

Flora diversity in the Ecuadorian Páramo grassland ecosystem

Diversidad de la flora en el ecosistema de páramo ecuatoriano

L. Fiallos¹, R. S. Herrera² and R. Velázquez³

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Docente Facultad de Ciencias Pecuarias, Riobamba, Ecuador

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

³Universidad de Granma, Bayamo, Cuba

Email: luisfior@yahoo.es

This research was carried out in the Ecuadorian Páramo grasslands, between 2900 and 4200 m o.s.l, in Loja, Zamora Chinchipe, Azuay, Cañar, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura and Carchi provinces. For the identification and taxonomical classification of species there were taken herborized samples and identified by agrostologists. The Hitchcock, Gould, Lombardo and Tovar taxonomic keys were used for the identification. From the grasses family, in the eight study places, 90 species were identified, including 37 genus, being the mains, with higher number of species: *Festuca* (14), *Paspalum* (10), *Agrostis* (7), *Calamagrostis* (7), *Bromus* (6), *Stipa* (5), *Poa* (5), *Agropirum* (3), *Arrhenatherum* (2), *Brisa* (2) and *Andropogon* (2). The species that prevailed in the study places were: *Agrostis breviculmis*, *Agrostis exigua*, *Bromus lanatus*, *Calamagrostis tarmensis*, *Festuca humilior*, *Festuca ortophylla*, *Festuca weberbaueri* and *Paspalum bomplandianum*. The diversity indexes of the existent meadow species showed values from mean (0.72) to high (0.90), as for their uniformity. This allowed determining that the biodiversity is variable, according to the environmental conditions of the studied Páramo grassland ecosystems. Similar performance was obtained for trees grasses species.

Key words: *Páramo grasslands*, *Ecuador*, *grasses*, *diversity*

Introduction

Currently, the biodiversity conservation is a topic that it has progressively relevance. However, the biodiversity, as natural valuable resource, is not used in the best way, which has caused the genetic erosion of native and naturalized species. As consequence, the many species survival is in danger (Bravo 2014).

The Páramo grasslands are almost permanently humid and of great cloudiness, with annual precipitations higher to 1000 mm and up to 3000 mm or more. They exit, mainly, in Colombia and Ecuador. The grasses are dominants in these areas, in tufts from *Calamagrostis*, *Festuca*, *Stipa* and *Agrostis* genus (Chaparro 2012). These scrubland extensions (promissory grasses community) become the natural main forage, with higher limitations for their use by the cattle (Becker 2006).

At present, 10 % of the Páramo grassland surface is dedicated to grazing and corresponds to natural meadows. This can be one of the causes that in Ecuador seeds of native or naturalized species do not been produced, identified as promissory, which forces to the germplasm import that have nothing in common to our ecosystems conditions, and increase the price of grasslands establishment (De la Cruz *et al.* 2009).

El estudio se realizó en los páramos ecuatorianos, entre los 2900 y 4200 msnm de altitud, en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe, Azuay, Cañar, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. Para la identificación y clasificación taxonómica de especies se tomaron muestras herborizadas e identificadas por agrostólogos. Para la identificación se utilizaron las claves taxonómicas de Hitchcock, Gould, Lombardo y Tovar. De la familia de las gramíneas, en los ocho sitios de estudio, se identificaron 90 especies, comprendidas en 37 géneros, siendo los principales, con mayor número de especies: *Festuca* (14), *Paspalum* (10), *Agrostis* (7), *Calamagrostis* (7), *Bromus* (6), *Stipa* (5), *Poa* (5), *Agropirum* (3), *Arrhenatherum* (2), *Brisa* (2) y *Andropogon* (2). Las especies que predominaron en los sitios de estudio fueron: *Agrostis breviculmis*, *Agrostis exigua*, *Bromus lanatus*, *Calamagrostis tarmensis*, *Festuca humilior*, *Festuca ortophylla*, *Festuca weberbaueri* y *Paspalum bomplandianum*. Los índices de diversidad de especies pratenses existentes mostraron valores de medios (0.72) a altos (0.90), en cuanto a su uniformidad. Esto permitió determinar que la biodiversidad es variable, según las condiciones ambientales de los ecosistemas de páramo estudiados. Similar comportamiento se obtuvo para especies de gramíneas forrajeras.

Palabras clave: *páramos*, *Ecuador*, *gramíneas*, *diversidad*

Introducción

En la actualidad, la conservación de la biodiversidad es un tema que ha ganado relevancia progresivamente. Sin embargo, aún así, la biodiversidad, como valioso recurso natural, no se utiliza de la mejor manera, lo que ha provocado la erosión genética de especies nativas y naturalizadas. Como consecuencia, la supervivencia de muchas especies está en peligro (Bravo 2014).

Los páramos son casi permanentemente húmedos y de gran nubosidad, con precipitaciones anuales superiores a los 1000 mm y hasta 3000 mm o más. Existen, fundamentalmente, en Colombia y Ecuador. Son dominantes en estas zonas las gramíneas, en macollas de los géneros *Calamagrostis*, *Festuca*, *Stipa* y *Agrostis* (Chaparro 2012). Estas extensiones de pajonales (comunidad de gramíneas promisorias) se transforman en el forraje natural principal, con grandes limitaciones para su aprovechamiento por parte del ganado vacuno (Becker 2006).

En la actualidad, 10 % de la superficie del páramo se dedica al pastoreo y corresponde a praderas naturales. Esta puede ser una de las causas de que en Ecuador no se produzcan semillas de especies nativas o naturalizadas, identificadas como promisorias, lo que obliga a la importación de germoplasma ajeno a las condiciones

This research was carried out to identify grasses species with productive interest, as grasses and forages, by means of the use of prospecting, characterization and *in situ* selection in the Ecuadorian Páramo grasslands ecosystems.

Materials and Methods

The research was carried out in the Ecuadorian Páramo grasslands, at 2900 m o.s.l in Loja, Zamora Chinchipe, Azuay, Cañar, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura and Carchi provinces. To identify a specie and to determine their taxonomical classification, there were taken 50 samples of each and of the place where they coming from during three consecutive four – month period. The species were herborized and identified by agrostologists. The Hitchcock (1927), Gould (1975), Lombardo (1984) and Tovar (1988) taxonomic keys were used for the identification. The biodiversity was evaluated by means of the specialized statistical package for biological diversity calculations (Franja 1993). It was determined the species richness, uniformity, community coefficient and high importance indexes: Shannon, Margalef and Simpson, indicators that were evaluated to determine the diversity of existent species in the study areas.

Results and Discussion

The census, by regions and places, of the identified species that are of interest for animal feeding allowed finding 169 species of plants with trees importance (table 1). Of these, 90 belongs to grasses family, 14 are legumes, 28 compounds, and 37 between Equitaceas, Oxalidaceas, Liliaceas, Scrophulariaceas, Rosaceas, Ciperaceas, Poligonaceas, Plantaginaceas, Arbustivas, Orchideaceas, Ranunculaceas and Gentianaceas. This shows higher prevalence of forage grasses, which corresponds to that informed by different authors in other countries that share the Andean Páramo grasslands (Cañadas 1993, Aguirre 2002 and Beck 2008).

Doumenge (2005) and Bravo (2014) showed that grasses, even without being the family with higher number of species in nature, are ecologically the most dominant, and this dominance usually is associated to low relative levels of biodiversity.

In the eight study places, a total of 90 species from the grasses family were identified, that included 37 genus, being the mains with higher number of species: Festuca (14), Paspalum (10), Agrostis (7), Calamagrostis (7), Bromus (6), Stipa (5), Poa (5), Agropirum (3), Arrhenatherum (2), Brisa (2), Andropogon (2) and Lolium (2). Other genus with lower number of species were: Polipogon, Anthonxanthum, Trisetun, Mulembergia, Bouteloua, Distichlis, Eragrostis, Dactylis, Holcus, Cortaderia, Sporobolus, Botriochloa, Setaria, Digitaria, Axonopus, Pennisetum, Panicum, Danhonia, Arundo, Melinis, Pharapholis,

de nuestros ecosistemas, y encarece el establecimiento de pastizales (De la Cruz *et al.* 2009).

Esta investigación se realizó para identificar especies de gramíneas con interés productivo, como son los pastos y forrajes, mediante la utilización de la prospección, caracterización y selección *in situ* en los ecosistemas de páramos ecuatorianos.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en los páramos ecuatorianos, a una altitud sobre los 2900 msnm en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe, Azuay, Cañar, Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura y Carchi. Para identificar una especie y determinar su clasificación taxonómica, se tomaron 50 muestras de cada una y del sitio de donde provienen durante tres cuatrimestres consecutivos. Las especies se herborizaron e identificaron por agrostólogos. Para la identificación, se utilizaron las claves taxonómicas de Hitchcock (1927), Gould (1975), Lombardo (1984) y Tovar (1988). La biodiversidad se evaluó mediante el paquete estadístico especializado para cálculos de diversidad biológica (Franja 1993). Se determinó la riqueza de las especies, uniformidad, coeficiente de comunidad e índices de mayor importancia: índice de Shannon, de Margalef y de Simpson, indicadores que se evaluaron para determinar la diversidad de especies existentes en las áreas de estudio.

Resultados y Discusión

El censo, por regiones y sitios, de las especies identificadas que resultan de interés para la alimentación animal permitió la localización de 169 especies de plantas con importancia forrajera (tabla 1). De ellas, 90 pertenecen a la familia de las gramíneas, 14 son leguminosas, 28 compuestas, y 37 entre Equitaceas, Oxalidaceas, Liliaceas, Scrophulariaceas, Rosaceas, Ciperaceas, Poligonaceas, Plantaginaceas, Arbustivas, Orchideaceas, Ranunculaceas y Gentianaceas. Esto indica mayor predominio de las gramíneas forrajeras, lo que se corresponde con lo informado por diferentes autores en otros países que comparten los páramos andinos (Cañadas 1993, Aguirre 2002 y Beck 2008).

Doumenge (2005) y Bravo (2014) señalaron que las gramíneas, aun sin ser la familia con mayor número de especies en la naturaleza, son ecológicamente las más dominantes, y que esta dominancia suele ir asociada a bajos niveles relativos de biodiversidad.

En los ocho sitios de estudio, se identificaron 90 especies de la familia de las gramíneas, que comprenden 37 géneros, siendo los principales con mayor número de especies: Festuca (14), Paspalum (10), Agrostis (7), Calamagrostis (7), Bromus (6), Stipa (5), Poa (5), Agropirum (3), Arrhenatherum (2), Brisa (2), Andropogon (2) y Lolium (2). Otros géneros con menor número de especies fueron: Polipogon, Anthonxanthum, Trisetun, Mulembergia, Bouteloua, Distichlis, Eragrostis, Dactylis, Holcus, Cortaderia, Sporobolus, Botriochloa, Setaria, Digitaria, Axonopus, Pennisetum, Panicum, Danhonia,

Table 1. Floral inventory per study places selected in each region

Ecoregions	Place	Grasses	Legumes	Compounds	Other	Total
Ecological reserve "El Ángel"	Hondón Colorado	16	1	15	16	48
Ecological reserve "Cotacachi", Cayapas	Cotacachi Loma	34	6	7	15	62
National Park "Cotopaxi"	El Boliche	33	3	5	11	52
Faunistical reserve "Chimborazo"	Mecha Huasca	37	2	11	10	60
Station "Aña Moyocancha"	Aña Moyocancha	15	3	14	12	44
Recreation area "Cajas"	Cucheros	23	4	13	19	59
National Park "Podocarpus"	El Capulí	25	4	9	19	57
Experimental station "Tunshi"	Tunshi	6	6	7	2	21

Aira, Alopecurus, Avena and Euchlaena. This shows that the grasses, besides of being the most abundant family, is the most varied, which can be due to, maybe, to that the most promissory constitute the plant community that has adapted to the adverse temperature conditions, soil humidity and available water for plants in the Páramo grasslands ecosystem, among other aspects (Crespo 2012).

Regarding to the studied places, the highest richness of meadow species was found in the ecological reserve "Cotacachi Cayapas", with a total of 62 species, probably associated to the quantity of annual precipitation (1200 mm), organic matter content (8 %), 12h light and relative humidity higher than 90%. The biodiversity of the ecological reserve "Cotacachi Cayapas" is considered the richest in the Ecuador natives grasslands ecosystem (Bravo 2014).

In the humid Páramo grasslands of this reserve, between 3000 and 4500 m o.s.l, there are extensions of *Espeletia* genus, which members are commonly known as frailejón and grasslands, which constitutes places of extensive grazing, mainly of cattle. Of the 62 identified species, 34 are grasses. Between them are the *Festuca* genus, with eight species; *Stipa* and *Bromus*, with four; *Calamagrostis*, with three; *Agrostis*, with four, and *Paspalum*, with one. The *Poa*, *Vulpia*, *Parapholis*, *Anthonxanthum*, *Agropirum*, *Andropogon*, *Cortaderia*, *Bouteloua* and *Distichlis* genus were registered with only one species. *Cyperaceas* was with three species. In legumes family, the *Lupinos*, *Vicea*, *Trifolium*, *Astragalus* and *Omnix* genus prevailed with one species each. The lower number of legumes is due to that this family requires soils of deep tilled layer, well drained, fertile, with neuter pH to slightly alkaline and resistant to drought, with characteristics contrary to the Páramo grassland conditions, with clayey soil, poorly drained, with pH between 4.5 and 6.5 and temperatures lower than

Arundo, *Melinis*, *Parapholis*, *Aira*, *Alopecurus*, *Avena* y *Euchlaena*. Esto indica que las gramíneas, además de ser la familia más abundante, es la más diversa, lo que se puede deber, quizá, a que las más promisorias constituyen la comunidad vegetal que mejor se ha adaptado a las condiciones adversas de temperatura, humedad del suelo, humedad relativa y agua disponible para las plantas en el ecosistema de páramo, entre otros aspectos (Crespo 2012).

Con respecto a los sitios estudiados, la mayor riqueza de especies pratenses se encontró en la reserva ecológica "Cotacachi Cayapas", con 62 especies en total, probablemente asociadas a la cantidad de precipitación anual (1200 mm), contenido de materia orgánica (8 %), 12 h luz y humedad relativa superior a 90 %. La biodiversidad de la reserva ecológica "Cotacachi Cayapas" se considera la más rica en el ecosistema de pastizales nativos del Ecuador (Bravo 2014).

En los páramos húmedos de esta reserva, entre los 3000 a 4500 msnm, se encuentran extensiones del género *Espeletia*, cuyos miembros se conocen comúnmente como frailejones y pastizales, que constituyen sitios de pastoreo extensivo, principalmente de ganado vacuno.

De las 62 especies identificadas, 34 son gramíneas. Entre ellas sobresalen los géneros *Festuca*, con ocho especies; *Stipa* y *Bromus*, con cuatro; *Calamagrostis*, con tres; *Agrostis*, con cuatro, y *Paspalum*, con una. Los géneros *Poa*, *Vulpia*, *Parapholis*, *Anthonxanthum*, *Agropirum*, *Andropogon*, *Cortaderia*, *Bouteloua* y *Distichlis* se registraron con una sola especie. *Cyperaceas* se encontró con tres especies. Entre la familia de las leguminosas, predominaron los géneros *Lupinos*, *Vicea*, *Trifolium*, *Astragalus* y *Omnix*, con una especie cada uno. El bajo número de leguminosas se debe a que esta familia requiere suelos de capa arable profunda, bien drenados, fértiles, con pH neutros a levemente alcalinos y resistentes a la sequía, con características contrarias a las condiciones del páramo, con suelo arcilloso, poco drenados, con pH entre 4.5 y 6.5 y temperaturas inferiores

4 °C. These regions support frosts that affect the crops; conditions to those legumes have not adapted (CONDENSAN 2013 and Cuesta *et al.* 2014).

The lower species richness was in the Experimental Station Tunshi, with 21 meadow species. This could be related with the man anthropic action, which has desolated the natural meadow to implant agricultural crops and to introduce improved species, in detriment of the natural and naturalized.

Everything means that in this place the ecosystem is simplified and, therefore, there is loss of biodiversity, because as Galván and Escobedo (2005) said, in grass area, the high intervention and escalation in its use, with the purpose of obtaining high productions, it always takes implicit loss of the biodiversity. Just to point out that the uncontrolled man intervention in nature is one of the main causes of the biodiversity loss and of the ecosystem sustenance. Some authors consider that, at the moment, by the human action on the natural ecosystems, the annual extinction rate of the species is of 17000, between 100 and 1000 times higher to the normal (García 2005).

Calculation of the biodiversity indexes for the different study places. The different biodiversity indexes (tables 2 and 3) show uniformity in time and space, from mean to high, of meadow species (0.72-0.90) and of grasses (0.68-0.93) independently, in accordance with the Franja (1993) statistical model. This shows the favorable tendency in the species maintenance in the ecosystems in those that the man does not intervene.

With regard to the places, the higher uniformity of meadow species was in Tunshi Experimental Station, due to man intervention, which has affected the biodiversity. Specifically, in this place there have been incorporated species of introduced grasses as perennial Rygrass. To this respect, Crissman (2013)

a los 4 °C. Estas regiones soportan heladas que afectan a los cultivos, condiciones a las que no se han adaptado las leguminosas (CONDENSAN 2013 y Cuesta *et al.* 2014).

La menor riqueza de especies se encontró en la Estación Experimental Tunshi, con 21 especies pratenses. Esto pudiera estar relacionado con la acción antrópica del hombre, que ha devastado la pradera natural para implantar cultivos agrícolas e introducir especies mejoradas, en detrimento de las naturales y naturalizadas. Todo indica que en este sitio se simplifica el ecosistema y, por tanto, hay pérdida de la biodiversidad, pues siguiendo a Galván y Escobedo (2005), en el ámbito de los pastos, la elevada intervención e intensificación en su aprovechamiento, con el propósito de obtener elevadas producciones, lleva siempre implícita pérdida de la diversidad. Basta señalar que la intervención incontrolada del hombre en la naturaleza es una de las causas principales de la pérdida de biodiversidad y de la sustentabilidad de los ecosistemas. Algunos autores consideran que, actualmente, por la acción humana sobre los ecosistemas naturales, el ritmo de extinción anual de las especies es de 17000, entre 100 y 1000 veces superior al normal (García 2005).

Cálculo de los índices de biodiversidad para los diferentes sitios de estudio. Los diferentes índices de biodiversidad (tablas 2 y 3) indican uniformidad en tiempo y espacio, de media a alta, de las especies pratenses (0.72-0.90) y de las gramíneas (0.68-0.93) independientemente, de acuerdo con el modelo estadístico de Franja (1993). Esto demuestra la tendencia favorable en el mantenimiento de las especies en los ecosistemas en los que no interviene el hombre.

Con respecto a los sitios, la mayor uniformidad de las especies pratenses estuvo en la Estación Experimental de Tunshi, en correspondencia con la menor riqueza y diversidad de especies, debido a la intervención del hombre, que ha afectado la biodiversidad. Específicamente, en este sitio se han incorporado especies de pastos

Table 2. Calculation of diversity indexes of the forage meadow species existent in the study places

Evaluation	Places							
	Hondón Colorado	Cotacachi Loma	El Boliche	Mecha Huasca	Aña Moyocancha	Cucheros	El Capulí	Station Tunshi
Individuals number (N)	137.0	181.0	160.0	180.0	109	190	149.0	125.0
Species richness (S)	48.0	62.0	52.0	60.0	44.0	59.0	57.0	21.0
Uniformity (species)	0.724	0.8410	0.827	0.8033	0.8878	0.8358	0.790	0.9039
Community coef. (%)	35.0	34.3	32.5	33.3	40.3	31.0	38.2	16.8
Margalef index (DMg)	9.349	11.734	10.048	11.034	9.1658	11.0538	11.191	3.6016
Simpson index (DSp)	0.128	0.047	0.005	0.058	0.0441	0.0528	0.079	0.0726
Shannon index (H')	2.788	3.470	3.271	3.289	3.3596	3.4082	3.196	2.7519

Table 3. Calculation of the diversity indexes of forage grasses in the study places

Evaluation	Places							
	Hondón Colorado	Cotacachi Loma	El Boliche	Mecha Huasca	Aña Moyocancha	Cucheros	El Capulí	Station Tunshi
Individuals number (N)	112.0	136.0	104.0	145.0	62.0	140.0	111.0	108.0
Species richness (S)	16.0	34.0	33.0	37.0	15.0	23.0	25.0	6.0
Uniformity (species)	0.681	0.855	0.813	0.813	0.850	0.822	0.767	0.934
Community coef. (%)	14.2	25.0	31.7	25.5	24.1	16.4	22.5	5.5
Margalef index (DMg)	3.155	7.150	6.890	6.896	3.392	4.451	5.096	1.147
Simpson index (D _{Sp})	0.205	0.063	0.008	0.071	0.118	0.097	0.134	0.195
Shannon index (H')	1.889	3.015	2.850	2.944	2.303	2.580	2.469	1.560

showed that the main threats to the diversity in some Páramo grassland places are the non sustainable practices of the land use, particularly in agriculture, in the use of grazing and livestock lands and in the forest technique.

In the ecological reserve “El Ángel” (Hondon Colorado) there was lower uniformity and higher diversity, probably because in this area the climatological conditions (precipitations and relative humidity) favor the species permanence (Ruiz and Tapia 2002).

In correspondence with the uniformity and diversity, the community coefficient (Cc) of meadow species linked to animal grazing did not exceed 50%, which shows prevalence of other plant communities in the studied places. The lower value was recorded in “Tunshi”, with 16.8 % and the higher in “Aña Moyocancha” (40.3 %).

Specifically, for the grasses, regarding the total of existent species dedicated to grazing, the lower value was also in “Tunshi” (5.5 %) and the higher, in “El Boliche” with 31.7 %.

The rest of places showed values that fluctuate among the referred ends, which demonstrates that the dominance of the forage meadow species is, in high proportion, in “Aña Moyocancha”. Regarding to the forage grasses, are dominant in “El Boliche” and it is lower, for both cases, in “Tunshi”.

The Margalef index showed that the higher richness in the meadow species diversity was in the place Cotacachi Loma, with 62, for 11.73. The lower value of this indicator was in “Aña Moyocancha” (9.16), with 44 species, and in Tunshi (3.60) with 21. Similar values regarding to the diversity richness there were obtained by means of Shannon index, with 3.41 for “Cotacachi Loma” and in “Hondón Colorado” and “Tunshi”, with 2.78 and 2.75, respectively.

The highest richness of grasses species, according to Margalef index, was in “Cotacachi Loma”, with 34 grasses and biodiversity index of 7.15. The lowest diversity was in the “Hondon Colorado” and “Tunshi” places, with 16 species value of 3.15, with 6 and 1.14, respectively.

The Shannon index, the same as of Margalef,

introducidos como el Rygrass perenne. Al respecto, Crissman (2013) señaló que las principales amenazas a la diversidad en algunos sitios del páramo son las prácticas no sostenibles de utilización de la tierra, particularmente en la agricultura, en el manejo de tierras de pastoreo y ganado y en la técnica forestal.

En la reserva ecológica “El Ángel” (Hondon Colorado) hubo menor uniformidad y mayor diversidad, probablemente porque en esta zona las condiciones climatológicas (precipitaciones y humedad relativa) favorecen la permanencia de las especies (Ruiz y Tapia 2002).

En correspondencia con la uniformidad y la diversidad, el coeficiente de comunidad (Cc) de las especies pratenses vinculadas al pastoreo animal no superó 50 %, lo que indica predominio de otras comunidades vegetales en los sitios estudiados. El menor valor se registró en “Tunshi”, con 16.8 % y el mayor, en “Aña Moyocancha” (40.3 %).

Específicamente, para las gramíneas, con respecto al total de especies existentes destinadas al pastoreo, el menor valor estuvo también en “Tunshi” (5.5 %) y el mayor, en “El Boliche” con 31.7 %.

El resto de los sitios mostraron valores que fluctúan entre los extremos referidos, lo que demuestra que la dominancia de las especies pratenses forrajeras se halla, en mayor proporción, en “Aña Moyocancha”. Con respecto a las gramíneas forrajeras, son dominantes en “El Boliche” y es menor, para ambos casos, en “Tunshi”.

El índice de Margalef demostró que la mayor riqueza en la diversidad de especies pratenses se presentó en el sitio Cotacachi Loma, con 62, para 11.73. El menor valor de este indicador estuvo en “Aña Moyocancha” (9.16), con 44 especies, y en Tunshi (3.60) con 21. Valores similares con respecto a la riqueza de la diversidad se obtuvieron mediante el índice de Shannon, con 3.41 para “Cotacachi Loma” y en “Hondón Colorado” y “Tunshi”, con 2.78 y 2.75, respectivamente.

La mayor riqueza de especies de gramíneas, según el índice de Margalef, se encontró en “Cotacachi Loma”, con presencia de 34 gramíneas e índice de biodiversidad de 7.15. En tanto que la menor diversidad estuvo en los sitios “Hondon Colorado” y “Tunshi”, con 16 especies y valor de 3.15, con 6 y 1.14, respectivamente.

El índice de Shannon, al igual que de Margalef, valora

values the species richness, for what the tendency in the values was similar. For all cases, the higher value of indexes was in "Cotacachi Loma" (3.01) and the lower, in "Tunshi" (1.56) and "Hondón Colorado" (1.88).

The values observed in the Shannon (H) index showed, in general way, that the meadow species biodiversity existing in the Ecuadorian Páramo grassland is not neither it lower neither very high, because the fluctuating values takes an intermediate position in the scale proposed by Ferrer (2001). These data are lower to those showed by Premauer and Vargas (2004), when evaluating the diversity of Chingazo Páramo grassland in Colombia, in grazed and burned vegetation. These authors showed values of $H = 7.7$ near to those referred by Rodríguez (2006) in meadows grazed in mountainous areas of Spain (3.47- 3.65) and to the informed by Ruiz and Tapia (2002) on subalpine soil of Pirineo (3.0 - 3.5).

The values of Margalef index, consider for meadow species in their group, exceed those showed by Premauer and Vargas (2004) under the mentioned conditions, while for the independent grasses is lower.

The Simpson index is a measure of the dominance between species. As this one increase, the existent diversity is lower, for what this index overvalues the most abundant species in detriment of the total richness of species. In this study, the higher dominance was in "Hondon Colorado", with 0.1284, and the lower, in "El Boliche", with 0.0056.

The Simpson index, for grasses species, was higher again in its diversity in "El Boliche", with value of 0.008. The lower diversity was in "Hondón Colorado" and "Tunshi", with 0.20 and 0.19, respectively.

The diversity indexes of meadow species showed high values as for their uniformity, higher at 0.68 in all studied places. This allows to conclude that the existent biodiversity, taking into account the Margalef, Simpson and Shannon index, is variable, which corresponds with the Páramo grassland ecosystems, identified as of poor diversity, given the height to which they are and the adverse climatic conditions.

This can be due to that the biological diversity of the Páramo grassland has showed to be very sensitive to the ecological changes in an ecosystem. At the moment suffers adverse effects on the plant communities of grasses, due to the climatic change. In a grasses community, the diversity is affected by the temperature changes, in day and night hours. It has been verified that is more restrictive with temperatures that can reach to 8 and 4° C, and when physical- chemical factors of the water and soil are present, as the pH levels every time more acid, that caused that some species, more spread than others, get higher abundances in a very short time and others, that do not adapt, they tend to disappear, reducing the

la riqueza de las especies, por lo que la tendencia en los valores fue similar. Para todos los casos, el mayor valor de los índices estuvo en el "Cotacachi Loma" (3.01) y el menor, en "Tunshi" (1.56) y "Hondón Colorado" (1.88).

Los valores observados en el índice de Shannon (H) indicaron, de manera general, que la biodiversidad de especies pratenses existente en el páramo ecuatoriano no es ni baja ni muy alta, pues los valores fluctuantes ocupan una posición intermedia en la escala propuesta por Ferrer (2001). Estos datos son inferiores a los señalados por Premauer y Vargas (2004), al evaluar la diversidad del páramo de Chingazo en Colombia, en vegetación pastoreada y quemada. Estos autores indicaron valores de $H = 7.7$ más cercanos a los referidos por Rodríguez (2006) en praderas pastoreadas en zonas montañosas de España (3.47- 3.65) y a los informados por Ruiz y Tapia (2002) en el piso subalpino del Pirineo (3.0 - 3.5).

Los valores del índice de Margalef, estimado para las especies pratenses en su conjunto, superan los señalados por Premauer y Vargas (2004) en las condiciones antes mencionadas, mientras que para las gramíneas independientes es inferior.

El índice de Simpson es una medida de la dominancia entre especies. Según se incrementa esta, la diversidad existente es menor, por lo que este índice sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies. En este estudio, la mayor dominancia estuvo en "Hondon Colorado", con 0.1284, y la menor, en "El Boliche", con 0.0056.

El índice de Simpson, para la especies de gramíneas, fue mayor nuevamente en su diversidad en "El Boliche", con valor de 0.008. La menor diversidad se localizó en "Hondón Colorado" y "Tunshi", con 0.20 y 0.19, respectivamente.

Los índices de diversidad de especies pratenses mostraron valores elevados en cuanto a su uniformidad, superiores a 0.68 en todos los sitios estudiados. Esto permite concluir que la biodiversidad existente, teniendo en cuenta el índice de Margalef, Simpson y Shannon, es variable, lo que se corresponde con los ecosistemas de páramo, identificados como de pobre biodiversidad, dada la altura a la que se encuentran y las condiciones climáticas adversas.

Esto se puede deber a que la diversidad biológica del páramo ha demostrado ser muy sensible a los cambios ecológicos en un ecosistema. Actualmente experimenta efectos adversos en las comunidades vegetales de gramíneas, debido al cambio climático. En una comunidad de gramíneas, la diversidad se afecta por los cambios de temperatura, en horas del día y la noche. Se ha constatado que es más restrictiva con temperaturas que pueden llegar a 8 y 4° C, y cuando están presentes factores físico-químicos del agua y suelo, como son los niveles de pH cada vez más ácidos, que provocan que algunas especies, mucho más generalizadas que otras, logren abundancias elevadas en muy corto tiempo y otras, que no se adaptan, tiendan a desaparecer, lo que

diversity of the Páramo grassland ecosystem (Jiménez 2013 and Monasterio 2013).

It is recommended that for the constant climatic changes that takes place in the Earth and for being the Páramo grassland ecosystem fragile, should be create policies of ecological restoration and environmental protection plans that reduce even more the anthropic effect on the ecosystem, and allow to control the biodiversity loss that caused the natural effects, so it can recover the resident flora, which has a forage productive potential necessary for animal production.

disminuye la diversidad del ecosistema de páramo (Jiménez 2013 y Monasterio 2013).

Se recomienda que por los constantes cambios climáticos que tienen lugar en el planeta Tierra, y por ser frágil el ecosistema de páramo, se deben crear políticas de restauración ecológica y planes de protección ambiental que reduzcan aún más el efecto antrópico en el ecosistema, y permitan controlar la pérdida de biodiversidad que causan los efectos naturales, de modo que se pueda recuperar la flora residente, que presenta un potencial productivo forrajero necesario para la producción animal.

References

- Aguirre, N. 2002. Flora de los alrededores de la Laguna Negra, Cantón Espíndola, Provincia Loja, Ecuador. Loja, Herbario de Loja. p. 12
- Beck, E. 2008. Cold tolerance in tropical alpine plants. *Tropical Alpine Environments, plant form and functions*. Cambridge University Press. P. 77
- Becker, B. 2006. Los pastizales y producción forrajera en la Sierra del Ecuador. Estadísticas Universidad Central del Ecuador. Quito. 125 pp.
- Bravo, E. 2014. La biodiversidad en el Ecuador. Primera Edición. Editorial Universitaria Abya- Ayala. Quito, Ecuador. p. 23
- Cañadas, V. 1993. Desarrollo, conocimiento y participación en la Comunidad Andina. Riobamba, Federación de Organizaciones Indígenas de las Faldas del Chimborazo (FOCIFCH). Riobamba. 23 pp
- Chaparro, J. 2012. Beneficios de los ecosistemas de páramo, organizaciones y políticas de conservación. Primera Edición. Artículos 8, 79. Ed. Cupido. Boyacá, Colombia. 20 pp
- CONDESAN. 2013. Mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción mixtos: cultivos-ganadería, en la eco región andina del Ecuador. Proyecto PROMSA. Available: Ecu005/2000.www.condesan.org/memoria/ECU0500.PDF /2006. [Consulted: April 16, 2015]
- Crespo, P. 2012. Puentes entre alturas. Sistematización del Proyecto “Páramo Andino en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Ed. Rodríguez Morales CONDENSAN. Quito, Ecuador.
- Crissman, C. 2013. La agricultura en los páramos: Estrategias para el uso del espacio. CONDESAN Perú. Lima. 24 pp
- Cuesta, F., Sevink, J., Llambí, L., De Bièvre, B. & Posner, J. (2014). Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos. CONDESAN. Quito, Ecuador
- De la Cruz, R., Mena Vásconez, P., Morales, M., Ortiz, P., Ramón, G., Rivadeneira, S., Suárez, E., Terán, J. F. & Velásquez, C. 2009. Gente y ambiente de páramo: realidades y perspectivas en el Ecuador. Ed. EcoCiencia-Abya Yala. Quito
- Doumenge, C. 2005. Tropical montane cloud forests: conservation status and management issues. Scatena. New York, Springer. p. 24
- Ferrer, J. 2001. La noción de la biodiversidad en los ecosistemas pascícolas españoles. Universidad Agraria de Zaragoza. España. 35 pp
- Franja, D. 1993. Programa índice de diversidad (divers.exe) y medidas de similitud (simil.exe). Available: <http://www.perso.wanadoo.es/Jp-L/descargas.html>. [Consulted: January 24, 2015]
- Galván, A. & Escobedo, R. 2005. Propuestas para el uso racional de los humedales altoandinos en el Sur del Perú. *Revista de Agricultura Sustentable LEISA*. p. 34
- García, L. 2005. Conservación de la diversidad biológica. Unión de Conservación Europea. Países Bajos. p. 23
- Gould, F. 1975. The Grasses of Texas. Primera Edición. Ed. Xares. Texas. USA. 93 pp.
- Hitchcock, A. 1927. Manual of the grasses of the Ecuador, Peru and Bolivia. Ed. Herbarium. New York. p. 146
- Jiménez, J. 2013. Establecimiento y manejo del banco de germoplasma de especies forrajeras altoandinas. Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Informe Técnico
- Lombardo, A. 1984. Flora Montevidensis. Ed. Servicio de publicaciones y prensa. Tomo II. Montevideo. Uruguay. p. 67
- Monasterio, M. 2013. Caracterización ecológica del clima en el Páramo. Edit. Ayala. Quito- Ecuador
- Premauer, J. & Vargas, O. 2004. Diversity patterns in grazed and burned vegetation in a humid bamboo paramo (Chingaza Natural Park, Colombia). Edit. ECOTROPICOS 17 (1-2). p. 52
- Rodríguez, P. (2006). Valoración de la pradera natural con el uso de índices de diversidad biológica. Edit. Acribia. España. p. 21
- Ruiz, L. & Tapia, M. 2002. Producción y manejo de forrajes en los Andes del Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Convenio INIAP-CIID. Quito-Ecuador. 205 pp.
- Tovar, O. 1988. Manual de identificación de pastos naturales de los Andes del Sur peruano (gramíneas). Proyecto Alpacas COTESU/IC. Lima-Perú. p. 15