

## Una propuesta para extender el rango de aplicación de la clasificación climática de Holdridge

ERNESTO S CRIVELLI ✉ & MARÍA A DZENDOLETAS

*Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Río Negro, ARGENTINA*

**RESUMEN.** La clasificación por zonas de vida de Holdridge es tan útil como simple y elegante, pero cuando es aplicada en algunas regiones del planeta, como la Patagonia argentina o la Pampa Húmeda, no existe, en referencia a la vegetación y a otras características ambientales, una buena correlación entre lo esperado y lo observado. Dado que esta clasificación es importante, se justifica buscar modificaciones que, sin alterar la idea original, ajusten la definición de sus parámetros básicos ampliando su ámbito de aplicación. Con un criterio similar al utilizado por Holdridge para corregir la temperatura, introduciendo el concepto de “biotemperatura”, sustituimos la precipitación promedio anual por otro parámetro, que se define aplicando una corrección a la precipitación anual y que denominamos “precipitación anual efectiva”. Los resultados obtenidos aplicando la modificación propuesta indican que existe la posibilidad de obtener un mejor ajuste a las características fisionómicas y taxonómicas que, según Holdridge, deben esperarse para cada zona de vida.

**ABSTRACT.** A proposal to extend the scope of application of the Holdridge’s climatic classification: Holdridge’s Life Zone Model is as useful as simple and elegant. Nevertheless, when we try to apply this ecological classification to some regions of the world, like Argentinean Patagonia and Humid Pampa, by observing the natural vegetation and other important environmental characteristics we can not find a good correlation between the observed and the expected ones. Considering the importance and relevance of Holdridge’s classification, we suggest to modify slightly its basic parameter definitions without modifying the original idea, in order to extend the scope of its application. As Holdridge introduces the concept of “biotemperature”, a similar criterion could be used to replace the mean annual precipitation by the alternative parameter “annual effective rain”. Results obtained applying the suggested modification indicate that the performance of the model could be improved, with a better correlation between the actual physiognomic and taxonomic characteristics and those expected to be found in the specific life zone.

### INTRODUCCIÓN

“Los ecosistemas reflejan el ambiente físico en el que se han desarrollado y los ecólogos reflejan las propiedades de los ecosistemas en los que han crecido y madurado”, dice Margalef (1978) en “Perspectivas de la teoría ecológica”. Pensamos que esta reflexión puede extenderse, sin ningún problema, a los que a lo largo de la historia han propuesto las más diversas clasificaciones climáticas. Para ello bastará recordar los escenarios geográficos y académicos en los que fueron elaboradas algunas conocidas clasificaciones como las de Köppen (1948), Thornthwaite (1948) o

Holdridge (1947). En este artículo nos ocuparemos, justamente, de esta última clasificación.

Podemos decir que Holdridge “ha crecido y madurado” en el bosque tropical. En su clásico libro “Ecología basada en zonas de vida”, el autor dice: “La clasificación de los climas se presentó como un reto inaplazable en el siglo XIX y científicos de varias especialidades intentaron desarrollar un sistema racional (...) Después de los primeros intentos de desarrollar una clasificación climática, con datos simples como son la temperatura y la precipitación total, se intentó repetidas veces desarrollar clasificaciones con mayor número de parámetros climáticos o con fórmulas comple-

✉ Universidad Nacional del Comahue; Quintral 1250; 8400 Bariloche; Río Negro, ARGENTINA. crivelli@crub.uncoma.edu.ar

Recibido: 3 agosto 2001; Revisado: 5 enero 2002  
Aceptado: 27 febrero 2002

jas que permitieran ajustar la latitud y otros factores. Sin embargo, raras veces se logró aproximarse a un sistema natural de clasificación más de lo logrado con algunos de los primeros intentos. Si desde los primeros intentos se hubiera logrado desarrollar una clasificación climática apropiada, sin duda se habría llegado a una integración más satisfactoria de las ciencias naturales. Como esto no ocurrió, cada disciplina buscó menos la integración y se concentró más en la especialización dentro de la disciplina. Los geógrafos en general han satisfecho sus necesidades con la clasificación de Koeppen, la que, después de una modificación considerable, les da un sistema de fácil aplicación y que puede usarse en mapas de grandes áreas. El sistema de Koeppen denomina varias características climáticas con letras mayúsculas y minúsculas que pueden memorizarse con facilidad. Es un sistema cómodo para enseñar en clase y continúa llenando las necesidades de la geografía, mientras no se quiera utilizar para alguna aplicación práctica en el campo. Otras disciplinas han intentado encontrar un uso práctico del sistema de Koeppen pero han fallado; el fracaso se debe a que el sistema no se correlaciona bien con la vegetación natural y con otras divisiones importantes del ambiente”.

Sin entrar en detalles, podemos afirmar que la mayor contribución de Holdridge (1987) es la propuesta de una clasificación de gran simplicidad y fácil aplicación. Holdridge no es meteorólogo y, por lo tanto, no centra su interés en desentrañar las razones físicas por las que el clima de un lugar tiene tal o cual comportamiento o por qué se aparta de determinado patrón. Su interés radica en agrupar, a partir de parámetros climáticos simples, regiones con patrones ambientales de características similares, a las que denomina “zonas de vida” (e.g., bosque seco, bosque húmedo, estepa, etc.). Sin embargo, es importante reconocer que su clasificación no “se correlaciona bien con la vegetación natural y con otras divisiones importantes del ambiente” cuando la misma es usada en algunas regiones del planeta como, por ejemplo, la Pampa húmeda o la Patagonia argentina.

Si bien prácticamente todas las clasificaciones climáticas parten, directa o indirectamente, de la precipitación y la temperatura como parámetros fundamentales, rápidamente in-

corporan otros factores como el balance térmico e hídrico (Thorntwaite 1948) o la distribución temporal y la amplitud de las oscilaciones de estos parámetros (Koeppen 1948). Debemos señalar que la diferencia fundamental entre un gran número de clasificaciones es el criterio con que se considera la distribución temporal (por separado y en forma conjunta) de la temperatura y de la precipitación. Holdridge, por el contrario, propone como punto de partida un sistema cartesiano estrictamente bidimensional (biotemperatura y precipitación). Esto le otorga a su clasificación una gran simplicidad, que facilita su uso y aplicación, aunque reconoce que “las zonas de vida constituyen solamente la primera categoría de las divisiones ambientales. Ellas son de gran utilidad para desarrollar estudios y comparaciones de nivel general, pero se necesitan subdivisiones para adelantar estudios más específicos y para incluir en el sistema de clasificación factores ambientales de segundo orden como suelos, drenaje, topografía, vientos fuertes, nieblas y los varios patrones de la distribución de la precipitación”. La biotemperatura se define como la temperatura promedio cuando se sustituyen los valores horarios por debajo de 0 °C por 0 °C y los valores horarios por encima de 30 °C por 30 °C; para las altas latitudes la biotemperatura será siempre superior a la temperatura promedio real y para las regiones tropicales, cuando la altura sobre el nivel del mar sea pequeña, la biotemperatura será menor que la temperatura promedio real.

En realidad, Holdridge, al introducir el concepto de biotemperatura, incorpora a la variable térmica cierta información indirecta que podría estar contenida en diversos parámetros climáticos como el número promedio de días con helada o los valores promedio de las temperaturas extremas diarias y, si bien es cierto que el cálculo de la biotemperatura genera algunas complicaciones (requeriría contar siempre con registros horarios de temperatura), el propio Holdridge las resuelve proponiendo algoritmos de cálculo usando aproximaciones que dan resultados satisfactorios.

En lo referente a la variable hídrica, Holdridge no propone ninguna modificación y utiliza directamente los valores de precipitación anual. Nosotros pensamos que no solo es posible sino también útil y deseable dar a la precipitación un tratamiento similar al que

Holdridge da a la temperatura y, por lo tanto, redefinir la variable hídrica de modo tal que, sin perder la simplicidad, incorpore indirectamente alguna información que contemple la distribución temporal de la precipitación.

### LA VARIABLE HÍDRICA

El número de días con lluvia es, con toda seguridad, uno de los parámetros meteorológicos con registros más antiguos; es de fácil obtención y brinda importante información. Sin embargo, no ha sido usado normalmente en las clasificaciones climáticas. El conocimiento del número de días con lluvia de un mes o de un año no reemplaza la información que brinda el conocimiento del valor de los totales de precipitación mensual o anual, pero la complementa, aumentando su valor. Es claro que un mes con 100 mm de precipitación caídos en solo 4 días con lluvia puede resultar más "seco" que otro en el que la precipitación total haya sido de 50 mm, pero repartidos a lo largo de 20 días con lluvia. Del mismo modo, es razonable pensar que, desde el punto de vista hídrico, no es lo mismo que la precipitación caiga con temperaturas altas o bajas. La efectividad de la precipitación y la posibilidad de su aprovechamiento por parte de los organismos vivos localizados en un determinado lugar dependerán de un sinnúmero de condiciones. Los factores que aquí se enuncian están entre los de mayor relevancia.

Por todas estas consideraciones, sugerimos reemplazar el valor de la "precipitación total anual" usado en la Clasificación por Zonas de Vida de Holdridge por otro parámetro al que proponemos denominar "precipitación efectiva anual", en función de la distribución anual de la precipitación promedio mensual, del número promedio de días con lluvia y de la temperatura promedio del mes considerado. Es decir,

$$P_{ea} = F(P_m, n_m, T_m), \quad (\text{Ec. 1})$$

donde  $P_{ea}$  es la precipitación efectiva anual y  $P_m, n_m$  y  $T_m$  son la precipitación promedio mensual, el número promedio de días con lluvia y la temperatura promedio del mes en consideración, respectivamente.

La distribución anual de la precipitación promedio mensual ha sido ampliamente usada en la clasificación de Koeppen (Koeppen 1948) y su aplicación en el sistema de Holdridge no lo

desvirtuaría, aunque introduciría una tercera dimensión en el simple y elegante sistema bidimensional del autor. Por eso, lo que aquí proponemos es rescatar algo de la información contenida en este parámetro utilizándola como parte de la definición y el cálculo de la precipitación efectiva.

La elección de la función  $P_{ea}$  es arbitraria y constituye una primera aproximación para evaluar la razonabilidad de nuestra propuesta.

Si definimos la precipitación efectiva anual ( $P_{ea}$ ) como la sumatoria, a lo largo del año, de la precipitación efectiva mensual ( $P_{em}$ ), y a ésta como el producto de un coeficiente de efectividad ( $E$ ) en función del número promedio de días con lluvia y de la temperatura promedio del mes, será

$$P_{ea} = S P_{em} \quad (\text{Ec. 2})$$

con 
$$P_{em} = E(n, T_m) \cdot P_m \quad (\text{Ec. 3})$$

y 
$$E(n, T_m) = \sqrt{\frac{n(112 - T_m)}{(15)(100)}} \quad (\text{Ec. 4})$$

$T_m$  está expresada en °C; esto implica que, cuando el número promedio mensual de días con lluvia es 15 y la temperatura promedio es de 12 °C, los valores de  $P_{em}$  y  $P_m$  deben coincidir. La precipitación efectiva anual coincidirá con la precipitación total anual si en todos los meses  $P_{em}$  es igual a  $P_m$ , o si las diferencias positivas y negativas se compensan.

La forma de  $E(n, T_m)$  y los "valores de corrección cero" (15 días de lluvia por mes y 12 °C de temperatura promedio mensual) son arbitrarios. Sin embargo, al elegir estos valores de equilibrio hemos tenido en cuenta las condiciones promedio del planeta, tratando de no introducir correcciones de importancia en la determinación de las zonas de vida tropicales, región en la que Holdridge desarrolló gran parte de sus investigaciones y donde, consecuentemente, su clasificación brinda los resultados más satisfactorios.

### RESULTADOS

A modo de ejemplo y a partir de datos climatológicos publicados por el Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina (Servicio Meteorológico Nacional 1992), por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM 2000), por la Oficina de Meteorología de Australia

(Bureau of Meteorology 2000) y por el Servicio Meteorológico de Canadá (Meteorological Service of Canada 2000), y de las relaciones de las ecuaciones 2, 3 y 4, se calcularon los valores de la precipitación efectiva anual. En la Tabla 1 se presentan los resultados del cálculo y las modificaciones resultantes de su aplicación al determinar la "zona de vida" correspondiente. Puede observarse que, en la mayoría de los casos presentados, la precipitación efectiva es menor que la precipitación real observada. Esto no significa que no exista un número considerable de lugares en los cuales la aplicación de las relaciones propuestas produzcan valores de precipitación efectiva mayores que los de la precipitación real; en particular, gran parte de la región amazónica cumple con estas condiciones. Sin embargo, en la mayoría de los lugares donde la precipitación efectiva es superior a la precipitación real el resultado de la corrección no determina un cambio en la zona de vida correspondiente y solo representa un corrimiento, de poca significación, dentro de la misma zona.

En Argentina, en todos los casos analizados, la precipitación efectiva es menor que la precipitación real, ya que el número de días con lluvia es, en casi todo el territorio, inferior a 120 días por año. En algunas regiones como la Pampa Húmeda (con precipitaciones reales entre 700 y 1000 mm), la precipitación efectiva es del orden de un 25% menor que la precipitación real y, si bien esta corrección no modifica la zona de vida, el corrimiento que se produce, dentro de la misma zona, es realmente importante. En la Pampa Seca el corrimiento es aún mayor y, generalmente, después de aplicar la corrección se pasa del bosque seco, en la clasificación original, a la estepa espinosa (los nombres utilizados por Holdridge para definir las diferentes formaciones vegetales que corresponden a cada zona de vida no siempre coinciden con los utilizados por otros autores). Esto genera un mejor ajuste entre el modelo y lo que la realidad muestra para localidades como General Acha, Villa Dolores (Córdoba) o Santiago del Estero. La Patagonia también muestra, luego de aplicar la corrección, una mayor concordancia entre lo que determina la clasificación y lo observado en el terreno, tanto en la región costera (Viedma, Ushuaia y Río Gallegos) como en la zona cordillerana (Bariloche, Esquel).

El limitado conjunto de estaciones de Australia, Colombia y Canadá que aquí hemos considerado muestra, en general, situaciones similares a las de Argentina. Sin embargo, en los casos particulares de Albany (en el sur de la costa occidental del continente australiano) y de Medellín y Bogotá (en los Andes colombianos) se obtienen valores de precipitación efectiva que son superiores a los de la precipitación real. El caso particular de Albany puede ser considerado como representativo de lo que, a menudo, sucede en otras regiones costeras occidentales de los continentes. En realidad, en las costas occidentales a más de 40° de latitud (como los fiordos e islas tanto de la Patagonia chilena como de las costas de Noruega o Escocia o las costas de Alaska o de la Bretaña en Francia) es común encontrar regiones con más de 200 días con lluvia a lo largo del año. En estos casos, la precipitación efectiva anual puede ser bastante superior a la precipitación promedio anual real. Medellín y Bogotá son dos ejemplos de regiones tropicales con más de 180 días de lluvia anuales aunque con características térmicas diferentes, ya que Medellín está en un valle a 1500 m.s.n.m. mientras que Bogotá tiene una altura de casi 1200 m más. Prácticamente toda la región amazónica, a pesar de tener una estación seca, cuenta con más de 200 días de lluvia y, a pesar de las altas temperaturas, la precipitación efectiva resulta mayor que la precipitación real. Por esto, en muchos casos la modificación propuesta clasifica como bosque muy húmedo lo que, según la clasificación clásica de Holdridge, denominábamos como bosque húmedo.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con lo mencionado, la elección de la relación y de los coeficientes propuestos para la determinación de la precipitación efectiva es arbitraria y, por lo tanto, es posible que otras alternativas puedan dar resultados tan buenos o mejores que los aquí se muestran. Nuestra intención, al presentar este trabajo, es aportar una propuesta y abrir la discusión sobre el tema para poder mejorar el sistema de Clasificación por Zonas de Vida de Holdridge, ampliar su rango de aplicación y facilitar así la generalización de su uso. Los resultados obtenidos de su aplicación a un reducido pero

**Tabla 1.** Precipitación real y efectiva de algunas localidades y una comparación de las zonas de vida correspondientes según la propuesta original de Holdridge y las modificaciones sugeridas en este trabajo.

**Table 1.** Actual and effective precipitation from several locations, and a comparison of the life zones corresponding to the original proposal of Holdridge and the modifications suggested in this article.

Localidad	Latitud	Longitud	Precipitación		Zona de vida	
			Real	Efectiva	Original	Corregida
Cali	3.5 N	76.5 O	909	782	Bosque seco	Bosque seco
Bogotá	4.6 N	74.2 O	794	818	Bosque seco	Bosque seco
Medellín	6.2 N	75.8 O	1673	1825	Bosque húmedo	Bosque húmedo
Cartagena	10.4 N	75.6 O	793	631	Bosque muy seco	Bosque muy seco
Posadas	27.4 S	56.0 O	1947	1522	Bosque húmedo	Bosque húmedo
Brisbane	27.4 S	153.1 E	1186	967	Bosque húmedo	Bosque seco
Santiago	27.8 S	64.3 O	593	415	Bosque seco	Estepa espinosa
Perth	31.9 S	116.0 E	794	747	Bosque seco	Bosque seco
Villa Dolores	32.0 S	65.1 O	657	476	Bosque seco	Estepa espinosa
Sydney	33.9 S	151.2 E	1105	912	Bosque húmedo	Bosque seco
Albany	34.9 S	117.8 E	822	839	Bosque seco	Bosque seco
Adelaida	35.0 S	138.5 E	455	392	Estepa espinosa	Estepa espinosa
Santa Rosa	36.6 S	64.3 O	726	496	Bosque seco	Estepa espinosa
Azul	36.7 S	59.8 O	999	730	Bosque seco	Bosque seco
General Acha	37.4 S	64.9 O	564	368	Bosque seco	Estepa espinosa
Melbourne	37.6 S	144.8 E	558	487	Bosque seco	Estepa espinosa
Viedma	40.9 S	63.0 O	380	239	Monte espinoso	Matorral desértico
Bariloche	41.1 S	71.2 O	715	641	Bosque húmedo	Bosque húmedo
Hobart	42.8 S	147.5 E	509	451	Bosque seco	Estepa espinosa
Esquel	42.9 S	71.2 O	394	290	Estepa	Estepa
Quebec	45.5 N	73.8 O	940	912	Bosque húmedo	Bosque húmedo
Río Gallegos	51.6 S	69.3 O	275	208	Estepa	Matorral desértico
Ushuaia	54.8 S	68.3 O	522	488	Bosque muy húmedo	Bosque húmedo

diverso grupo de estaciones permiten afirmar que al hacer algunos ajustes al modelo de Holdridge se mejoran los resultados de la aplicación de la Clasificación por Zonas de Vida en ciertas regiones del planeta, fundamentalmente en las regiones extratropicales (e.g., Villa Dolores, Santa Rosa, Viedma), sin alterar los excelentes resultados que se obtienen cuando esta clasificación es usada en las regiones tropicales (e.g., Bogotá, Medellín, Cartagena, Posadas).

## BIBLIOGRAFÍA

- BUREAU OF METEOROLOGY. 2000. *Climate averages*. Bureau of Meteorology, Australia. URL: <http://www.bom.gov.au/climate/averages/>
- HOLDRIDGE, L. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105:367–368.
- HOLDRIDGE, L. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. 216 pp.
- IDEAM. 2000. *Series históricas*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio del Medio Ambiente, Colombia. URL: <http://www.ideam.gov.co/series/index4.htm>
- KOEPPEL, W. 1948. *Climatología*. Fondo de Cultura Económica, México. 477 pp.
- MARGALEF, R. 1978. *Perspectivas de la teoría ecológica*. Editorial Blume, Barcelona. 109 pp.
- METEOROLOGICAL SERVICE OF CANADA. 2000. *Canadian climate normals 1971–2000*. Environment Canada, Canadá. URL: [http://www.msc-smc.ec.gc.ca/climate/climate\\_normals/index\\_e.cfm](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/climate/climate_normals/index_e.cfm)
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1992. *Estadísticas climatológicas 1981–1990*. Serie B, N° 37. Servicio Meteorológico Nacional, Comando de Regiones Aéreas, Fuerza Aérea Argentina. 710 pp.
- THORNTHWAITE, CW. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38:55–94.