



*Análisis diversidad florística del ecosistema herbazal inundable del páramo
comunidad río colorado alto, Pilahuin – Tungurahua*

*Analysis of floristic diversity of the flooded grassland ecosystem of the páramo
community Río Colorado Alto, Pilahuin - Tungurahua*

*Análise da diversidade florística do ecossistema de pastagens inundadas da
comunidade páramo Río Colorado Alto, Pilahuin - Tungurahua*

Susana Monserrat Zurita-Polo ^I
susana.zurita@esepoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5325-486X>

Marco Hjalmar Velasco-Arellano ^{II}
marco.velasco@esepoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8356-9459>

Johana Paulina Lisintuña-Toapanta ^{III}
johana.lisintuna@esepoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3900-2455>

Correspondencia: susana.zurita@esepoch.edu.ec

Ciencias naturales
Artículo de investigación

***Recibido:** 02 de septiembre de 2020 ***Aceptado:** 07 de octubre 2020 * **Publicado:** 05 de noviembre de 2020

- I. Ingeniera en Sistemas Informáticos, Magíster en Educación a Distancia, Máster Universitario en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos, Docente Investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Licenciado En Ciencias de la Educación, Profesor de Enseñanza Media en la Especialización de Ciencias Exactas, Magister en Educación Matemática, Docente Investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Ingeniera en Ecoturismo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

La Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH) se localiza en el corazón de los andes ecuatorianos en las provincias de Bolívar, Chimborazo y Tungurahua, con un rango altitudinal que varía desde los 3200 a los 6310 msnm, presenta un mosaico de vegetación correspondiente en su mayor parte a ecosistema de páramo y relictos de formaciones de vegetación andina achaparrada tanto arbórea como arbustiva, típica de climas rigurosos caracterizados por fuertes vientos y heladas, este relicto de flora achaparrada únicamente permanece en los sitios escarpados, en quebradas o sobre microcuencas y en las faldas del volcán Carihuairazo, constituyendo de esta manera en refugios únicos para la flora y fauna de la RPFCH. Dentro de las cuatro zonas de vida se presentan siete tipos de ecosistema que son: Herbazal de Páramo, Herbazal y Arbustal siempre verde subnivel de Páramo, Arbustal siempre verde y Herbazal de Páramo, Herbazal inundable del Páramo, Herbazal ultra húmedo subnivel de Páramo, Herbazal húmedo montano alto superior de Páramo. El presente estudio tiene por objeto determinar la composición y estructura de la flora del ecosistema herbazal inundable de páramo mediante la identificación de patrones de riqueza de especies y de la constitución a lo largo de las zonas transicionales, requisitos importantes para establecer el estado de conservación de los mismos. Adicionalmente la investigación proveerá información precisa de este ecosistema lo que permitirá a los administradores de la reserva orientar una gestión efectiva que priorice la conservación de los ecosistemas fragmentados.

Palabras claves: Reserva de fauna; antrópicas; herbazal; páramo.

Abstract

The Chimborazo Fauna Production Reserve (RPFCH) is located in the heart of the Ecuadorian Andes in the provinces of Bolívar, Chimborazo and Tungurahua, with an altitudinal range that varies from 3,200 to 6,310 meters above sea level, it presents a mosaic of corresponding vegetation in mostly to the páramo ecosystem and relics of stunted Andean vegetation formations, both arboreal and shrub, typical of harsh climates characterized by strong winds and frosts, this relic of stunted flora only remains in steep sites, in ravines or over micro-basins and in the slopes of the Carihuairazo volcano, thus constituting unique refuges for the flora and fauna of the RPFCH. Within the four life zones there are seven types of ecosystem that are: Herbazal de Páramo, Herbazal and Evergreen Shrubland sub-level of Páramo, Evergreen Shrubland and Herbazal de Páramo, Floodplain Herbazal del Páramo, Ultra-humid Herbazal

sub-level of Páramo, Herbazal humid upper montane upper Páramo. The present study aims to determine the composition and structure of the flora of the páramo floodplain grassland ecosystem by identifying patterns of species richness and the constitution along transitional zones, important requirements to establish the conservation status of the same. Additionally, the research will provide accurate information on this ecosystem, which will allow the reserve managers to guide effective management that prioritizes the conservation of fragmented ecosystems.

Keywords: Wildlife reserve; anthropic; grassland; paramo.

Resumo

A Reserva Produtiva da Fauna do Chimborazo (RPFCH) está localizada no coração dos Andes equatorianos nas províncias de Bolívar, Chimborazo e Tungurahua, com amplitude altitudinal que varia de 3.200 a 6.310 metros acima do nível do mar, apresenta um mosaico de vegetação correspondente em principalmente para o ecossistema de páramo e relíquias de formações de vegetação andina raquílicas, tanto arbóreas quanto arbustivas, típicas de climas severos caracterizados por fortes ventos e geadas, esta relíquia de flora atrofiada só permanece em locais íngremes, em ravinas ou sobre microbacias e em as encostas do vulcão Carihuairazo, constituindo assim refúgios únicos para a flora e fauna do RPFCH. Dentro das quatro zonas de vida, há sete tipos de ecossistema que são: Herbazal de Páramo, Subnível Herbazal e Arbusto Perene do Páramo, Arbusto Perene e Herbazal de Páramo, Várzea Herbazal del Páramo, Subnível Herbazal Ultra-úmido de Páramo, Herbazal úmido alto-montano alto Páramo. O presente estudo visa determinar a composição e estrutura da flora do ecossistema de pastagem de várzea do páramo, identificando padrões de riqueza de espécies e de constituição ao longo de zonas de transição, requisitos importantes para estabelecer o estado de conservação de. os mesmos. Além disso, a pesquisa fornecerá informações precisas sobre esse ecossistema, o que permitirá aos gestores das reservas orientar um manejo eficaz que priorize a conservação de ecossistemas fragmentados.

Palavras-chave: Reserva de vida selvagem; antrópico; pastagem; paramo.

Introducción

El ecosistema, entendido como un grupo de comunidades de vegetación a escala local que tienden a coexistir dentro de paisajes con variables biofísicas, gradientes ambientales, y

procesos dinámicos similares (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013), menciona que para el Ecuador continental se encuentran definidos 91 ecosistemas y grupos mayores de clasificación biogeográfica que debe ser elemento clave para caracterizar la biodiversidad y un requisito previo para mapear sus patrones geográficos de variación.

Los ecosistemas de alta montaña de los andes ecuatorianos constituyen la mayor cantidad de biodiversidad del planeta donde incluyen páramos, ríos, humedales, lagunas, bofedales, entre otros, en particular tienen una importancia en la producción de servicios ambientales como la regulación hídrica y al almacenamiento de carbono atmosférico (Schalatter, 2004).

El páramo es un ecosistema alto andino que se extiende al norte de la cadena montañosa denominada “Los Andes” diferenciado por tener una vegetación dominante como el pajonal. En el Ecuador los páramos ocupan una extensión de 1'337.119 ha, que corresponden aproximadamente al 5% del territorio nacional. La provincia de Chimborazo, con una extensión de 648.124 ha, posee más de 236.000 ha de ecosistema de páramo, es decir el 36,9% de la superficie de la provincia (Caranqui, Lozano, & Reyes, 2016).

El ecosistema páramo es muy importante puesto que ofrece y presta importantes funciones ecológicas y de biodiversidad. Es muy conocido por su capacidad de retener y almacenar agua; también deben tomarse en cuenta las características del suelo, como es su gran capacidad de secuestrar, almacenar y transformar el CO₂ en otros compuestos con características menos tóxicas, reduciendo así su capacidad de daño tanto para el ambiente como para las personas (Coronel, 2016)

Ecuador es un país que ha dado gran importancia a la conservación de sus recursos naturales y para ello creó el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, que actualmente se encuentra conformado por 51 áreas protegidas, dentro de las cuales se incluye la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo posee un mosaico de vegetación que en su mayor parte corresponde al ecosistema páramo (Plan de actualización RPFCH, 2014), mismo que se ha visto afectado por el desarrollo de actividades antrópicas como el avance de la frontera agrícola, actividades pecuarias y canalización de agua, lo que ha generado una alteración de la cobertura vegetal aumentando así el riesgo de un colapso inminente. Bajo este contexto la Facultad de Recursos Naturales ejecuta el proyecto de Investigación Medidas ante los riesgos que afrontan los ecosistemas de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, bajo el aval del Instituto de Investigaciones, el cual tiene como fin contribuir a reducir los riesgos que afrontan los

ecosistemas que componen la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo frente al cambio de uso de suelo.

El páramo es un ecosistema natural sobre el límite de bosque cerrado en los Andes del Norte, dominado por pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes, teniendo un clima frío, localizados aproximadamente entre la altitud de los 3100 a 4700 m.s.n.m., la flora en la zona es considerada una de las más ricas en géneros y especies, son vulnerables a los efectos de la actividad humana, debido a que la vegetación apenas tolera bajas frecuencias de quema y pastoreo (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).

En este sentido, es pertinente mencionar que la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo posee un mosaico de vegetación que en su mayor parte corresponde al ecosistema páramo, mismo que se ha visto afectado por el desarrollo de actividades antrópicas como el avance de la frontera agrícola, actividades pecuarias y canalización de agua, lo que ha generado una alteración de la cobertura vegetal aumentando así el riesgo de un colapso inminente, por tanto es importante identificar cuál es la estructura y composición de flora en este caso del sistema herbazal inundable.

Composición y estructura florística

La diversidad florística del Ecuador está representada en gran medida por la variedad de ecosistemas que posee, lo cual constituye la razón principal para que el Ecuador sea considerado entre los países con mayor diversidad del mundo, además es considerado como el país con la mayor cantidad de especies de plantas por unidad de área en América del Sur (Mena & Hofstede, 2006)

Ecuador es un país mega diverso asentado sobre una enorme diversidad ecológica. Cualquiera que sea el sistema empleado para medir esa diversidad, comprueba esta aseveración. Según el sistema de zonas de vida de Holdridge, 2000., Ecuador cuenta con 25 zonas de vida, reconocieron 46 formaciones vegetales para el Ecuador Continental.

En cuanto a los pisos florísticos altitudinales, se refiere a la ubicación de las formaciones con respecto al nivel del mar, y cambios florísticos, fisonómicos, y fenológicos correspondientes. En algunas localidades la vegetación puede encontrarse fuera del rango sugerido debido a condiciones climáticas y geológicas locales. La diversidad de especies depende de varias condiciones: como la gradiente latitudinal, altitudinal y precipitación. (Mena & Hofstede, 2006), mencionan que la cordillera de los Andes genera una especie de escalera irregular en la

cual cada escalón es un ambiente diferente, con condiciones climáticas y biológicas más o menos particulares, los cambios altitudinales no son abruptos, son paulatinos y con traslapes.

Inventario Florístico

Un inventario florístico es un inventario de las plantas de un área determinada, el mismo que pasa por tres fases de investigación que pueden darse independientemente, o al tiempo, estos son: Lista compilatoria, trabajos de campo y estudios en herbarios.

Las especies de plantas deben comprobarse mediante especímenes de herbario, con el fin de facilitar su localización; el inventario florístico hace referencia a "La identificación de las especies de plantas de un área geográfica determinada" (Holdridge, 2000).

Evaluación Florística

La Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, posee una biodiversidad única atribuida a su ubicación geográfica, es conocido como el punto más cercano al sol y más lejano en el planeta desde el centro de la tierra, y por conservar especies de flora y fauna típicas de ecosistemas altoandinos. Las familias Asteráceas, Poáceas y Plantagináceas son las más representativas de la cobertura vegetal (Caranqui, Lozano, & Reyes, 2016).

En primer lugar, es necesario establecer la diferencia conceptual entre Flora y Vegetación. La vegetación se refiere a los aspectos cuantitativos de la arquitectura vegetal, es decir su distribución horizontal y vertical sobre la superficie, mientras que la flora corresponde a la definición cualitativa de esta arquitectura, referido a las especies componentes de ella. El objeto del estudio de la flora son las especies vegetales. La flora es el conjunto de especies presentes en un lugar o área dada. El objeto del estudio de la vegetación son las comunidades vegetales, su estructura y composición florística (Osuna, Marroquín, & García, 2010).

Si el concepto de flora está bien definido, el concepto de comunidad vegetal también lo está por la estructura o modo en que las especies ocupan en el espacio disponible, así como por el aspecto o carácter propio que presenta el conjunto como componente de un paisaje (Osuna, Marroquín, & García, 2010)

La biodiversidad es el grado de variación entre los organismos vivos y los complejos ecológicos en los que ocurren. Se encuentra distribuida heterogéneamente entre paisajes, hábitats, y regiones, por lo que su cuantificación a escalas distintas permite planear estrategias para su manejo y conservación.

En general se han conocido tres componentes de la diversidad: la riqueza espacial o diversidad alfa, que es el número total de especies por sitio, la riqueza regional o diversidad gamma que se refiere al número de especies de una región y finalmente el reemplazamiento espacial o diferenciación de diversidad mejor conocido como diversidad beta que se refiere a la variación en la composición de especies entre sitios (Zacarías, 2009).

Sistema Ecológico

Un sistema ecológico se define como un conjunto de elementos que están interrelacionados. Comprende elementos naturales y humanos vinculados por relaciones de dependencia mutua, entre los cuales están el relieve, clima, ríos, suelos, seres humanos, plantas, animales. En este sistema las características de cada elemento se explican por causas naturales físicas, químicas y biológicas (Marco, Vega, & Bellagamba, 2011).

Por ello para su caracterización es indispensable la identificación de los elementos que conforman un ecosistema, los mismos que se encuentran definidos por una composición y procesos únicos que involucran la biota y el ambiente en cierto grado, y por un espacio delimitado (Morales, 2003).

En el sistema ecológico deben considerarse los factores intervinientes correspondientes a bióticos y abióticos. En cuanto a factores bióticos o componentes bióticos constituyen todos los organismos vivos que interactúan con otros organismos vivos, refiriéndonos a la fauna y la flora de un lugar específico, así como también a sus interacciones. Los factores bióticos deben tener características fisiológicas y un comportamiento específico que les permita sobrevivir y reproducirse dentro de un ambiente con otros factores bióticos (Morales, 2003). En cuanto a los factores bióticos se consideran la flora cuyo objeto de estudio son las especies vegetales en un lugar o área determinada y la fauna que es el conjunto de especies animales que habitan una región geográfica y son propias de un periodo geológico.

Por otro lado, los factores abióticos correspondientes a los factores sin vida, no dependen directamente de los seres vivos, aunque su actividad puede modificarlos, son los distintos componentes que determinan el espacio físico en el cual habitan los seres vivos; entre los más importantes podemos encontrar: el agua, la temperatura, la luz, el pH, el suelo, la humedad, el aire (que sin él no podríamos vivir) y los nutrientes. Incluyen factores energéticos, factores climáticos, factores de sustrato como hidrología, formaciones geológicas, pendientes, taxonomía y uso de suelos.

Métodos

Características climáticas

De acuerdo a Díaz, 2015 las características climáticas del sector donde se desarrollará el presente trabajo de investigación, son las siguientes:

Temperatura: Oscila entre -3 a 14 °C

Precipitación: en la zona de páramo la pluviosidad es de 1000 mm/año

Humedad: 70-85%

Clasificación ecológica

Herbazal inundable del páramo

Herbazales inundables en los que existen especies que forman cojines o parches aislados de vegetación flotante, este ecosistema es azonal, en el que las condiciones edáficas o microclimáticas locales tienen una mayor influencia sobre la vegetación que los factores climáticos asociados al gradiente altitudinal (Harden, Farley, Bremer, & Hartsig, 2011).

Esta vegetación azonal del páramo está presente donde existe un balance hídrico positivo, es decir las pérdidas por corrientes y evapotranspiración son menores que las entradas por precipitación o esorrentía (Harden, Farley, Bremer, & Hartsig, 2011)

La saturación de agua producto de la textura gruesa y muy densa del suelo resulta en una zona totalmente impermeable y mal drenada que influye en la vegetación, originando dos grandes unidades: las áreas de agua corriente o turberas y las áreas inundadas con aguas estancadas conocidas como pantanos.

- Características: Herbazales inundables con presencia de almohadillas asociado a cuerpos de agua y zonas susceptibles de inundación se encuentra entre los 3300-4500 msnm, puede distinguirse dos clases, turberas y pantanos. Es común encontrar áreas dominadas por *Sphagnum magellanica*.
- Especies representativas: *Azorella aretioides*, *Castilleja fissifolia*, *Cortaderia sericantha*, *Distichia muscoides*, *Eryngium humile*, *Geranium sibbaldioides*, *Huperzia crassa*, *Hydrocotyle pusilla*, *Hypericum aciculare*, *H. decandrum*, *Hypochaeris sonchoides*, *Hypsela reniformis*, *Juncus arcticus*, *Lachemilla fulvescens*, *L. orbiculata*, *Oreobolus ecuadorensis*, *O. goeppingeri*, *Oritrophium limnophilum*, *Plantago rigida*, *Schoenoplectus californicus*, *Sphagnum magellanicum*, *Werneria pygmaea*, *Xyris subulata*.

Característica del suelo

Los suelos de la reserva son de origen volcánico, formados de rocas, sedimentos y tobas volcánicas pliocénicas y más antiguas. Al sur del volcán Chimborazo, la serranía de la Calera, su prolongación austral y el páramo de Puyal, están desprovistos de andesitas pliocénicas. Al norte del Chimborazo y Carihuairazo, los mantos volcánicos del plioceno, cubren en variable extensión, las alturas de la cordillera Occidental, originados por erupciones lineales a lo largo de una falla longitudinal, como en las demás regiones volcánicas de la cordillera (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015)

Metodología

Para la composición y estructura de la flora del ecosistema herbazal inundable del páramo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo se consideró una investigación de campo, se utilizó técnicas de observación, de revisión bibliográfica y salidas de campo a un nivel exploratorio, analítico y prospectivo; cuyos objetivos se cumplirán de la siguiente manera:

Para el cumplimiento del primer objetivo: realizar el inventario de la flora del ecosistema herbazal inundable del páramo.

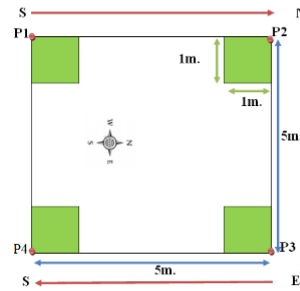
Delimitación del área de estudio

Para la delimitación del área de estudio se recorrió la formación vegetal del ecosistema herbazal inundable de páramo ubicado en la comunidad de Rio Colorado Alto dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, se registraron datos como: altitud, latitud y longitud con la ayuda de un GPS, información que se utilizó en Arc Map versión 10.4 para la construcción del mapa de la zona, determinando de esta manera el área total de estudio.

Instalación de parcelas

En función de la metodología GLORIA (Iniciativa para la investigación y el seguimiento Global de los Ambientes Andinos), se realizó diez parcelas cada una de (5x5) m², utilizando 4 varillas de 30 cm y una piola de 20 m que sirvieron para la construcción de la parcela, donde se estableció un punto de inicio colocando la primera varilla y se amarro la piola, a partir de este se midió 5m horizontales (norte) ubicando así el punto 2 y a 5 m de distancia (este) se colocó el punto 3, y finalmente a una distancia de 5m (sur) se instaló el punto 4, para así formar la parcela.

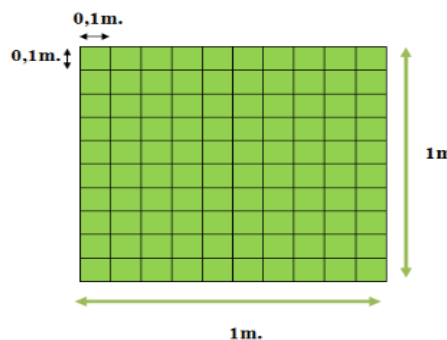
Figura 1: Pasos para ubicar la parcela



Fuente: (Morrone, 2004)

Dentro de la parcela se colocó cuatro cuadrantes (1x1) m², cada uno de los cuadrantes fueron subdividido en cuadrículas de 10 x 10 cm, para lo cual se utilizó un cuadrado de madera a manera de rejilla con hilo fino, que fueron colocados en las esquinas de la parcela para el levantamiento de la información donde se observó la riqueza, abundancia, dominancia y el número de especies, esto se realizó solo dentro de los cuatro cuadrantes.

Figura 2: Medidas del cuadrante



Fuente: (Morrone, 2004)

Para la recolección de muestras se llevó una libreta de campo, bolsas de plástico, tijeras de podar y lápiz para hacer anotaciones.

La recolección de especies para ser identificadas se realizó fuera de la parcela, teniendo presente las características que se necesitan para una buena muestra de herbario recolectando ejemplares representativos, con flores o frutos o ambos y cuatro duplicados.

En las subparcelas se registraron las especies de flora, según el número de celdas que ocupó se le asignó un porcentaje. Se contó y registró en las hojas de campo el número de individuos de cada especie, a fin de obtener datos cuantitativos de la vegetación.

Una vez obtenida la muestra se procedió a colocar al interior de una bolsa de plástico, dentro de ella se depositó una etiqueta con los datos de las especies recolectadas, como la fecha, el código y en que parcela fue recolectada.

Identificar las especies

Dentro de los cuadrantes se identificó especies herbáceas mismas que se registraron en fichas de inventario de campo, las especies que no se lograron identificar insitu se recolectaron y se herborizaron para posteriormente identificarlas en el herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la información de todas las especies identificadas se sistematizó en fichas.

Descripción de las especies

Las 20 especies identificadas se las registró en fichas, con su respectiva fotografía, descripción taxonómica y morfológica.

Sistematización de la información

Para la sistematización y análisis de la información obtenida se elaboró una base de datos en EXCEL. Posteriormente se determinó: la densidad relativa, frecuencia relativa y el valor de importancia de especie, de la siguiente manera:

IVI (Valor de Importancia)

$$IVI=DR+FR$$

DR= Densidad Relativa

$$DR= \#de individuos de especie / \# total de individuos en el muestreo \times 100$$

FR= Frecuencia Relativa

$$FR= \#de unidades de muestreo por especie / sumatoria de las frecuencias de todas las especies \times 100.$$

Para el cumplimiento del segundo objetivo: Analizar la diversidad florística del ecosistema herbazal inundable del páramo.

Con los datos obtenidos del inventario realizado, se aplicó los diferentes índices de medición de diversidad alfa y beta, utilizando el software PRIMER V5.0 y el software ESTIMATES (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples), que se trabajó con los siguientes índices.

Cálculo de diversidad alfa

Índice de diversidad de Shannon

Es el índice más usado, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies de una comunidad están representadas en la muestra.

Adquiere valores entre cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Se puede calcular usando el logaritmo natural (más exacto) o con logaritmo base 10.

El índice de Shannon y Weaver (1949 se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por “S” clases de símbolos discretos cuyas probabilidades de ocurrencia son $p_1...p_S$) y es probablemente el más usado en ecología de comunidades.

El índice de Shannon integra dos componentes:

- Riqueza de especies.
- Equitatividad /representatividad (dentro del muestreo).

La ecuación para su cálculo es:

$$H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_n P_i)$$

Dónde:

H = Índice de la diversidad de la especie

S = Número de especie

Pi = Proporción de la muestra que corresponde a la especie i

Ln = Logaritmo natural

Tabla 1: Matriz recomendada para organizar la información y calcular el índice de Shannon

Especie	Número Individuos	Pi= n/N	Ln.Pi	Pi*Lnpi
Especie	N			
Total especies	N			$-\sum p_i \cdot \ln p_i$

Fuente: Moreno, 2001

La sumatoria de la columna $P_i \cdot \ln p_i$ es el resultado del índice. Para el cálculo final no olvidar el símbolo, así $H' = (-) - \sum P_i \ln P_i$.

Tabla 2: Rangos de diversidad Shannon

Rangos	Significados
0 - 1,35	Diversidad baja
1,36 - 3,5	Diversidad media
Mayor a 3,5	Diversidad alta

Fuente: Moreno, 2001

Índice de Margalef

Donde:

$$D_{MG} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

S = número de especies

N = número total de individuos

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k N$ donde k es constante. Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando $S-1$, en lugar de S, da $DMg = 0$ cuando hay una sola especie (Moreno, 2001).

Índice de Simpson

(Moreno, 2001), explica el índice de Simpson de la siguiente manera:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$. Es un tipo de medida de dominancia (0-1), es decir cuanta menos dominancia hay de una especie, más diversidad existe.

Para el cálculo de Diversidad beta

Índice de disimilitud de Bray Curtis

El índice de Bray–Curtis que se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie presente, y se expresa mediante:

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum(x_i - y_i)}{\sum(x_i + y_i)}$$

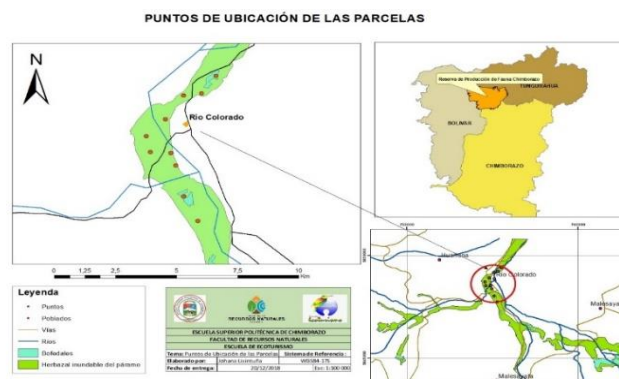
Dónde:

x_i = abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1; y_i = abundancia de las especies en el otro (Moreno, 2001)

Resultados

El inventario de las especies de flora se realizó en diez parcelas cada una de (5x5) m² del ecosistema herbazal inundable del páramo.

Figura 3: Puntos de muestreo ubicados geográficamente en el ecosistema herbazal inundable del páramo



Fuente: Lisintuña, 2020

Tabla 3: Coordenadas de las parcelas

Parcela	X	Y	Parcela	X	Y
1	736741	9849211	6	736243	9848533
2	736880	9849412	7	736441	9848523
3	736566	9849188	8	736490	9848381
4	736391	9848912	9	736565	9848024
5	736205	9848719	10	736705	9844740

Fuente: Lisintuña, 2020

Lista de especies por parcelas

Se identificaron 20 especies, 2448 individuos, la especie con mayor número de individuos es *Werneria pygmaea* con 437, seguida de *Distichia muscoides* con 375 y el menor número de individuos es *Halenia weddelliana* con 27 individuos.

Tabla 4: Lista de especies por parcelas

Nombre científico	N° de individuos										TOTAL
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
<i>Calamagrostis intermedia</i>	14	11	27	22	18	20	9	10	13	19	163
<i>Plantago rigida</i>	13	19	11	5	10	11	17	14	11	13	124
<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	40	50	28	40	26	33	10	14	20	10	271
<i>Eryngium humile</i>	21	0	0	10	12	0	13	17	20	0	93
<i>Distichia muscoides</i>	15	23	34	55	35	54	35	30	40	54	375
<i>Huperzia crassa</i>	17	10	13	16	14	0	0	0	12	0	82
<i>Lachemilla orbiculata</i>	20	15	14	19	14	19	11	10	10	10	142
<i>Werneria pygmaea</i>	67	51	45	37	45	38	37	36	55	26	437

Nombre científico	N° de individuos										TOTAL
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
Ranunculus geranioides	20	26	0	0	0	0	15	13	11	0	85
Niphogeton dissecta	20	28	15	15	20	0	0	17	20	10	145
Astragalus geminiflorus	7	0	10	0	9	12	10	0	14	16	78
Gentiana sedifolia	0	6	4	8	5	5	8	7	0	8	51
Lucilia kunthiana	0	8	8	8	0	0	4	6	0	0	34
Halenia weddelliana	0	4	6	4	2	0	3	5	0	3	27
Xenophyllum humile	0	5	9	7	0	6	0	7	0	6	40
Urtica flabellata	0	10	12	6	9	9	10	10	0	10	76
Lupinus microphyllus	0	0	5	11	20	11	14	11	0	11	83
Azorella pedunculata	5	4	2	0	0	7	3	4	9	7	41
Geranium multipartitum	0	0	0	0	0	11	9	10	13	7	50
Geranium sp.	4	8	3	8	0	0	6	9	4	9	51
TOTAL	263	278	246	271	239	236	214	230	252	219	2448

Fuente: Lisintuña, 2020

Lista de especies por orden y familias

Se identificaron 12 familias y 10 órdenes en las diez parcelas de estudio.

Tabla 5: Lista de especies vegetales de acuerdo orden y familia

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Apiales	Apiaceae	<i>Niphogeton dissecta</i>	Sacha zanahoria
		<i>Eryngium humile</i>	Urku rosa blanca
		<i>Azorella pedunculata</i>	Cojín yareta
Asterales	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Achicoria Amarilla
		<i>Werneria pygmaea</i>	S/N

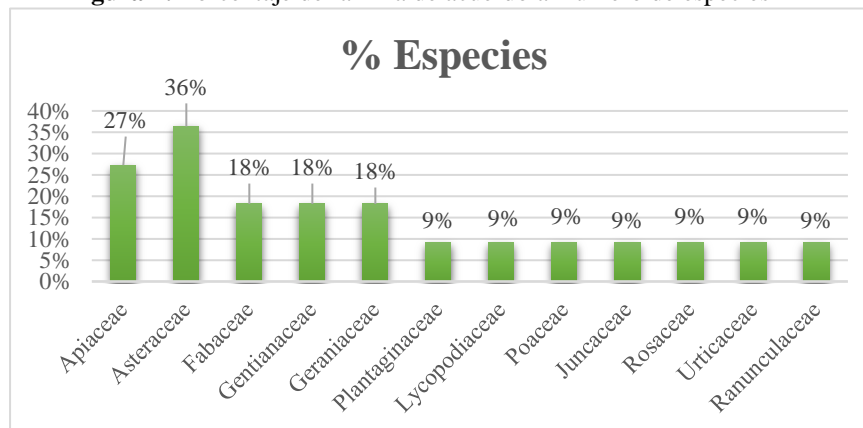
		<i>Lucilia kunthiana</i>	Wira wira
		<i>Xenophyllum humile</i>	S/N
Fabales	Fabaceae	<i>Lupinus microphyllus</i>	Lupinus
		<i>Astragalus geminiflorus</i>	Hierba cabrera
Gentianales	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	Amor sacha
		<i>Halenia weddelliana</i>	Cacho de venado
Geraniales	Geraniaceae	<i>Geranium sp.</i>	S/N
		<i>Geranium multipartitum</i>	S/N
Lamiales	Plantaginaceae	<i>Plantago rígida</i>	Esponja de agua
Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Ranunculus geranioides</i>	S/N
Lycopodiales	Lycopodiaceae	<i>Huperzia crassa</i>	Dedito
Poales	Poaceae	<i>Calamagrostis intermedia</i>	Paja de páramo
	Juncaceae	<i>Distichia muscoides</i>	Colipaco
Rosales	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	Oreja de ratón
	Urticaceae	<i>Urtica flabellata</i>	Ortiga de paramo

Fuente: Lisintuña, 2020

Porcentaje de familias de acuerdo al número de especies

Las familias registradas en el ecosistema herbazal inundable del páramo que presentan un mayor número de especies son: Asteraceae (36%) con 4 especies, Apiaceae (27%) con 3 especies, Fabáceae, Gentianaceae y Geraniaceae (18%) con 2 especies, el resto de familias son menores con (9%).

Figura 4: Porcentaje de familia de acuerdo al número de especies

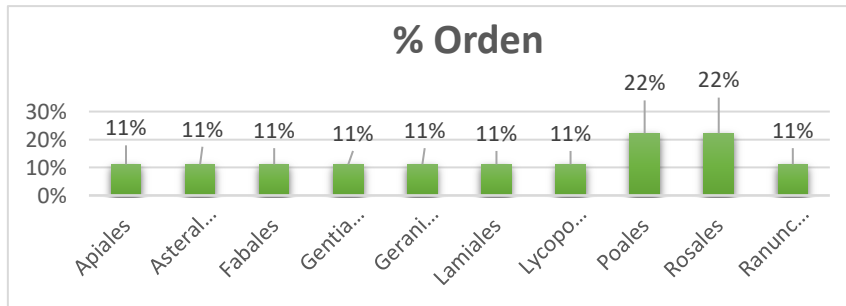


Fuente: Lisintuña, 2020

Porcentaje de órdenes de acuerdo al número de familias

Los órdenes registrados en el ecosistema herbazal inundable del páramo que presentan un mayor número de familias son: Poales y Rosales (22%) y el resto de ordenes son menores con (11%).

Figura 5: Porcentaje de órdenes de acuerdo al número de familias



Fuente: Lisintuña, 2020

Análisis de la diversidad florística del ecosistema herbazal inundable del páramo

Índice de Valor de Importancia

El índice de valor de importancia (IVI) se determinó en la formación vegetal

Índice de Valor de Importancia de especies herbáceas

Frecuencia Relativa de especies

De las 20 especies identificadas en esta formación vegetal, las especies con los valores más altos de frecuencia relativa son *Calamagrostis intermedia*. (6,49%) *Distichia muscoides* (6,49%), *Plantago rigida*. (6,49%), *Hypochaeris sessiliflora* (6,49), *Werneria pygmaea* (6,49%), y *Lachemilla orbiculata* (6,49%).

Tabla 6: Frecuencia relativa de especies

Nombre científico	Nombre común	ji (N° apariciones de la sp)	k (N° apariciones de todas las spp)	ji/k= Fr	Fr*100 =Frecuencia Relativa
<i>Calamagrostis intermedia</i>	Paja de páramo	10	154	0,06	6,49
<i>Plantago rigida</i>	Esponja de agua	10	154	0,06	6,49

Análisis diversidad florística del ecosistema herbazal inundable del páramo comunidad río colorado alto, Pilahuin – Tungurahua

Nombre científico	Nombre común	ji (N° apariciones de la sp)	k (N° apariciones de todas las spp)	ji/k= Fr	Fr*100 =Frecuencia Relativa
<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Achicoria Amarrilla	10	154	0,06	6,49
<i>Eryngium humile</i>	Urku rosa blanca	6	154	0,04	3,90
<i>Distichia muscoides</i>	Colipaco	10	154	0,06	6,49
<i>Huperzia crassa</i>	Dedito	6	154	0,04	3,90
<i>Lachemilla orbiculata</i>	Oreja de ratón	10	154	0,06	6,49
<i>Werneria pygmaea</i>	S/N	10	154	0,06	6,49
<i>Ranunculus geranioides</i>	S/N	5	154	0,03	3,25
<i>Niphogeton dissecta</i>	Sacha zanahoria	8	154	0,05	5,19
<i>Astragalus geminiflorus</i>	Hierba cabrera	7	154	0,05	4,55
<i>Gentiana sedifolia</i>	Amor sacha	8	154	0,05	5,19
<i>Lucilia kunthiana</i>	Wira wira	5	154	0,03	3,25
<i>Halenia weddelliana</i>	Cacho de venado	7	154	0,05	4,55
<i>Xenophyllum humile</i>	S/N	6	154	0,04	3,90
<i>Urtica flabellata</i>	Ortiga de páramo	8	154	0,05	5,19
<i>Lupinus microphyllus</i>	Lupinus	7	154	0,05	4,55
<i>Azorella pedunculata</i>	Cojín yareta	8	154	0,05	5,19
<i>Geranium multipartitum</i>	S/N	5	154	0,03	3,25
<i>Geranium sp.</i>	S/N	8	154	0,05	5,19
TOTAL		154	3080	1	100

Fuente: Lisintuña, 2020

Densidad Relativa de especies

Del total de especies identificadas en la formación vegetal, las especies con los valores más alto de densidad relativa son *Werneria pygmaea* (17,85%), *Distichia muscoides* (15,32) y *Hypochaeris sessiliflora* (11,07%).

Tabla 7: Densidad relativa de especies

Nombre científico	Nombre común	ni (N° individuos por sp.)	Σni (N°total de individuos)	Densidad Relativa
<i>Calamagrostis intermedia</i>	Paja de páramo	163	2448	6,66
<i>Plantago rigida</i>	Esponja de agua	124	2448	5,07
<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Achicoria Amarrilla	271	2448	11,07
<i>Eryngium humile</i>	Urku rosa blanca	93	2448	3,80
<i>Distichia muscoides</i>	Colipaco	375	2448	15,32
<i>Huperzia crassa</i>	Dedito	82	2448	3,35
<i>Lachemilla orbiculata</i>	Oreja de ratón	142	2448	5,80
<i>Werneria pygmaea</i>	S/N	437	2448	17,85
<i>Ranunculus geranioides</i>	S/N	85	2448	3,47
<i>Niphogeton dissecta</i>	Sacha zanahoria	145	2448	5,92
<i>Astragalus geminiflorus</i>	Hierba cabrera	78	2448	3,19
<i>Gentiana sedifolia</i>	Amor sachá	51	2448	2,08
<i>Lucilia kunthiana</i>	Wira wira	34	2448	1,39
<i>Halenia weddelliana</i>	Cacho de venado	27	2448	1,10
<i>Xenophyllum humile</i>	S/N	40	2448	1,63
<i>Urtica flabellata</i>	Ortiga de paramo	76	2448	3,10
<i>Lupinus microphyllus</i>	Lupinus	83	2448	3,39
<i>Azorella pedunculata</i>	Cojín yareta	41	2448	1,67
<i>Geranium multipartitum</i>	S/N	50	2448	2,04
<i>Geranium sp.</i>	S/N	51	2448	2,08
TOTAL		2448	48960	100

Fuente: Lisintuña, 2020

Índice de Valor de Importancia de especies herbáceas

En el ecosistema herbazal inundable del páramo de la comunidad Río Colorado Alto las especies con el mayor valor de importancia ecológica acumulan el 55,93% del total del IVI's. Las siete especies más representativas y que contribuyen significativamente en la composición y estructura vegetal del ecosistema herbazal inundable del páramo son *Werneria pygmaea* (12, 17%), *Distichia muscoides* (10, 91%), *Hypochaeris sessiliflora* (8,78%), *Calamagrostis intermedia* (6,58%), *Lachemilla orbiculata* (6,15%), *Plantago rigida* (5,78%) y *Niphogeton dissecta* (5,56%).

Tabla 8: Índice de valor de importancia de especies

Nombre científico	Nombre común	Frecuencia Relativa	Densidad Relativa	IVI 200%	IVI
<i>Calamagrostis intermedia</i>	Paja de páramo	6,49	6,66	13,15	6,58
<i>Plantago rigida</i>	Esponja de agua	6,49	5,07	11,56	5,78
<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Achicoria Amarilla	6,49	11,07	17,56	8,78
<i>Eryngium humile</i>	Urku rosa blanca	3,90	3,80	7,70	3,85
<i>Distichia muscoides</i>	Colipaco	6,49	15,32	21,81	10,91
<i>Huperzia crassa</i>	Dedito	3,90	3,35	7,25	3,62
<i>Lachemilla orbiculata</i>	Oreja de ratón	6,49	5,80	12,29	6,15
<i>Werneria pygmaea</i>	S/N	6,49	17,85	24,34	12,17
<i>Ranunculus geranioides</i>	S/N	3,25	3,47	6,72	3,36
<i>Niphogeton dissecta</i>	Sacha zanahoria	5,19	5,92	11,12	5,56
<i>Astragalus geminiflorus</i>	Hierba cabrera	4,55	3,19	7,73	3,87
<i>Gentiana sedifolia</i>	Amor sacha	5,19	2,08	7,28	3,64
<i>Lucilia kunthiana</i>	Wira wira	3,25	1,39	4,64	2,32
<i>Halenia weddelliana</i>	Cacho de venado	4,55	1,10	5,65	2,82
<i>Xenophyllum humile</i>	S/N	3,90	1,63	5,53	2,77
<i>Urtica flabellata</i>	Ortiga de paramo	5,19	3,10	8,30	4,15
<i>Lupinus microphyllus</i>	Lupinus	4,55	3,39	7,94	3,97

Nombre científico	Nombre común	Frecuencia Relativa	Densidad Relativa	IVI 200%	IVI
<i>Azorella pedunculata</i>	Cojín yareta	5,19	1,67	6,87	3,43
<i>Geranium multipartitum</i>	S/N	3,25	2,04	5,29	2,64
<i>Geranium sp.</i>	S/N	5,19	2,08	7,28	3,64
TOTAL		100	100	200	100

Fuente: Lisintuña, 2020

Determinación de los índices de Biodiversidad Alfa

El listado de especies con su número de individuos se ingresó en el Software Primer V5.0 para el cálculo de biodiversidad por parcela, de esta manera se obtuvieron los índices de diversidad alfa que son Simpson, Shannon y Margalef.

Tabla 9: Resultados índices de diversidad alfa con el software Primer V5.0 para las 10 parcelas.

Parcelas	Especies	Individuos	Margalef	Shannon	Simpson
	S	N	D	H'(Loge)	1- Lambda
1	13	263	2,1536	2,3051	0,87757
2	16	278	2,6654	2,4679	0,89689
3	17	246	2,9063	2,5417	0,90645
4	16	271	2,6776	2,4738	0,8963
5	14	239	2,3738	2,4303	0,90088
6	13	236	2,1963	2,3027	0,8797
7	17	214	2,9818	2,6013	0,91277
8	18	230	3,1261	2,7231	0,9263
9	14	252	2,3511	2,4252	0,89423
10	16	219	2,7834	2,5126	0,89594

Fuente: Lisintuña, 2020 (Software Primer V5.0)

Índice de Margalef

Según el índice de Margalef aplicado en 10 parcelas del ecosistema herbazal inundable del páramo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Del total de parcelas registradas se

ha obtenido un resultado de 3,1261, lo cual indica que la parcela 8 posee una diversidad media, mientras que la parcela 1 ha obtenido un resultado de 2,1536 con una diversidad baja.

Índice de Shannon

Los valores del índice de equidad Shannon-Wiener se relacionan con los del índice de Margalef siendo así que el ecosistema presenta una diversidad y equidad media con un valor mayor de 2,7231 y un menor de 2,3017, lo que nos da cierta probabilidad de predecir la especie a la que pertenece un individuo escogido al azar.

Índice de Simpson

Para cuantificar este índice se parte de que los valores tienen un rango entre 0 y 1 y la dominancia es inversamente proporcional a la diversidad, mientras los valores de dominancia más cercanos son a 1 existe mayor dominancia, pero la diversidad será baja, y al ser inversamente proporcional si los valores de diversidad son más cercanos a 1 existirá mayor diversidad, pero una baja dominancia. Los resultados obtenidos de los datos de trabajo de campo para el ecosistema de estudio indica que la diversidad de especies es alta en la parcela 7 con un 0,91277 y la dominancia baja.

Conclusiones

Se realizó un inventario de las especies de flora obtenidas de 10 parcelas en ecosistema herbazal inundable de paramo en la comunidad de Rio Colorado Alto en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, el cual determino un total de 2448 individuos recolectados, repartidos en 10 órdenes y 12 familias; donde la especie con mayor número de individuos corresponde a *Werneria pygmaea*, con un total de 437 individuos y la especie con el menor número de individuos es *Halenia weddelliana* con un total de 27 individuos.

Mediante el cálculo de los índices de diversidad de Simpson, Shannon, Margalef realizado para cada parcela, se concluye que existe una diversidad media alta y con una similitud del 94%. Con la curva de acumulación de especies la validación del esfuerzo de muestreo alcanza la asíntota, por lo que se considera que el muestreo fue suficiente para representar la composición florística y la diversidad de la comunidad biológica.

Recomendaciones

Se recomienda garantizar el uso del área natural a través de la elaboración de acciones de manejo para la conservación de la biodiversidad, así mismo que el uso del área natural esté acorde con los objetivos de conservación y manejo que se planteen en el futuro.

Difundir la información obtenida en la presente investigación a las diferentes comunidades e instituciones involucradas respecto a la conservación y manejo de ecosistemas alto andinos, para que sean conocedores del potencial que poseen y se conviertan en actores directos en la generación de planes y programas de manejo sostenibles.

Realizar estudios de clima, suelo y flora con la finalidad de complementar la información para garantizar el buen uso de la misma.

Elaborar una base de datos con la información obtenida, de tal forma que sirva como información base para posteriores estudios y poder así monitorear los cambios producidos en el transcurso del tiempo.

Referencias

1. ALSINA. (1997). Una reflexión sobre geometría y educación. Madrid: Síntesis S.A.
2. BARROSO. (2002). Las nuevas tecnologías aplicadas a la educación universitaria . Sevilla: Universidad de Sevilla.
3. CABERO. (2001). El impacto de las NTIC sobre el proceso educativo I. Barcelona: Candidus.
4. Caranqui, J., Lozano, P., & Reyes, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. Ecuador: Enfoque UTE.
5. Cfr. Romita T. (2009). Revista del turismo del tour club Italiano.
6. Coronel, A. (2016). Determinación de carbono en el suelo y biomasa del páramo de la comunidad Chocaví de la parroquia San Isidro. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
7. De la Torre. O. (1992). El turismo fenómeno social. México: Fondo de cultura económica.
8. Escuela Universitaria de Turismo de Murcia. (2013). El Turismo conceptos y definiciones e importancia actual. Murcia.
9. FUSDA. (2008). El turismo sustentable . México.

10. Harden, C., Farley, K., Bremer, L., & Hartsig, J. (2011). Servicios ambientales ecosistémicos y cambio en el suelo en el páramo.
11. Holdridge, L. (2000). Ecología basada en zonas de vida. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=m3Vm2TCjM_MC&printsec=frontcover&=gbssge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=40%25&f=false
12. Mazón T. (2005). El turismo residencial y cambio social, nuevas perspectivas teóricas y empíricas. Alicante.
13. Mena, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. Botánica Económica de los Andes centrales, 91-109. Obtenido de <https://behttps://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf>
14. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de clasificación de ecosistemas de Ecuador continental. Quito: Ministerio del Ambiente.
15. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2014). Actualización del plan de manejo de la Reserva de producción de fauna Chimborazo. Riobamba: Ministerio del Ambiente.
16. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (11 de Octubre de 2015). Ministerio del Ambiente. Obtenido de www.ambiente.gob.ec/tag/areas-protectadas-2/
17. Morales, A. (2003). Biodiversidad en Páramos. Facultad de ciencias exactas y naturales. Universidad de Caldas.
18. Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. España: CYTED.
19. Morrone, J. (2004). Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. Revista Brasileira de Entomologia, 149-162.
20. OMT. (2007). Entender el turismo. Glosario básico.
21. ORTIZ. (2014). la educación y su entorno. Asunción.
22. Osuna, J. M., Marroquín, J. A., & García, E. (2010). Ecología y Medio Ambiente. México.
23. PRESSMAN. (2010). Ingeniería del software un enfoque práctico . México: McGraw-Hill.
24. RODRÍGUEZ. (2000). Introducción a la informática educativa. Habana: Instituto Superior Politécnico José Echeverría.

25. Rodriguez. L. (2009). El turismo en el mediterraneo, posibilidades de desarrollo y cohesión. Italia.
26. Rodriguez. V. (1999). Los inmigrantes europeos jubilados en Andalucía. Rasgos sociodemograficos, motivaciones para migrar y modo de vida . Sevilla: Instituto estadístico de andalucia.
27. Romita. T. (2010). Il turismo residenziale tra sensi di appartenenza e percorsi identitari. Milano: Franco Angeli.
28. Romita. T. (2010). Nuovi stili di vita e di residenzialità, governace del territorio e sviluppo del turismo in Europa. Milano: Franco Angeli.
29. SALOMON. (1974). What is learned and how it is taught: the interaction bet ween media message, task and learner . Chicago: Society for the study and education.
30. Schalatter, R. (2004). Los turbales de la Patagonia, bases para su inventario y conservación de su biodiversidad. Buenos Aires - Argentina: Wettlandas International.
31. Zacarías, Y. (2009). Composición y estructura del Bosque Templado de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, a lo largo de un gradentealtitudinal. México. Obtenido de <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/2736/1/ZACARIASESLAVA.pdf>

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).