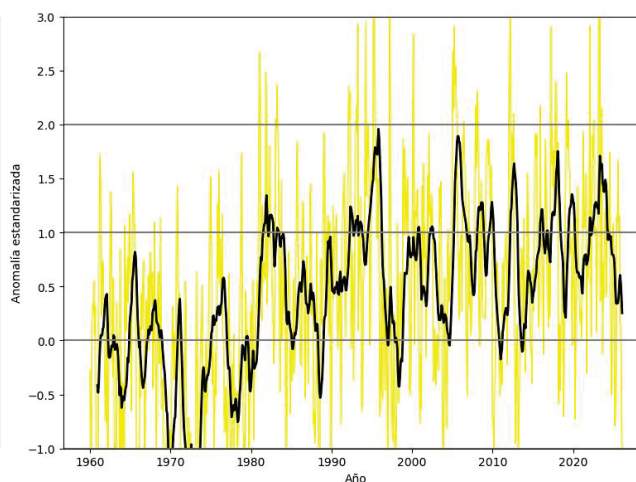
$$NS_{STD}(j, k) = -1 \times SM_{STD}(j, k)$$

Gráfico 7 Función de densidad Humedad



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8 Subíndice Humedad



VII. VIENTO

Definición:

El componente de viento recoge la frecuencia de días al mes donde la potencia del viento supera el percentil 90, en relación con el periodo de referencia de 1961 a 1990.

$$ICAE(j, k) = \frac{1}{6} \times (Tmax_{std}(j, k) - Tmin_{std}(j, k) + P5_{std}(j, k) + W_{std}(j, k) + NS_{std}(j, k) + S_{std}(j, k))$$

La definición empleada de la variable permite identificar episodios extremos de viento. La determinación de los percentiles que conforman los umbrales se realiza sin asumir ninguna distribución de probabilidad paramétrica, analizando la distribución de probabilidad empírica de los datos.

Los datos brutos utilizados están expresados en metros por segundo (m/s), que posteriormente serán transformados en potencia media del viento. Esta transformación responde a la evidencia de que los daños físicos asociados a vientos extremos son proporcionales a la energía transportada por el viento y no únicamente a su velocidad.

Cálculo del subíndice

- **Paso 1. Obtención de la potencia del viento** a partir de la siguiente fórmula:

$$WP = \frac{1}{2} \omega^3 \rho$$

Donde:

WP : Potencia del viento.

ω : Velocidad media del viento, medida en metros por segundo.

ρ : densidad del aire, fijada como $1,23 \frac{kg}{m^3}$.

- **Paso 2. Cálculo de umbrales del periodo de referencia:** Se calculan los umbrales pertenecientes al periodo de referencia. Dichos umbrales, al igual que en la variable temperatura, se obtienen de forma empírica y se corresponden a los percentiles 90.
- **Paso 3. Conteo del número de días que superan el umbral:** El objetivo es conocer cuántas veces de cada mes y de cada año la potencia del viento ha sido superior al umbral definido en el paso 2. Se realiza un conteo recogido por el siguiente indicador, para cada día i , mes j y año k :

$$I(i, j, k) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } WP(i, j, k) > P90wpref(i, j) \\ 0 \text{ si } WP(i, j, k) \leq P90wpref(i, j) \end{array} \right\}$$

- **Paso 4: Cálculo de frecuencia mensual:** Para cada mes j y año k , donde $n(j)$ corresponde a el número de días con observaciones del mes j :

$$NWP(j, k) = \frac{\sum_i^{n(j)} I(i, j, k)}{n(j)}$$

- **Paso 5. Estandarización:** Se estandarizan las frecuencias mensuales por año obteniendo las frecuencias mensuales estandarizadas

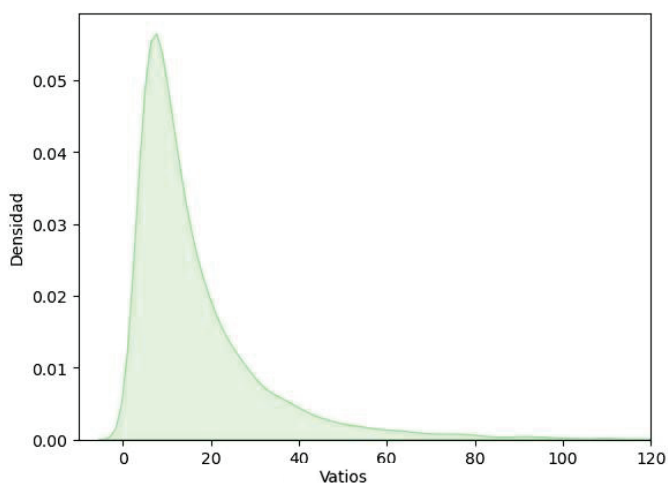
$$W_{std}(j, k) = \frac{NWP_{(j,k)} - \mu_{NWPref(j)}}{\sigma_{NWPref(j)}}$$

Donde:

$\mu_{NWPref(j)}$: Valor medio de *NWP* durante el mes *j* del periodo de referencia.

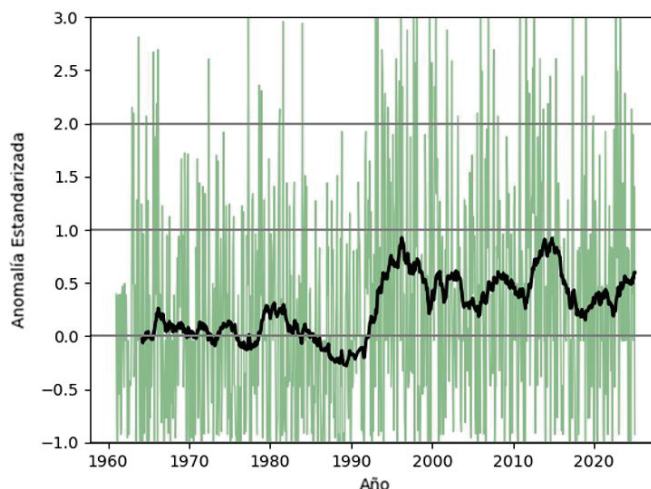
$\sigma_{NWPref(j)}$: Desviación estándar de *NWP* durante el mes *j* del periodo de referencia.

Gráfico 9 Función de densidad Viento



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1 Subíndice Viento



VIII. NIVEL DEL MAR

Definición:

El componente de nivel del mar recoge la variación del nivel del mar respecto al periodo de referencia de 1961 a 1990.

$$ICAE(j, k) = \frac{1}{6} \times (Tmax_{std}(j, k) - Tmin_{std}(j, k) + P5_{std}(j, k) + W_{std}(j, k) + NS_{std}(j, k) + S_{std}(j, k))$$

Las series mensuales del nivel medio del mar se derivan a partir de ORAS5, datos proporcionados por Copernicus, los cuales registran las variaciones del nivel del mar respecto a un punto de referencia fijo (geoide medio – nivel equipotencial gravitatorio global) durante toda la serie histórica.

Es relevante considerar que la elevación del terreno relativa al nivel del mar está sujeta a modificaciones derivadas de la dinámica de la corteza terrestre; por tanto, estas mediciones integran los efectos combinados de las variaciones tanto de la posición terrestre como del nivel oceánico.

Los datos brutos utilizados para el cálculo del subíndice nivel del mar están expresados en metros.

Cálculo del subíndice

- **Paso 1. Estandarización:** Se estandarizan los valores de nivel del mar para reflejar el aumento o descenso del nivel del mar respecto al periodo de referencia.

La estandarización del subíndice del nivel del mar se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$S_{STD}(j, k) = \frac{S(j, k) - \mu_{Sref(j)}}{\sigma_{Sref(j)}}$$

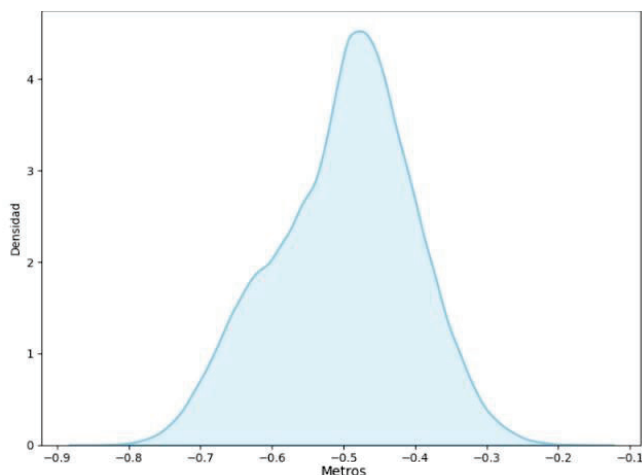
Donde:

$S(j, k)$: Es el valor del nivel del mar para el mes j y el año k .

$\mu_{Sref(j)}$: Valor medio de S durante el mes j del periodo de referencia.

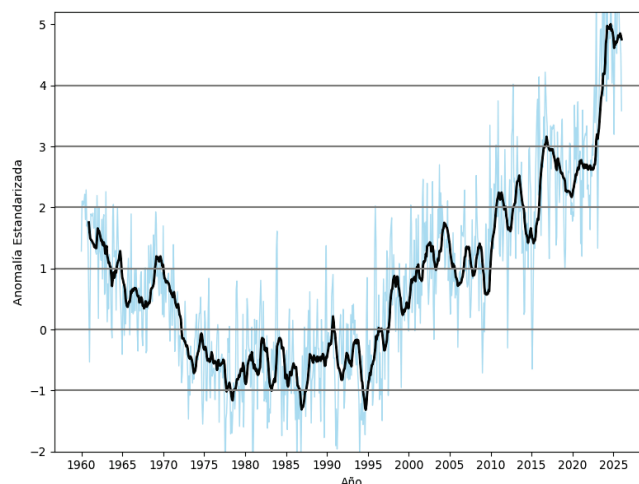
$\sigma_{Sref(j)}$: Desviación estándar de S durante el mes j del periodo de referencia.

Gráfico 11 Función de densidad Nivel del mar



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 22 Subíndice Nivel del mar



IX. COMBINACIÓN DE COMPONENTES

Siguiendo el método utilizado para el cálculo del índice Norte Americano³, la combinación de los seis componentes del índice se realiza por medio de las anomalías estandarizadas. Esta aproximación permite la consolidación de cantidades intrínsecamente diferentes en un solo índice, mientras se mantiene las características de cada uno de los componentes individuales. Para cada indicador, la anomalía estandarizada cuantifica la desviación de un valor mensual o estacional respecto a la media y la desviación estándar del período de referencia, expresando el resultado en unidades de desviación estándar.

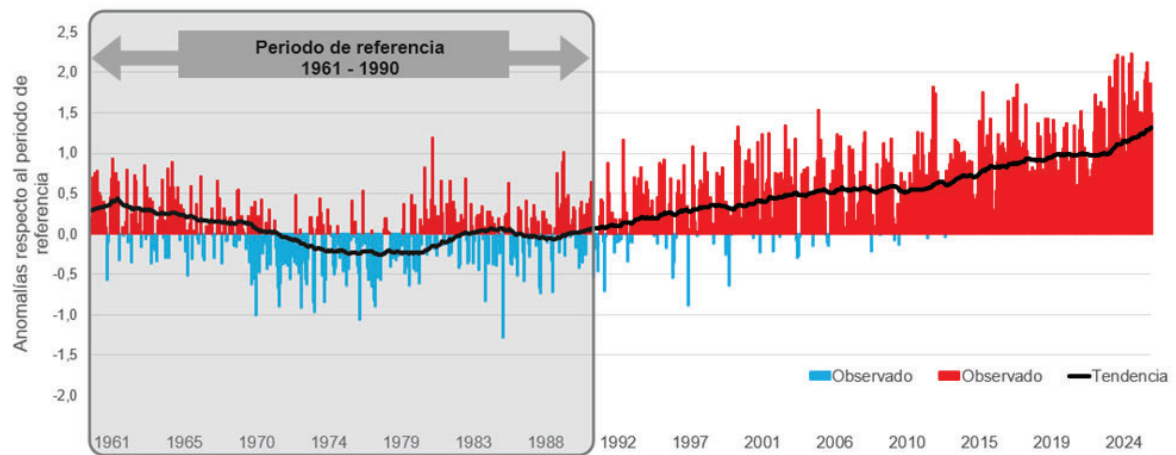
El ICAE ha sido calculado como la media ponderada los seis componentes, asignando el mismo peso a cada componente: temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación, viento, sequía y nivel del mar.

La fórmula agregada del ICAE, para el mes j y el año k , es la siguiente:

$$ICA(j, k) = \frac{1}{6} \times (Tmax_{std}(j, k) - Tmin_{std}(j, k) + P5_{std} + W_{std}(j, k) + NS_{std}(j, k) + S_{std}(j, k))$$

³ [HANSEN, 98]

Gráfico 13 Evolución del ICAE de enero 1961 a diciembre 2025



Fuente: *Elaboración propia*

X. BIBLIOGRAFÍA

[ACI, 16]

ACI (2016): Actuarial Climate Index: Development and design.

[BALLS, 15]

CURRY, C. L. (2015): Extension of the Actuaries Climate Index to the UK and Europe.

[EUSPA, 26]

EUSPA (2026): Earth Observation and Copernicus Applications in insurance.

[HANSEN, 98]

HANSEN et al.'s (1998): Common Sense Climate Index.