

# LA ISOYETA DE 800 MM

VÍCTOR M. PONCE

Universidad Estatal de San Diego, California, EE.UU.  
vponce@sdsu.edu, [poncevm@gmail.com](mailto:poncevm@gmail.com)

## Introducción

La precipitación terrestre media anual divide los parajes de la Tierra en dos tipos: áridos y húmedos. Por un lado, el desierto de Atacama, en el norte de Chile, es un desierto superárido, con una precipitación media anual de 15 mm, efectivamente el lugar más seco de la Tierra. Por otro lado, Mawsynram, en Meghalaya, en la India oriental es un bosque superhúmedo, con una precipitación media anual de 11 872 mm; de hecho ¡el lugar más húmedo de la Tierra! Éste es un rango muy amplio de variabilidad; sin embargo, la precipitación anual promediada espacial y temporalmente es de aproximadamente 800 mm (Ponce y otros, 2000). Este umbral separa las regiones con precipitaciones inferiores a la media de aquéllas con superiores.

## La biósfera

La biósfera se define como aquella parte de la Tierra en la que se desarrolla la vida. Las siguientes propiedades describen la biósfera como región: (1) presenta agua líquida en cantidades considerables, (2) recibe un amplio suministro de energía solar, y (3) tiene importantes interfaces entre los estados líquidos, sólidos y gaseosos de la materia. Se ha demostrado que la vida se desarrolla fácilmente a través de estas interfaces. Todas las plantas necesitan: (1) agua del entorno que las rodea, (2) dióxido de carbono del aire, (3) oxígeno del aire, y (4) una cantidad específica de otros elementos, en solución en el agua contenida en los poros del suelo.

El agua existe en la superficie y el subsuelo de la Tierra en diversos lugares y en cantidades variables, según la estación y el clima, geología y geomorfología. El dióxido de carbono existe en el aire en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de la vegetación; su valor actual (febrero de 2024) es de 0,0412%, estando sujeto a un incremento gradual y persistente debido al calentamiento global, al cual se le atribuye un origen antropogénico. El oxígeno existe en el aire en aproximadamente un 21%, habiendo fluctuado en gran medida a lo largo del tiempo geológico. El cuarto componente consiste de una variedad de elementos químicos, normalmente en solución en el agua de los poros del suelo; estos elementos, esenciales para la vida, se denominan *nutrientes*.

## La necesidad de agua

La sustancia más abundante en la biósfera es el agua (H<sub>2</sub>O). Los océanos, casquetes polares, glaciares, lagos, ríos, suelos y atmósfera contienen 1500 millones de kilómetros cúbicos de agua en una forma u otra. Las inusuales propiedades físicas del agua le confieren una química singular, la cual determina en gran medida su importancia biológica (Penman, 1970).

El agua tiene varias propiedades que facilitan y hacen posible la vida. Las más importantes son (Ponce, 2021):

- Cuando se somete a enfriamiento, la contracción del agua se detiene a 4°C. A partir de ese momento, hasta el punto de congelación, el agua se expande, disminuyendo su densidad. Por lo tanto, el agua más fría flota sobre el agua más caliente.
- El mayor calor específico entre los líquidos, es decir, la cantidad de calor necesaria para cambiar la temperatura de 1 kg de agua en 1°C.
- La mayor tensión superficial de cualquier líquido, de modo que el radio de curvatura de su menisco es mayor que el de cualquier otro líquido.
- Su constante dieléctrica es mayor que la de cualquier otra sustancia, lo cual hace que el agua no sea químicamente pura en su estado normal.
- Un pequeño momento dipolar, el cual mide la electronegatividad de la estructura molecular del agua, permitiendo que el agua disuelva casi cualquier sustancia.
- Un potencial redox variable, definido como una medida de la afinidad de una sustancia para perder o ganar electrones y, por lo tanto, oxidarse o reducirse, respectivamente.

## El clima y los seres humanos

A principios de 2024, la población mundial alcanzó los 8 mil millones. El género humano está distribuido en todos los continentes y climas del mundo. El 62% de la población mundial vive en regiones húmedas, con una precipitación media anual superior a 800 mm; el resto, el 38%, vive en regiones áridas, con menos de 800 mm (Klinger y Ryan, 2022). También se documenta que el 70% de la población (27% semiárida + 43% subhúmeda) vive en los lugares comprendidos por las isoyetas

de 400 y 1600 mm. Concluimos que los seres humanos, en general, tienen una ligera preferencia por las regiones húmedas. Aproximadamente seis de cada diez personas viven en regiones húmedas.

El razonamiento anterior se relaciona con la cantidad de humedad ambiental. Constituye una valoración correcta de la realidad del clima, al menos en lo que a cantidad de agua se refiere. Sin embargo, no considera los suelos subyacentes. Los suelos de las regiones áridas generalmente no han sido lixiviados por grandes cantidades de precipitación y el flujo superficial/subsuperficial asociado; por lo tanto, se han mantenido incólumes con el tiempo, conservando la mayoría, si no todos sus nutrientes.

### La isoyeta de 800 mm

Una isoyeta es una curva que muestra "igual precipitación" en unidades de profundidad, generalmente en milímetros. En la hidrología de aguas superficiales, la curva de isoyetas, o simplemente "isoyeta", se utiliza normalmente para representar la precipitación media anual, en mm/año. La isoyeta de 800 mm constituye el umbral entre los climas áridos y húmedos. Más precisamente, es el límite entre una región semiárida, en el rango de 400-800 mm, y una subhúmeda, en el rango de 800-1600 mm (Ponce y otros, 2000).

La humanidad se enfrenta a este dilema: Cuanto más árida es la región, menos agua hay; por otro lado, cuanto más húmeda es la región, menos nutrientes hay. Se necesitan tanto cantidades adecuadas de agua como nutrientes para el correcto funcionamiento de la biosfera. Se postula aquí que la disponibilidad de ambos recursos es probable que sea óptima en o cerca a la isoyeta de 800 mm.

Una región bastante más seca que lo óptimo (por ejemplo, menos de 400 mm) tendrá un buen suministro de nutrientes de todo tipo, incluidos los que son muy necesarios para la vegetación (entre ellos, potasio y magnesio), y aquéllos que tal vez no sean necesarios en las cantidades en las que están presentes (particularmente sodio y calcio). Por lo tanto, habrá que desperdiciar estos últimos, creando un problema de eliminación de sales residuales que, en la mayoría de los casos, resulta ser bastante onerosa. Al respecto, es necesario recalcar que las sociedades deben ser capaces de asumir el costo de la disposición adecuada de las sales residuales producidas por la irrigación (ASCE Manual 71, 2012).

Por el contrario, una región bastante más húmeda

que lo óptimo (por ejemplo, más de 1600 mm) tendrá un suministro de agua garantizado, pero los nutrientes pueden faltar en cantidad y calidad, una situación que claramente no es del todo adecuada para la productividad de la agricultura. Concluimos que una región en o cerca de la isoyeta de 800 mm es aquella en la cual el suministro tanto de agua como de nutrientes es probable que sea óptimo; por lo tanto, es una región más adecuada para el bienestar y el progreso de la especie humana. Para permitir cierta latitud, puede considerarse razonable un rango de 400 a 1600 mm de precipitación media anual.

Las consideraciones anteriores no infieren que deban evitarse las regiones fuera del rango de 400 a 1600 mm. Más bien, sugieren que el asentamiento de regiones áridas y húmedas en estos casos resultará más costoso, probablemente de una manera hasta ahora imprevista.

### Resumen

Se ha demostrado que tanto el agua como los nutrientes son necesarios para el funcionamiento adecuado de la biósfera. Los climas globales suelen clasificarse en términos generales en: (1) áridos, y (2) húmedos; árido para una precipitación media anual inferior a 800 mm; húmedo para más de 800 mm. Seis de cada diez personas viven en regiones húmedas, lo que revela la ligera preferencia del ser humano por los ambientes húmedos. Las regiones muy áridas carecen de agua; por el contrario, las regiones muy húmedas carecen de nutrientes. Se observa que la isoyeta de 800 mm, el umbral entre las regiones áridas y húmedas, parece poseer una combinación óptima de agua y nutrientes: (1) abundante agua para satisfacer las demandas de la vegetación, y (2) una diversidad de nutrientes, tanto en cantidad como en calidad, para satisfacer las necesidades del ecosistema.

### Referencias

- American Society of Civil Engineers, 2012. Agricultural Salinity Assessment and Management. *ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71*.
- Klinger, B. A., and S. J. Ryan. 2022. Population distribution within the human climate niche. *PLOS Climate*, 1(11).
- Penman, H. L. The Water Cycle. *Scientific American*, Vol. 223, No. 3, Septiembre, 99-108.
- 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, Abril, 222-224.