



Desierto de Río Grande do Norte, en la zona de sequías del Nordeste del Brasil (Agosto 1993).

LA CAJA DE HERRAMIENTAS DE SEQUÍA

Victor M. Ponce

Profesor Emérito de Ingeniería Civil y Ambiental

Universidad Estatal de San Diego, California

24 noviembre 2023

RESUMEN. Las sequías son un elemento omnipresente y recurrente de la Naturaleza, de hecho una realidad a la que deben enfrentarse las sociedades humanas desarrolladas. Este artículo describe una caja de herramientas para sequías, formulada utilizando principios sólidos de climatología e hidrología. El objetivo es proporcionar relaciones claras y fáciles de seguir para mejorar la comprensión de las sequías, su intensidad, duración y frecuencia a través del espectro climático. Este esfuerzo es con el fin de evaluar el impacto del cambio climático global en los fenómenos de sequía. El objetivo es desarrollar estrategias para hacer frente a las sequías en la realidad contemporánea.

1. INTRODUCTION

Una sequía es un período de poca precipitación en un lugar o región específica de la Tierra, en comparación con la cantidad normal. Una sequía puede durar días, meses o años. La causa de una

sequía puede atribuirse al comportamiento cibernético de la Tierra, mediante el cual las sequías siguen a las inundaciones y las inundaciones a las sequías (Lovelock, 1979; **Ponce, 1995**). La intensidad de sequía (¿Qué tan grave es una sequía?), la duración (¿Cuánto durará?) y la frecuencia (¿Con qué frecuencia se repite?) deben determinarse mediante análisis más detallados.

Los efectos socioeconómicos de las sequías dependen en gran medida del clima predominante. Esto se debe a que la población de la Tierra no está distribuida uniformemente. En general, las regiones semiáridas y subhúmedas tienden a tener mayores concentraciones de población, mientras que las regiones áridas y húmedas tienden a tener menores concentraciones. Hacia los extremos climáticos, en regiones superáridas y superhúmedas, las poblaciones humanas son aún más escasas. En el extremo árido (es decir, en el lado seco), comparativamente menos personas se ven afectadas por una sequía, mientras que en el extremo húmedo (en el lado húmedo), las sequías son naturalmente más leves, más cortas y/o de una frecuencia mucho menor.

Está claro que el análisis, el control y las políticas de sequías dependen en gran medida del clima predominante y de las poblaciones locales afectadas. No existe una sola regla relacionada con las sequías; la multiplicidad de reglas está relacionada con el clima variable. En este artículo contribuimos al conocimiento de las sequías definiendo el espectro climático con un enfoque específico en las regiones subtropicales. La clasificación climática resultante se asemeja a la estructura de una caja de herramientas, diseñada para mejorar la comprensión de las propiedades de sequías. El objetivo es relacionar los fenómenos de sequía con la experiencia del cambio climático contemporáneo.

2. EL ESPECTRO CLIMÁTICO

Caracterizamos el espectro climático únicamente en términos de precipitación media anual, un enfoque que parece ser útil, como primera aproximación, para regiones subtropicales. El **Cuadro A** muestra los factores que afectan la precipitación media anual.

Cuadro A. Factores que afectan la precipitación media anual (Ponce, 2014).

1. Latitud.
2. Factor orográfico: La presencia de montañas en el vecindario.
3. Corrientes oceánicas de mesoscala.
4. Circulación del aire atmosférico.
5. Proximidad a océanos y otros cuerpos de agua.
6. Presión atmosférica.
7. Carácter de la superficie terrestre, incluyendo color y textura, los cuales determinan el valor del albedo (Ponce y otros, 1997).
8. Presencia de partículas atmosféricas, tanto naturales como artificiales.

A nivel mundial, la precipitación media anual varía ampliamente. Se ha documentado que varía entre el valor bajo de 15 mm en el desierto de Atacama, en el norte de Chile ([Desierto de Atacama](#)), y el valor alto de 11872 mm en Mawsynram, Meghalaya, este de la India (Wikipedia: [Mawsynram](#)).

Caracterizamos el espectro climático en términos de la relación entre la precipitación media anual P_{ma} y la precipitación anual global terrestre P_{agt} . Siguiendo a Ponce y otros (2000), aquí asumimos $P_{agt} = 800$ mm.

A nivel mundial, la mitad del espectro climático, es decir, la división entre climas semiáridos y subhúmedos, corresponde a $P_{ma} / P_{agt} = 1$. Las regiones con $P_{ma} / P_{agt} < 1$ tienen una humedad inferior al promedio; por el contrario, las regiones con $P_{ma} / P_{agt} > 1$ tienen una humedad superior al promedio. La precipitación media anual varía típicamente entre 100 y 6400 mm, con algunos casos aislados fuera de este rango. Esta variación permite dividir el espectro climático en los ocho tipos enumerados en el **Cuadro B**.

Cuadro B. División del espectro climático en ocho subclimas.

1. *Superárido*: $P_{ma} / P_{agt} < 0.125$
2. *Hiperárido*: $0.125 \leq P_{ma} / P_{agt} < 0.25$
3. *Árido*: $0.25 \leq P_{ma} / P_{agt} < 0.5$
4. *Semiárido*: $0.5 \leq P_{ma} / P_{agt} < 1$
5. *Subhúmedo*: $1 \leq P_{ma} / P_{agt} < 2$
6. *Húmedo*: $2 \leq P_{ma} / P_{agt} < 4$
7. *Hiperhúmedo*: $4 \leq P_{ma} / P_{agt} < 8$

8. Superhúmedo: $P_{ma}/P_{agt} \geq 8$

3. LA CAJA DE HERRAMIENTAS DE SEQUÍA

La Tabla 1 muestra el modelo conceptual de caracterización de sequías de **Ponce y otros (2000)**, al que nos referimos en este artículo como la caja de herramientas de sequías. Esta tabla resume las relaciones de **intensidad-duración-intervalo de recurrencia**, o las relaciones I-D-F (intensidad-duración-frecuencia) de sequías. El **Cuadro C** resume la justificación detrás del contenido de la Tabla 1.

TABLA 1. Modelo conceptual de caracterización de sequías a través del espectro climático.								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Espectro Climático								
Tipo de clima	Super- árido ←	Hyper- árido →	Árid →	Semi- árido →	Sub- húmedo →	Húmedo →	Hiper- húmedo →	Super- húmedo →
Precipitación media anual P_{ma} (mm)		100	200	400	800	1600	3200	6400
P_{ma}/P_{agt}		0.125	0.25	0.5	1	2	4	8
Evapotranspiración potencial anual E_{pa} (mm)		3000	2400	2000	1600	1200	1200	1200
E_{pa}/P_{ma}		30	12	5	2	0.75	0.375	0.1875
Duración de la estación lluviosa L (meses)		1	2	3	4	6	9	12
Características de sequía								
Intensidad I (adimensional)	Moderada	0.25	0.5	1.0	1.5	1.0	0.5	0.25
	Severa	0.5	1.0	2.0	3.0	2.0	1.0	0.5
	Extrema	0.75	1.5	3.0	4.5	3.0	1.5	0.75
Duración D (años)		1	2	4	6	4	2	1
Intervalo de recurrencia T (años)		2	3	6	12	25	50	100
Nota: P_{ma} = precipitación media anual; P_{agt} = precipitación anual global terrestre; E_{pa} = evapotranspiración potencial anual.								

Cuadro C. Explicación de las entradas de la Tabla 1.

1. Un clima superárido corresponde a $P_{ma} < 100$ mm; hiperárido entre 100 y 200 mm; y así sucesivamente, hasta superhúmedo > 6400 mm.
2. La relación $P_{ma} / P_{agt} = 0.125$ en el límite entre climas superárido e hiperárido, y se duplica en dirección a mayor humedad, para cada tipo de clima, hasta $(P_{ma} / P_{agt}) > 8$ correspondiente a un clima superhúmedo.
3. $E_{pa} \cong 3000$ mm en el límite entre climas superárido e hiperárido.
4. $E_{pa} \cong 1600$ mm en el centro del espectro climático, a $P_{ma} = 800$ mm.
5. $E_{pa} \cong 1200$ mm y permanece aproximadamente constante en el lado húmedo del espectro climático.
6. La duración de la temporada de lluvia L varía entre 1 mes en el límite entre climas superárido e hiperárido y 12 meses para climas superhúmedos.
7. Una intensidad *moderada* de sequía representa un déficit anual de 25% de la media; una intensidad *severa* un 50% de la media, y una intensidad *extrema* un 75% de la media.
8. La **Intensidad de sequía I** varía de moderada (1.5) a severa (4.5) en el centro del espectro climático.
9. Por definición: $T > D$; por lo tanto, esto justifica los valores de $D < T$ en el lado seco del espectro climático. Para climas superhúmedos, D se estima en 1 año, confirmando el hecho de que las sequías son muy cortas en climas superhúmedos.
10. La **duración de sequía D** alcanza un máximo de 6 años en el centro del espectro climático.
11. El **intervalo de recurrencia de sequía T** aumenta de muy corto, 2 años, en climas superáridos, a muy largo, acercándose a 100 años en climas superhúmedos.
12. El intervalo de recurrencia de sequías T es cerca de 12 años en el centro del espectro climático.

4. RESUMEN

Las sequías son un elemento omnipresente y recurrente de la Naturaleza, una realidad a la que se enfrentan las sociedades desarrolladas. Este artículo describe una caja de herramientas para sequías, formulada utilizando principios sólidos de climatología e hidrología. El objetivo es proporcionar relaciones claras y fáciles de seguir para mejorar la comprensión de las sequías, su intensidad, duración y frecuencia a través del espectro climático. Este trabajo debe ayudar a evaluar el impacto del cambio climático global en los fenómenos de sequía. El objetivo es desarrollar estrategias mejoradas para hacer frente a las sequías en la realidad contemporánea.

BIBLIOGRAFÍA

Lovelock, J. E. 1979. Gaia: A new look at life on Earth. *Oxford Landmark Science*.

Ponce, V. M. 1995. **Management of droughts and floods in the semiarid Brazilian Northeast: The case for conservation.** *Journal of Soil and Water Conservation*, Vol. 50, No. 5, 322-431, September-October.

Ponce, V. M., A. K. Lohani, y P. T. Huston. 1997. **Surface albedo and water resources: Hydroclimatological impact of human activities.** *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, Vol. 2, No. 4, October, 197-203.

Ponce, V. M., R. P. Pandey, y S. Ercan. 2000. **Characterization of drought across climatic spectrum.** *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, Vol. 5, No. 2, April, 222-224.

Ponce, V. M. 2014. **Engineering Hydrology: Principles and Practices.** Online textbook.

Wikipedia: **Atacama Desert.** Consulted on September 3, 2023.

Wikipedia: **Mawsynram.** Consulted on September 3, 2023.
