

Determinación biogeográfica (zonas de vida) en la provincia de Pichincha

Biogeographic Determination (life zones) in the Province of Pichincha

Pérez, Héctor; Anrango, María José; Villagrán, Gabriela; Ortiz, Daniel; Chela, Lizeth; Fernández, Leonardo



Héctor Pérez

hperez@tecnologicosucre.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Sucre, Ecuador

María José Anrango

mandrango@tecnologicosucre.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Sucre, Ecuador

Gabriela Villagrán

gvillagran@tecnologicosucre.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Sucre, Ecuador

Daniel Ortiz

dortiz@tecnologicosucre.edu.ec

Instituto Nacional de Biodiversidad - INABIO, Ecuador

Lizeth Chela

lchela@tecnologicosucre.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Sucre, Ecuador

Leonardo Fernández

lfernandez@tecnologicosucre.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Sucre, Ecuador

Resumen: En la provincia de Pichincha, el manejo de las zonas ecológicas garantiza la calidad y cantidad de agua en las cuencas y subcuencas hidrológicas; sin embargo, la deforestación y el deterioro de la cobertura vegetal ponen en riesgo los remanentes de sus bosques, ya que la destrucción de los recursos naturales afecta directamente al suministro de agua y su calidad. En este contexto, los programas de conservación y protección de áreas silvestres orientan sus esfuerzos al aspecto organizativo, involucrando así a las comunidades, sus líderes e instituciones educativas como actores primarios para la conservación y protección ambiental, procurando siempre determinar las áreas con agrupaciones similares de plantas y animales. Por tanto, considerando la orografía de la subcuenca del río Guayllabamba, se obtiene información de análisis preliminar de la agencia estatal (INAMHI), la cual cuenta con datos de temperatura, precipitación e hidrología a nivel nacional registrados a través de las estaciones automáticas ubicadas en puntos estratégicos; tomando como punto de referencia para el análisis climático, la estación hidrológica AJ Cubi que incentiva la triangulación y cierre de áreas. Cabe señalar que los parámetros esenciales para determinar de manera general los recursos existentes de una región son la temperatura y la precipitación.

Palabras clave: cuenca, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, precipitación, pisos biogeográficos, subcuenca, temperatura, zonas de vida, Holdridge.

Abstract: In the Pichincha province, the management of ecological zones guarantees the quality and quantity of water in the basins and hydrological sub-basins; however, deforestation and deterioration of the vegetation cover put the remnants of their forests at risk, since the destruction of natural resources directly affects the water supply and its quality. In this context, the programs for the conservation and protection of wildlife areas, direct their efforts to the organizational aspect, thus involving the communities, their leaders, and, educational institutions as primary actors for the conservation and environmental protection, always trying to determine the areas with similar groupings of plants and animals. In this sense, considering the orography of the Guayllabamba river sub-basin, preliminary analysis information is obtained from the state agency (INAMHI), which has temperature, precipitation, and

Ecuadorian Science Journal

GDEON, Ecuador

ISSN-e: 2602-8077

Periodicidad: Semestral

vol. 5, núm. 3, Esp., 2021

esj@gdeon.org

Recepción: 30 Septiembre 2021

Aprobación: 04 Octubre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/606/6062738021/>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.158>

Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra sus sitios web personales o en depósitos institucionales, después de su publicación en esta revista, siempre y cuando proporcionen información bibliográfica que acredite su publicación en esta revista. Licencia de Creative Commons Las obras están bajo una <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Pérez , H., Anrango , M. J., Villagrán , G., Ortiz , D., Chela , L., & Fernández , L. (2021). Determinación biogeográfica (zonas de vida) en la provincia de Pichincha. Ecuadorian Science Journal, 5(3), 239-261. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.158>

hydrology data at the national level registered through automatic stations located at strategic points; taking as a point of reference for climate analysis, the AJ Cubi Estación hidrológica that encourages triangulation and closure of areas. It should be noted that the essential parameters to determine in a general way the existing resources of a region are temperature and precipitation.

Keywords: basin, potential evapotranspiration, actual evapotranspiration, precipitation, biogeographic floors, sub-basin, temperature, life zones, Holdridge.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Pichincha, las zonas ecológicas tienen gran importancia e impacto en la calidad y cantidad de los recursos hidrológicos, las zonas ecológicas brindan sistemas de drenaje natural abasteciendo el caudal de ríos, lagos y lagunas, los cuales se ven afectados por el cambio climático que, debido a la contaminación generada por las diferentes actividades antropogénicas, incluyendo la deforestación, destrucción de hábitats naturales, aumento poblacional, emisiones atmosféricas, actividades agrícolas y ganaderas, comprometen la diversidad biológica de las especies y, por ende, la sustentabilidad de los ecosistemas.

Los fenómenos climáticos definen las características biológicas de una determinada región, siendo de vital importancia establecer criterios para lograr niveles organizados de manejo, conservación y protección ambiental. En consecuencia, la presente investigación identifica de manera técnica las características de la cobertura vegetal y fauna a nivel de la provincia de Pichincha. Para ello, se han propuesto diferentes tipos de tratamiento para obtener agua segura para brindar una alternativa menos costosa con una alta tasa de uso eficiente en comparación con el consumo.

MÉTODOS

Áreas de estudio

Para la obtención de los datos meteorológicos se realizó la selección de diez estaciones meteorológicas y una estación hidrológica que sirvió como punto de referencia para definir el área de estudio, de tal forma que los datos registrados permitan un análisis profundo de la determinación biogeográfica que viabilice el alcance del objetivo de la investigación. En la Tabla 1, se observa la ubicación de las estaciones meteorológicas e hidrológicas.

TABLA 1.
Estaciones meteorológicas e hidrológicas

Código	Nombre de estación	Latitud	Largo
H-145	Estación hidrológica AJ Cubi	0° 5' 35" N	78° 25' 40" W
M-0353	Estación hidrológica Rumipamba - Pichincha	0° 25' 39" S	78° 24' 57" W
M-0364	Estación hidrológica Loreto Pedregal	0° 33' 41" S	78° 25' 35" W
M-0113	Estación hidrológica Uyumbicho	0° 23' 18" S	78° 31' 31" W
M-002	Estación hidrológica La tola	0° 13' 46" S	78° 22' 0" W
M-009	Estación hidrológica La Victoria	0° 3' 36" S	78° 12' 2" W
M-023	Estación hidrológica Olmedo - Pichincha	0° 8' 53" N	78° 2' 52" W
M-105	Estación hidrológica Otavalo	0° 14' 16" N	78° 15' 35" W
M-345	Estación hidrológica Calderón	0° 5' 54" S	78° 25' 15" W

INAMHI

Datos de precipitaciones

Los datos de precipitación se obtuvieron de los anuarios climatológicos que genera el INHAMI; para garantizar la precisión en el análisis de estos datos, fue necesario establecer los coeficientes de correlación entre las estaciones meteorológicas de precipitación y temperatura, para lo cual se realizaron regresiones lineales simples, con la finalidad de determinar los datos faltantes. En la Tabla 2 y Tabla 3, se muestra la precipitación media anual.

TABLA 2.
Precipitación media (enero - agosto)

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
M-364	156,3	160,4	169,7	175,6	130,4	50,1	42,1	27,1
M-113	145,3	161	182,1	175,6	135,2	53,7	34	29,2
M-105	71,6	78,5	117,5	133,8	99,8	36,2	22,2	14,8
M-009	45,3	50,8	63,7	84,3	55,4	24,5	11,8	8
M-105	71,6	78,5	117,5	133,8	99,8	36,2	22,2	14,8
M-023	71,9	94	89,8	73,7	70,9	44,9	20,7	15,8
M-358	74,3	82,9	103,1	108,9	61,5	20,9	14,9	6,4
M-345	53,1	52,3	75,5	96,6	52,7	16,3	12	4,7
M-594	87	74,59	98,1	121	105,92	57,08	37,62	26,17
M-009	45,3	50,8	63,7	84,3	55,4	24,5	11,8	8

INAMHI

TABLA 3.
Precipitación media (septiembre - diciembre)

Código	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma	Promedio
M-364	55,1	146,8	191	157,1	1462,3	121,8
M-113	53,4	110,6	133,9	145,8	1360,2	113,3
M-105	38,2	88,3	103	78,2	882,4	73,5
M-009	24,9	55,4	50,1	49,6	524,3	43,6
M-105	38,2	88,3	103	78,2	882,4	73,5
M-023	36,4	79,4	99,8	84,4	782,3	65,1
M-358	26,4	52,6	55	63,4	670,9	55,9
M-345	29,9	61,1	51,2	45,3	551,2	45,9
M-594	45,5	68,7	100,17	109,2	931,06	77,6
M-009	24,9	55,4	50,1	49,6	524,3	43,6

INAMHI

Parcela de Isoyetas

El área parcial que se toma como punto de referencia es la estación hidrológica para poder generar las isolíneas de precipitación a través de la herramienta de trabajo Arc Gis 10.2.2.

- Para trazar líneas de igual precipitación en función de la altura, se tiene en cuenta la topografía de la subcuenca.
- Para el trazado de isoyetas, se toman los valores enteros que terminan en cero.
- Para la representación gráfica, transformamos las coordenadas geográficas de las estaciones a coordenadas UTM e insertamos los datos de precipitación obtenidos en Excel.

Una vez definidas las áreas que existen entre cada estación, se aplica la Ecuación (1):

$$P_m = \sum \frac{\text{promedio} \cdot A_i}{AT \text{ cuenca}} \quad [1]$$

Finalmente, ingresamos los datos obtenidos en la herramienta de trabajo Arcgis para la representación gráfica como se muestra en la Tabla 4.

TABLA 4
Isoyetas

Isoyetas (mm)	Promedio (mm)	Área parcial (m ²)	Área parcial * ISO Promedio (m ² * mm)
2800	2600	122x10 ⁶	3,172x10 ¹¹
2400	2200	93 x10 ⁶	2,046x10 ¹¹
2000	1800	145 x10 ⁶	2,61x10 ¹¹
1600	1400	179 x10 ⁶	2,506x10 ¹¹
1200	1000	334 x10 ⁶	3,34 x10 ¹¹
800	1000	156 x10 ⁶	1,56 x10 ¹¹
1200	1000	236 x10 ⁶	2,36 x10 ¹¹
800	600	410 x10 ⁶	2,46 x10 ¹¹
400	600	262 x10 ⁶	1,572 x10 ¹¹
800	1000	114 x10 ⁶	1,14 x10 ¹¹
1200	1000	285 x10 ⁶	2,85 x10 ¹¹
800	1000	181 x10 ⁶	1,81 x10 ¹¹

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica

Ejemplo de cálculo de precipitación media.

$$P_m = \sum \frac{\text{promedio} \cdot A_i}{AT \text{ cuenca}}$$

$$P_m = \frac{2,7426 \times 10^{12} \text{ mm} \cdot \text{m}^2}{2517 \times 10^6 \text{ m}^2}$$

$$P_m = 1089,63 \text{ mm}$$

[2]

Cálculo de isotermas

Para establecer la temperatura media se realizó el mismo proceso aplicado a las isoyetas, tomando datos de la temperatura media anual, las coordenadas de las estaciones meteorológicas y la altura a la que se ubican las estaciones, además, se toma como gradiente térmico una función de la altura. De esta forma se establece un levantamiento de isotermas dentro de la subcuenca y su influencia a nivel regional.

La distribución de la temperatura se representa en mapas isotérmicos que unen puntos de la misma temperatura anual representados en la Tabla 5 y Tabla 6.

TABLA 5.

Temperatura media de las estaciones meteorológicas en puntos de la misma temperatura (enero – agosto)

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
M-0113	14,1	14	13,9	14	14	13,8	13,6	13,9
M-023	11,8	11,8	11,9	12,2	12,3	11,9	11,8	11,7
M-009	17,2	17,2	17,3	17,3	17,3	17,1	17,1	17,4
M-002	15,5	15,6	15,6	15,6	15,7	15,7	15,6	15,8
M-105	14,6	14,5	14,7	14,8	14,8	14,5	14,3	14,4

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica

TABLA 6.

Temperatura media de las estaciones meteorológicas en puntos de la misma temperatura (septiembre – diciembre)

Código	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma	Promedio
M-0113	13,8	13,9	13,8	13,9	1499	13,9
M-023	11,8	12,3	12,3	12,2	144,5	12
M-009	17,3	17,4	17,3	17,2	207,8	17,3
M-002	15,7	15,6	15,5	15,5	188,1	15,6
M-105	14,6	14,9	15	14,8	176,4	14,7

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica

Ejemplo de cálculo de la temperatura media anual.

$$T = \frac{\sum ti}{n} \quad [3]$$

Donde:

Ti: Temperatura promedio de la estación meteorológica

n: Número de estaciones meteorológicas.

$$T = \frac{t1 + t2 + t3 + t4 + t5}{5}$$

$$T = \frac{13,9^{\circ}\text{C} + 12^{\circ}\text{C} + 15,6^{\circ}\text{C} + 17,3^{\circ}\text{C} + 14,7^{\circ}\text{C}}{5}$$

$$T = 14,7^{\circ}\text{C}$$

[3.1]

TABLA 7.
Datos de temperatura anual promedio

Código	Nombre de la estación	Coordenadas		Anual promedio T (°C)
		X	Y	
M-0113	Uyumbicho	775455	9957037	13,9
M-023	Olmedo - Pichincha	828654	9983614	12
M-002	La Tola	793126	9974613	15,6

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica

Cálculo del índice de calor mensual de las estaciones

La evapotranspiración potencial es la cantidad de agua que, si estuviera disponible, se evapotranspiraría de una superficie determinada.

La evapotranspiración potencial máxima es la lluvia disponible.

El método de Thornthwaite es el más adecuado para definir este parámetro. Este método consiste en calcular la evapotranspiración potencial para cada mes, a partir de la suma de estos datos se calcula el valor anual.

Tiene la ventaja de utilizar dos factores, la temperatura media mensual y la latitud que implícitamente introduce, la duración teórica de la insolación y tiene el inconveniente de no tener en cuenta la humedad del aire.

Una vez calculada la evapotranspiración potencial anual, se obtiene la evapotranspiración real siguiendo el método indicado:

$$\text{Cálculo del índice térmico} = \left[\frac{(\theta)}{(5)} \right]^2 \quad [4]$$

Donde:

i: Índice térmico

la temperatura media mensual en °C.

- La suma total de los valores térmicos para obtener un índice anual:

$$I = \sum i \text{ Promedio mensual} \quad [5]$$

- La evapotranspiración potencial no corregida mensual viene dada por la siguiente expresión:

$$ET_p = C \times \theta^a (\text{Promedio mensual})$$

Donde:

ETp = Evapotranspiración potencial

$$a = 675 \times 10^{-9} |3.77| \times 10^{-7} |2 + 1.79 \times 10^{-2}| + 0.492$$

$$C = 1,6 \times \left[\frac{(10)}{(7)} \right]^2$$

[7]

Los coeficientes de C y a son los mismos para cada mes y se dan en función del índice anual.

TABLA 8.

Temperaturas mensuales promedio de la sub cuenca del río Guayllabamba (enero – julio)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
T °C	14,64	14,62	14,68	14,78	14,82	14,6

Autores

TABLA 9.

Temperaturas mensuales promedio del subterráneo del río Guayllabamba (agosto – diciembre)

	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T °C	14,64	14,64	14,82	14,78	14,72

Autores

Aplicando este método y obteniendo los datos previamente, calculamos la ETp que presenta la subcuenca del río Guayllabamba, realizando el cálculo del índice térmico mensual, utilizando el mes de enero, es:

Índice térmico mensual de enero:

$$i = \left[\frac{(10)}{(5)} \right] 1,514$$

$$i = \left[\frac{(14,64)}{(5)} \right] 1,514$$

$$i = 5,09 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[7.1]

TABLA 10.

Índice térmico mensual promedio del subterráneo del río Guayllabamba (enero – agosto)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
I °C	5,09	5,08	5,11	5,16	5,18	5,02	5,00	5,09

Autores

TABLA 11
Índice térmico mensual promedio del subterráneo del río Guayllabamba (septiembre – diciembre)

	Sep	Oct	Nov	Dic	Σi Sumatoria

Autores

Ejemplo de cálculo de la evapotranspiración potencial corregida utilizando el mes de enero:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} |3-7,71 \times 10^{-5}|^2 + 0,017925 \times |1+0,49239|$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} (61,32)^3 - 7,71 \times 10^{-5} (61,32)^2 + 1,79 \times 10^{-2} (61,32) + 0,49239$$

$$a = 1,44$$

$$ET_p = 1,6 \times \left[\frac{(10+8)}{(7)} \right] a$$

$$ET_p = 1,6 \times \left[\frac{(10)(14,64)}{(61,32)} \right] 1,44$$

$$ET_p = 5,60$$

[7.2]

TABLA 12.
Evapotranspiración potencial corregida mensual del subterráneo del río Guayllabamba (enero – junio)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
ETp	5,60	5,59	5,62	5,68	5,70	5,58

Autores

TABLA 13.
Evapotranspiración potencial corregida mensual del subterráneo del río Guayllabamba (agosto – diciembre)

	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ETp	5,60	5,60	5,70	5,68	5,65

Autores

Cálculo de la corrección por el número de días del mes y el número de horas de sol.

Para calcular la evapotranspiración corregida, se utiliza:

$$ETP = ETP_{Uncorrected} \frac{N}{12} \frac{d}{30} \quad [8]$$

Donde:

ETP= Evapotranspiración potencial corregida

N= número máximo de horas de sol, según el mes y la latitud equivalente (mm / día). Mesa Allen et al. 1998.

TABLA 14
Coeficientes de incidencia solar según latitud geográfica

LatN.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Lat S.	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50°	8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3
48°	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16
44°	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7
44°	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4
42°	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2
40°	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15
35°	10,1	11	11,9	13,1	14	14,5
30°	10,4	11,1	12	12,9	13,6	14
25°	10,7	11,3	12	12,7	13,3	13,7
20°	11	11,5	12	12,6	13,1	13,3
15°	11,3	11,6	12	12,5	12,8	13
10°	11,6	11,8	12	12,3	12,6	12,7
5°	11,8	11,9	12	12,2	12,3	12,4
0°	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
LatN.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Lat S.	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50°	15,9	14,5	12,7	10,8	9,1	8,1
48°	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46°	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44°	15,2	14	12,6	11	9,7	8,9
42°	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40°	14,7	13,7	12,5	11,2	10	9,3
35°	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30°	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25°	13,5	13	12,3	11,6	10,9	10,6
20°	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15°	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,1
10°	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5

Allen Et

Sabiendo que:

$$f = \frac{N}{12} \quad [9]$$

Donde:

f = Factor de reducción

N = Número de días del mes (el número de días correspondiente se ingresa cada mes hasta completar los 12.

Ahora se debe ubicar la latitud de la provincia de Pichincha para realizar las interpolaciones correspondientes a fin de obtener los valores de N.

Latitud de la provincia de Pichincha:

TABLA 15.
Coeficientes de incidencia solar según latitud geográfica

Temperatura promedio de temporada						Temperatura promedio mensual
	M-0113	M-023	M-009	M-002	M-105	
Ene	14,1	11,8	17,2	15,5	14,6	14,64
Feb	14	11,8	17,2	15,6	14,5	14,62
Mar	13,9	11,9	17,3	15,6	14,7	14,68
Abr	14	12,2	17,3	15,6	14,8	14,78
May	14	12,3	17,3	15,7	14,8	14,82
Jun	13,8	11,9	17,1	15,7	14,5	14,6
Jul	13,6	11,8	17,1	15,6	14,3	14,48
Ago	13,9	11,7	17,4	15,8	14,4	14,64
Sep	13,8	11,8	17,3	15,7	14,6	14,64
Oct	13,9	12,3	17,4	15,6	14,9	14,82
Nov	13,8	12,3	17,3	15,5	15	14,78
Dic	13,9	12,2	17,2	15,5	14,8	14,72

Autores

TABLA 16.
Coeficientes de incidencia solar según latitud geográfica

	(i) Índice de calor mensual	ETP sin corr = $1,6 \left(\frac{10 t}{I} \right)^{\alpha}$	N	f = $N/12$	# de días del mes	# de días del mes (d/30)	ETP (mm/año)
Ene	5,09	5,60	12,11	1,01	31	1,03	5,84
Feb	5,08	5,59	12,11	1,01	28	0,93	5,27
Mar	5,11	5,62	12,11	1,01	31	1,03	5,87
Abr	5,16	5,68	12,11	1,01	30	1,00	5,73
May	5,18	5,70	12,11	1,01	31	1,03	5,94
Jun	5,07	5,58	12,11	1,01	30	1,00	5,63
Jul	5,00	5,51	12,11	1,01	31	1,03	5,77
Ago	5,09	5,60	12,11	1,01	30	1,00	5,65
Sep	5,09	5,60	12,11	1,01	31	1,03	5,84
Oct	5,18	5,70	12,11	1,01	31	1,03	5,94
Nov	5,16	5,68	12,11	1,01	30	1,00	5,73
Dic	5,13	5,65	12,11	1,01	31	1,03	5,89
(i) Índice de calor anual 1,46 61,32 $\alpha=1,44$							ETP Anual 69,09

Autores

Cálculo de la evapotranspiración por el método TURC

Sabiendo que la evapotranspiración es la suma de la cantidad de agua que pasa a la atmósfera a través de los procesos de evaporación interceptados por el suelo y la transpiración de las plantas, dicha transpiración es la cantidad de agua que se devuelve a la atmósfera por procesos biológicos a través de las hojas y el tallo de las plantas.

En consecuencia, aplicando este método se obtienen valores que se ven afectados por errores porcentuales en cuencas que presentan alto relieve, nieve o alta precipitación.

A partir de los mapas de Isoyetas e Isotermas, y utilizando como parámetros la precipitación y la temperatura media anual en cada estación meteorológica, se aplica la siguiente fórmula matemática con la que se elaboran los mapas de evapotranspiración de cada punto de las estaciones meteorológicas previamente interpoladas.

$$E_T = \frac{P}{\sqrt[2]{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

[10]

Donde:

ET = Evapotranspiración anual (mm)

P = Lluvia anual (mm)

L = Parámetro térmico

$$L = 300 + 25\# + 0.05\#^3$$

[11]

= Temperatura media anual

Cabe señalar que los parámetros son datos proporcionados por las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la cuenca de Guayllabamba, precipitación anual y temperatura media anual:

TABLA 17.
Temperatura y precipitación de la subcuenca del río Guayllabamba

Estación	T °C	P mm
M-0113	13,9	211221,3
M-023	12	10295,7
M-009	17,3	8389,9
M-002	15,6	13920,9
M-105	14,7	14119,7

Autores

Ejemplo de cálculo para la estación de evapotranspiración real Uyumbicho M-0113.

$$E_T = \frac{P}{\sqrt[2]{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$E_T = \frac{21121,3 \text{ mm}}{\sqrt[2]{0.9 + \frac{(21121,39)^2}{[300 + 25(13,9) + 0.05 (13,9)^3]^2}}}$$

$$E_T = 782,16 \text{ mm/año}$$

[11.1]

TABLA 18.
Resultados de la evapotranspiración del subterráneo del río Guayllabamba

	M-0113	M-023	M-009	M-002	M-105
mm/año	782,16	682,31	988,20	880,72	869,97

Autores

TABLA 19.
Evapotranspiración real

Código	Nombre de la estación	Coordinates		T° anual promedio (°C)	EPT _r Turc (mm/año)
		X	Y		
M-0113	Uyumbicho	775455	9957037	13,9	782,16
M-023	Olmedo - Pichincha	828654	9983614	11,7	682, 31
M-002	La Tola	793126	9974613	17,3	880,72
M-009	La Victoria	811633	9993360	17,3	988,20
M-105	Otavalo	805034	9973688	16,5	869,97

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Una vez obtenida la evapotranspiración de cada punto generado en la subcuenca de Guayllabamba, se interpolan los datos de evapotranspiración con los de temperatura y precipitación para generar isolíneas y realizar el mapa de evapotranspiración a nivel de subcuenca.

Descripción del método Holdridge

eslie Holdridge define este método como un sistema simple para la clasificación de las formaciones vegetales del mundo, que luego amplió para cambiar el concepto de formaciones vegetales al de zonas de vida, ya que sus unidades no solo afectan a la vegetación sino también a las plantas. animales y, en general, cada zona de vida representa un hábitat distintivo desde el punto de vista ecológico y, en consecuencia, un estilo de vida diferente.

Base del sistema

El sistema se basa en la fisonomía o apariencia de la vegetación y no en la composición florística, los principales factores que se encuentran presentes al momento de la clasificación de una región con su temperatura y precipitación: los límites de las zonas de vida son valores medios anuales definidos de partes componentes.

El sistema se basa en los siguientes parámetros principales:

- Precipitación media anual.
- La temperatura media del medio. En general, la precipitación vegetativa de las plantas da como resultado un rango de temperatura entre 0 ° C y 30 ° C, y dentro de la estación de precipitación, y a las temperaturas debidas al flujo de condensación. tan bajo como 0 ° C, donde las plantas se calientan a temperaturas básicas
- La relación de evapotranspiración potencial (EPT) que es la relación entre la evapotranspiración y la precipitación media anual es un índice de humedad que determina las provincias de humedad.
- Las clases definidas dentro del sistema Holdridge, como las utilizadas por la CAT (Organización Internacional de Investigación Científica Multidisciplinaria), se enumeran en la Tabla No. 18 para lo siguiente:

TABLA 20.
Clases de pantalla área del sistema Holdridge

Vida zona	Abreviatura	Temperatura anual promedio (°C)	Anual precipitación promedio (mm)	Notes
Bosque seco tropical	bs-T		700 - 2000	Presentan una cubierta forestal continua, en un piso térmico cálido con uno o dos periodos marcados de sequía.
Bosque seco subtropical	bs-ST	< 24	500 - 1000	-
Bosque seco premontano	bs-PM	18 - 24	550 - 1100	-
Bosque seco montano bajo	bs-MB	12 - 18	500 - 1000	Se caracteriza por especies como samanigua orejero.
Bosque tropical	bp-T	> 24	> 8000	-
Selva tropical premontano	bp-PM	18 - 24	4000 - 8000	Ubicado en tierras bajas húmedas
Bosque lluvioso montano inferior	bp-MB	12 a 18	> 4000	-
Selva montana	bp-M	6 a 12	> 2000	-
Bosque tropical muy seco	bms-T	> 24	500 y 1000	-
Bosque tropical muy húmedo	bmt-T	mayor a 24	4000 - 8000	-
Bosque subtropical muy húmedo	bms-ST	entre 17 y 24	2000 a 4000	Están ubicados entre 1000 y 2000 m.
Bosque premontano muy húmedo	bms-PM	18 - 24	2000 y 4000	-
Bosque muy húmedo de montaña baja	bmh-MB	12 - 18	2000 - 4000	Normalmente se extienden en un rango altimétrico de 1800 a 2800 metros sobre el nivel del mar.
Bosque montano muy húmedo	bmh-M	6 - 12	1000 y 2000	-
Bosque húmedo tropical	bh-T	> 24	2000 y 4000	-
Bosque húmedo subtropical	bh-ST	18 - 24	1000 y 2000	-
Bosque húmedo premontano	bh-PM	18 - 24	1100 - 1200	Con vegetación arbórea en su mayoría perenni-folia, de 20 a 30 m, con epifitismo moderado.
Bosque lluvioso montano inferior	bh-MB	> 12	1000 - 2000	Zona de vida arbórea dominada en algunos sitios por roble (Quercus sp.)
Bosque húmedo montano	bh-M	6 - 12	500 - 1000	-

Leslie Holdridge enciclopedia

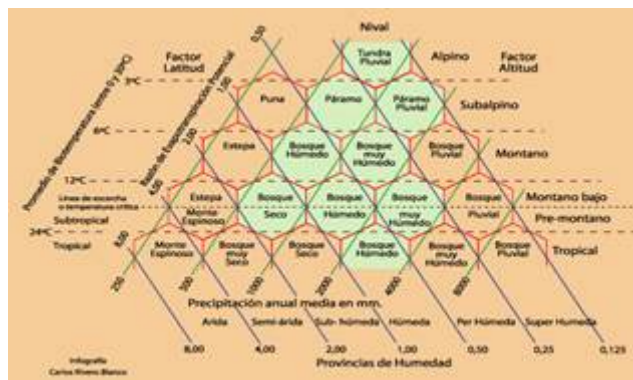


FIGURA 1.
Sistema de suelo bioclimático Holdridge
Leslie Holdridge enciclopedia

Caracterización del medio biótico en el área de estudio

Caracterización ecológica

La provincia de Pichincha tiene bosques que se encuentran entre 580m de altura en el nivel más bajo y 3070m en el nivel más alto bioclimáticamente, por lo tanto, es parte de la región montañosa húmeda.

Flora

El área tiene un delicado equilibrio ecológico, por lo que durante el trabajo de campo no fue posible aplicar una metodología que permita obtener datos cuantitativos sobre la flora del lugar, por lo que se decidió realizar un inventario general.

Inventario general

Se realizó mediante colectas aleatorias de plantas en estado fértil, paseos por Bosques Protectores, caminos de acceso y otros. Adicionalmente, se realizaron revisiones bibliográficas de estudios similares para el relevamiento del número de especies vegetales por metro cuadrado.

Resultados

FIGURA 2
Mapa de Isoyetas
Autores

El método Holdridge es un sistema utilizado para la clasificación de formaciones vegetales como zonas de vida que también incluyen animales, ya que cada zona representa un hábitat distintivo desde el punto de vista ecológico y, en consecuencia, un estilo de vida diferente. Utilizando datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración, se determinaron las zonas de vida.

Precipitación

La precipitación es un parámetro que se tiene en cuenta para aplicar el método de Holdridge. Los datos de precipitación obtenidos de cada estación meteorológica fueron sometidos a un estudio de correlación para determinar la relación que existe mediante la ecuación de regresión, se realiza el diagrama de dispersión de datos y se define el coeficiente de correlación de Pearson.

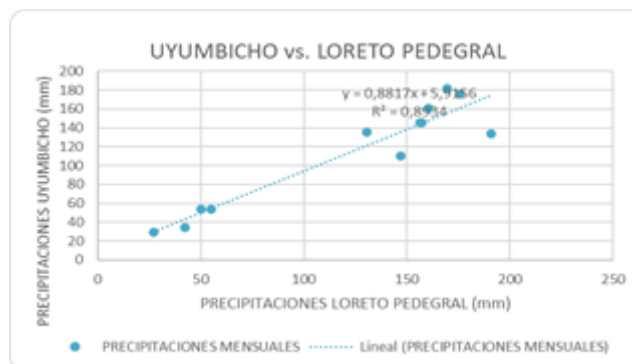


FIGURA 3.

Correlación lineal de la precipitación media de las estaciones Uyumbicho vs. Loreto Pedregal.

Autores

El coeficiente de correlación entre los datos de precipitación de las estaciones Uyumbicho vs. Loreto Pedregal es $r = 0.94$, lo que representa una correlación positiva óptima.

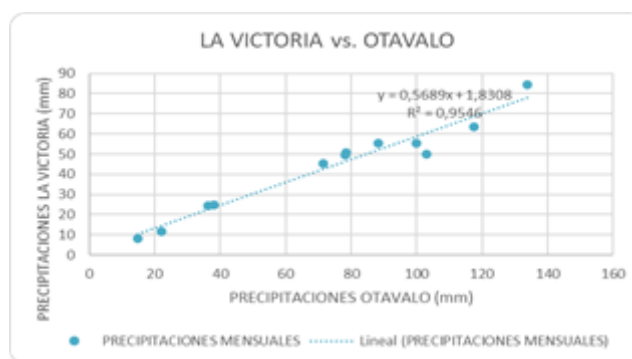


FIGURA 4.

Correlación lineal de precipitación en las estaciones La Victoria vs. Otavalo

Autores

Otavalo es la estación con mayor cantidad de datos; por tanto, se considera una variable independiente.

El coeficiente de correlación entre los datos de precipitación de las estaciones La Victoria vs. Otavalo es $r = 0.97$, lo que representa un buen grado de estimación de datos.

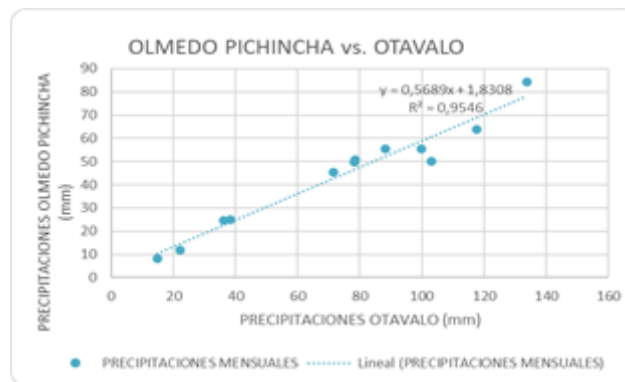


FIGURA 5.

Correlación lineal de precipitación de las estaciones Olmedo-Pichincha vs. Otavalo.

Autores

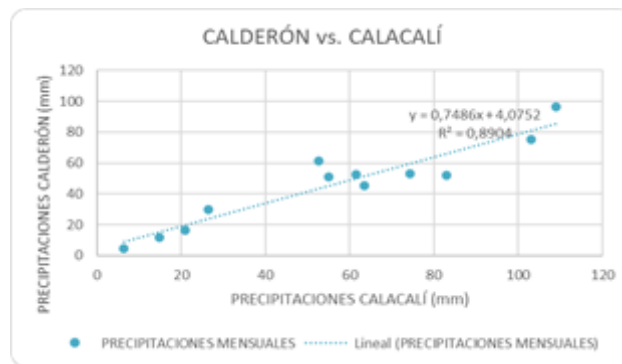


FIGURA 6.

Correlación lineal de precipitación de las estaciones Calacalí vs Calderón

Autores



FIGURA 7.

Correlación lineal de precipitación en las estaciones La Mica vs. La Victoria

Autores

Rastreo de isoyetas: precipitación

Las isoyetas son líneas que representan la precipitación en función de la altura y se calcularon teniendo en cuenta la topografía de la subcuenca.

Rastreo de isotermas: temperatura

La distribución de temperatura se representa en mapas isotérmicos que unen puntos de igual temperatura anual, y se determinó la temperatura media anual de cada estación muestreada.

Evapotranspiración - Cantidad de agua

Para definir este parámetro se utiliza el método de Thornthwaite, y se calculó la evapotranspiración potencial para cada mes, tomando en cuenta dos factores: temperatura promedio mensual y latitud.

Sabiendo que la evapotranspiración es la suma de la cantidad de agua que pasa a la atmósfera por procesos de evaporación interceptados por el suelo y la transpiración de las plantas, la transpiración es la cantidad de agua que es devuelta a la atmósfera por procesos biológicos a través de las hojas y tallos de las plantas.

En consecuencia, al aplicar este método, se obtienen valores que se ven afectados por errores porcentuales en cuencas con alto relieve, nieve o alta precipitación.

A partir de los mapas de Isótopos e Isotermas, aplicando la siguiente ecuación matemática, se elaboran los mapas de evapotranspiración de cada punto de las estaciones meteorológicas previamente interpoladas.

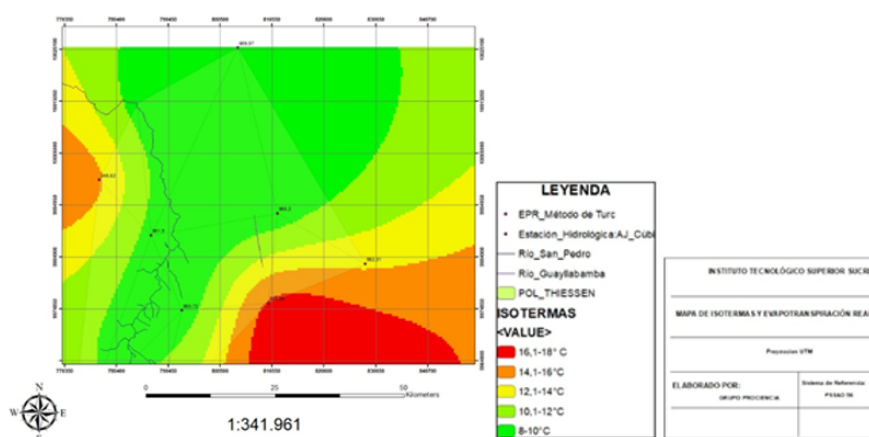


FIGURA 8.
Mapa de isotermas y evapotranspiración real
Autores

Método Holdridge

Aplicando el método de Holdridge, que se basa en la fisonomía o apariencia de la vegetación y no en la composición florística, los principales factores que se tienen en cuenta para la clasificación de una región son la temperatura y la precipitación: los límites de las zonas de vida están definidos por los valores medios anuales de estos componentes.

El sistema se basa en los siguientes parámetros principales:

- La precipitación media anual.
- Temperatura media anual. En general, se estima que el crecimiento vegetativo de las plantas ocurre en un rango de temperatura entre 0 ° C y 30 ° C, y la duración de la temporada de crecimiento, y

donde las temperaturas bajo cero se toman como 0 ° C, ya que las plantas se vuelven letárgicas en estas temperaturas.

- El índice de evapotranspiración potencial (EPT), que es el índice de evapotranspiración a la precipitación media anual, es un índice de humedad que determina las provincias de humedad.
- Las clases definidas dentro del sistema Holdridge, tal como las utiliza CAT (Organización Internacional para la Investigación Científica Multidisciplinaria), se muestran en la Tabla 18 a continuación:

Definición de la zona de vida a nivel de subcuenca Encabezado (Tercer Nivel).

Luego de medir los parámetros propuestos por Holdridge, se determinó que la subcuenca del río Guayllabamba tiene una precipitación de 1089.63 mm durante el período de 17 años, dentro de este período la temperatura promedio anual de esta área es de 14.685 ° C y la evapotranspiración de la subcuenca es de 880,2625mm.

Comparando todos los valores calculados anteriormente con la Figura 1 , se establece que la subcuenca tiene las características físicas y biológicas de un bosque lluvioso montano bajo.

Caracterización del ambiente biótico en el área de estudio

Caracterización ecológica. La provincia de Pichincha tiene bosques entre 580 m sobre el nivel del mar en la cota más baja y 3070 m en la cota más alta bioclimáticamente, por lo tanto, forma parte de la región montañosa húmeda.

Flora. La zona tiene un delicado equilibrio ecológico, por lo que durante el trabajo de campo no fue posible aplicar una metodología que nos permitiera obtener datos cuantitativos de la flora de la zona, por lo que optamos por realizar un inventario general.

Inventario general. Se realizó mediante colectas aleatorias de plantas en estado fértil, paseos por los alrededores de Bosques Protegidos, caminos de acceso y otros. Además, se realizaron revisiones bibliográficas de estudios similares para determinar el número de especies vegetales por metro cuadrado.

Vegetación. Durante el trabajo de campo se encontraron áreas de bosque primario y se observaron pequeños remanentes de bosque.

TABLA 21
Flora de la Provincia de Pichincha

Flora		
Nombre común	Nombre científico	Amenaza
Aliso	<i>Alnusjorullensis</i>	Moderada
Pumamaqui	<i>Oreopanaxargentatus</i>	Critica
Achupalla	<i>Puya clavata-herculis</i>	
Helechos	<i>Pteridiumaquilinum</i>	
Arete	<i>Fuchsiadependens</i>	Moderada
Ortiga	<i>Urtica dioica</i>	
Orquídea	<i>Epidendrumsp</i>	
Lechero	<i>Euphorbialaurifolia</i>	
Sigse	<i>Cortaderianitida</i>	
Yagual	<i>Polylepsis lanuginosa</i>	Moderada

Autores

TABLA 22.
Flora herbácea

Flora		
Nombre común	Nombre científico	Amenaza
Chilca	Baccharis arbutifolia	Moderada
Mortiflo	Vaccinium floribundum	Critica
Mora silvestre	Rubus robustus	Critica

Autores

Uso del recurso. Se encontraron algunas especies maderables como: Yagual (*Polylepis lanuginosa*), Quisuar (*Buddleja incana*), Aliso (*Agnus jorullensis*), Laurel de Cera (*Myrica pubescens*). Estas especies se utilizan para la conservación de suelos, pero también se pueden generar proyectos de silvicultura sostenible en el caso de necesidades de madera.

Fauna. La reducción del hábitat disponible afecta a todas las especies y aumenta la probabilidad de extinción al disminuir el tamaño de sus poblaciones. De hecho, la pérdida o modificación del hábitat afecta al 76% de las especies en peligro de extinción del mundo (World Conservation Monitoring Center, 1992), y la fragmentación del hábitat ocurre cuando una porción extensa y continua de un ecosistema se transforma y reduce en uno o varios parches naturales incrustados en un ecosistema matriz de áreas perturbadas (Norse et al. 1986).

La fragmentación es causada por dos procesos distintos pero complementarios, los cuales tienen un impacto en la pérdida de diversidad biológica. El primero es la reducción de los hábitats disponibles en un ecosistema debido a actividades humanas como la expansión de la frontera agrícola y la deforestación (Suárez, 1998).

La fauna mantiene una relación equilibrada con la vegetación porque constituye el hábitat de la vegetación. Las actividades antropogénicas provocan la pérdida y fragmentación de hábitats naturales en el área de estudio, lo que ha provocado la migración de especies silvestres en busca de nuevos hábitats para su supervivencia. La destrucción de la vegetación ha tenido una influencia directa en la vida silvestre, por lo que, en la actualidad, solo se observan especies muy comunes que se han adaptado a los cambios.

Para caracterizar la fauna de la zona se revisaron diferentes fuentes bibliográficas: el piso zoogeográfico del bosque lluvioso montano bajo, caminatas por la zona, observación de vida silvestre o evidencias que indiquen la presencia de determinadas especies.

Mamíferos: los mamíferos existentes se han adaptado a los cambios que han experimentado en la zona.

TABLA 23.
Mamíferos

Nombre común	Nombre científico	Amenaza
Ardilla	<i>Sciurus granatensis</i> *	Critica
Murciélago	<i>Myotis oxyotus</i>	

Autores

Diversidad y abundancia. Los órdenes registrados en la zona son: *Oryzomys*, *Myotis*, *Oryzomys*, *Oryzomys*.

Aves: Las especies más representativas son:

TABLA 24
Aves de la zona

Nombre común	Nombre científico	Amenaza
Quinde café	<i>Aglaeactiscupripennis</i>	Critica
Quinde cola larga	<i>Lesbia victoriae</i>	Critica
Tórtola	<i>Zenaida auriculata</i>	
Golondrina	<i>Notiochelidon murina</i>	Moderada

Autores

Determinación de las condiciones ambientales con base en el modelo de Holdridge.

Uno de los principales afluentes es el río San Pedro, que nace al sureste del volcán Cotopaxi y desemboca en el sector sureste del cerro Ilaló, que a su vez da origen al río Guayllabamba.

La subcuenca del río Guayllabamba tiene un drenaje que corre de sur a norte, y limita al sur con la cuenca del río Pastaza, al norte con las microcuencas de los ríos Machángara y Chiche, al este con la microcuenca del río Pita, cuenca, y al oeste por la cuenca del río Napo.

La longitud del cauce principal es de aproximadamente 43 kilómetros, desde donde se origina en el sur del Illiniza, hasta el límite de las zonas media y baja.

En la subcuenca, los patrones de drenaje se pueden diferenciar según la altura y las fallas tectónicas del río. A nivel regional, estos pueden ser centrífugos (cuando las corrientes fluyen radialmente desde los conos volcánicos), paralelos (cuando hay una pendiente muy alta en su trayectoria de la sierra a la costa), rectangulares (considerados cuando existen fallas geológicas que determinan la orografía de la subcuenca) y patrones sub-paralelos que también indican fuertes pendientes en regiones de alto relieve, como es el caso aquí.

Para el estudio de la subcuenca hidrográfica, el objetivo es determinar la situación actual del recurso hídrico y su subsistencia en el tiempo, con el fin de definir técnicamente las características morfométricas de la región y aplicar medidas de gestión ambiental.

El cálculo de parámetros morfométricos permite adquirir información sobre la situación actual de la subcuenca, con el fin de generar planes de desarrollo que intervengan en la gestión ambiental sostenible en beneficio de la sociedad.

CONCLUSIONES

El clima es un factor determinante en la hidrología de una cuenca, ya que define los insumos hídricos y energéticos, por lo que la precipitación proporciona el agua que ingresa a la cuenca, y es parte del drenaje, acuíferos o el agua que regresa a la atmósfera a través de evapotranspiración. La luz solar también juega un papel importante en este último aspecto, ya que es necesaria la evaporación del agua. Es importante señalar que los parámetros que se tienen en cuenta para el diagnóstico climático en la cuenca son la precipitación media anual y mensual, la temperatura media anual, la radiación solar y la humedad relativa.

En el caso de la subcuenca del río Guayllabamba, uno de los factores determinantes de la variación climática en esta región es su topografía, ya que se encuentra por encima de los 2800 m sobre el nivel del mar. Sus características, como la altitud, la orientación sur-norte y la presencia de fuertes pendientes, son un obstáculo para la circulación del viento.

El método Thornthwaite es el más apropiado para definir la evapotranspiración. Este método consiste en calcular la evapotranspiración potencial para cada mes y de la suma de estos datos se calcula el valor anual. Por otro lado, tiene la ventaja de utilizar dos factores, la temperatura media mensual y la latitud, que introduce implícitamente la duración teórica de la insolación; sin embargo, tiene la desventaja de no tener en cuenta la humedad del aire.

Una vez medidos los datos de precipitación, temperatura, evapotranspiración y evapotranspiración potencial, estos datos se compararon con los parámetros establecidos para las zonas de vida del sistema Holdridge, definiendo que la subcuenca tiene las características físicas y biológicas de un bosque lluvioso montano bajo.

Luego de medir los parámetros propuestos por Holdridge, se determinó que la subcuenca del río Guayllabamba tiene una precipitación de 1089.63 mm durante el período de 17 años, dentro de este período la temperatura promedio anual de esta área es de 14.7 ° C y la evapotranspiración de la subcuenca es de 880,2625mm.

De acuerdo con las características definidas anteriormente, se realizó una inspección de campo para verificar que las especies vegetales y animales pertenecen a la zona de vida del bosque montano húmedo.

Los métodos de conservación deben basarse en la inspección visual, el muestreo, la recopilación de datos de campo y la ejecución de actividades relacionadas con la gestión ambiental.

La parte asociativa de la comunidad con el medio ambiente obliga a tomar acciones preventivas que no pueden ser medibles pero aplicables dentro de un ecosistema para que en el futuro generen un impacto positivo en la población.

Las áreas forestales se han delimitado principalmente debido a la capacidad productiva de la tierra, lo que condiciona su uso, principalmente para la producción de árboles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuja, L., M. Ibarra, J. Urgilés y R. Barriga. Estudio Preliminar de los Vertebrados Ecuatorianos Edit. Esc. Politécnica. Nacional. Quito. pg. 1-143.
- Albuja, L. & R. Arcos. 2007. pg. 7-33. Lista de Mamíferos actuales del Ecuador. Politécnica pg. 27(4) Biología
- Holdridge, L. R. 1967. Ecología de la zona de vida. Centro de Ciencias Tropical. San José, Costa Rica. Ecología Basada en Zonas de Vida, 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).
- INAMHI. (2020). Información climatológica proporcionada por el INAMHI. Quito, Ecuador.
- L. Cañadas, Ecuador: Mapa Ecológico del Ecuador. REVISTA, PRONAGREG-ORSTOM, 1978.
- Larsen y B. HolmNielsen (Eds.). Botánica tropical. Prensa académica. Nueva York, 1979.
- L. Cañadas, El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador, Banco Central del Ecuador, 1983.
- MAE, Metodología para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental, 2012.
- Norse, E. A. y seis coautores. 1986. Conservación de la diversidad biológica en nuestros bosques nacionales. The Wilderness Society, Washington, DC.
- Norse, E. A. 1990. Bosques antiguos del noroeste del Pacífico. Island Press, Washington, DC.
- R. Sierra, Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de Vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN / GEFBIRF y Eco-Ciencia. Quito, Ecuador. 1999.
- Suárez, F. de C. 1980. Conservación de Suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editoria.CA. San José, Costa Rica. 315 p.
- World Conservation Monitoring Centre (WCMC) 1999. Species Database, unpublished data, Cambridge, U.K.
- Thornthwaite CW, Mather RJ (1955) El balance hídrico. Publicaciones en climatología, laboratorio de climatología. Centerton, Nueva Jersey. 104 pg.

XU,C.Y.& SINGH, V. P. Cross comparison of empirical equations for calculating potential evapotranspiration with data from Switzerland. Water Resources Management, 2002, N° 16, pg. 197-219.

NOTAS

- [1] Master en Administración Pública con mención en Gestión por Resultados, Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador. Afiliación Docente SENESCYT. Email hperez@tecnologicosucre.edu.ec.
- [2] Master en Gestión Ambiental, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Quito Ecuador. Afiliación: Docente SENESCYT E-mail: mandrango@tecnologicosucre.edu.ec
- 3 Máster en Seguridad Industrial, mención en riesgos laborales, escuela politécnica nacional, Quito, Ecuador. Afiliación: Docente SENESCYT. Email gvillagran@tecnologicosucre.edu.ec
- 4 Ingeniero en Biotecnología, de las Fuerzas Armadas ESPE Quito Ecuador. Afiliación: Docente SENESCYT. Email dortiz@tecnologicosucre.edu.ec
- 5 Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Afiliación: Docente SENESCYT. Email lchela@tecnologicosucre.edu.ec
- 6 Master en Educación, mención gestión del aprendizaje mediado por TIC, Universidad Tecnológica Israel, Ecuador. Afiliación: Docente SENESCYT. E-mail: lfernandez@tecnologicosucre.edu.ec