

Meteodiversidad

UN NUEVO CONCEPTO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA DIVERSIDAD METEOROLÓGICA

JORDI MAZON^{1,2} Y DAVID PINO^{1,3}

¹DEPARTAMENT DE FÍSICA, UPC-BARCELONATECH, JORDI.MAZON@UPC.EDU

²CÁTEDRA UNESCO EN DESENVOLUPAMENT SOSTENIBLE, UPC

³INSTITUT D'ESTUDIS ESPACIALS DE CATALUNYA (IEEC-UPC), DAVID.PINO@UPC.EDU

1. Introducción

La diversidad genética de ecosistemas o especies que habitan una determinada área: bosque, desierto o zona marina, por ejemplo, queda definida por lo que los biólogos y ecólogos denominan biodiversidad. La biodiversidad se puede cuantificar mediante diferentes índices, siendo el más popular y habitual el índice de Shannon (Shannon y Weaver, 1948), que mide la entropía, es decir, la diversidad en el número de especies de un ecosistema. El índice de Shannon H' se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln(p_i)$$

Donde p_i es la proporción de individuos de la especie i incluidos en una base de datos de interés, y R el número total de especies. Este índice tiende a aumentar con la abundancia del tipo de especies, y es cero cuando sólo existe un tipo de especie en la base de datos de interés. En la mayor parte de los ecosistemas naturales, la biodiversidad adopta unos valores entre 0.5 y 5, aunque en la mayoría de los casos se limita a valores entre 1 y 3 (Gotelli y Collwell, 2001). Valores de H' inferiores a 1 se interpretan como ecosistemas poco biodiversos, mientras que superiores a 3 se consideran ecosistemas muy biodiversos.

Los meteorólogos y climatólogos no disponemos de ningún índice que cuantifique la diversidad meteorológica de un área e integre variables atmosféricas más allá de la precipitación y la temperatura. Los climatólogos acostumbran a usar las distintas variables que definen el clima de forma individual para así estudiar tendencias y cuantificar el clima. Así, por ejemplo, atendiendo a la precipitación, se puede definir una región como muy lluviosa, lluviosa, seca, o muy seca. O mediante la temperatura como muy cálida, cálida, templada, fría o muy fría. Es cierto que el índice de Köppen (Köppen, 1936; Peel et al., 2007; Grieser et al., 2006) incluye la temperatura y la precipitación, y el tipo de vegetación existente para describir los climas del planeta incluyendo estas tres variables. Pero este índice no describe la variabilidad global de las condiciones meteorológicas de una región, ya que sólo se basa en dos variables atmosféricas: temperatura y precipitación.

El objetivo de este artículo es introducir el concepto de meteo-diversidad propuesto en Mazon y Pino (2017). Además, a modo de ejercicio práctico, se aplicará, en primer lugar, a algunas variables de las estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) repartidas en diversas zonas geográficas de la península ibérica, y, en segundo lugar, usando datos de la European Climate Assessment & Database (ECA&D) a algunos puntos del continente europeo.

2. El concepto de meteo-diversidad

Basándonos en la idea de biodiversidad, la meteo-diversidad vendría definida como la variedad de diferentes fenómenos meteorológicos

en una zona determinada, teniendo en cuenta la proporción de un fenómeno meteorológico individual que pertenece a la especie (todo el conjunto de fenómenos meteorológicos de una región) dentro de una base de datos de interés (Mazon y Pino, 2017).

Adaptando el índice de Shannon, se propone definir así el índice de meteo-diversidad, MI , como:

$$MI = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

Donde s es el número de fenómenos meteorológicos en una cierta región y $p_i = n_i/N$, siendo n_i es el número de casos del fenómeno meteorológico i y N es el conjunto de fenómenos meteorológicos.

Este índice considera el número de casos de un determinado fenómeno meteorológico, episodio u observación de fenómenos atmosféricos en una zona y la cantidad relativa de casos de cada uno de estos fenómenos, observaciones o episodios incluidos en una base de datos de referencia. Por ejemplo, el número de días de precipitación superior a 0.1, 10 o 20 mm, el número de días de tormenta, de días fríos, cálidos, noches tropicales, de niebla, de rocío, heladas, entre muchos otros.

Uno de los puntos clave para una óptima estimación de la meteo-diversidad es obtener una base de datos adecuada que incluya aquellos fenómenos meteorológicos y observaciones para cuantificar apropiadamente la meteo-diversidad. Esta base de datos debería ser común para distintos observatorios, de manera que se pudiera cuantificar la meteo-diversidad en diferentes zonas usando los mismos datos de esta base de datos.

Las posibles utilidades para cuantificar la meteo-diversidad son las siguientes:

- Clasificar como de diverso ha sido el tiempo atmosférico/clima en un determinado periodo integrando multitud de variables.
- El análisis temporal de MI permitiría cuantificar de qué manera la diversidad meteorológica cambia con el tiempo, y poder así tener una nueva perspectiva de cómo el cambio climático pudiera estar modificando la diversidad atmosférica.
- Es un nuevo índice que da información para cuantificar la diversidad meteorológica de una región. De este modo podríamos decir mediante un índice que clima es más diverso, si un desierto o una selva tropical, y analizar y comparar la diversidad entre distintos climas. Además de concluir que un periodo ha sido, por ejemplo, seco y cálido, podríamos dar más información diciendo que ha tenido una meteo-diversidad de 2.4.

3. Ejemplos de aplicación

A partir de los datos disponibles en la web de AEMET de algunas de sus estaciones repartidas por los distintos climas de la península ibérica y las islas Canarias, se ha calculado el índice MI . El periodo analizado es 1981-2010, siendo la resolución mensual. Las

variables utilizadas para definir la base de datos de interés han sido: el número de días de lluvia, de nieve, de tormenta, de frío, de helada, despejados y número de horas de sol. Las estaciones seleccionadas han sido: San Javier, Barcelona-El Prat, Lleida, Valladolid, Málaga, Almería, Oviedo, Cáceres, Toledo, Vigo y Fuerteventura.

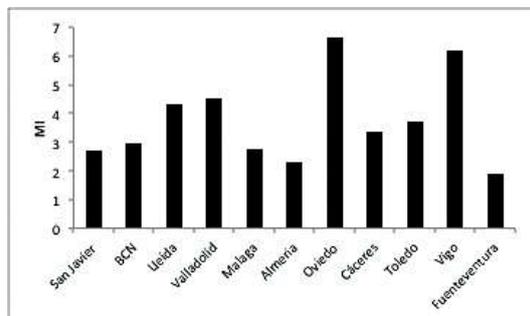


Fig. 1. Índice MI calculado a partir de los datos de las estaciones meteorológicas de AEMET.

La Fig. 1 muestra los valores promedios de *MI* para cada estación en el periodo analizado. Los valores más elevados de diversidad meteorológica se obtienen para las estaciones de clima oceánico, Oviedo y Vigo, con valores de 6.6 y 6.2 respectivamente, mientras que las estaciones de menor diversidad son Almería y Fuerteventura con valores de 2.3 y 1.9, respectivamente. Las estaciones correspondientes a un clima mediterráneo tienen valores de *MI* muy similares, entre 2.5 y 3 (Barcelona, San Javier, Málaga). Las estaciones más continentales, como Lleida, Valladolid, Cáceres o Toledo poseen valores comprendidos entre 3 y 4.

¿Podemos decir entonces, que Oviedo posee un clima con más diversidad meteorológica que, por ejemplo, Fuerteventura? Usando las anteriores variables podríamos decir que sí, que se observa una clara distribución de la diversidad meteorológica según el clima. Los climas más diversos serían los de influencia más atlántica, mientras que los menos diversos, meteorológicamente hablando, serían los más secos.

Esta tendencia en cambio, no se ha observado en un estudio más genérico realizado usando como base de datos la ECA&D con las variables: número de días de hielo, de rocío, de verano (con temperatura máxima superior a 25 °C), con noches tropicales, húmedos, con precipitación intensa, y con precipitación muy intensa. A partir de estos datos, se ha calculado el índice *MI* para 24 estaciones del continente europeo. La Fig. 2 muestra el promedio de *MI* para el periodo 2000-2010 en estas estaciones. Se observa que los valores mínimos ocurren en zonas de influencia más atlántica, mientras que en zonas más continentales se obtienen valores de *MI* más elevados, existiendo un cierto gradiente de oeste a este. Se observa también un cierto gradiente norte-sur, siendo las zonas de influencia mediterránea más diversas que las pertenecientes a climas templados o fríos del norte de Europa.

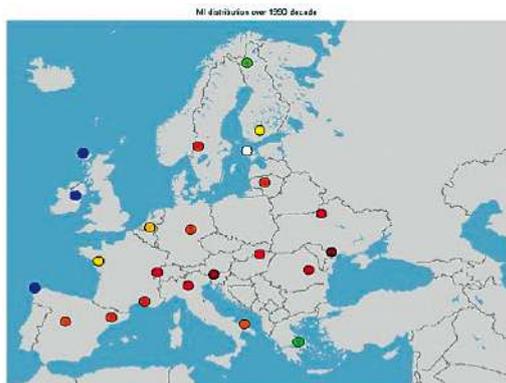


Fig. 2. Índice MI calculado a partir de los datos de las estaciones meteorológicas incluidas en ECA&D.

4. Reflexiones finales, y retos de futuro

Estimar la diversidad del tiempo atmosférico es fundamental para una mejor comprensión del clima de una zona. El cálculo de la diversidad meteorológica puede integrar un gran número de variables observacionales para así cuantificar lo que podríamos denominar la entropía meteorológica, es decir, el grado de diversidad que aportan el conjunto de las variables consideradas. Ahora bien, es imprescindible definir cuáles son las variables básicas que deberían incluirse en la base de datos para el cálculo de *MI*, para poder homogenizar el índice y así poder comparar su valor en distintas zonas. La definición de qué variables debe incluir la base de datos es tarea de organismos internacionales, tales como la OMM, o estatales tales como la AEMET, quien tal vez pudiera proponer un debate sobre esta materia a la OMM.

MI puede ser un valioso y útil índice para estimar la evolución de la diversidad meteorológica y responder a preguntas como qué región del planeta tienen una mayor diversidad meteorológica.

La evolución de *MI* durante las últimas décadas permitiría evaluar la influencia del cambio climático en la diversidad meteorológica, aportando más riqueza que el análisis de unas pocas variables, como pueden ser la temperatura o la precipitación. En este sentido, *MI* puede proporcionar una señal complementaria a la variación del clima, ya que al integrar diversas variables meteorológicas daría una respuesta más holística sobre la influencia del cambio climático en la diversidad meteorológica.

Finalmente, más allá de la investigación, *MI* también permitiría a los comunicadores meteorológicos poder dar una información más rigurosa acerca del tiempo atmosférico promedio. Los hombres y mujeres del tiempo, por ejemplo, acostumbran a resumir el estado promedio meteorológico analizando la temperatura y la precipitación, diciendo que el año (estación, fin de semana, jornada, etc...) ha sido cálido y seco, o lluvioso y templado, etc. Mediante el uso de *MI*, que integra multitud de variables atmosféricas (definidas previamente en una base de datos), se podría cuantificar la diversidad meteorológica del periodo de interés y proporcionar una información cuantitativa, mucho más clara: el año (estación, semana, jornada, ...) ha tenido una diversidad meteorológica de 2.3, lo que contrasta con el año (estación, semana, ...) anterior, que fue de 1.5. De esta forma, y con el paso del tiempo, se podrían construir series históricas de *MI*, lo que permitiría análisis climáticos sobre la evolución de la diversidad meteorológica.

Bibliografía

- Gotelli NJ, Colwell RK. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4, 379-391.
- Grieser J, Kottek M, Beck C, Rubel F, Rudolf B. 2006. World Maps of Köppen-Geiger Climates classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15(3): 259-263.
- Köppen, W. 1936. *Das geographische System der Klimate* (Handbuch derl Klimatologie, Bd. 1, Teil C).
- Mazon J, Pino D. 2017. Meteodiversity: a new concept for quantifying meteorological diversity. *Weather*, doi.org/10.1002/wea.2945
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11:1633-1644.
- Shannon CE, Weaver W. 1948. Biodiversity measurements. *Math. Theor. Comm.* 117-127.
- En Wikipedia se puede encontrar también una entrada al índice de Shannon: https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_Shannon