

## La isoyeta de 800 mm: Salud y esperanza

*Con mención especial al departamento de Huánuco*

**Víctor M. Ponce**

Profesor de Ingeniería Civil, Universidad Estatal de San Diego,  
California, EE.UU.

Profesor Honorario, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura,  
UNHEVAL

---

### 1. La biósfera

La materia orgánica está compuesta mayormente de tres elementos: hidrógeno, oxígeno, y carbono. Éstos constituyen más del 98% en peso de la materia orgánica (Deevey, 1970). Otros tres elementos, nitrógeno, fósforo, y azufre, están considerados como nutrientes claves, debido al importante rol que desempeñan en los procesos biológicos. Entre los demás nutrientes están el sodio, calcio, potasio, magnesio, hierro, zinc, aluminio, boro, cloro, cromo, cobalto, cobre, fluor, manganeso, molibdeno y selenio.

La arquitectura de la biósfera requiere cantidades específicas de estos nutrientes. Las cantidades varían con el tipo de organismo. Las plantas obtienen el carbono y oxígeno del aire y el hidrógeno del agua en el ambiente circundante. La molécula restante de oxígeno es liberada al aire (Cloud y Gibor, 1970). Por tanto, el crecimiento de las plantas implica la liberación de oxígeno como subproducto. Las plantas obtienen los nutrientes que necesitan del suelo circundante y, cada vez más en las sociedades desarrolladas, por medio de la fertilización artificial. En resumen, las plantas requieren de los siguientes cuatro insumos: (1) energía solar, (2) dióxido de carbono, (3) agua, y (4) nutrientes.

---

### 2. Factores limitantes

La oferta de energía solar varía con la latitud geográfica. En zonas tropicales y templadas, las plantas obtienen su demanda de energía solar durante el día o, significativamente, durante la estación de crecimiento. El dióxido de carbono existe en el aire en concentraciones suficientes para que las plantas dispongan de todo el carbono y oxígeno que necesiten (Bolin, 1970). Por lo tanto, los factores usualmente limitantes son el agua y los nutrientes.

El agua es factor limitante en regiones con poca o ninguna lluvia (Fig 1); por otro lado, la escasez de nutrientes es factor limitante en regiones con mucha lluvia (Fig. 2). A través de millones de años, en regiones húmedas como la cuenca amazónica, ha percolado una gran cantidad de agua a través del suelo; esto ha lavado los nutrientes hacia las corrientes de agua vecinas. Este proceso se denomina lixiviación de los nutrientes. En regiones áridas como la costa del Perú, los suelos están todavía ricos en nutrientes porque la escasez de agua no ha permitido el lavado de los nutrientes.



Fig. 1 El desierto del Sahara.



Fig. 2 La selva amazónica.

Ésta es la dicotomía: En regiones áridas, hay nutrientes suficientes, pero el agua es escasa; en regiones húmedas, hay abundante agua, pero hay escasez de nutrientes. En los extremos del espectro climático, las regiones con menos de 100 mm de precipitación anual se denominan superáridas. Por otro lado, las regiones con más de 6,400 mm de precipitación anual se denominan superhúmedas (Ponce *et al.*, 2000). En regiones superáridas, la vida es dura porque hay muy poca agua; en regiones superhúmedas, la vida es dura, particularmente para los seres humanos, porque muchos de los nutrientes ya han sido lavados del suelo.

A través de varios siglos, particularmente en los últimos 100 años, el ser humano ha desafiado a la Naturaleza mediante la irrigación de tierras áridas; esto es, transportando el agua para irrigar los desiertos y convertirlos en zonas productivas. Como los desiertos tienen una gran oferta de nutrientes en el suelo, todo lo que se necesita para usar estos nutrientes es adicionar una cierta cantidad de agua importada (Fig. 3). Sin embargo, las regiones superhúmedas como la hoya amazónica continúan siendo poco explotadas porque la mayoría de la gente no se siente comfortable con la humedad alta que prevalece en estas regiones (Fig. 4).





Fig. 3 Campo irrigado, Wellton, Arizona, EE.UU.



Fig. 4 La selva amazónica.

---

### 3. El dilema de la civilización

¿Cómo manejar la distribución natural de agua y nutrientes a través del espectro climático? Sin duda alguna, el transporte de agua hacia regiones áridas y semiáridas resuelve el problema de la oferta de agua. Pero esto es a costo de un problema de disposición o eliminación de sales. Efectivamente, los dos más importantes iones de sales, el calcio y el sodio, se producen en suelos irrigados en zonas áridas en cantidades mucho mayores que las necesitadas por los ecosistemas artificiales (Fig. 5). Por tanto, terminan contaminando los cursos de agua vecinos en el caso de drenajes abiertos, o los lagos en el caso de drenajes cerrados. Por ejemplo, la salinidad del Lago Salton, en California, un sistema cerrado (endorreico) que viene recibiendo drenaje agrícola por los últimos 80 años, continúa aumentando, sin que todavía se vislumbre una solución integral al problema (Fig. 6) (Ponce, 2009).



Fig. 5 Salinización de un campo irrigado, valle de Chao, La Libertad.

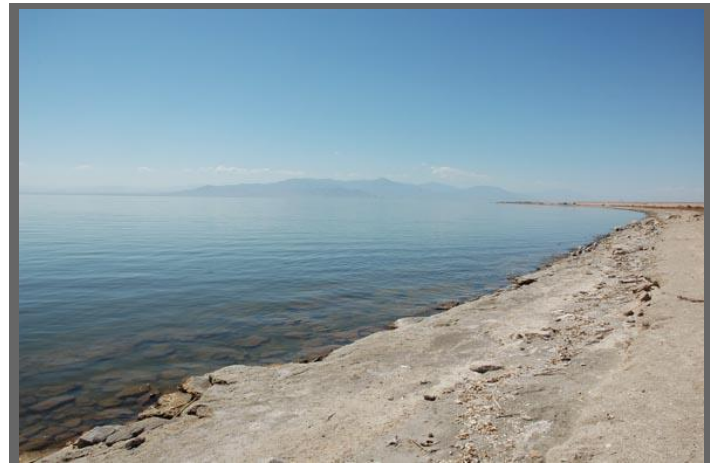


Fig. 6 El Lago Salton, California, EE.UU.

Muy poca precipitación lleva a muy poca agua y muchos nutrientes; de otro modo, mucha precipitación lleva a mucha agua y a muy pocos nutrientes. Por lo tanto, debe existir una media feliz donde la oferta de agua y nutrientes es óptima; esto es, una cantidad suficiente de agua para

satisfacer las necesidades vitales, una cantidad suficiente de nutrientes, y comparativamente pocos nutrientes considerados basura, que requieran eliminación.

---

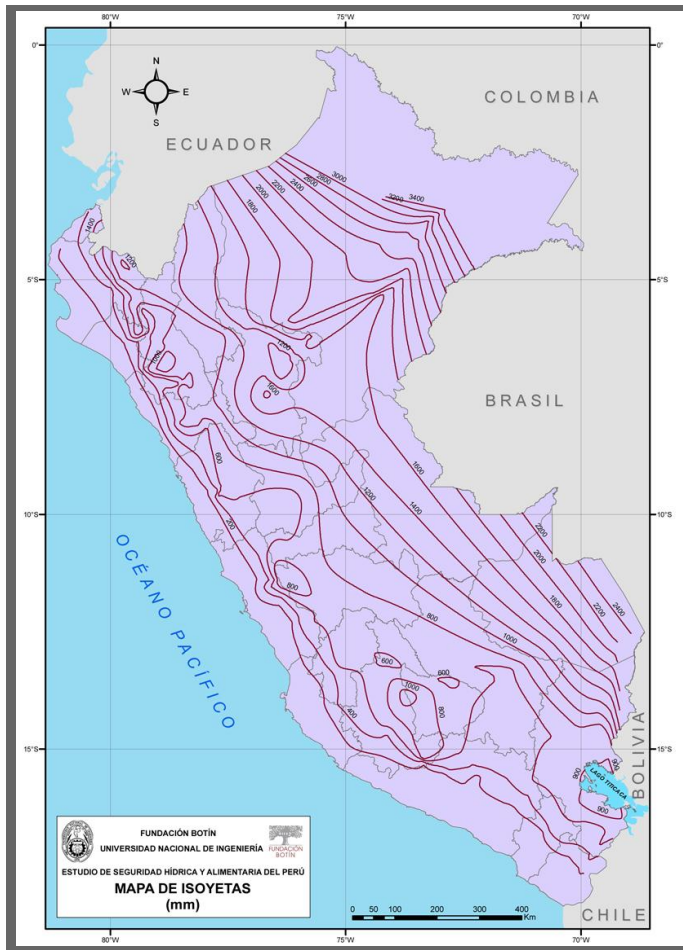
#### 4. La isoyeta de 800 mm

Las consideraciones que preceden llevan a la formulación del concepto de **precipitación global terrestre anual media**, y al reconocimiento de su importante rol en la construcción del difícil camino hacia la sustentabilidad. La precipitación global terrestre anual media es la cantidad promedio de lluvia que cae globalmente en las regiones continentales de la Tierra. Los estudios de climatología indican que este valor está alrededor de los 800 mm (*World Water Balance*, 1978; Ponce *et al.*, 1997). Por lo tanto, una región con cerca de 800 mm de precipitación anual media debe estar en balance óptimo, teóricamente sin necesidad apremiante de agua o nutrientes.

Si los subsidios representan mayores usos de energía, y si los mayores usos de energía representan una mayor huella de carbono, es fácil ver que la región con 800 mm de precipitación anual se adhiere al principio de sustentabilidad. Se concluye que ésta es una región donde la vida, particularmente la vida humana, se encontraría en su posición más confortable y segura. Como puede verse en la Fig. 7, la isoyeta de 800 mm atraviesa toda la sierra del Perú. Nótese que es allí donde se desarrolló hace cerca de 1,000 años el poderoso Imperio de los Incas. Específicamente, la isoyeta de 800 mm atraviesa centralmente del departamento de Huánuco (Fig. 8).

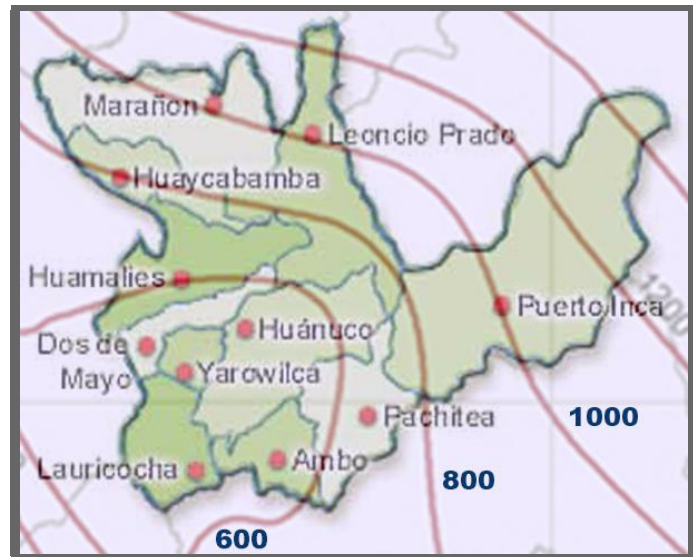
Reiterando, si las regiones húmedas lavan suelos excesivamente, y las regiones áridas conservan nutrientes debido al poco uso, entonces la región en el medio, con 800 mm de precipitación, debe estar en balance óptimo entre agua y nutrientes: suficiente agua y nutrientes, en cantidad y calidad, para satisfacer las necesidades básicas del ecosistema.

En suelos prístinos, los tipos de nutrientes existentes son función de la geología y geomorfología locales. Para cada región, esto requiere un golpe de suerte: O se tienen ciertos nutrientes en cantidades adecuadas, o no se tienen. Sin embargo, una vez que la oferta de nutrientes es determinada por la geología local, la cantidad de lavado debe condicionar, a grandes rasgos, el resto de los nutrientes disponibles. En otras palabras, cuando otros factores son constantes, la isohyeta de 800 mm debe estar cerca al óptimo desde el punto de vista de la vivencia y supervivencia del ser humano. A este nivel de precipitación, la oferta de nutrientes buenos sería adecuada y/o suficiente, y la oferta de nutrientes malos sería mínima.



Laboratorio Nacional de Hidráulica

Fig. 7 Isoyetas medias anuales (mm) en el Perú.



Visualab

Fig. 8 Isoyetas medias anuales (mm) en el departamento de Huánuco.

## 5. Epílogo

La oferta adecuada de una gran diversidad de nutrientes lleva a un aumento del potencial biótico; por lo tanto, la isoyeta de 800 mm es donde la vida, particularmente para los humanos, debería estar en condiciones óptimas. En este caso, la salud y la esperanza, tan esenciales para la bondad del cuerpo y el alma, podrían estar naturalmente en su más alta expresión.

## Bibliografía

Bolin, B. 1970. [The carbon cycle](#). *Scientific American*, Vol. 223, No. 3, Septiembre, 124-132.

Cloud, P., y A. Gibor. 1970. [The oxygen cycle](#). *Scientific American*, Vol. 223, No. 3, Septiembre, 109-123. Deevey, Jr., E. 1970. [Mineral cycles](#). *Scientific American*, Vol. 223, No. 3, Septiembre, 148-158.

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

Ponce, V. M., R. Pandey, y S. Ercan. 2000. [Characterization of drought across climatic spectrum](#). *ASCE Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 5, No. 2, Abril, 222-224.

Ponce, V. M. 2009. [The Salton Sea: An assessment](http://saltonsea.sdsu.edu). <http://saltonsea.sdsu.edu>

*World Water Balance and Water Resources of the Earth*. 1978. U.S.S.R. Committee for the International Hydrological Decade, UNESCO, Paris, France.

---