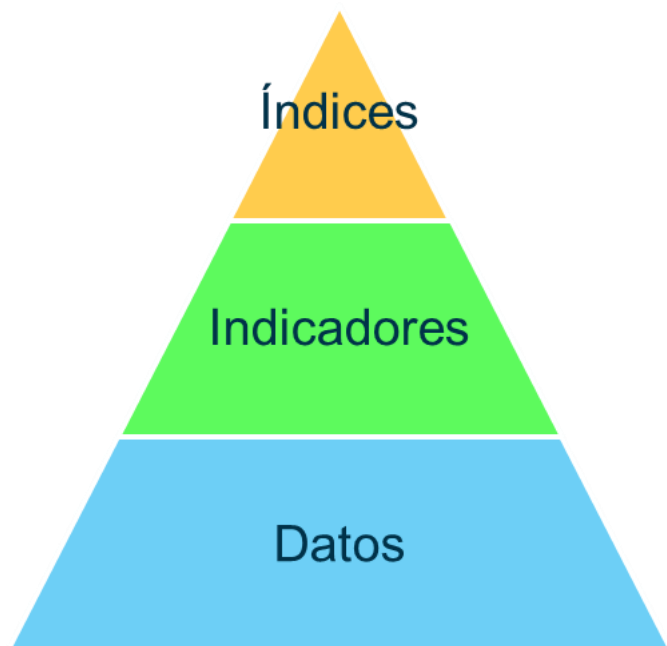


Indicadores e índices de sequía

Grupo de Agrometeorología
Subdirección de Meteorología
IDEAM



Adaptada de Glemarec & Brabant (2003).

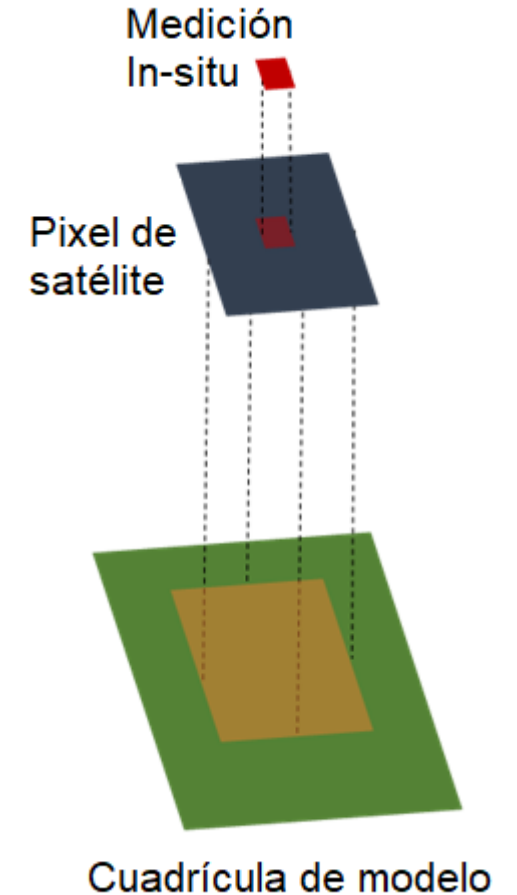
Los **indicadores** son variables o parámetros que se utilizan para describir las condiciones de sequía. Algunos ejemplos son la precipitación, la temperatura, la humedad del suelo, el flujo de los ríos, los niveles de agua subterránea y en los embalses, entre otros.

Por otro lado, los **índices** son representaciones numéricas de la severidad de la sequía, evaluadas utilizando datos climáticos o hidrometeorológicos, los cuales incluyen los indicadores mencionados anteriormente.

Aunque los índices son técnicamente indicadores, tienen la capacidad de simplificar relaciones complejas y ofrecer una evaluación numérica de la intensidad, ubicación, tiempo y duración de la sequía.

La información recopilada por satélites meteorológicos en órbita alrededor de la Tierra permite un monitoreo continuo y global de la atmósfera, los océanos y otros aspectos ambientales. Estos satélites están equipados con instrumentos especializados que pueden medir diversas variables atmosféricas y superficiales a distancia, sin necesidad de contacto directo con la superficie terrestre. Además, existen fuentes de datos que combinan información de modelos con datos satelitales.

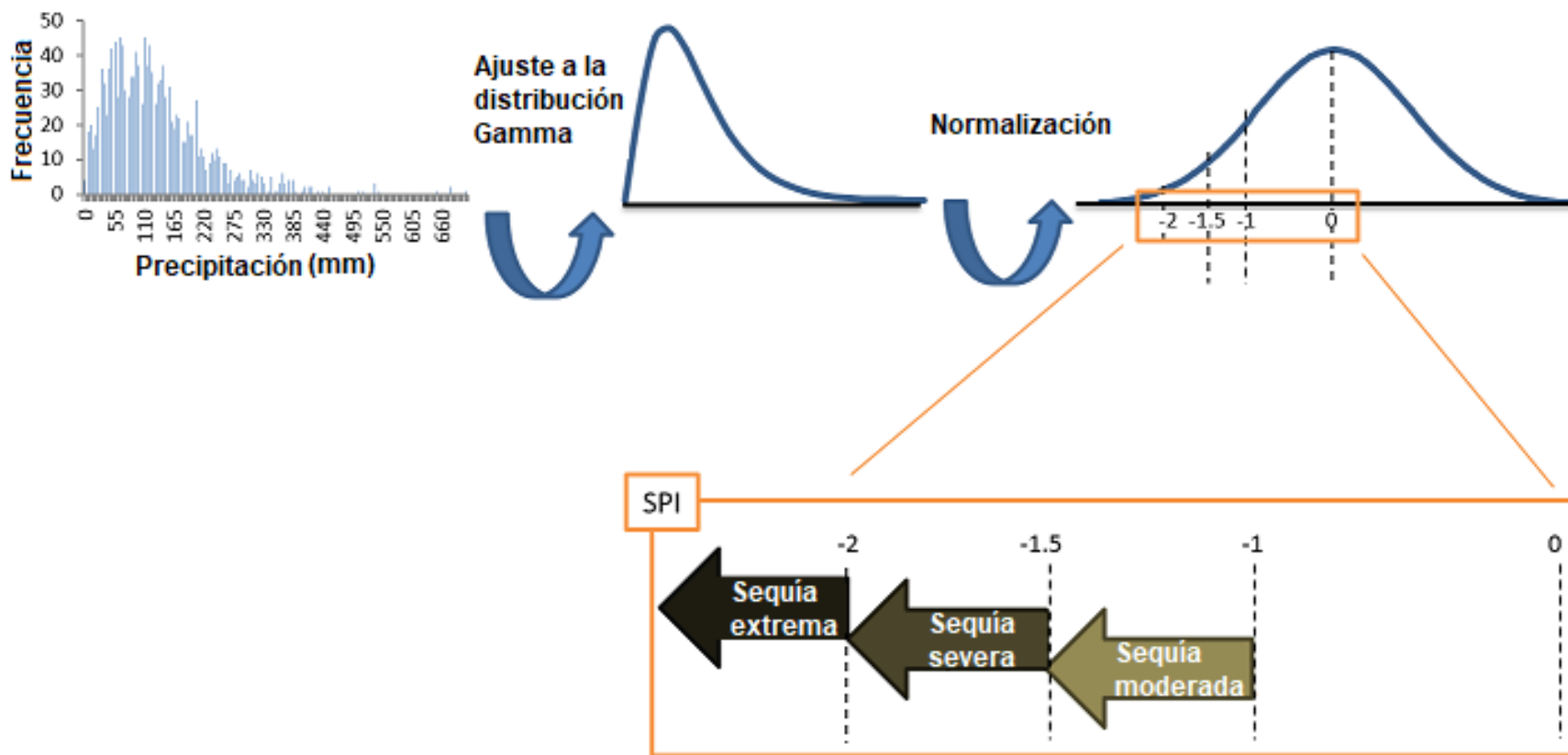
Sin embargo, tanto los datos satelitales como los modelos presentan cierta incertidumbre en comparación con las mediciones in situ. Esta variabilidad puede atribuirse a la resolución espacial (los satélites capturan datos sobre áreas extensas, mientras que las mediciones in situ son puntuales y específicas), la interferencia atmosférica que puede afectar las mediciones satelitales, entre otros. Además, en el caso de los modelos, influye el ruido del modelo, el preprocesamiento (como la corrección atmosférica o la rugosidad), así como la formulación y parametrización del modelo.



El Índice de Precipitación Estandarizado (**SPI**, por sus siglas en inglés), desarrollado por McKee et al. (1993), es el índice de sequía meteorológica más ampliamente utilizado para monitorear y seguir las condiciones de sequía. El SPI mide las anomalías de precipitación en una ubicación dada, basándose en una comparación de los totales de precipitación observados para un período de acumulación de interés (por ejemplo, 1, 3, 12 meses), con el registro histórico de lluvias a largo plazo para ese período.

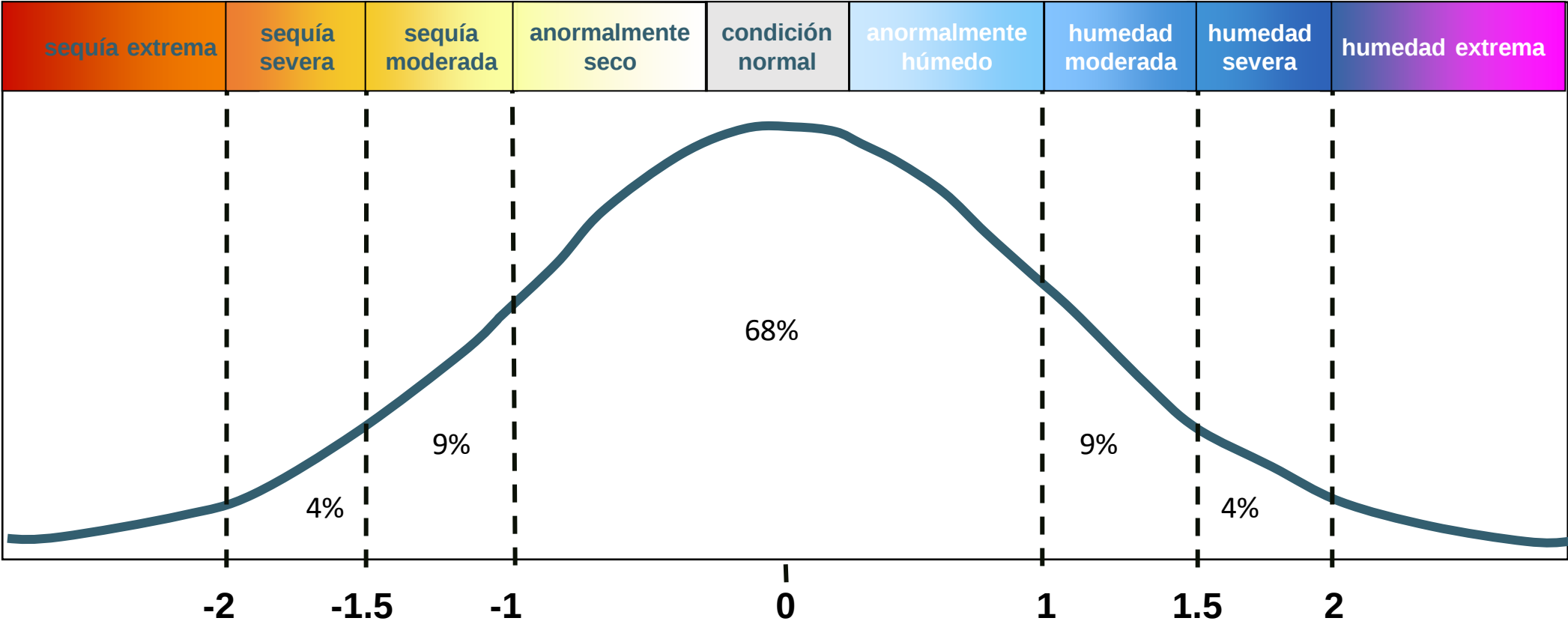
El Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (**SPEI**, por sus siglas en inglés) fue propuesto por primera vez por Vicente-Serrano et al. (2010) como un índice de sequía mejorado. El balance hídrico climático compara el agua disponible (precipitación) con la demanda evaporativa (evapotranspiración de referencia ET) y, por lo tanto, proporciona una medida más confiable de la gravedad de la sequía.

Primero, se ajusta el registro histórico de la precipitación a una distribución de probabilidad que se adapte de manera confiable a los datos a largo plazo. En el caso de la precipitación, se utiliza la función de densidad de probabilidad Gamma para calcular la Función de Distribución Acumulativa (CDF, por sus siglas en inglés). Luego, esta CDF se transforma a una distribución normal estandarizada.



Adaptada de https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/climate/climatview/spi_commentary.html

Interpretación del índice SPI



El SPI se calcula mensualmente, pero se puede calcular para períodos de acumulación de 3, 6, 12, 24, 36 y 48 meses.

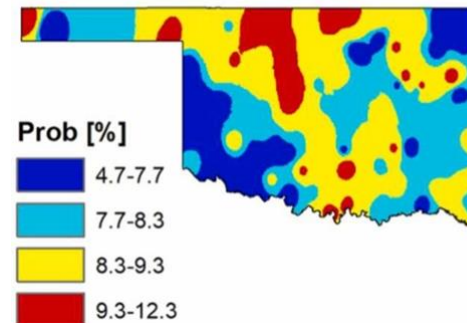
- Cuando el SPI se calcula para 1 de 3 meses, puede utilizarse como indicador de impactos de corto plazo como la reducción de la humedad del suelo, la acumulación de nieve y el caudal en arroyos más pequeños.
- Cuando el SPI se calcula para períodos de acumulación de mediano plazo (de 3 a 12 meses), puede utilizarse como indicador de la reducción del flujo de los arroyos y el almacenamiento en los embalses.
- Cuando el SPI se calcula para períodos de acumulación de largo plazo (de 12 a 48 meses), puede utilizarse como indicador de la reducción de la recarga de los embalses y las aguas subterráneas.

El índice SPEI utiliza un balance hídrico climático (la diferencia entre precipitación y evapotranspiración de referencia), obtenido en varias escalas de tiempo (es decir, durante un mes, dos meses, etc). La evapotranspiración de referencia (ET) puede determinarse mediante varios métodos, algunos de los cuales utilizan datos directamente medidos en estaciones meteorológicas, mientras que otros se derivan de parámetros comúnmente observados a través de relaciones directas o empíricas.

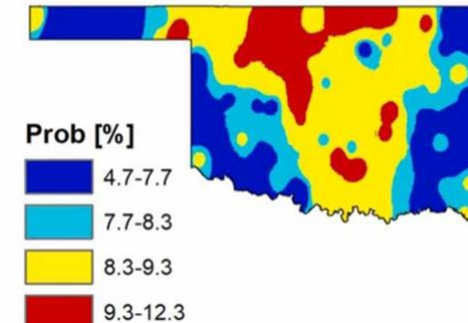
Algunos de los métodos para la estimación de ET son:

- Thornthwaite
- Hargreaves
- Penman-Monteith

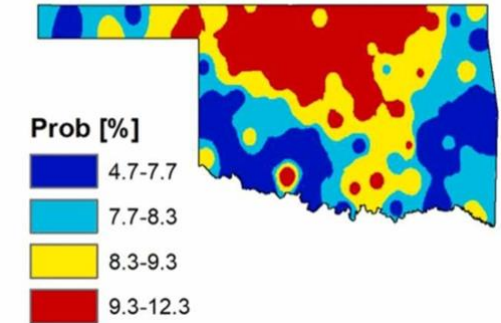
SPEI by Thornthwaite



SPEI by Hargreaves

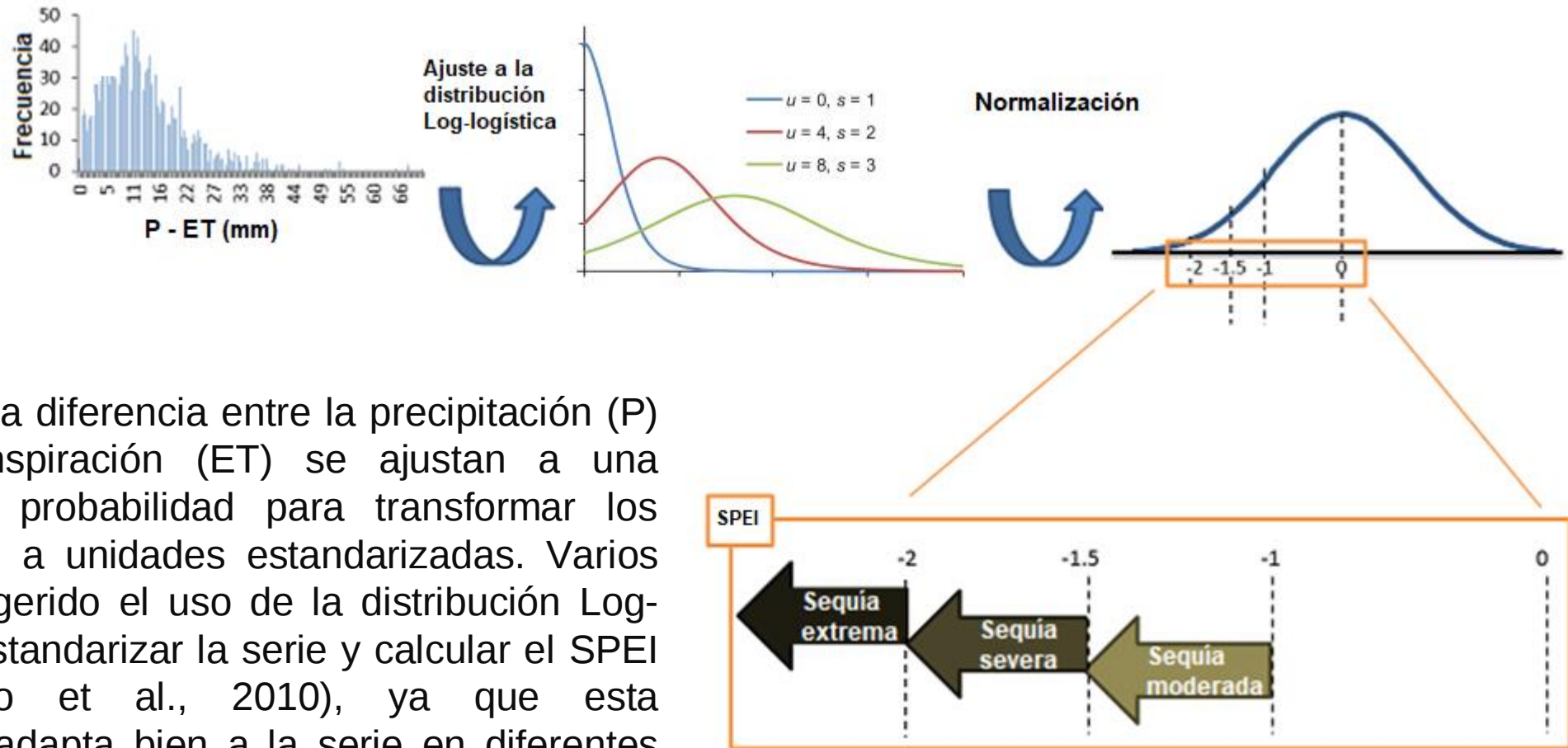


SPEI by Penman-Monteith



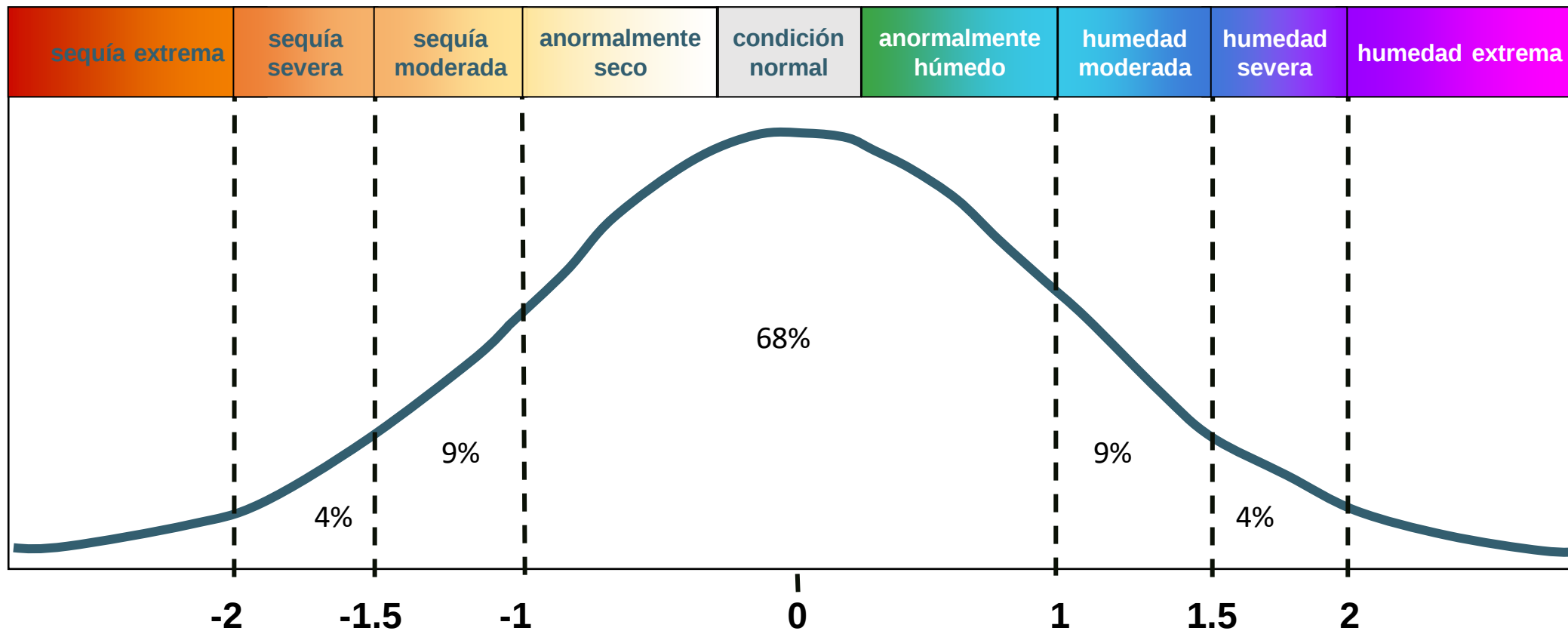
Tomada de Lee et al. (2024)

Cálculo del índice SPEI



Los valores de la diferencia entre la precipitación (P) y la evapotranspiración (ET) se ajustan a una distribución de probabilidad para transformar los datos originales a unidades estandarizadas. Varios análisis han sugerido el uso de la distribución Log-logística para estandarizar la serie y calcular el SPEI (Vicente-Serrano et al., 2010), ya que esta distribución se adapta bien a la serie en diferentes escalas de tiempo y regiones climáticas. Luego, se procede con la normalización de los datos.

Interpretación del índice SPEI



Allen, R., G., Pereira., L., S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Glemarec, Yannick & Brabant, Pierre. (2003). Environmental indicators for tropical areas : a methodology applied to forest, water and soil degradation in Thai Nguyen province, Vietnam.

Lee, S., Moriasi, D. N., Mehr, A. D., & Mirchi, A. (2024). Sensitivity of Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI) to the choice of SPEI probability distribution and evapotranspiration method. Journal of Hydrology: Regional Studies, 53, 101761.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).

Organización Meteorológica Mundial (OMM) y Asociación Mundial para el Agua. (2016). Manual de indicadores e índices de sequía (M. Svoboda y B.A. Fuchs). Programa de gestión integrada de sequías, Serie 2 de herramientas y directrices para la gestión integrada de sequías. Ginebra.

Vicente-Serrano, Sergio M., Santiago Beguería, Juan I. López-Moreno. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. J. Climate, 23, 1696–1718.

Vicente-Serrano, Sergio M. & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Última modificación 2024-04-22. The Climate Data Guide: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI). <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-evapotranspiration-index-spei>.