

Pisos ecológicos de Bolivia

Wanderley Júlio Ferreira

Centro de Investigación en Ciencias Exactas e Ingeniería,
Universidad Católica Boliviana, Regional Cochabamba (CICEI-UCB-CBA)

E mail: wferreira@ucb.edu.bo

Resumen. Se aplicó el *Modelo Bioclimático Global de Rivas-Martínez*, para realizar el diagnóstico bioclimático y determinar el piso ecológico de once estaciones meteorológicas del SENAMHI, representativas de la diversidad altitudinal y latitudinal de Bolivia, que incluyen las nueve capitales departamentales. Se calcularon los nueve parámetros climáticos de precipitación y temperatura requeridos por el modelo, para el diagnóstico bioclimático, el mismo que permitió determinar diez diferentes pisos ecológicos, que incluyen siete termotipos, tres bioclimas y tres ombrotipos.

Palabras clave: Termotipos; Ombrotipos; Bioclima

Abstract: Ecological floors of Bolivia. The *Rivas-Martínez Global Bioclimatic Model* was applied to carry out the bioclimatic diagnosis and determine the ecological floor of eleven SENAMHI's meteorological stations, representatives for its altitudinal and latitudinal diversity in Bolivia, which include the nine regional capitals. Nine climatic parameters of precipitation and temperature required by the model were calculated for the bioclimatic diagnosis, which allowed the determination of ten different ecological floors, which include seven thermotypes, three bioclimates and three ombrotypes.

Keywords: Thermotypes; Ombrotypes; Bioclimate

Introducción

Los seres vivos y sus comunidades y por ende, los *biomas*, ecosistemas y hábitats que componen, no se distribuyen de manera aleatoria sobre el planeta, sino que responden a factores climáticos y geográficos determinantes, que se reflejan en la distribución actual de los mismos, producto de un proceso de adaptación y evolución a través del tiempo.

Los factores cósmicos que determinan el clima en la tierra están vinculados, entre otros, con la posición del planeta con respecto al sol, la inclinación del eje de la tierra (23.5°) y el movimiento de rotación, que condicionan a su vez la distribución de luz solar sobre el planeta; el

fotoperiodo determina las variaciones de temperatura diurna y anual sobre la superficie terrestre, condicionando las cuatro estaciones en latitudes extratropicales, poca variación estacional en latitudes eutropicales y ecuatorial y solo dos estaciones en latitudes polares. A nivel local, aspectos orográficos y topográficos, pueden llegar a determinar el bioclima, como fenómenos de inversión térmica, asimetría de valles o la sombra de lluvia (Strahler A. N. y Strahler A. H., 1989).

Según los estudios de reconstrucción climática realizados en núcleos de hielo en la Antártida, por el Proyecto EPICA y del permafrost en Siberia VOSTOK, el planeta he pasado por un periodo de estabilidad climática los últimos 11.700 años,

propiciando una explosión de biodiversidad jamás vista, la misma que, a su vez, promueve la estabilidad climática en un ciclo de retroalimentación positiva sobre el planeta (Uribe, 2015), configurando así la distribución actual de los *biomas*, ecosistemas y hábitats, que se encuentran en equilibrio como una unidad biogeofísica que se refleja en el paisaje, a diferentes niveles de escala.

La temperatura es uno de los elementos del clima que mejor refleja los factores determinantes, pudiendo establecer relaciones de dependencia. Hay una correlación inversa entre la latitud y la altitud con la temperatura, a mayor latitud y altitud menor es la temperatura. En 1802, Caldas (colombiano) con los sabios Alejandro Von Humboldt (alemán), y Aime Bonpland (francés), plantearon la teoría relativa al gradiente de la temperatura, relacionada con el factor altitudinal en los Andes (Sánchez y Garduño, 2008).

Bolivia se encuentra dentro del cinturón tropical del planeta, presentando poca variación del fotoperiodo a lo largo del año; posee más de 6000 metros de amplitud altitudinal, y 13° de amplitud latitudinal, dando como resultado una compleja gama de ensamblajes climáticos, reflejados en la diversidad de etnias, más de 175 ecosistemas (Navarro y Ferreira, 2011), 558 asociaciones vegetales (Navarro y Ferreira, 2007), más de 15.000 especies de plantas vasculares (Jørgensen *et al.*, 2015), 3000 vertebrados (Ibisch y Mérida, 2003), lo que la hace mega diversa.

Tanto los factores determinantes de clima, como la enorme diversidad ecosistémica, era conocida por las culturas precolombinas, de las cuales se destacan, la cultura Tihuanacota y la Inca, que lograron gestionar la soberanía alimentaria, gracias a la complementariedad en el

manejo de ecosistemas diferentes y en territorios discontinuos, lo que Murra (1975), denominó “*control vertical de un máximo de pisos ecológicos*”.

El piso ecológico se define como “*la faja altitudinal en las montañas caracterizada por un conjunto determinado y propio de tipos de vegetación, flora, fauna y cultivos, que se hallan adaptados a un determinado piso bioclimático*”, entendiéndolo el piso bioclimático como “*la faja altitudinal en las montañas delimitada por un intervalo o rango definido de valores de termicidad*” (Navarro, 2010).

En los procesos de planificación del territorio e intervenciones concretas de desarrollo, en todos los niveles del Estado, es imprescindible considerar los pisos ecológicos presentes en las áreas de intervención y reconocerlos en campo, con la finalidad de definir políticas públicas que permitan tomar decisiones y acciones orientadas a aprovechar, conservar y/o restaurar de manera adecuada, las potencialidades naturales y las funciones de los ecosistemas.

Con el objetivo de determinar los pisos ecológicos de Bolivia, se realizó un ejercicio de aplicación práctica del *Modelo Bioclimático Global* propuesto por Rivas-Martínez (2008), como herramienta para el diagnóstico bioclimático y determinación de pisos ecológicos.

El análisis bioclimático y determinación del piso ecológico, incluyó las 9 capitales departamentales de Bolivia y algunas localidades adicionales, con la finalidad de reflejar una muestra de la diversidad de pisos ecológicos presentes en el territorio.

Generar información sobre el territorio con herramientas sencillas, permitirá

promover procesos de planificación territorial que permita la inclusión del ser humano en equilibrio con la naturaleza.

Materiales y métodos

El modelo de Rivas-Martínez, aplicado para Bolivia, requiere un máximo de 9 parámetros históricos de precipitación y temperatura, los mismos que se encuentran disponibles en la base de datos en línea del SISMET, en la página oficial del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), con los cuales y mediante la aplicación de fórmulas sencillas, se calculan el piso térmico, la distribución de las lluvias y la humedad climática que permiten determinar el piso ecológico.

El análisis bioclimático se inició con el cálculo de los parámetros por el modelo, para las 11 estaciones meteorológicas representativas del rango altitudinal y longitudinal del país, recopilados del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), las cuales representan las nueve capitales departamentales, que poseen aproximadamente 70 años de datos registrados y estaciones meteorológicas adicionales, con aproximadamente 20 años.

El Cuadro 1 presenta los datos generales de localidad, altitud, latitud, longitud y el periodo de tiempo de los datos registrados de precipitación y temperatura, en las estaciones meteorológicas consideradas.

Cuadro 1. Datos de las estaciones meteorológicas

Nro.	Estaciones	Altitud (msnm)	Latitud Sur	Longitud Oeste	Periodo (P)	Periodo (T)
1	Trinidad Aeropuerto	156	14° 49' 24"	64° 54' 59"	1943-2020	1957-2020
2	Cobija Aeropuerto	235	11° 02' 23"	68° 46' 49"	1943-2020	1987-2020
3	Trompillo Aeropuerto	413	17° 48' 18"	63° 10' 41"	1942-2020	1949-2020
4	Tarija Aeropuerto	1875	21° 32' 48"	64° 42' 39"	1944-2020	1962-2020
5	Cochabamba Aeropuerto	2548	17° 24' 58"	66° 10' 28"	1943-2020	1987-2020
6	Sucre SENAMHI	2840	19° 02' 17"	65° 14' 35"	1943-2020	1943-2020
7	Oruro Aeropuerto	3702	17° 57' 10"	67° 04' 47"	1943-2020	1945-2020
8	El Alto Aeropuerto	4071	16° 30' 37"	68° 11' 55"	1942-2020	1962-2020
9	Potosí Aeropuerto	4100	19° 32' 12"	65° 43' 15"	1980-2020	1980-2020
10	Laguna Colorada	4278	22° 10' 20"	67° 49' 03"	1979-2001	1983-2001
11	Chacaltaya	5188	16° 20' 58"	68° 07' 57"	1944-1945 1953-1966 2004-2007	1942-1966

Fuente: Elaboración propia en base al SENAMHI, 2021

Para cada estación meteorológica fueron recopilados, sistematizados y calculados, los siguientes parámetros:

1. Precipitación media anual en mm (P)
2. Precipitación positiva anual (de los meses de T_i superior a 0°C) P_p
3. Precipitación de los dos meses consecutivos más secos (P_{d1} , P_{d2})
4. Temperatura media anual en $^\circ\text{C}$ (T)
5. Temperatura media mensual en $^\circ\text{C}$ (T_i)
6. Temperatura positiva anual (de los meses de T_i superior a 0°C) (T_p)
7. Temperatura media de los dos meses consecutivos más secos (T_{d1} , T_{d2})
8. La temperatura media de las máximas del mes más frío (M)
9. La temperatura media de las mínimas del mes más frío (m)

Los índices bioclimáticos fueron calculados según las siguientes fórmulas:

Índice de termicidad:

$$I_t = (T+M+m)*10$$

Temperatura positiva:

$$T_p = (\sum T_i \geq 0^\circ) * 10$$

Índice ombrotérmico anual positivo:

$$I_{op} = (P_p/T_p)$$

Índice ombrotérmico anual:

$$I_o = P/12T$$

Índice ombrotérmico del bimestre más seco:

$$I_{od2} = P_{d2}/T_{d2}$$

Para el termotipo o piso bioclimático, se utilizaron los horizontes térmicos en los intervalos de I_t , I_{tc} y T_p de los horizontes termotípicos correspondientes al macrobioclima tropical. El índice de termicidad pondera la intensidad del frío, factor limitante para muchas plantas y comunidades vegetales, junto con la temperatura media anual. (Rivas-Martínez, 2008).

El Cuadro 2 presenta los intervalos de valores de I_t y T_p para determinar los horizontes termotípicos.

Cuadro 2. Intervalos de valores para los termotipos

Horizontes termotípicos	I_t , I_{tc}	T_p : $I_c \geq 21$, $I_{tc} < 120$
Infratropical inferior	801 - 890	3301 - 3700
Infratropical superior	711 - 800	2901 - 3300
Termotropical inferior	601 - 710	2601 - 2900
Termotropical superior	491 - 600	2301 - 2600
Mesotropical inferior	406 - 490	2001 - 2300
Mesotropical superior	321 - 405	1701 - 2000
Supratropical inferior	241 - 320	1326 - 1700
Supratropical superior	161 - 240	951 - 1325
Orotropical inferior	(120) - 160	701 - 950
Orotropical superior	-	451 - 700
Criorotropical inferior	-	226 - 450
Criorotropical superior	-	1 - 225

Fuente: Rivas-Martínez, 2008

El ombrotipo se refiere el tipo de humedad climática de un determinado lugar. (Rivas-Martínez, 2008). Se utilizaron los intervalos del I_o , correspondientes al macrobioclima tropical (Cuadro 3). Al relacionar la precipitación con la temperatura, se mide el nivel de sequía o de humedad de una determinada localidad (Navarro, 2018).

Cuadro 3. Rango de valores del ombrotipo

Ombrotipos	I_o
Árido	0.1 – 1.0
Semiárido	1.0 – 2.0
Seco	2.0 – 3.6
Subhúmedo	3.6 – 6.0
Húmedo	6.0 – 12.0
Hiperhúmedo	12.0 – 24.0
Ultrahiperhúmedo	> 24.0

Fuente: Rivas-Martínez, 2008

El bioclima relaciona la sequía o la humedad anual con los dos meses consecutivos más secos, midiendo la distribución anual de las lluvias, factor determinante para los ecosistemas, más que el monto total anual (Rivas-Martínez, 2008; Navarro, 2018). Se utilizaron los siguientes intervalos de I_o y el I_{od2} , correspondientes al macrobioclima tropical (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rango de valores para el bioclima

Bioclima	Valor de I_{od2}	Valor de I_o
Pluvial	> 2.5	> 3.6
Pluviestacional		> 3.6
Xérico	< 2.5	1.0 – 3.6
Desértico		0.2 – 1.0

Fuente: Rivas-Martínez, 2008

El bioclima pluvial se caracteriza por presentar lluvias durante todo el año, aunque puede disminuir en algunos meses, sin causar estrés hídrico. El bioclima pluviestacional presenta lluvias todo el año, con una marcada disminución durante tres a cinco meses. En el bioclima xérico, no llueve significativamente durante todo el año y presenta una época seca muy larga (Rivas-Martínez, 2008; Navarro, 2018). Para la correspondencia entre el termotipo/piso bioclimático, pisos altitudinales e intervalos altitudinales de referencia, correspondientes al macrobioclima tropical, se utilizaron los criterios propuestos por Rivas-Martínez, 2008; Josse *et al.* 2009 y Navarro, 2018 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Correspondencia entre pisos bioclimáticos, pisos y límites altitudinales

Piso bioclimático	Pisos altitudinales	Intervalos altitudinales (orientativos en msnm)
Infratropical	Basal inferior	menor a 500-800
Termotropical	Basal superior y basimontano	500-800* a 1800-1900
Mesotropical	Montano	1800-1900 a 2900-3200
Supratropical	Altimontano	2900-3200 a 3900-4100
Orotropical	Altoandino	3900-4100 a 4300-4600
Criorotropical	Subnival	4300-4600 a 4800-5200
Gélido	Nival	Mayor a 4800-5200

Fuente: Rivas Martínez, 2008; Josse *et al.* 2009 y Navarro, 2018 (con ajustes mínimos)

* En el caso de Bolivia, el piso bioclimático termotropical, en latitudes superiores a los 16° de latitud Sur, puede presentarse en altitudes inferiores

Resultados y discusión

En base al procesamiento de los datos de las estaciones meteorológicas del SENAMHI, se calcularon los promedios mensuales de datos con todos los años disponibles para la estación; los nueve parámetros utilizados para calcular los índices bioclimáticos se presentan en el Cuadro 6.

Aplicando las fórmulas del modelo bioclimático de Rivas-Martínez (2008), se obtuvieron los índices de termicidad, el bioclima y ombrotipo de todas las esta-

ciones, los mismos que se muestran en el Cuadro 7, ordenados de manera altitudinal y latitudinal.

Al ordenar los datos de las estaciones, se evidencia la correlación negativa entre la temperatura, en este caso el índice de termicidad, con la altitud y la latitud (Sánchez N. y Garduño R., 2008). Se observa en el Cuadro 7, como, a medida que se presentan menores valores de altitud y latitud, los valores del It, aumentan, como en las estaciones de Trinidad y Cobija, y lo contrario ocurre en las estaciones de Oruro y Potosí.

Cuadro 6. Parámetros calculados de precipitación y temperatura

Estaciones	Parámetros							
	P/Pp (mm)	T/Tp (°C)	M (°C)	m (°C)	Pd1 (mm)	Pd2 (mm)	Td1 (°C)	Td2 (°C)
Trinidad Aeropuerto	1828.77	25.65	29.44	16.29	40.04	38.65	22.86	24.26
Cobija Aeropuerto	1859.40	25.78	30.89	17.10	30.59	23.66	24.23	24.07
Trompillo Aeropuerto	1349.15	23.92	24.62	15.36	59.28	44.82	20.00	21.95
Tarija Aeropuerto	596.46	17.94	24.22	2.43	0.60	0.95	13.54	13.39
Cochabamba Aeropuerto	467.09	17.09	24.34	2.13	1.99	2.19	13.44	13.45
Sucre SENAMHI	650.83	15.07	25.38	-0.68	1.53	3.24	12.87	12.50
Oruro Aeropuerto	387.55	8.57	15.39	-8.86	4.48	3.73	3.43	3.27
El Alto Aeropuerto	602.52	7.54	13.32	-3.55	5.91	7.39	5.15	4.83
Potosí Aeropuerto	361.93	7.94	18.13	-8.97	0.97	1.60	5.14	4.85
Laguna Colorada*	90.73	26.04			0.00	1.52	-1.78	-1.82
Chacaltaya*	366.07	30.58			6.50	9.38	-1.58	-2.04

Fuente: Elaboración propia en base a datos de las estaciones meteorológicas del SENAMHI, 2021

*Estaciones con temperaturas medias mensuales menores a cero grados donde se calcularon la temperatura y precipitación positiva

Se encontró los siete pisos térmicos que posee la clasificación bioclimática de Rivas-Martínez, para el macrobioclima tropical. Estos van desde el piso infratro-

pical, al norte de Bolivia, cuyo límite está establecido por la variación latitudinal, los demás pisos, se distribuyen altitudinalmente y latitudinalmente (Cuadro 8).

Cuadro 7. Índice de termicidad (It), temperatura positiva (Tp), índice ombrotérmico anual (Io) y de los dos meses consecutivos más secos (Iod2)

Estaciones	Datos generales		Índices		
	Altitud (msnm)	Latitud Sur	It/Tp	Io/Iop	Iod2
Chacaltaya *	5188	16° 20' 58"	30.58	11.97	-4.39
Laguna Colorada *	4278	22° 10' 20"	260.38	3.48	-0.42
Oruro Aeropuerto	3702	17° 57' 10"	151.08	2.10	1.22
Potosí Aeropuerto	4100	19° 32' 12"	170.97	3.80	0.26
El Alto Aeropuerto	4071	16° 30' 37"	173.16	6.66	1.33
Cochabamba Aeropuerto	2548	17° 24' 58"	435.62	2.28	0.16
Sucre SENAMHI	2840	19° 02' 17"	397.71	3.60	0.19
Tarija Aeropuerto	1875	21° 32' 48"	445.85	2.77	0.06
Trompillo Aeropuerto	413	17° 48' 18"	639.05	4.70	2.48
Trinidad Aeropuerto	156	14° 49' 24"	713.77	5.94	1.67
Cobija Aeropuerto	235	11° 02' 23"	737.64	6.01	1.12

Fuente: Elaboración propia, 2021

*Estaciones con temperaturas medias mensuales menores a cero grados donde se calcularon la temperatura, precipitación e índice ombrotérmico positivo

Cuadro 8. Diagnóstico bioclimático: Termotipo, bioclima y ombrotipo

Estaciones	Diagnóstico bioclimático		
	Termotipo	Bioclima	Ombrotipo
Chacaltaya	Criorotropical superior	Pluvial	Húmedo
Laguna Colorada	Criorotropical inferior	Xérico	Seco
Oruro Aeropuerto	Orotropical inferior	Xérico	Seco
Potosí Aeropuerto	Supratropical superior	Pluviestacional	Subhúmedo
El Alto Aeropuerto	Supratropical superior	Pluviestacional	Húmedo
Cochabamba Aeropuerto	Mesotropical inferior	Xérico	Seco
Sucre SENAMHI	Mesotropical superior	Pluviestacional	Subhúmedo
Tarija Aeropuerto	Mesotropical inferior	Xérico	Seco
Trompillo Aeropuerto	Termotropical inferior	Pluviestacional	Subhúmedo
Trinidad Aeropuerto	Infratropical superior	Pluviestacional	Subhúmedo
Cobija Aeropuerto	Infratropical superior	Pluviestacional	Húmedo

Fuente: Elaboración propia, 2021

El piso gélido no figura en el diagnóstico ya que no se cuenta con ninguna estación meteorológica. Este piso se encuentra en las cumbres de las cordilleras Occidental y Oriental, por encima de 4800-5200 msnm, en algunos casos cubiertas de glaciares, siendo Chacaltaya una de las estaciones meteorológicas más altas, con 5188 msnm.

El piso ecológico refleja en el paisaje la interacción de factores térmicos, bioclimas y ombrotipos, en cientos de combinaciones posibles, sin contar los factores orográficos y topográficos.

Esto se puede observar en el Cuadro 9, donde cada estación estudiada tiene su propio piso ecológico, exceptuando las estaciones de Sucre y Cochabamba, que comparten un mismo piso ecológico.

Más de la mitad de las estaciones presentan bioclima pluviestacional y el ombrotipo subhúmedo; Cobija y El Alto, si bien tienen el bioclima pluviestacional, presentan un ombrotipo húmedo.

Los valles en sombra de lluvia de Cochabamba y Tarija, poseen el bioclima xérico y ombrotipo seco, al igual que las estaciones del Altiplano Central y Sur (Maldonado *et al.* 2012).

El bioclima pluvial, en Bolivia se encuentra en la vertiente oriental de la cordillera Oriental, en el Norte de los departamentos de La Paz y Cochabamba, (Navarro y Maldonado, 2002; Navarro, 2011). De las estaciones estudiadas solo el Chacaltaya posee este bioclima.

Cuadro 9. Pisos ecológicos de las estaciones meteorológicas estudiadas

Estaciones	Datos generales		Piso ecológico
	Altitud (msnm)	Latitud Sur	
Chacaltaya	5188	16° 20' 58"	Subnival pluvial húmedo
Laguna Colorada	4278	22° 10' 20"	Subnival Xérico seco
Oruro Aeropuerto	3702	17° 57' 10"	Altoandino Xérico Seco
Potosí Aeropuerto	4100	19° 32' 12"	Altimontano pluviestacional subhúmedo
El Alto Aeropuerto	4071	16° 30' 37"	Altimontano pluviestacional húmedo
Cochabamba Aeropuerto	2548	17° 24' 58"	Montano xérico seco
Sucre SENAMHI	2840	19° 02' 17"	Montano pluviestacional subhúmedo
Tarija Aeropuerto	1875	21° 32' 48"	Montano xérico seco
Trompillo Aeropuerto	413	17° 48' 18"	Basimontano y Basal superior pluviestacional subhúmedo
Trinidad Aeropuerto	156	14° 49' 24"	Basal inferior pluviestacional subhúmedo
Cobija Aeropuerto	235	11° 02' 23"	Basal inferior pluviestacional húmedo

Fuente: Elaboración propia, 2021

En la estación de Oruro, se observa el fenómeno de inversión térmica del Altiplano; según la altitud correspondería el piso Altimontano, sin embargo, el valor del It corresponde al piso Altoandino, lo mismo con la estación de Laguna Colorada, por la altitud correspondería al piso Altoandino, sin embargo los valores de Tp indican que es Subnival.

Conclusiones

- Bolivia cuenta con siete pisos bioclimáticos que reflejan la amplitud altitudinal del relieve que va desde 80 a más de 6500 msnm. En el caso de las tierras bajas de Norte, donde la diferencia de altitud no es significativa, este límite es un piso latitudinal que separa el piso infratropical del Norte del país con el piso termotropical en el centro y Sur de las tierras bajas y sub andino.
- Diez de las once estaciones analizadas mostraron diferentes pisos ecológicos, reflejando una muestra de la diversidad existente en la geografía nacional.
- Se determinó el bioclima y ombrotipo, pluviestacional subhúmedo en Sucre, Santa Cruz, Potosí y Trinidad; Pluviestacional Húmedo en Cobija y el Alto; Xérico seco en Cochabamba, Tarija, Oruro y Laguna Colorada.
- El ejercicio aplicado en el marco conceptual del modelo bioclimático de Rivas-Martínez, demuestra la utilidad del mismo para el diagnóstico bioclimático y determinación del piso ecológico, en base a datos disponibles y constantemente actualizados de las bases de datos de las estaciones meteorológicas del sistema nacional del SENAMHI.
- Los pisos ecológicos tienen una gran aplicabilidad como herramienta fácil aplicación que ayuda a la comprensión integral y causal del territorio, su diversidad y particularidad, permitiendo orientar la toma de decisiones en los procesos de gestión territorial a diferentes niveles de escala.

Referencias citadas

- Ibisch P., Mérida G. (eds.). 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 638 p.
- Jørgensen P., Nee M., Beck S. 2015. Catálogo de las Plantas Vasculares de Bolivia. Missouri Botanical Garden Press. Misuri, Estados Unidos. 1741 p.
- Josse C., Cuesta F., Navarro G., Barrena V., Cabrera E., Chacon Moreno E., Ferreira W., Peralvo M., Saito J., Tovar A. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centrales. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaria General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Paramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, Natureserve, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima. Perú. 96 p.
- Maldonado M., Navarro G., Acosta F., Aguilera X., De La Barra N., Cadima M., Coronel J., Fernández E., Ferreira W., Goitia E. 2012. Humedales y cambio climático en los Altos Andes de Bolivia. Proyecto Modelización Ecogeográfica del Efecto del Cambio Climático en Ecosistemas Acuáticos Altoandinos de Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Unidad de Limnología y Recursos

- Acuáticos. DICyT ASDI. Cochabamba, Bolivia. 40 p.
- Murra J. 1975. El control vertical de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. **En:** Formaciones Económicas y Políticas del Mundo Andino (p. 59-115). Instituto de Estudios Peruanos. Lima. Perú.
- Navarro G., Maldonado M. 2002. Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes Acuáticos. 1^{ra}. ed. Centro de Ecología Fundación Simón I. Patiño (ed.). Cochabamba, Bolivia. 719 p.
- Navarro G. 2011. Clasificación de la Vegetación de Bolivia. 1^{ra} ed. Centro de Ecología Fundación Simón I. Patiño (ed.). Santa Cruz, Bolivia. 713 p.
- Navarro G. 2010. Medio ambiente, biodiversidad y desarrollo sostenible. Fundación Simón I. Patiño. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. p. 49-144.
- Navarro G., Ferreira W. 2011. Mapa de Sistemas Ecológicos de Bolivia, escala 1 : 250000. Cochabamba, Bolivia: CD-Rom. Rumbol SRL.
- Navarro G. Ferreira W. 2007. Mapa de Vegetación de Bolivia, escala 1: 250000. Cochabamba, Bolivia. CD-Rom. The Nature Conservancy (TNC), CONDESAN, The Nature-serve. RUMBOL SRL.
- Navarro G. 2018. Guía para la inclusión de factores ecológicos, biodiversidad y unidades de análisis en los procedimientos de evaluación ambiental en Bolivia. Center for Development Research (ZEF). University of Bonn, Germany. Universidad Católica Boliviana "San Pablo" (UCB). Cochabamba, Bolivia. 134 p.
- Rivas-Martínez S. 2008 Global bioclimatics (Clasificación bioclimática de la Tierra) Centro de Investigaciones Fitosociológicas. *En línea*. Disponible en: https://webs.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics-2008_00.htm
Consultado el 10 de julio de 2021.
- Sánchez N., Garduño R. 2008. Algunas consideraciones acerca de los sistemas de clasificación climática. Revista Contactos 68. UNAM. México. p. 5-10.
- Strahler A., Strahler A. 1989. Geografía física (3a. ed. reimp. 2000.). Barcelona: Omega. 636 p.
- Uribe B. 2015. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas. Santiago, Chile. 86 p.

Trabajo recibido el 19 de julio de 2021 - Trabajo aceptado el 27 de julio de 2021