



APLICACIÓN DEL MODELO DE CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA DE HOLDRIDGE PARA LA REPUBLICA ARGENTINA A PARTIR DEL ANÁLISIS ESPACIAL DE DATOS

Derguy, M. R.^{1,2,3}, A. A. Drozd^{1,2}, M. F. Arturi¹, S. Martinuzzi⁴, L. Toledo², J. L. Frangi¹

¹Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA).
Universidad Nacional de La Plata. Diagonal 113 N°469. La Plata, Argentina
maryderguy@gmail.com

²Departamento de Ciencias Ambientales y Turismo. Universidad Nacional de Avellaneda.
España350. Avellaneda, Argentina

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

⁴SILVIS Lab, Department of Forest and Wildlife Ecology, University of Wisconsin-Madison, 1630 Linden Drive, Madison WI 53706, USA

RESUMEN

La zonificación ecológica de un país es una herramienta clave que permite reconocer la heterogeneidad ambiental, establecer sus relaciones con variables bióticas y productivas, y evaluar los cambios en el uso del suelo y su relación con estrategias de conservación. Sin embargo, países como Argentina carecen de una zonificación ecológica detallada. Se presentan aquí los resultados preliminares de la clasificación ecológica de Zonas de Vida de Holdridge para la Argentina. El modelo de Zonas de Vida de Holdridge identifica unidades ecosistémicas en base a variables bioclimáticas: biotemperatura, precipitación y el cociente evapotranspiración potencial/precipitación, que reflejan procesos ecosistémicos y respuestas ecofisiológicas de las plantas. Se utilizaron datos climáticos en formato raster de temperatura y precipitación del INTA validados con información de estaciones meteorológicas. De estos datos derivamos biotemperatura real media anual, evapotranspiración potencial media anual (según Holdridge), biotemperatura basal latitudinal a partir de una relación entre elevación y temperatura, y la línea de heladas que delimita la faja templada cálida de la subtropical, y finalmente integramos los datos en el modelo de Holdridge. El mapa ecológico de Holdridge para la Argentina reportó un total de 83 Zonas de Vida, donde se encuentran representadas las cinco fajas latitudinales (Boreal, Templada fría, Templada cálida, Subtropical y Tropical). Las Zonas de Vida de mayor extensión incluyen: Warm Temperate Dry Forest (433600 km²), Subtropical Dry Forest (276300 km²), Warm Temperate Thorn Steppe (227900 km²), y Warm Temperate Montane Desert Scrub (192600 km²), y las de menos extensión incluyen: Tropical Lower Montane Wet Forest, Warm Temperate Alpine Wet Tundra y Subtropical Alpine Moist Tundra. La faja Tropical concentra el mayor número de Zonas de Vida. El nuevo mapa de Zonas de Vida para Argentina sienta las bases para una zonificación ecológica detallada del país y provee información útil para el manejo del territorio. El uso de Sistemas de Información Geográfica, bases de datos y análisis espacial de

datos, permite desarrollar nuevas metodologías objetivas para la aplicación del modelo de Holdridge.

PALABRAS CLAVE: ZONIFICACIÓN, DATOS CLIMÁTICOS, ZONAS DE VIDA, SIG, TERRITORIO

ABSTRACT

Ecological classification is a powerful tool in order to recognize not only the environmental heterogeneity but also to assess relationships between biotic and productive variables and between land management and conservation strategies. Nevertheless, Argentina and other countries, lack a detailed ecological zoning. In this work we present preliminary results of Holdridge Life Zones for Argentina. The Holdridge system identifies ecological units based on bioclimatic variables: biotemperature, precipitation, and the potential evapotranspiration/precipitation ratio, which show ecosystem processes and the ecophysiological responses of plants. We use INTA climatic information –temperature and precipitation– in raster format, validated with data obtained from National Weather Service. With this information we calculated the actual mean annual biotemperature, the mean annual potential evapotranspiration (according to Holdridge), the basal latitudinal biotemperature -based on the relation between elevation and temperature-, and the frost line that defines the boundary between warm temperate and subtropical belts. We integrated these data in the Holdridge system model. The Holdridge Life Zones for Argentina accounted for a total of 83 Life Zones, representing the five latitudinal belts (Boreal, Cool Temperate, Warm Temperate, Subtropical, and Tropical). The largest life zones include: Warm Temperate Dry Forest (433600 km²), Subtropical Dry Forest (276300 km²), Warm Temperate Thorn Steppe (227900 km²), and Warm Temperate Montane Desert Scrub (192600km²); and the smaller units include: Tropical Lower Montane Wet Forest, Warm Temperate Alpine Wet Tundra, and Subtropical Alpine Moist Tundra. The Tropical belt has the highest number of life zones. The new Life Zone map for Argentina is the basis for developing a detailed ecosystem mapping for the country and provides useful information for land management. The use of GIS, databases and spatial data analysis allows to develop new objective methodology for Holdridge Life Zones modeling.

KEYWORDS: ZONING, CLIMATIC INFORMATION, LIFE ZONES, GIS, TERRITORY

INTRODUCCIÓN

Generar una zonificación ecológica que permita identificar unidades homogéneas en el territorio es un paso sustancial en el diseño de la gestión para el manejo ecosistémico (Lugo *et al* 1999). Un sistema de clasificación ecológica que resulte eficiente debería basarse en variables cuantitativas y ser sensible a los cambios que ocurren en los factores ambientales que afectan el desarrollo o la distribución espacial de los ecosistemas. A su vez, debería reconocer los cambios introducidos por las actividades humanas; y para tener aplicación mundial, debe estar definido por factores con aplicación en este mismo nivel (Céspedes & Tosi 2000). En este sentido el modelo de Holdridge tiene una base empírica y objetiva, y define las condiciones del

funcionamiento de los ecosistemas a través de su principal unidad ecológica, las Zonas de Vida (Lugo *et al* 1999).

El sistema de Zonas de Vida de Holdridge (Figura 1) divide el territorio en base a tres variables definidas logarítmicamente, la biotemperatura media anual, la precipitación media anual y la relación de evapotranspiración potencial (Yue *et al* 2001). La biotemperatura media anual es un promedio de las temperaturas a las cuales se estima que tiene lugar el crecimiento vegetativo (0 a 30°C), en relación con el período anual (Holdridge 1967). La relación de evapotranspiración potencial (EVP) es la cantidad de agua que puede evaporarse en un ecosistema (Thornthwaite 1948). La misma depende de la biotemperatura y precipitación: la evapotranspiración aumenta con la temperatura atmosférica y disminuye con la humedad o precipitación. Por lo tanto, la EVP puede definirse como el cociente entre la evapotranspiración media anual y la precipitación media anual. Esta relación resulta un buen indicador de las condiciones ecosistémicas de humedad (Yue *et al* 2001) (Figura 1).

El modelo predice, en consecuencia, adaptaciones y funcionalidad del sistema ante el balance hídrico y energético, no unidades de vegetación específicas, las cuales dependen también de variables de asociación más específicos, como ser el tipo de suelos, topografía, etc. (Jiménez-Saa 1993).

A su vez, el modelo discrimina entre variaciones de las adaptaciones funcionales en función de la latitud (fajas latitudinales) y altitud (pisos altitudinales), las cuales están relacionadas directamente con la biotemperatura. En el primer caso, las fajas latitudinales se discriminan a partir de rangos de la biotemperatura a nivel del mar. En el segundo caso, los pisos altitudinales están definidos por la biotemperatura promedio a cierta faja latitudinal (Figura 1).

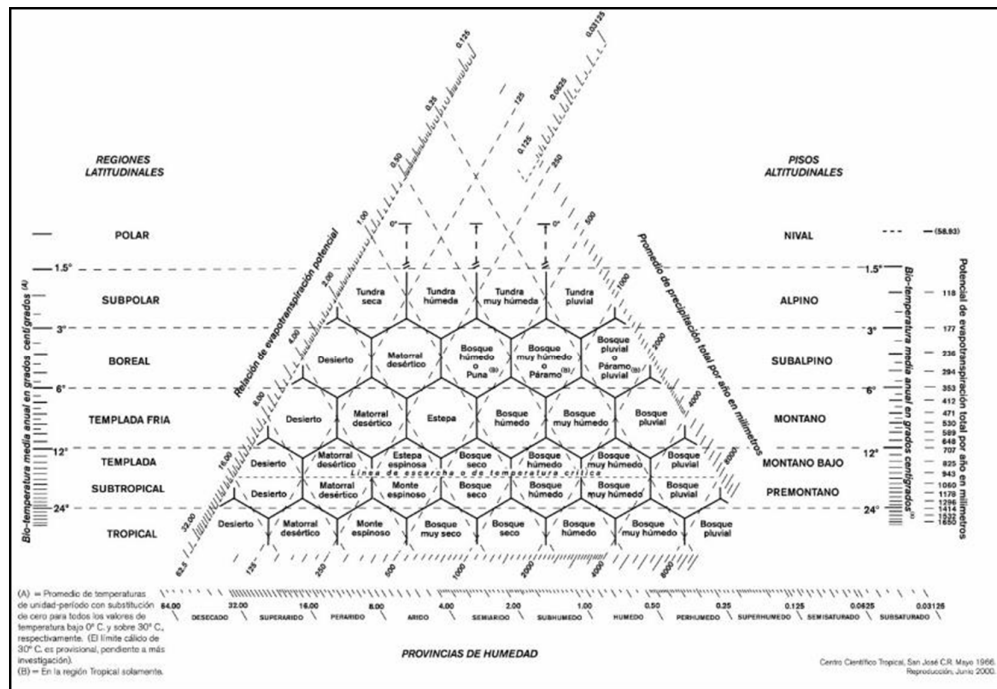


Figura 1 Diagrama de Zonas de Vida de Holdridge (1967)

Las principales innovaciones del sistema de Zonas de Vida fueron: 1) la expresión del factor calor por medio de la biotemperatura; 2) el uso de una progresión logarítmica en los incrementos del calor y la precipitación para obtener cambios significativos en las unidades de vegetación natural; 3) la determinación de la relación directa entre la biotemperatura y la evapotranspiración potencial (humedad), y la relación entre la humedad y la evapotranspiración real; 4) la relación directa entre la evapotranspiración real y la productividad biológica (Céspedes & Tosi 2000).

Algunos ejemplos de aplicación de este modelo, son las zonas tropical y subtropical de las Américas, que presentan la mayor cantidad de trabajos sobre este tema. Costa Rica (Tosi 1967), Puerto Rico (Ewel & Whitmore 1973), Venezuela (Walter & Medina 1971), Perú (Tosi 1960), Brasil (Tosi 1983), Paraguay (Holdridge 1969) y Bolivia (Unzueta 1975) cuentan con una zonificación de su territorio basada en el modelo de Zonas de Vida de Holdridge. En la zona templada, sólo por mencionar algunos de entre los numerosos ejemplos, Lugo *et al.* (1999) han realizado el mapa de zonas bioclimáticas de los Estados Unidos de América y Yue *et al.* (2001) lo generaron para la República Popular China, como herramienta de base para la aplicación de la clasificación ecológica del territorio. Cabe mencionar entre los trabajos más recientes vinculados al uso del modelo de Holdridge, el de Chakraborty *et al.* (2013) para la India.

El análisis espacial de datos geográficos ha cobrado una nueva dimensión desde la aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En la actualidad, la disponibilidad de herramientas de procesamiento geoespacial que ofrecen los SIG y las bases de datos climáticos de fácil acceso proveen una oportunidad valiosa para generar zonificaciones con límites mucho más precisos, como el sistema de Zonas de Vida de Holdridge (1967). Esto hace que el modelo haya resurgido en la comunidad científica y revalorizado por su capacidad de modelar unidades ecosistémicas frente a diversos factores de presión como lo es el cambio climático global.

En este trabajo se describe la generación de una zonificación para la República Argentina basada en el modelo de Holdridge.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La República Argentina se extiende latitudinalmente desde cerca de 23° S, al Norte del Trópico de Capricornio hasta poco más allá de los 55°S, en la Tierra del Fuego, con alturas que van desde el nivel del mar hasta más de 6000 msnm, en los más altos picos de los Andes, es así que resulta de particular interés para analizar en el marco de los criterios de Holdridge, cuáles son las zonas de vida presentes en el país, y cuál es la variación geográfica, latitudinal y altitudinal, de esa diversidad bioclimática.

Datos climáticos

Los datos de base utilizados en este trabajo se obtuvieron del Atlas Climático Digital de la República Argentina publicado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (Bianchi & Cravero 2010). Se trata de capas de datos continuos (raster) correspondientes a, precipitación promedio anual y promedios mensuales de temperatura, del territorio continental argentino.



Se midió el acuerdo entre la información de base obtenida del INTA con datos de campo cedidos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que incluyen registros diarios de temperatura y precipitación de 80 estaciones distribuidas a lo largo del país para un período de 30 años (1981-2010).

A partir de las capas del INTA se obtuvieron las variables necesarias para la aplicación del modelo: biotemperatura promedio anual, precipitación promedio anual y la relación de evapotranspiración potencial.

Se utilizó además un Modelo Digital de Elevación (*DEM*, por sus siglas en inglés) de la *Shuttle Radar Topography Mission* provisto por la *USGS* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) combinado con las variables antes establecidas para obtener la biotemperatura basal, a partir de la que se definieron las fajas latitudinales. A partir de la misma se estimó la línea de temperatura crítica o línea de heladas, que permitió definir las fajas latitudinales del modelo de manera más precisa para Argentina.

El procesamiento y análisis espacial de los datos se realizó con distintos programas de procesamiento de imágenes y de Sistemas de Información Geográfica (ENVI 5.0, ArcGIS 10.1 y QGIS 2.14).

Biotemperatura media anual

La Biotemperatura se estimó a partir de valores promedios mensuales de temperatura (TPM) del INTA, reemplazando en cada mes aquellos valores menores a 0°C por 0°C y aquellos valores mayores a 30°C por 30°C (Ecuación 1). Una vez ajustadas al rango de 0°C a 30°C, las biotemperaturas promedio mensuales (BPM) se promediaron para generar la biotemperatura promedio anual (BPA) (Ecuación 2):

$$BPM = [(TPM \leq 0) * 0 + (TPM > 0) * TPM] + [(TPM \leq 30) * TPM + (TPM > 30) * 30] \quad (E1)$$

$$BPA = \sum_{x=1}^{12} BPM_x / 12 \quad (E2)$$

Precipitación media anual

La capa de precipitación promedio anual (PPA) fue integrada al modelo sin modificaciones.

Relación de evapotranspiración potencial

Se obtuvo a partir de las capas de biotemperatura y precipitación, y se calculó de acuerdo a Holdridge (1959) (Ecuación 3).

$$EVP = BPA - 58.93 / PPA \quad (E3)$$

Biotemperatura basal

Los límites de las fajas latitudinales se establecen a partir de la biotemperatura basal, esto es, la biotemperatura considerada a nivel del mar. Para transformar los valores de biotemperatura a sus valores equivalentes a nivel del mar se aplicó la tasa de gradiente vertical media global de -6.0°C/Km (usada por Holdridge 1967). Esta tasa se aplicó a cada temperatura promedio mensual (TPM), incorporando el *DEM* (Ecuación 4), las capas resultantes, de temperatura basal promedio mensual (TBPM) se ajustaron nuevamente al rango de 0°C a 30°C, transformándolas en biotemperatura basal promedio mensual (BBPM) (Ecuación 5) y finalmente fueron promediadas para obtener la biotemperatura basal promedio anual (BBPA) (Ecuación 6).

$$TBPM=(DEM \cdot 0.006) + TPM \tag{E4}$$

$$BBPM= [(TBPM \leq 0) \cdot 0 + (TBPM > 0) \cdot TBPM] + [(TBPM \leq 30) \cdot TBPM + (TBPM > 30) \cdot 30] \tag{E5}$$

$$BBPA=\sum_{x=1}^{12} BBPMx/12 \tag{E6}$$

Línea de heladas o línea de temperatura crítica

El modelo de Holdridge (1967) define como límite entre la faja templada cálida y subtropical una línea de temperatura crítica o línea de heladas que sitúa a los 18°C, de acuerdo a la escala logarítmica del modelo.

El valor de esta línea crítica se considera la máxima biotemperatura a la que aún se registran heladas. De acuerdo a Lugo *et al* (1999), se ha considerado área con heladas a aquella donde se registren temperaturas menores a 0°C al menos una vez al año durante veinte años consecutivos.

Para establecer el valor térmico de la línea de heladas de Argentina se calculó el promedio de las biotemperaturas basales anuales de un grupo de localidades puntuales. Estas localidades, que cumplen con la condición de ser zona de heladas, corresponden en el campo a estaciones meteorológicas de medición espacialmente cercanas al límite definido originalmente por Holdridge entre la región templada cálida y subtropical, y se sitúan a menos de 1000 metros de altura donde se da el límite aproximado más alto del piso basal subtropical.

A partir del promedio y el desvío estándar se establecieron límites de confianza para este valor de línea de heladas.

Aplicación del modelo

Las variables generadas fueron categorizadas en los distintos rangos logarítmicos propuestos por la clasificación de Holdridge. Los resultados fueron transformados a formato vectorial y vinculados a través del geoproceso *intersección* para definir las provincias de humedad (Figura 1) a partir de las distintas combinaciones de las variables.

Las zonas de transición detectadas, que se disponen dentro de áreas de contacto entre hexágonos de diferentes fajas latitudinales y pisos altitudinales (Figura 2), se asignaron a las distintas provincias de humedad a través del proceso de clasificación supervisada aplicando el algoritmo de distancias mínimas.

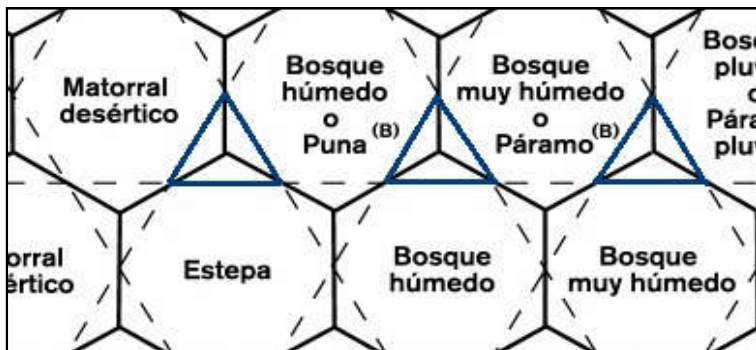


Figura 2 Zonas de contacto entre hexágonos o zonas de transición (ejemplificadas en color azul). Modificado de Holdridge (1967)

De la categorización de la capa de Biotemperatura Basal y la Biotemperatura surgen además las fajas latitudinales y los pisos altitudinales (Figura 3).

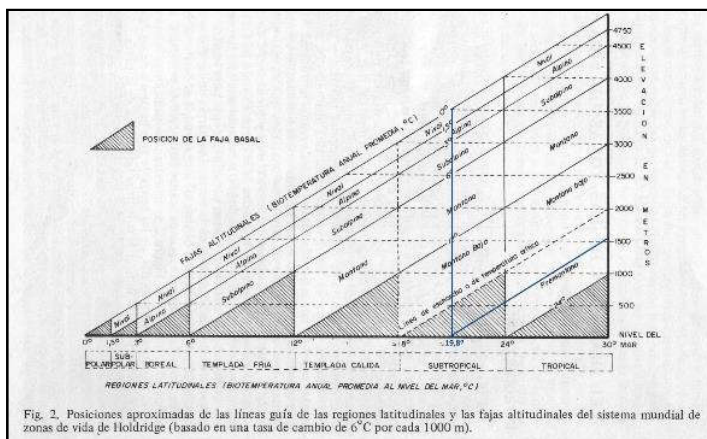


Figura 3 - Límites aproximados de las fajas latitudinales y los pisos altitudinales. Con la línea de heladas definida en 19.8°C. Modificado de Holdridge (1967)

Es importante tener en cuenta que los nombres de las Zonas de Vida, si bien hacen referencia a tipos fisonómicos de vegetación, pueden no corresponderse con la cobertura actual del terreno, ya que lo que definen realmente son unidades bioclimáticas. La zona de vida constituye solamente la primera categoría de las divisiones ambientales del modelo de Holdridge. La segunda categoría es la Asociación, en la que se incluyen factores como suelos, drenaje, topografía, fuertes vientos, nieblas y los variados patrones de distribución de la precipitación (Jiménez-Saa 1993).

RESULTADOS

El acuerdo medido entre los datos de tipo raster provenientes del INTA y los datos de campo del SMN arrojó un coeficiente de determinación de 0.96 ($P < 0.0000$).

A partir de la categorización de los datos se obtuvieron mapas individuales de las variables: Biotemperatura (Figura 4), Precipitación (Figura 5), Relación de Evapotranspiración Potencial (Figura 6).

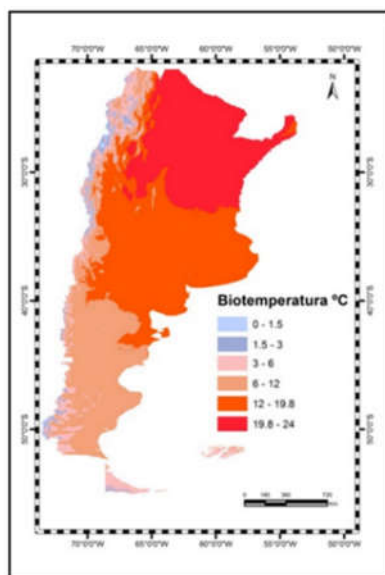


Figura 4 Categorización de la Biotemperatura Promedio Anual de acuerdo a los rangos del modelo de Holdridge (1967), modificado de acuerdo al nuevo límite establecido para la temperatura crítica

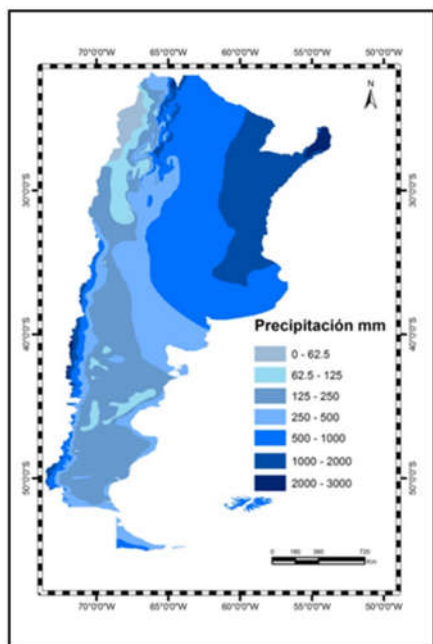


Figura 5 Categorización de la Precipitación Promedio Anual de acuerdo a los rangos del modelo de Holdridge (1967).

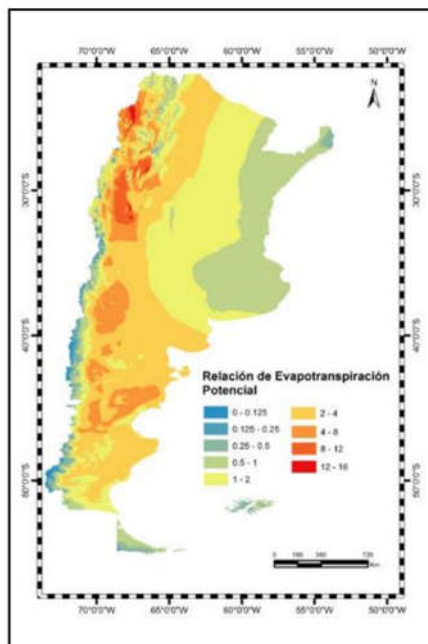


Figura 6 Categorización de la Relación de Evapotranspiración Potencial de acuerdo a los rangos del modelo de Holdridge (1967)

El nuevo límite de temperatura crítica o línea de heladas para nuestro país fue definido en 19.8°C. Sobre este valor y con un desvío estándar de 1.27 se definieron los límites de confianza superior e inferior en 20.5°C y 19.0°C respectivamente.

Incorporando este valor de la línea de heladas se obtuvieron los mapas de fajas latitudinales a partir de la Biotemperatura Basal (Figura 7), y pisos altitudinales a partir de la Biotemperatura y la Biotemperatura Basal (Figura 8).

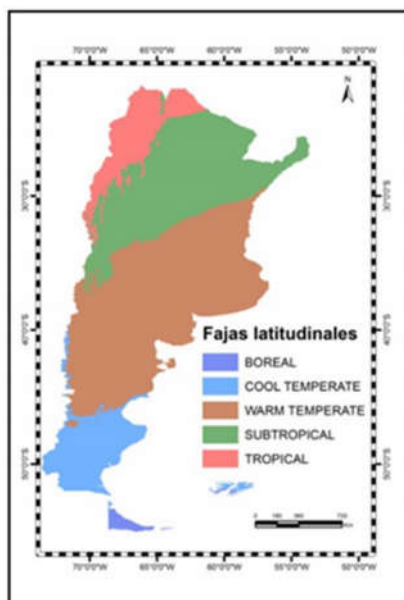


Figura 7 Categorización de la Biotemperatura Basal Promedio Anual que define las fajas latitudinales con el nuevo valor determinado para la línea de temperatura crítica en 19.8°C.



Figura 8 Pisos altitudinales definidos a partir de la Biotemperatura y la Biotemperatura Basal de acuerdo al modelo de Holdridge (1967) y con el nuevo límite de línea de temperatura crítica establecido en 19.8

Una vez integrados los datos en el modelo de Holdridge se obtuvo el mapa ecológico para la Argentina, que reportó un total de 83 Zonas de Vida (Tabla 1), donde se encuentran representadas las cinco fajas latitudinales (Boreal, Templada fría, Templada cálida, Subtropical y Tropical). La faja latitudinal Templada Cálida resultó ser la más extendida, con un área de 1273971 Km², seguida por la faja Subtropical que ocupa 930646 Km², la faja Tropical 308738 Km², la faja Templada Fría 263816 Km², y finalmente la faja Boreal 22070 Km² (Gráfico 1).

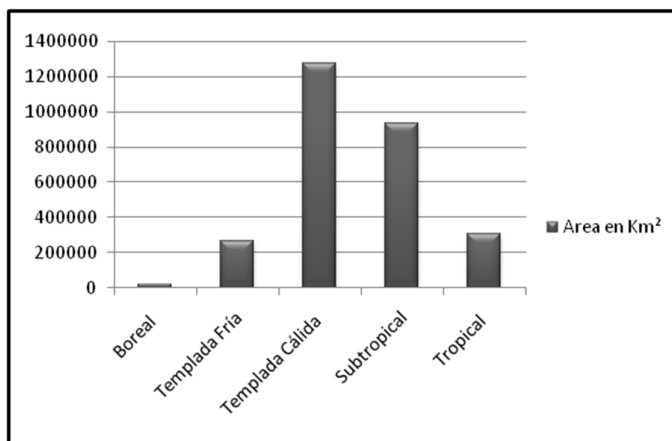


Gráfico 1 Extensión de las Fajas latitudinales de Argentina en Km²

Las Zonas de Vida de mayor extensión incluyeron: Warm Temperate Dry Forest (433600 km²), Subtropical Dry Forest (276300 km²), Warm Temperate Thorn Steppe (227900 km²), y Warm Temperate Montane Desert Scrub (192600 km²), y las de menor extensión incluyeron: Tropical Lower Montane Wet Forest (170 km²), Warm Temperate Alpine Wet Tundra (183 km²) y Subtropical Alpine Moist Tundra (234 km²).

La faja Tropical concentra el mayor número de Zonas de Vida (25), seguida por la faja Subtropical (24), la faja Templada Cálida (16), la faja Templada Fría (15) y finalmente la faja Boreal (3) (Gráfico 2).

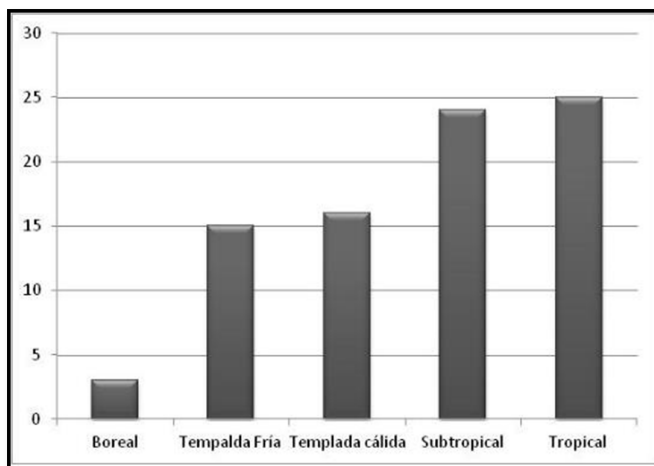


Gráfico 2 Representación de las Zonas de Vida en las distintas fajas latitudinales de Argentina.

Tabla 1 Listado de las Zonas de Vida registradas para Argentina a partir de la aplicación del modelo de Holdridge (1967).

Zonas de vida de holdridge para argentina			
Boreal moist forest	Warm temperate desert scrub	Subtropical desert scrub	Tropical premontane dry forest
Boreal wet forest	Warm temperate thorn steppe	Subtropical thorn steppe	Tropical premontane moist forest
Boreal alpine rain tundra	Warm temperate dry forest	Subtropical dry forest	Tropical lower montane desert
	Warm temperate moist forest	Subtropical moist forest	Tropical lower montane desert scrub
Cool temperate desert	Warm temperate montane desert	Subtropical wet forest	Tropical lower montane thorn steppe
Cool temperate desert scrub	Warm temperate montane desert scrub	Subtropical lower montane superarid desert	Tropical lower montane dry forest
Cool temperate steppe	Warm temperate montane steppe	Subtropical lower montane desert	Tropical lower montane moist forest
Cool temperate moist forest	Warm temperate montane moist forest	Subtropical lower montane desert scrub	Tropical lower montane wet forest
Cool temperate wet forest	Warm temperate montane wet forest	Subtropical lower montane thorn steppe	Tropical montane perarid desert
Cool temperate subalpine dry scrub	Warm temperate subalpine dry scrub	Subtropical lower montane dry forest	Tropical montane desert
Cool temperate subalpine moist forest	Warm temperate subalpine moist forest	Subtropical lower montane moist forest	Tropical montane desert scrub
Cool temperate subalpine wet forest	Warm temperate subalpine wet forest	Subtropical lower montane wet forest	Tropical montane steppe
Cool temperate subalpine rain forest	Warm temperate subalpine rain forest	Subtropical montane desert	Tropical montane moist forest
Cool temperate subalpine semisaturated forest	Warm temperate alpine wet tundra	Subtropical montane desert scrub	Tropical montane wet forest
Cool temperate alpine wet tundra	Warm temperate alpine rain tundra	Subtropical montane steppe	Tropical subalpine arid desert
Cool temperate alpine rain tundra	Warm temperate alpine semi-saturated tundra	Subtropical montane moist forest	Tropical subalpine desert



Zonas de vida de holdridge para argentina		
Cool temperate alpine semisaturated tundra	Subtropical subalpine dry scrub	Tropical subalpine dry scrub
Cool temperate alpine subsaturated tundra	Subtropical subalpine moist forest	Tropical subalpine moist forest
Cool temperate nival desert	Subtropical subalpine wet forest	Tropical subalpine wet forest
	Subtropical alpine moist tundra	Tropical alpine semiarid tundra
	Subtropical alpine wet tundra	Tropical alpine dry tundra
	Subtropical alpine rain tundra	Tropical alpine moist tundra
	Subtropical alpine semi-saturated tundra	Tropical alpine wet tundra
	Subtropical nival desert	Tropical alpine rain tundra
		Tropical nival desert

CONCLUSIONES

La metodología utilizada en décadas pasadas en trabajos donde se aplica el modelo de Holdridge en muchos casos no puede reproducirse, puesto que contaban con pocas series de datos climáticos y de esta manera la delimitación de las Zonas de Vida se definía principalmente recurriendo al conocimiento de campo y apoyándose en los límites definidos por la distribución de la vegetación. Tal es el caso del mapa de Zonas de Vida de Paraguay (Holdridge 1969) donde la base de datos climáticos se limitó a dos años. Por otra parte los mapas se realizaban con técnicas más artesanales, y por tanto, los límites de las Zonas de Vida eran subjetivos al observador. En la actualidad la potencialidad de los SIG, la posibilidad de acceso a grandes bases de datos y el empleo de modelos, permiten desarrollar una metodología fácilmente reproducible objetiva y dinámica para la aplicación del modelo de Holdridge (1967).

Los resultados aquí obtenidos representan la primera instancia de una clasificación ecológica a partir de un modelo objetivo y predictivo del funcionamiento ecosistémico. Los avances en las herramientas tecnológicas de las geociencias permitieron la integración de variables provenientes de distintas fuentes y la delimitación de una alta diversidad de unidades ecosistémicas que aportará a un estudio más preciso del funcionamiento de los grandes biomas de la Argentina. La metodología empleada permitirá comparar y analizar los cambios de distribución geográfica de las Zonas de Vida bajo escenarios climáticos específicos ocurridos en años particulares y las tendencias de cambio en dicha distribución a través de distintos intervalos temporales. Los resultados obtenidos, sientan un precedente para el modelado de las unidades ecosistémicas ante los escenarios futuros de cambio climático en la Argentina.

El límite de heladas establecido en este trabajo supera el dispuesto originalmente por Holdridge. Como consecuencia, la comparación del mapa resultante de este trabajo con otro, en el que se hubiera empleado el límite de temperatura crítica en 18°C (modelo original de Holdridge), muestra un desplazamiento hacia el Norte de Argentina del límite entre la faja Templada Cálida y Subtropical. Esto resulta en un aumento en la extensión de la faja Templada Cálida y una reducción de la Subtropical.

El análisis de la relación entre las Zonas de Vida de Holdridge y el uso del suelo, conservación de áreas naturales y tendencias ante distintos escenarios de cambio climático, serán las áreas temáticas claves en las que se basarán los próximos estudios. Se espera así, poder describir los factores que modelan los ecosistemas con mayor detalle y analizar los efectos sobre la producción en el territorio argentino.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Néstor Barrionuevo del Instituto Nacional de Clima y Agua del INTA por los datos cedidos y sus sugerencias. A Milagros Skansi, Jefa del departamento de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional por los datos cedidos. A Alberto Bianchi y Silvia Cravero por los valiosos comentarios adicionales sobre la realización de su trabajo “Atlas climático digital de la República Argentina”. Por colaborar en distintos aspectos que permitieron la publicación de este trabajo agradecemos a Gabriela Yañez, Rodrigo Gabiassi, Juan Goya, y Carolina Pérez. Al *International Institute of Tropical Forestry (IITF)* del *US Forest Service*, en especial a Ariel Lugo por su hospitalidad en el Instituto, la información y capacitación brindada sobre el tema, a Olga Ramos por sus consejos en SIG y a A. Henneh por sus comentarios respecto de la aplicación del modelo de Holdridge.

BIBLIOGRAFÍA

- Bianchi, A. R. & Cravero, S. C. 2010. “Atlas climático digital de la República Argentina”. Ediciones INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.
- Céspedes, V. W. & Tosi, J. A. 2000. “El sistema de zonas de vida”. Especial de la revista *Biocenosis*, 13(1), 2-9.
- Chakraborty, A.; Joshi, P. K.; Ghosh, A. & Areendran, G. 2013. “Assessing biome boundary shifts under climate change scenarios in India”. *Ecological indicators*, 34, 536-547.
- Ewel, J. J. & Whitmore, J. L. 1973. “The Ecological Life Zones of Puerto Rico and The U. S. Virgin Islands”. *IITF, USDA Forest Service, PR*.
- Holdridge, L. R. 1959. “Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data”. *Science*, 130(3375), 572-572.
- Holdridge, L.R. 1967. “Life zone ecology”. San José, Costa Rica: *Tropical Science Center*.
- Holdridge L. 1969. “Estudio ecológico de los bosques de la Región oriental del Paraguay”. Informe del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Gobierno de Paraguay, Asunción, 19 p.
- Jiménez-Saa, H. 1993. Anatomía del sistema de ecología basada en zonas de vida de LR Holdridge. Curso Internacional de Ecología Basada en Zonas de Vida, San José, CR, 22 feb.-13 mar. 1993, 1993-02-22.
- Lugo, A. E.; Brown, S. L.; Dodson, R.; Smith, T. S., & Shugart, H. H. 1999. “The Holdridge life zones of the conterminous United States in relation to ecosystem mapping”. *Journal of biogeography*, 26(5), 1025-1038.
- Mission, S. R. T. 2001. *Mission Overview*. *Frequenz*, 55, 3-4: <http://earthexplorer.usgs.gov/>



XVII Simposio Internacional SELPER 2016

Geotecnologías, herramientas para la construcción de una nueva visión del cambio global y su transformación para un futuro sostenible

- Thornthwaite, C. W. 1948. “*An approach toward a rational classification of climate*”. *Geographical Review*, 55-94.
- Tosi, A. J. Jr. 1960. “Zonas de Vida Natural en el Perú. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico del Perú”. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA Zona Andina.
- Tosi, A. J. Jr. 1967. “Mapa ecológico: República de Costa Rica según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge”. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica (mapa).
- Tosi A. J. Jr. 1983. “*Provisional Life Zone Map of Brazil at 1:5.000.000 scale*”. *An Institute of Tropical Forestry Publication, USDA-FS*, Río Piedras, PR: 16 p + 9p appendix.
- Unzueta, Q. 1975. “Mapa Ecológico de Bolivia. Memoria explicativa”. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. División de Suelos, Riego e Ingeniería. República de Bolivia.
- Walter, H. & Medina, E. 1971. “Caracterización climática de Venezuela sobre la base de climadiagramas de estaciones particulares”. Separata del Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Tomo XXIX. Nros. 119-120. Caracas - Venezuela.
- Yue, T., Liu, J., Jørgensen, S. E., Gao, Z., Zhang, S., & Deng, X. 2001. “*Changes of Holdridge life zone diversity in all of China over half a century*”. *Ecological Modelling*, 144(2), 153-162.

Actas XVII Simposio Internacional SELPER 2016

Eds.: Sione, W. F.; Viva Mayer, F. M.; Antes, M. E. y Serafini, M.C.
