



Biogeographic Determination (Life Zones) in the Province of Pichincha

Héctor Xavier Pérez Acosta, María José Anrango Pavón,
Gabriela Evelyn Villagran Freire, Daniel Efraín Ortiz Tabango,
Lizeth Geovanna Chela Chugchilán and
Leonardo Fabricio Fernández Tutasig

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

September 1, 2021

Determinación Biogeográfica (zonas de vida) en la Provincia de Pichincha

Héctor Pérez¹, María José Anrango¹, Gabriela Villagrán¹, Daniel Ortiz¹ Lizeth Chela¹ Leonardo Fernandez¹

¹ Instituto Superior Tecnológico Sucre, ECUADOR

lncs@springer.com

Abstract. In the province Pichincha, 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 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 hydrological station 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, precipitation and

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

1 Introducción

En la provincia de Pichincha las zonas ecológicas tienen gran importancia e incidencia en la calidad y cantidad del recurso hidrológico, las zonas ecológicas brindan sistemas de drenaje naturales, abasteciendo el caudal de ríos, lagos y lagunas, mismos que se ven afectados por el cambio climático que, debido a la contaminación generada por las distintas actividades antropogénicas, entre ellas deforestación, destrucción de hábitats naturales, incremento de la población, emisiones atmosféricas, actividades agropecuarias y ganaderas, comprometen la diversidad biológica de las especies y por tanto, la sostenibilidad 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 gestión, conservación y protección ambiental. Consecuentemente, la presente investigación identifica de una forma técnica los rasgos de la cobertura vegetal y fauna a nivel de la provincia de Pichincha. Para este cometido, se han propuesto diferentes tipos de tratamiento para la obtención de agua segura con la finalidad de brindar una alternativa menos costosa y con un alto índice de uso eficiente frente al consumo.

2 Métodos

2.1 Área 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 referencial para definir el área de estudio de tal manera que los datos registrados permitan un análisis profundo de la determinación biogeográfica que permite lograr el objetivo de la investigación.

En la Tabla No 1, se observa la ubicación de las estaciones meteorológicas e hidrológicas.

Tabla N° 01 ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICA

Código	Nombre de la Estación	Latitud	Longitud
H-145	Estación Hidrológica AJ Cubí	0° 5' 35" N	78° 25' 40" W
M-0353	Estación Meteorológica Rumipamba-Pichincha	0° 25' 39" S	78° 24' 57" W
M-0364	Estación Meteorológica Loreto Pedregal	0° 33' 41" S	78° 25' 35" W
M-0113	Estación Meteorológica Uyumbicho	0° 23' 18" S	78° 31' 31" W
M-002	Estación Meteorológica La tola	0° 13' 46" S	78° 22' 0" W
M-009	Estación Meteorológica La Victoria	0° 3' 36" S	78° 12' 2" W
M-023	Estación Meteorológica Olmedo – Pichincha	0° 8' 53" N	78° 2' 52" W
M-105	Estación Meteorológica Otavalo	0° 14' 16" N	78° 15' 35" W
M-345	Estación Meteorológica Calderón	0° 5' 54" S	78° 25' 15" W
M-358	Estación Meteorológica Calacalí	0° 0' 5" N	78° 30' 40"
M-594	Estación Meteorológica La Mica	0° 13' 0" S	78° 13' 0" W

Fuente: INAMHI

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

2.2 Datos de precipitación

Los datos de precipitación se obtuvieron de los anuarios climatológicos que el INHAMI genera, para garantizar la precisión en el análisis de estos datos, fue necesario establecer los coeficientes de correlación entre estaciones meteorológicas de precipitación y temperatura, para ellos se realizó regresiones lineales simples, las cuales sirvieron para determinar datos faltantes.

TABLA N°02. Precipitaciones medias anuales.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma	Media
M-364	156,3	160,4	169,7	175,6	130,4	50,1	42,1	27,1	55,1	146,8	191	157,1	1462,3	121,8
M-113	145,3	161	182,1	175,6	135,2	53,7	34	29,2	53,4	110,6	133,9	145,8	1360,2	113,3
M-105	71,6	78,5	117,5	133,8	99,8	36,2	22,2	14,8	38,2	88,3	103	78,2	882,4	73,5
M-009	45,3	50,8	63,7	84,3	55,4	24,5	11,8	8	24,9	55,4	50,1	49,6	524,3	43,6
M-105	71,6	78,5	117,5	133,8	99,8	36,2	22,2	14,8	38,2	88,3	103	78,2	882,4	73,5
M-023	71,9	94	89,8	73,7	70,9	44,9	20,7	15,8	36,4	79,4	99,8	84,4	782,3	65,1
M-358	74,3	82,9	103,1	108,9	61,5	20,9	14,9	6,4	26,4	52,6	55	63,4	670,9	55,9
M-345	53,1	52,3	75,5	96,6	52,7	16,3	12	4,7	29,9	61,1	51,2	45,3	551,2	45,9
M-594	87	74,59	98,1	121	105,92	57,08	37,62	26,17	45,5	68,7	100,17	109,2	931,06	77,6
M-009	45,3	50,8	63,7	84,3	55,4	24,5	11,8	8	24,9	55,4	50,1	49,6	524,3	43,6

Fuente: INAMHI

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

2.3 Trazado 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 realizar el trazado de líneas de igual precipitación en función de la altura, se toma en cuenta la topografía de la subcuenca.
- Para el trazado de isoyetas se toman valores enteros terminados 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 siguiente fórmula:

$$P_m = \sum \frac{\text{Isomedia} * A_i}{\text{AT cuenca}} \quad (1)$$

Donde: Pm: Precipitación media
 Ai: Área parcial
 AT cuenta: Área total de la cuenca

- Finalmente, introducimos los datos obtenidos en la herramienta de trabajo Arcgis para la representación gráfica.

Tabla N° 03 ISOYETAS

ISOYETAS (mm)	ISOMEDIAS (mm)	AREA PARCIAL (m ²)	AREA ISOMEDIA (m ² * mm)	*
2800	2600	122 x 10 ⁶		3,172 x 10 ¹¹
2400	2200	93 x 10 ⁶		2,046 x 10 ¹¹
2000	1800	145 x 10 ⁶		2,61 x 10 ¹¹
1600	1400	179 x 10 ⁶		2,506 x 10 ¹¹
1200	1000	334 x 10 ⁶		3,34 x 10 ¹¹
800	1000	156 x 10 ⁶		1,56 x 10 ¹¹
1200	1000	236 x 10 ⁶		2,36 x 10 ¹¹
800	600	410 x 10 ⁶		2,46 x 10 ¹¹
400	600	262 x 10 ⁶		1,572 x 10 ¹¹
800	1000	114 x 10 ⁶		1,14 x 10 ¹¹
1200	1000	285 x 10 ⁶		2,85 x 10 ¹¹
800	1000	181 x 10 ⁶		1,81 x 10 ¹¹
		$\Sigma = 2517 \times 10^6$		$\Sigma = 2,7426 \times 10^{12}$

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrológica
Elaborado por: Ing. Grupo Pro Ciencia

Ejemplo de cálculo de precipitación media.

$$P_m = \sum \frac{\text{Isomedia} * A_i}{\text{AT cuenca}} \quad (2)$$

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

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

2.4 Cálculo de Isotermas

Para establecer la temperatura promedio se realizó el mismo proceso aplicado a las isoyetas, tomando datos de temperatura anual media, las coordenadas de las estaciones meteorológicas y la altura a la que se encuentran las estaciones, además se toma el gradiente térmico en función de la altura, de esta manera se establece un levantamiento de isothermas dentro de la subcuenca y su influencia a nivel regional.

La distribución de la temperatura se representa en mapas isotérmicos que unen puntos de igual temperatura anual.

TABLA N° 04 TEMPERATURA MEDIA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE PUNTOS DE IGUAL TEMPERATURA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma	Media
M-0113	14,1	14	13,9	14	14	13,8	13,6	13,9	13,8	13,9	13,8	13,9	1499	13,9
M-023	11,8	11,8	11,9	12,2	12,3	11,9	11,8	11,7	11,8	12,3	12,3	12,2	144,5	12
M-009	17,2	17,2	17,3	17,3	17,3	17,1	17,1	17,4	17,3	17,4	17,3	17,2	207,8	17,3
M-002	15,5	15,6	15,6	15,6	15,7	15,7	15,6	15,8	15,7	15,6	15,5	15,5	188,1	15,6
M-105	14,6	14,5	14,7	14,8	14,8	14,5	14,3	14,4	14,6	14,9	15	14,8	176,4	14,7

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

Ejemplo de cálculo de la temperatura media anual

$$T = \frac{\sum ti}{n} \quad (3)$$

Donde: ti: Media de la temperatura de la estación meteorológica

n: Número de estaciones meteorológicas.

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

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

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

TABLA N°05 DATOS TEMPERATURA ANUAL MEDIA

Código	Nombre Estación	Coordenadas		T media anual (°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
M-009	La Victoria	811633	9993360	17,3
M-105	Otavalo	805034	9973688	14,7

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

2.5 Cálculo del Índice de calor mensual de las estaciones

La evapotranspiración potencial es la cantidad de agua que, si estuviera disponible, sería evapotranspirada desde una superficie dada.

La máxima evapotranspiración potencial es la lluvia disponible.

El método de Thornthwaite es el más apropiado para definir este parámetro, consiste en calcular para cada mes la evapotranspiración potencial, 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 como desventaja no tomar en cuenta la humedad del aire.

Calculada la evapotranspiración potencial anual se obtiene la evapotranspiración real siguiendo el método que se indica:

- a.) Calcular el índice térmico

$$i = \left[\frac{(\theta)}{5} \right]^2 \quad (4)$$

Donde: i: índice térmico
 θ la temperatura media mensual en °C.

- b.) La suma total de los valores térmicos para obtener un índice anual

$$I = \sum i \text{ media mensual} \quad (5)$$

- c.) La evapotranspiración potencial no corregida mensual está dada por la siguiente expresión:

$$ET_p = Cx\theta^a \text{ (media mensual)} \quad (6)$$

Donde: ET_p = Evapotranspiración potencial

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.492 \quad (7)$$

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

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

TABLA N°06. TEMPERATURAS MEDIA MENSUAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T°C	14,6	14,6	14,6	14,7	14,8	14,	14,4	14,6	14,6	14,8	14,7	14,7
	4	2	8	8	2	6	8	4	4	2	8	2

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

Aplicando este método y obtenidos los datos anteriormente calculamos, la ET_p que presenta la subcuenca del río Guayllabamba, es:

Ejemplo de cálculo del Índice térmico mensual, usando el mes de enero

- Índice Térmico mensual de enero:

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

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

$$i = 5,09 \text{ °C}$$

TABLA N° 05 ÍNDICE TÉRMICO MENSUAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Σi Media mensual
I°C	5,09	5,08	5,11	5,16	5,18	5,02	5,00	5,09	5,09	5,18	5,16	5,13	61,32

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

Ejemplo de cálculo de evapotranspiración potencial corregida usando el mes de enero

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 0.017925 \times I + 0,49239$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} (61,32)^3 - 7,71 \times 10^{-5} (61,32)^2 + 1.79 \times 10^{-2} (61,32) + 0,49239$$

$$a = 1,44$$

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

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

$$ET_p = 5,60$$

TABLA N° 06 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MENSUAL CORREGIDA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic
ET _p	5,60	5,59	5,62	5,68	5,70	5,58	5,51	5,60	5,60	5,70	5,68	5,65

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

2.6 Cálculo de la corrección para el N° de días del mes y el N° de horas sol:

Para calcular la evapotranspiración corregida se usa:

$$ETP = ETP_{sin\ corregir} \frac{N}{12} \frac{d}{30} \quad (8)$$

Donde:

ETP= Evapotranspiración potencial corregida

N= número máximo de horas sol, dependiendo del mes y de la latitud equivalente (mm/día). Tabla Allen et al. 1998.

TABLA N° 07 COEFICIENTES DE INCIDENCIA SOLAR SEGÚN LA 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.	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Lat S.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
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
5°	12,3	12,3	12,1	12	11,9	11,8
0°	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

Fuente. ALLEN ET

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

Sabiendo que:

$$f = \frac{N}{12} \quad (9)$$

Donde: f = Factor de reducción

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

Ahora se debe ubicar la latitud de la provincia de Pichincha para realizar las interpolaciones correspondientes con el afán de obtener los valores de N.

Latitud de la provincia de Pichincha:

TABLA N° 08 EVAPOTRANSPIRACIÓN CORREGIDA

	TEMPERATURAS MEDIAS DE LAS ESTACIONES					TEMPERA		ETP sin corr=	N	f= N/12	# de días del mes	# de días del mes (d/30)	ETP (mm/año)
	M-0113	M-023	M-009	M-002	M-105	TURA MEDIA L	(i) INDICE DE CALOR MENSUAL						
ENE	14,1	11,8	17,2	15,5	14,6	14,64	5,09	5,60	12,11	1,01	31	1,03	5,84
FEB	14	11,8	17,2	15,6	14,5	14,62	5,08	5,59	12,11	1,01	28	0,93	5,27
MAR	13,9	11,9	17,3	15,6	14,7	14,68	5,11	5,62	12,11	1,01	31	1,03	5,87
ABR	14	12,2	17,3	15,6	14,8	14,78	5,16	5,68	12,1	1,01	30	1,00	5,73
MAY	14	12,3	17,3	15,7	14,8	14,82	5,18	5,70	12,1	1,01	31	1,03	5,94
JUN	13,8	11,9	17,1	15,7	14,5	14,6	5,07	5,58	12,11	1,01	30	1,00	5,63
JUL	13,6	11,8	17,1	15,6	14,3	14,48	5,00	5,51	12,15	1,01	31	1,03	5,77
AGO	13,9	11,7	17,4	15,8	14,4	14,64	5,09	5,60	12,11	1,01	30	1,00	5,65
SEP	13,8	11,8	17,3	15,7	14,6	14,64	5,09	5,60	12,1	1,01	31	1,03	5,84
OCT	13,9	12,3	17,4	15,6	14,9	14,82	5,18	5,70	12,1	1,01	31	1,03	5,94
NOV	13,8	12,3	17,3	15,5	15	14,78	5,16	5,68	12,11	1,01	30	1,00	5,73
DIC	13,9	12,2	17,2	15,5	14,8	14,72	5,13	5,65	12,11	1,01	31	1,03	5,89
						14,685	(i) INDICE DE CALOR ANUAL	1,46				ETP ANUAL	69,09
							61,32	$\alpha=1,44$					

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

2.7 Cálculo de la evapotranspiración por el método de Turc

Sabiendo que, la evapotranspiración es la suma de la cantidad de agua, que pasa a la atmósfera por procesos de evaporación interceptado por el suelo y transpiración de las plantas, dicha transpiración es la cantidad de agua que por procesos biológicos es devuelta a la atmósfera a través de las hojas y del 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 de alta pluviosidad.

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

$$E_T = \frac{P}{2\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (10)$$

Donde: E_T = Evapotranspiración anual (mm)

P = Precipitación anual (mm)

L = Parámetro Helio térmico

$$L = 300 + 25\theta + 0.05\theta^3 \quad (11)$$

θ = Temperatura Media Anual

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

TABLA N°09. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

Estación	T°C	P mm
M-0113	1 3,9	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

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

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

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

$$E_T = \frac{21121,3 \text{ mm}}{\sqrt{0,9 + \frac{(21121,39)^2}{[300 + 25(13,9) + 0,05(13,9)^3]^2}}}$$

$$E_T = 782,16 \text{ mm/año}$$

TABLA 10. RESULTADOS DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

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

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

TABLA N° 11 EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

Código	Nombre Estación	Coordenadas		T°media anual (°C)	EPT _r Turc (mm/año)
		X	Y		
M-0113	Uyumbicho	775	9957	13,9	782,16
M-023	Olmedo – Pichincha	828	9983	11,7	682,31
M-002	La Tola	793	9974	17,3	880,72
M-009	La Victoria	811	9993	17,3	988,20
M-105	Otavalo	805	9973	16,5	869,97
EPT _r media					880,2625

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

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 la subcuenca.

2.8 Descripción del método de Holdridge

Leslie 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 por el de zonas de vida, ya que sus unidades no solo afectan a la vegetación sino también a los 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.

Bases del sistema

El sistema se basa en la fisonomía o apariencia de la vegetación y no en la composición florística, los principales factores que tiene 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 dichos componentes.

El sistema se basa en los siguientes parámetros principales:

- La precipitación anual media.

- La temperatura media anual. En general, se estima que el crecimiento vegetativo de las plantas sucede en un rango de temperaturas entre los 0°C y los 30°C, y la duración de la estación de crecimiento, y en el que las temperaturas por debajo de la de congelación se toman como 0°C, ya que las plantas se aletargan a esas temperaturas.
- La relación de la 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 de Holdridge, tal como las usa el CAT (Organización Internacional de Investigación Científica Multidisciplinaria), se recogen en la Tabla No 18 que se muestra a continuación:

TABLA N° 12 CLASES DE ZONAS DE VIDA DEL SISTEMA DE HOLDRIDGE

Zona de vida	Siglas	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Notas
Bosque tropical seco	bs-T		700 - 2000	Presentan una cobertura boscosa continua, en piso térmico cálido con uno o dos períodos marcados de sequía.
Bosque subtropical seco	bs-ST	< 24	500 - 1000	-
Bosque premontano seco	bs-PM	18 - 24	550 - 1100	-
Bosque montano bajo seco	bs-MB	12 - 18	500 - 1000	Se caracteriza por especies como samanigua orejero
Bosque tropical pluvial	bp-T	> 24	> 8000	-
Bosque premontano pluvial	bp-PM	18 - 24	4000 - 8000	Ubicadas en tierras húmedas bajas
Bosque montano bajo pluvial	bp-MB	12 a 18	> 4000	-
Bosque montano pluvial	bp-M	6 a 12	> 2000	-
Bosque tropical muy seco	bms-T	> 24	500 y 1000	
Bosque húmedo tropical muy	bmh-T	mayor a 24	4000 - 8000	-
Bosque húmedo subtropical muy	bmh-ST	entre 17 y 24	2000 a 4000	Se ubican entre 1000 y 2000 m
Bosque húmedo premontano muy	bmh-PM	18 - 24	2000 y 4000	-
Bosque húmedo montano muy	bmh-MB	12 - 18	2000 - 4000	Normalmente se extienden en una faja altimétrica de 1800 a 2800 msnm.
Bosque húmedo montano muy	bmh-M	6 - 12	1000 y 2000	-
Bosque tropical húmedo	bh-T	> 24	2000 y 4000	-
Bosque subtropical húmedo	bh-ST	18 - 24	1000 y 2000	-

Bosque húmedo premontano	bh-PM	18 - 24	1100 - 1200	Con vegetación arbórea en su mayoría perennifolia, de 20 a 30 m, con epifitismo moderado.
Bosque húmedo montano bajo	bh-MB	> 12	1000 - 2000	Zona de vida arbórea dominada en algunos sitios por roble (Quercussp.)
Bosque húmedo montano	bh-M	6 - 12	500 - 1000	-

Fuente: Leslie Holdridge enciclopedia

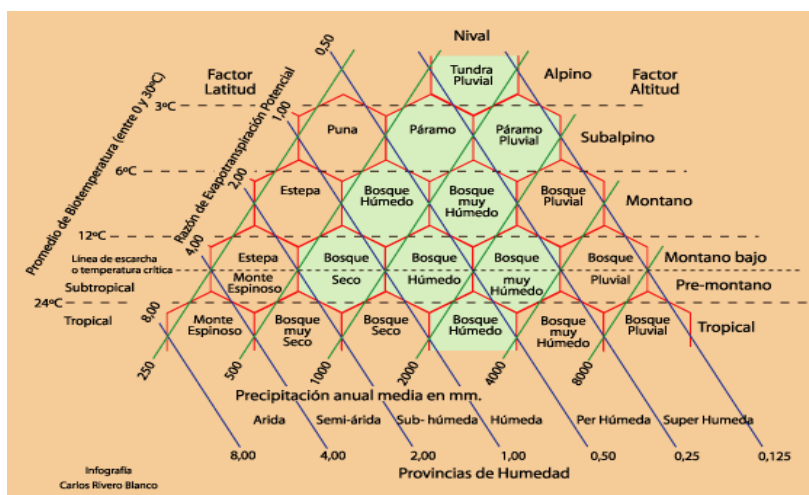


Fig. 1. Sistema de pisos bioclimáticos de Holdridge

Fuente: Leslie Holdridge enciclopedia

2.9 Definición de la zona de vida a nivel de la subcuenca

Medidos los parámetros planteados por Holdridge, se determina que la Subcuenca del río Guayllabamba posee una precipitación de 1089,63 mm durante el período 2000-2016, dentro de este período la temperatura anual media de esta zona es de 14.7°C y la evapotranspiración de la subcuenca es de 880,2625 mm.

Comparando todos los valores calculados anteriormente con la Figura 6, se establece que la subcuenca posee las características físicas y biológicas de un bosque húmedo montano bajo.

2.10 Caracterización del medio biótico en el área de estudio

2.10.1 Caracterización ecológica

La provincia de Pichincha posee bosques que se encuentran entre los 580 m de altura en la cota más baja y 3070 m en la cota más alta bioclimáticamente, por tanto, forma parte de la región húmeda montano.

2.10.2 Flora

La zona posee equilibrio ecológico delicado, por eso, durante el trabajo de campo no fue posible aplicar una metodología que permita la obtención de datos cuantitativos de la flora del lugar, razón por la cual se optó por realizar un Inventario general.

2.10.3 Inventario general

Se realizó a través de colecciones al azar de plantas en estado fértil, caminatas por los alrededores de Bosques Protectores, vías de acceso y otros. Adicionalmente, se realizaron revisiones bibliográficas de estudios similares para el levantamiento de número de especies vegetales por metro cuadrado.

3. Resultados

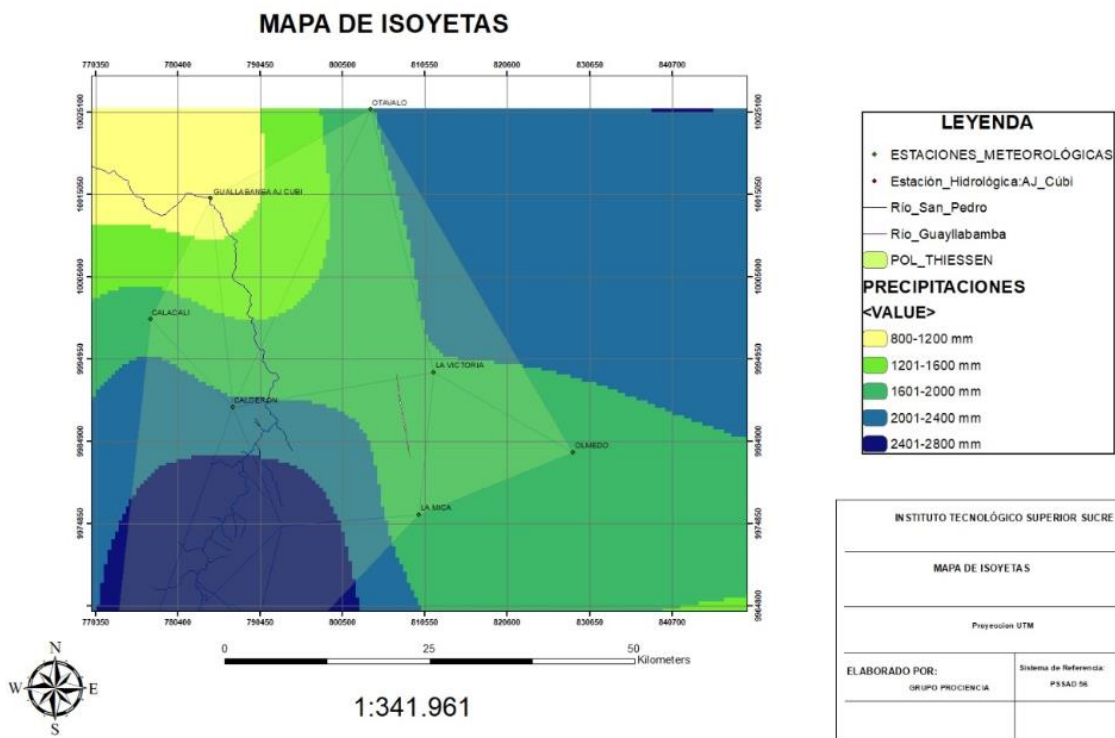


Fig. 2. Mapa de Isoyetas

Fuente: Grupo pro Ciencia

El método Holdridge es un sistema que se emplea para la clasificación de las formaciones vegetales como zonas de vida que también comprenden animales; dado que, cada zona representa un hábitat distintivo desde el punto de vista ecológico y, en consecuencia, un estilo de vida diferente. Mediante ...los datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración se determinó las zonas de vidaXXX

3.1 Precipitación

La precipitación es un parámetro que se toma 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 por medio de la ecuación de regresión se realiza el gráfico de dispersión de datos y se define el coeficiente de correlación de Pearson

Fig. 3. Correlación lineal de precipitaciones medias de las estaciones Uyumbicho vs. Loreto Pedregal.

El coeficiente de correlación existente entre los datos de precipitación de las estaciones *Uyumbicho vs. Loreto Pedregal* es $r=0,94$ que representa una correlación positiva óptima.

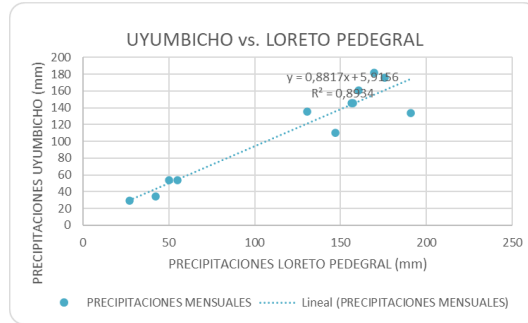


Fig. 4. Correlación lineal de precipitación de las estaciones La Victoria vs. Otavalo

Otavalo es la estación que cuenta con un mayor número de datos, por lo tanto, se la considera como variable independiente.

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

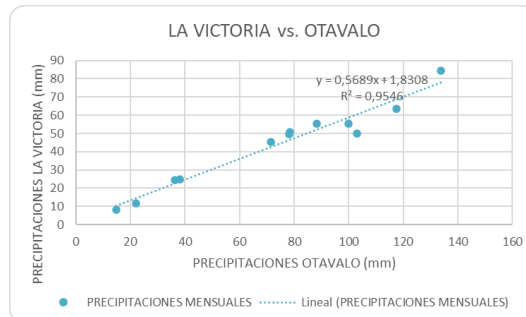


Fig. 5. Correlación lineal de precipitación de las estaciones Olmedo-Pichincha. vs. Otavalo

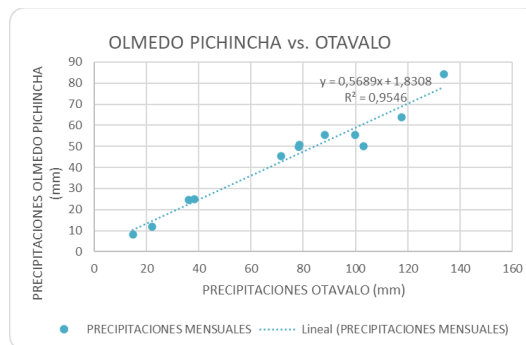


Fig. 6. Correlación lineal de precipitación de las estaciones La Victoria vs. Otavalo

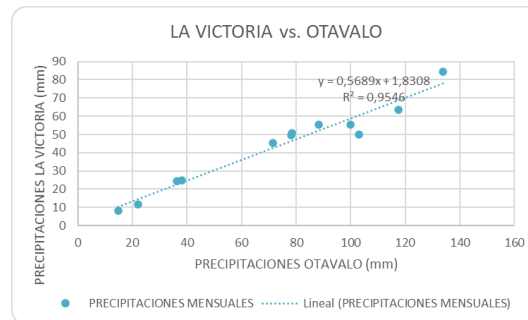


Fig. 7. Correlación lineal de precipitación de las estaciones Calacalí vs. Calderón

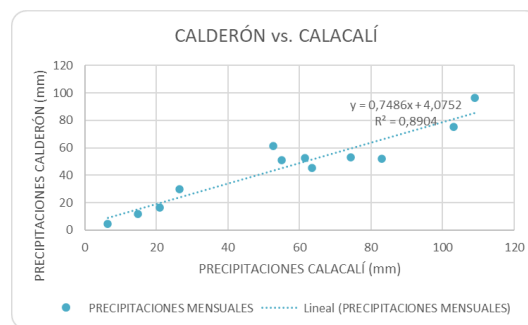
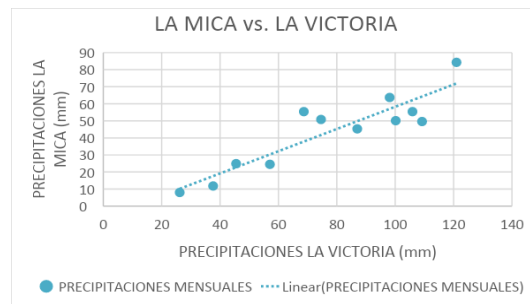


Fig. 8. Correlación lineal de precipitación de las estaciones La Mica vs. La Victoria



3.2 Trazado de Isoyetas – Precipitación

Las isoyetas son líneas que representan la precipitación en función de la altura y fueron calculadas tomando en cuenta la topografía de la subcuenca.

3.3 Trazado de Isotermas – Temperatura

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

3.4 Evapotranspiración – Cantidad de Agua

Con el método de Thornthwaite se define este parámetro, se calculó para cada mes la evapotranspiración potencial, tomando en cuenta dos factores: temperatura media mensual y la latitud.

Sabiendo que, la evapotranspiración es la suma de la cantidad de agua, que pasa a la atmósfera por procesos de evaporación interceptado por el suelo y transpiración de las plantas, dicha transpiración es la cantidad de agua que por procesos biológicos es devuelta a la atmósfera a través de las hojas y del 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 de alta pluviosidad.

A partir de los mapas de Isoyetas e Isotermas, aplicando la siguiente fórmula matemática se realizan los mapas de evapotranspiración de cada punto de las estaciones meteorológicas anteriormente interpoladas.

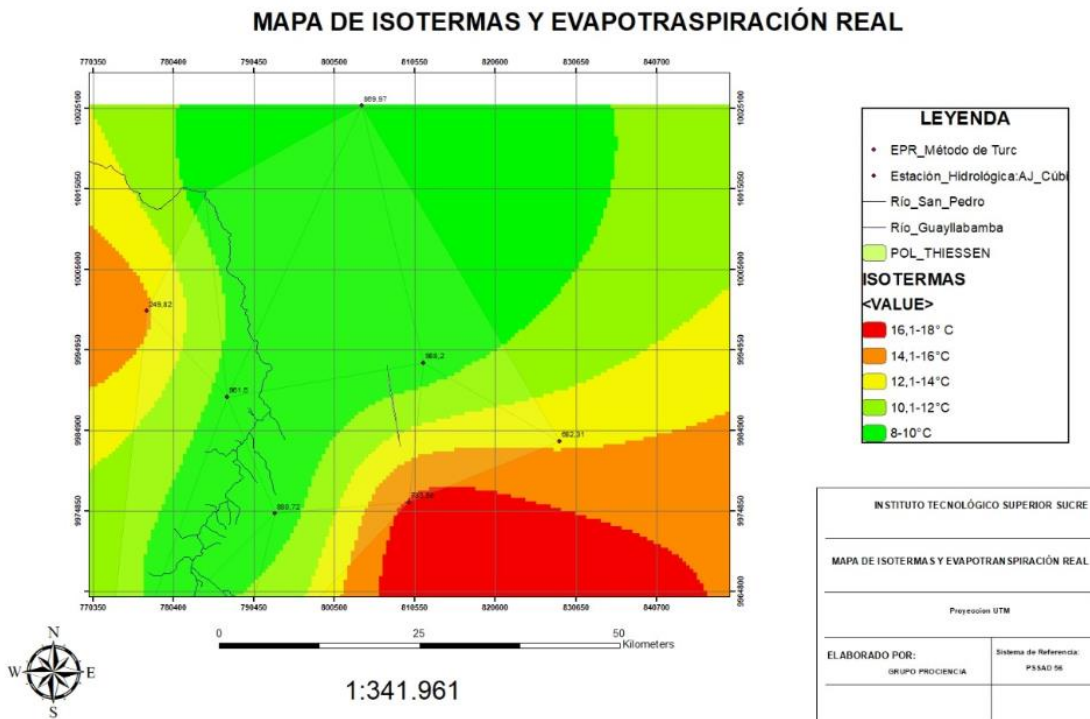


Fig. 9. Mapa de Isotermas y Evapotranspiración Real

3.5 Método de 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 tiene 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 dichos componentes.

El sistema se basa en los siguientes parámetros principales:

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

y en el que las temperaturas por debajo de la de congelación se toman como 0°C, ya que las plantas se aletargan a esas temperaturas.

- La relación de la 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 de Holdridge, tal como las usa el CAT (Organización Internacional de Investigación Científica Multidisciplinaria), se recogen en la Tabla No 18 que se muestra a continuación:

Definición de la zona de vida a nivel de la subcuenca Heading (Third Level). Medidos los parámetros planteados por Holdridge, se determina que la Subcuenca del río Guayllabamba posee una precipitación de 1089,63 mm durante el período 2000-2016, dentro de este período la temperatura anual media de esta zona es de 14.7°C y la evapotranspiración de la subcuenca es de 880,2625 mm.

Comparando todos los valores calculados anteriormente con la Figura 6, se establece que la subcuenca posee las características físicas y biológicas de un bosque húmedo montano bajo

3.6 Caracterización del medio biótico en el área de estudio

Caracterización ecológica La provincia de Pichincha posee bosques que se encuentran entre los 580 m de altura en la cota más baja y 3070 m en la cota más alta bioclimáticamente, por tanto, forma parte de la región húmeda montano.

Flora La zona posee equilibrio ecológico delicado, por eso, durante el trabajo de campo no fue posible aplicar una metodología que permita la obtención de datos cuantitativos de la flora del lugar, razón por la cual se optó por realizar un Inventario general.

Inventario general se realizó a través de colecciones al azar de plantas en estado fértil, caminatas por los alrededores de Bosques Protectores, vías de acceso y otros. Adicionalmente, se realizaron revisiones bibliográficas de estudios similares para el levantamiento de número de especies vegetales por metro cuadrado.

Vegetación En el trabajo de campo se comprobó áreas de bosque primario, se evidenció pequeños remanentes de bosque.

TABLA N° 13 FLORA 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>Epidendrum</i> sp.	
Lechero	<i>Euphorbia laurifolia</i>	
Sigse	<i>Cortaderia nitida</i>	
Yagual	<i>Polylepis lanuginosa</i>	Moderada
Laurel de Cera	<i>Myrica pubescens</i>	Crítica

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

TABLA N° 14 FLORA HERBÁCEA

FLORA		
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	AMENAZA
Chilca	<i>Baccharis arbutifolia</i>	Moderada
Mortiño	<i>Vaccinium floribundum</i>	Crítica
Mora silvestre	<i>Rubis robustus</i>	Crítica

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

Uso del recurso Se encontró determinadas especies maderables como: Yagual (*Polylepis lanuginosa*), Quisuar (*Buddleja incana*), Aliso (*Agnus jorullensis*), Laurel de Cera (*Myrica pubescens*). Estas especies se usan para la conservación del suelo, pero también se puede generar proyectos de aprovechamiento forestal sustentable en el caso de necesidad maderable.

Fauna La disminución del hábitat disponible afecta a todas las especies y aumenta la probabilidad de extinción por la disminución de sus tamaños poblacionales. En efecto, la pérdida o modificación del hábitat afecta al 76 % de las especies en peligro de extinción en el mundo (World Conservation Monitoring Center, 1992). Cabe destacar que, la fragmentación de hábitats ocurre cuando una porción extensa y continua de un ecosistema es transformada y reducida en uno o varios parches naturales embebidos en una matriz de áreas disturbadas (Norse et al 1986).

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

La fauna mantiene una relación equilibrada con la vegetación por cuanto constituye el hábitat de ésta. Las actividades antropogénicas ocasionan la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales de la zona en estudio, esto ha conllevado a la migración de especies silvestres en búsqueda de nuevos hábitats para su sobrevivencia. La destrucción de la vegetación ha influenciado directamente en la fauna silvestre, razón por la cual, en la actualidad únicamente se observan especies muy comunes que se han adaptado a los cambios.

Para caracterizar la fauna de la zona se realizó revisiones de diferentes fuentes bibliográficas así: del piso Zoogeográfico bosque húmedo montano bajo, caminatas por la zona, observando la fauna silvestre o evidencias que indiquen la presencia de determinada especie.

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

TABLA N° 15 MAMÍFEROS

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	AMENAZA
Ardilla	<i>Sciurusgranatensis*</i>	Critica
Murciélago	<i>Myotisoxotus</i>	
Conejo	<i>Oryctolaguscuniculus</i>	

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

Diversidad y Abundancia Los órdenes que se registran en la zona son: *Oryctolaguscuniculus* con, *Myotisoxotus* con, *Oryctolaguscuniculus* de

Aves: las especies más representativas son

TABLA N° 16 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>Notiochelidonmurina</i>	Moderada
Gorrión	<i>Zonotrichiacapensis</i>	
Mirlo	<i>Turdusfuscater</i>	Moderada

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

TABLA N° 17 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>Notiochelidonmurina</i>	Moderada
Gorrión	<i>Zonotrichiacapensis</i>	
Mirlo	<i>Turdusfuscater</i>	Moderada

Elaborado por: Grupo Pro Ciencia

3.7 Determinación de condiciones ambientales en base al modelo de Holdridge.

La superficie aproximada es de 1791 Km², uno de los principales afluentes es el río San Pedro, que nace al sureste del volcán Cotopaxi, con el cual confluye 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 en dirección de sur a norte, de esta manera, se encuentra delimitada al sur por la cuenca del río Pastaza, al norte las microcuencas de los ríos Machángara y Chiche, al este por la microcuenca del río Pita, y al oeste por la cuenca del río Napo.

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

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

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

El cálculo de los parámetros morfométricos permite adquirir información sobre la situación actual de la subcuenca, con la finalidad de generar planes de desarrollo que intervengan en el manejo ambiental sustentable en beneficio de la sociedad

4 Conclusiones

El clima es un factor determinante en la hidrología de una cuenca, ya que define las entradas de agua y energía, de esta forma, la precipitación provee el agua que entra a la cuenca, y forma parte de los drenajes, de los acuíferos, o del agua que vuelve a la atmósfera mediante la evapotranspiración. La luz solar también juega un papel importante en este último aspecto, ya que es necesaria para evaporar el agua. Es importante resaltar que, los parámetros que se toman en consideración para el diagnóstico del clima 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 del tiempo en esta región es su topografía, ya que posee alturas superiores a los 2800 m de altitud. Las características que presenta, tales como la altura, la orientación sur-norte y la presencia de fuertes pendientes, son un obstáculo para la circulación de los vientos.

El método de Thornthwaite es el más apropiado para definir la evapotranspiración, éste método consiste en calcular para cada mes la evapotranspiración potencial y a partir de la suma de estos datos se calcula el valor anual. Por otra parte, tiene la ventaja de utilizar dos factores, la temperatura media mensual y la latitud que implícitamente introduce, la duración teórica de la insolación, no obstante, tiene como desventaja no tomar en cuenta la humedad del aire.

Una vez medidos los datos de precipitación, temperatura, evapotranspiración y evapotranspiración potencial, se procede a comparar dichos datos con los parámetros establecidos para las zonas de vida del sistema de Holdridge, definiendo que la subcuenca posee las características físicas y biológicas de un bosque húmedo montano bajo.

Medidos los parámetros planteados por Holdridge, se determina que la Subcuenca del río Guayllabamba posee una precipitación de 1089,63 mm durante el período 2000-2016, dentro de este período la temperatura anual media de esta zona es de 14.7°C y la evapotranspiración de la subcuenca es de 880,2625 mm.

De acuerdo con las características definidas anteriormente se realiza una inspección en campo, donde se verifican que las especies vegetales y animales pertenecen a la zona de vida bosque húmedo montano.

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

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

Las zonas forestales se han delimitado principalmente debido a las condiciones de capacidad productiva de la tierra, mismas que condicionan su uso, principalmente a la producción de árboles.

Referencias

1. Albuja, L., M. Ibarra, J. Urgilés y R. Barriga. Estudio Preliminar de los Vertebrados Ecuatorianos Edit. Esc. Politécnica. Nacional. Quito. pg. 1-143.
2. Albuja, L. & R. Arcos. 2007. pg. 7-33. Lista de Mamíferos actuales del Ecuador. Politécnica pg. 27(4) Biología
3. 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).

4. INAMHI. (2020). Información climatológica proporcionada por el INAMHI. Quito, Ecuador.
5. L. Cañadas, Ecuador: Mapa Ecológico del Ecuador. REVISTA, PRONAGREG-ORSTOM, 1978.
6. Larsen y B. HolmNeilsen (Eds.). Botánica tropical. Prensa académica. Nueva York, 1979.
7. L. Cañadas, El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador, Banco Central del Ecuador, 1983.
8. MAE, Metodología para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental, 2012.
9. Norse, E. A. y seis coautores. 1986. Conservación de la diversidad biológica en nuestros bosques nacionales. The Wilderness Society, Washington, DC.
10. Norse, E. A. 1990. Bosques antiguos del noroeste del Pacífico. Island Press, Washington, DC.
11. R. Sierra, Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de Vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN / GEFBIRF y Eco-Ciencia. Quito, Ecuador. 1999.
12. Suárez, F. de C. 1980. Conservación de Suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editoria.CA. San José, Costa Rica. 315 p.
13. World Conservation Monitoring Centre (WCMC) 1999. Species Database, unpublished data, Cambridge, U.K.
14. Thornthwaite CW, Mather RJ (1955) El balance hídrico. Publicaciones en climatología, laboratorio de climatología. Centerton, Nueva Jersey. 104 pg.
15. 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.