

Characterization and *in situ* selection of promissory grasses species in the Ecuadorian Páramo grasslands ecosystem

Caracterización y selección *in situ* de especies de gramíneas promisorias en el ecosistema de páramo ecuatoriano

L. Fiallos¹, R. S. Herrera² and R. Velásquez³

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 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

The plant Páramo grasslands ecosystem characterization was carried out by means of field expeditions to eight protected areas that Ecuador maintains through the Ministry of Environment. The expeditions were carried out every two months during three years, to evaluate *in situ* the botanical composition, frequency, density, height, basal cover and aerial cover. The observations were registered during two periods per year, at 60, 90, 120, 150 and 180 d, for a total of 36 evaluations in each study place. The soil pH varied between 5.0 and 8.5, it is volcanic, with sandy and loamy characteristics. The identified species in the Ecuadorian heathlands were: 169 plants with forage importance, 90 grasses, 14 legumes, 28 compounds and 37 belonging to Equitaceas, Oxalidaceas, Liliaceas, Scrophulariaceas, Rosaceas, Ciperaceas, Polygonaceas, Plantaginaceas, Arbustivas, Orchideaceas, Ranunculaceas and Gentianaceas. A total of eighteen species showed good performance, when locating, at least, in a place. Those of great persistence and adaptation were *Agrostis breviculmis*, *Agrostis exigua*, *Arrhenatherum pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus lanatus*, *Bouteloua curtipendula*, *Calamagrostis bolanderi*, *Calamagrostis tarmensis*, *Digitaria floridona*, *Eragrostis curvula*, *Euchlaena mexicana*, *Festuca weberbaueri*, *Holcus lanatus*, *Paspalum plicatulum*, *Paspalum bomplandianum*, *Poa pratensis*, *Stipa plumeris* and *Stipa plumosa*. For the production of green and dry forage, respectively, the best were *Euchlaena mexicana*, with 25.9 and 6.7 t/ha/cut, and *Arrhenatherum elatius*, with 24.4 and 6.9 t/ha/cut; also *Arrhenatherum pratense*, with 23.0 and 6.1 t/ha/cut and *Stipa plumeris*, with 21.9 and 6.8 t/ha/cut. There was great plants biodiversity that can be use for animal feeding, which is observed from other studies of chemical composition and management.

Key words: *characterization, heathlands, grasses, legumes*

Pujos (2013) and Crespo (2012) stated that the biodiversity conservation is a topic that progressively has relevance in the society. In this context, the flora conservation constitutes a key element. Just to point out that 250 000 of plant species well- known in our planet, 12.5 % is in extinction danger. The Páramo grasslands ecosystem in Ecuador covers, approximately, six percent of the national territory and is considered that it houses ten percent of the Ecuadorian flora.

López (1998) and Paladines and Jácome (1999) argued that the heathland, joined to its biogeography continuity toward the south, in the puna, forms an almost uninterrupted biological corridor. For their extension, geographical position, ecological particularities,

Se realizó la caracterización vegetal del ecosistema de páramo mediante expediciones de campo a ocho áreas protegidas que mantiene Ecuador mediante el Ministerio del Medio Ambiente. Las expediciones se realizaron cada dos meses durante tres años, para evaluar *in situ* la composición botánica, frecuencia, densidad, altura, cobertura basal y cobertura aérea. Las observaciones se registraron durante dos periodos por año, a los 60, 90, 120, 150 y 180 d, para un total de 36 evaluaciones en cada sitio de estudio. El pH del suelo varió entre 5.0 y 8.5, es volcánico, con características arenosas y arcillosas. Las especies identificadas en los páramos ecuatorianos fueron: 169 plantas con importancia forrajera, 90 gramíneas, 14 leguminosas, 28 compuestas y 37 pertenecientes a Equitaceas, Oxalidaceas, Liliaceas, Scrophulariaceas, Rosaceas, Ciperaceas, Polygonaceas, Plantaginaceas, Arbustivas, Orchideaceas, Ranunculaceas y Gentianaceas. Dieciocho especies mostraron buen comportamiento, al localizarlas, al menos, en un sitio. Las de mayor persistencia y adaptación fueron *Agrostis breviculmis*, *Agrostis exigua*, *Arrhenatherum pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus lanatus*, *Bouteloua curtipendula*, *Calamagrostis bolanderi*, *Calamagrostis tarmensis*, *Digitaria floridona*, *Eragrostis curvula*, *Euchlaena mexicana*, *Festuca weberbaueri*, *Holcus lanatus*, *Paspalum plicatulum*, *Paspalum bomplandianum*, *Poa pratensis*, *Stipa plumeris* y *Stipa plumosa*. Para la producción de forraje verde y seco, respectivamente, resultaron mejores *Euchlaena mexicana*, con 25.9 y 6.7 t/ha/corte, y *Arrhenatherum elatius*, con 24.4 y 6.9 t/ha/corte; además de *Arrhenatherum pratense*, con 23.0 y 6.1 t/ha/corte y *Stipa plumeris*, con 21.9 y 6.8 t/ha/corte. Hubo gran biodiversidad de plantas que pueden ser de utilidad para la alimentación animal, por lo que se precisa de otros estudios de composición química y manejo.

Palabras clave: *caracterización, páramos, gramíneas, leguminosas*

Pujos (2013) y Crespo (2012) manifestaron que la conservación de la biodiversidad es un tema que progresivamente ha ganado relevancia en la sociedad. En este contexto, la conservación de la flora constituye una pieza clave. Basta señalar que de 250 000 especies vegetales conocidas en nuestro planeta, 12.5 % se encuentra en peligro de extinción. El ecosistema páramo en el Ecuador cubre, aproximadamente, seis por ciento del territorio nacional y se estima que alberga diez por ciento de la flora ecuatoriana.

López (1998) y Paladines y Jácome (1999) argumentaron que el páramo, unido a su continuidad biogeográfica hacia el sur, en la puna, forma un corredor biológico casi ininterrumpido. Por su extensión, posición

environmental functions and its function in economy, is considered an ecosystem of great importance at regional level (Monasterio 2003).

Paladines and Leal (1997) showed that in the Ecuadorian territory, high percentage of the surface dedicated to grasses production is related with the natural meadows that are in the heathlands. These reaches a surface of 1.3 million hectares approximately, that are equal to 5% of the national territory, where a population is settle, meanly indigenous, estimated in 500.000 families, although the number of people that indirectly depends on this ecosystem is higher, and this is the place where the communal lands are. (Mena 2010).

Cuesta *et al.* (2014) showed that the natural meadows, although they constitute a valuable natural resource, are use in a wrong way. This has caused their drastic deterioration, with the consequent decrease of the productivity and ecosystem erosion, recognized by their ecological, social, cultural and economical functions. Everything put on in danger the survival of many species that depend on it, direct or indirectly.

This research tries, by means of the evaluation and *ex situ* selection, to determine the promissory species with multiplication potentialities, good productivity and bromatological composition that can be use in animal production.

Materials and Methods

This research was carried out in the Páramo grasslands ecosystem in eight protected areas that Ecuador maintains in the whole inter-Andean corridor, with the participation of the Ministry of Environment. The plant characterization was carried out by means of field expeditions, every two months, during three years.

The grasses, legumes and weeds were separated and measured and it was *in situ* evaluated their botanical composition. Among the grasses, those species with some forage interest were separated, that was expressed in percentage, frequency (the presence or absence in each sampling transept), density (the number of plants per square meter existent in the exclusion places during the evaluation was measured), height (a quadrant was establish in the experimental units) and in the place a sample of 10 plants were take. The height was taken, from the plant base up to the terminal mean of the highest leaf. The basal and aerial cover was measured. Regarding the cover, expressed by percent, it was determined by means of canfield line method, the area that takes the plant in the crown as in their middle part, when evaluating their basal and aerial cover, respectively (CIAT 1992 and Hitchcock 1927).

The observations were recorded during two periods per year, and in each one at 60, 90, 120, 150 and 180 d, for a total of 36 evaluations in each study place. The evaluation was carried out by means of lineal

geográfica, particularidades ecológicas, funciones ambientales y su función en la economía, se considera un ecosistema de gran importancia a nivel regional (Monasterio 2003).

Paladines y Leal (1997) señalaron que en el territorio ecuatoriano, alto porcentaje de la superficie dedicada a la producción de pastos se relaciona con las praderas naturales que se encuentran en los páramos. Estas alcanzan una superficie de aproximadamente 1.3 millones de hectáreas, que equivalen a 5 % del territorio nacional, donde se asienta una población, fundamentalmente indígena, estimada en 500,000 familias, aunque la cantidad de personas que depende indirectamente de este ecosistema es mucho mayor, y es este el sitio donde están las tierras comunales (Mena 2010).

Cuesta *et al.* (2014) indicaron que las praderas naturales, aunque constituyen un valioso recurso natural, se utilizan mal. Esto ha provocado su deterioro drástico, con el consecuente descenso de la productividad y erosión del ecosistema, reconocido por sus funciones ecológica, social, cultural y económica. Todo ello pone en peligro la supervivencia de muchas especies que dependen de él, directa o indirectamente.

Esta investigación pretende, mediante la evaluación y selección *ex situ*, determinar las especies promisorias con potencialidades de multiplicación, buena productividad y composición bromatológica que se pueden utilizar en la producción animal.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en el ecosistema de páramo en ocho áreas protegidas que mantiene Ecuador en todo el callejón interandino, con la participación del Ministerio del Medio Ambiente. La caracterización vegetal se realizó mediante expediciones de campo, cada dos meses, durante tres años.

Se separaron y midieron las gramíneas, leguminosas y malezas y se evaluó *in situ* su composición botánica. Entre las gramíneas, se separaron aquellas especies con algún interés forrajero, que se expresó en porcentaje, frecuencia (se evaluó la presencia o ausencia de cada especie en cada transepto de muestreo), densidad (se midió el número de plantas por metro cuadrado existente en los sitios de exclusión durante la evaluación), altura (se estableció en las unidades experimentales un cuadrante) y en el sitio se procedió a tomar una muestra de 10 plantas. Se tomó la altura, desde la base de la planta hasta la media terminal de la hoja más alta. Se midió la cobertura basal y la aérea. En lo que respecta a la cobertura, expresada en por ciento, se determinó mediante el método de la línea de canfield, el área que ocupa la planta en la corona como en su parte media, al evaluar su cobertura basal y aérea, respectivamente (CIAT 1992 y Hitchcock 1927).

Las observaciones se registraron durante dos períodos por año, y en cada uno a los 60, 90, 120, 150 y 180 d, para 36 evaluaciones en total en cada sitio de estudio. La evaluación se realizó mediante transeptos lineales

transects of seven meters in zigzag, with inflection points each a meter, to obtain ten observations per each exclusion. There were taken in total 360 samples per evaluation place in each grass specie. This was use to identified the tree plants of the Ecuador high Andean area, in form, function and origin terms.

Measures corresponding to each botanical characteristic were carried out and there were registered by means of the International Plant Genetic Resources Institute methodology (IPGRI 1988 and CIAT 2003), which allowed evaluating the botanical characters of high heritability, easily visible or measurable, expressed in a consistent way in all environments. These ones were statistically evaluated, by means of the main components analysis and of cluster.

Results and Discussion

The Analysis of the Main Components, for all study places, showed that in the first two components was accumulated 87.63 % of the total variability. In the first and second, was accumulated 77.7 and 87.6 % of the variability, respectively. There were stood as variables of high weight in the first component, basal cover, aerial cover and density; while in the second were the botanical composition, plant height and frequency (figure 1). This showed that these are the most important variables that characterized the species of natural and naturalized grasses in the study places, for which was taking into account the selection from eigen values, higher to 0.39 (table 1).

When analyzing the species distribution in the level formed by the first two components, great variability was verified, due to the dispersion showed. There were stood as those of better performance 29 species, located above the axis of the component PC1, on the base of the considered characters, which represented 33% of the total (figure 2).

This variability could be related, in general way, with the cosmopolitan character that the grasses family represents, from the Polar Circle to Ecuador, and from mountains top up to the sea (Mena 2012). It is considered that grasses species constitutes, approximately, between 25 and 45 % of the earth plant cover (De la Cruz *et al.* 2009) and also, a few ecological formations lack of them (Mena 2012).

de siete metros en zigzag, con puntos de inflexión cada un metro, para obtener diez observaciones por cada exclusión. Se tomaron en total 360 muestras por sitio de evaluación en cada especie de gramínea. Esto sirvió para identificar las plantas forrajeras de la zona alto andina de Ecuador, en términos de forma, función y origen.

Se realizaron mediciones correspondientes a cada característica botánica y se registraron mediante la metodología del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI 1988 y CIAT 2003), que permitió evaluar los caracteres botánicos de alta heredabilidad, fácilmente visibles o mensurables, expresados de manera consistente en todos los ambientes. Estos se evaluaron estadísticamente, mediante el análisis de componentes principales y de conglomerado.

Resultados y Discusión

El Análisis de Componentes Principales, para todos los sitios de estudio, indicó que en las dos primeras componentes se acumuló 87.63 % de la variabilidad total. En la primera y segunda, se acumuló 77.7 y 87.6 % de la variabilidad, respectivamente. Se destacaron como variables de mayor peso en la primera componente, la cobertura basal, cobertura aérea y densidad; mientras que en la segunda fueron la composición botánica, altura de la planta y frecuencia (figura 1). Esto indicó que son estas las variables más importantes que caracterizan las especies de gramíneas naturales y naturalizadas en los sitios de estudio, para lo que se tuvo en cuenta la selección a partir de valores propios, superiores a 0.39 (tabla 1).

Al analizar la distribución de las especies en el plano formado por las dos primeras componentes, se constató gran variabilidad, debido a la dispersión que mostraron. Se destacaron como las de mejor comportamiento 29 especies, situadas por encima del eje del componente CP1, sobre la base de los caracteres considerados, lo que representó 33 % del total (figura 2).

Esta variabilidad se pudiera relacionar, de manera general, con el carácter cosmopolita que presenta la familia de las gramíneas, presente desde el Círculo Polar hasta el Ecuador, y desde las cumbres de las montañas hasta el mismo mar (Mena 2012). Se estima que las especies de gramíneas constituyen, aproximadamente, entre 25 y 45 % de la cubierta vegetal de la tierra (De la Cruz *et al.* 2009) y además, muy pocas formaciones ecológicas carecen de ellas (Mena 2012).

Table 1. Results of the analysis of main components

Variables	Main Component 1	Main Component 2
Botanical composition, %	0.3915	-0.4365
Basal cover, %	0.4477	0.0643
Aerial cover, %	0.4453	0.1445
Plant height, %	0.3577	0.7676
Frequency, %	0.3948	-0.4376
Plants density, plants/m ²	0.4049	-0.0595
Own values	4.6632	0.5944
Accumulated variance	77.7	87.6

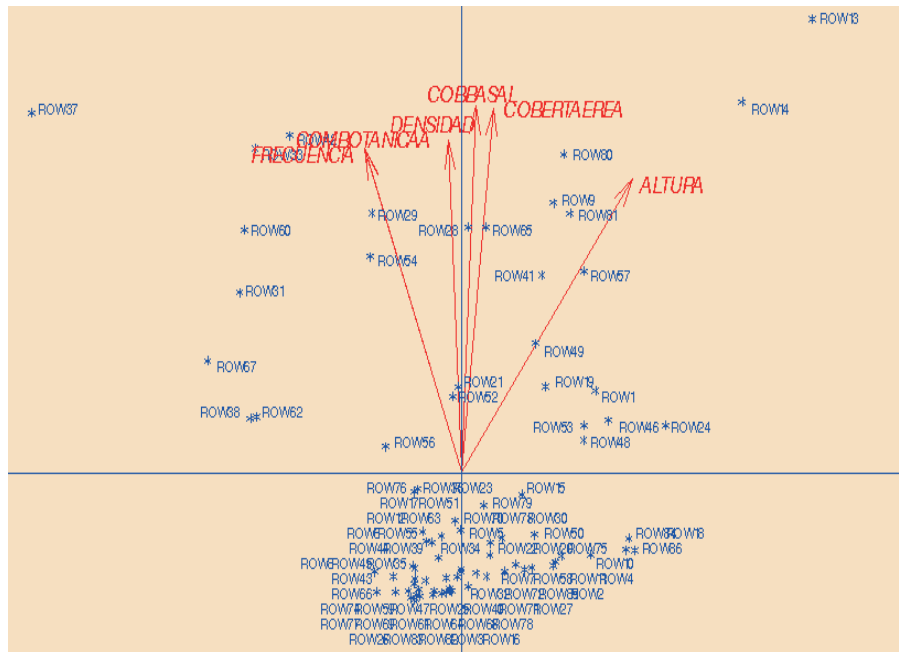


Figure 1. Grouping plan of the evaluated variables in all study places in the main components

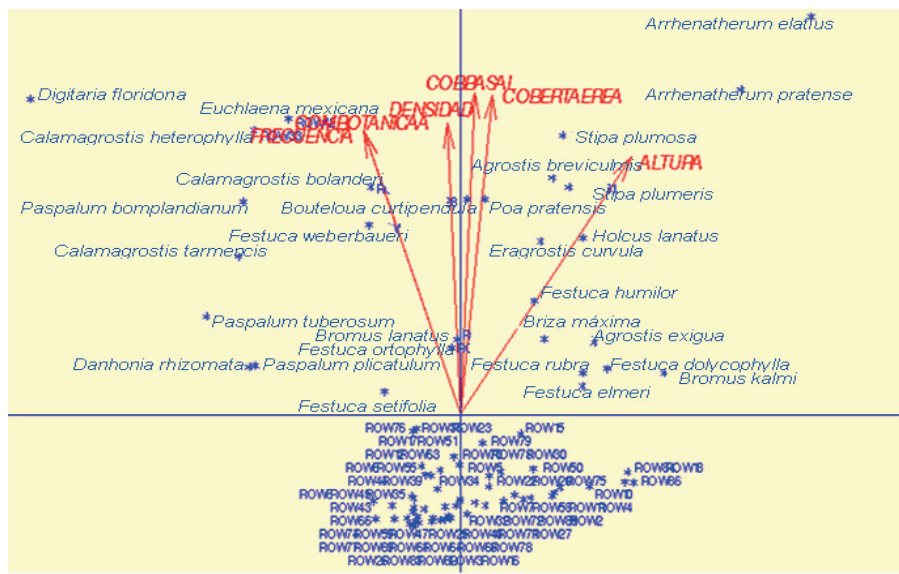


Figure 2. Grouping plan of the evaluated grasses in all study places in the main components

The analysis of hierarchical cluster and of complete ligament on the base of the Euclidean distance, carried out with the 29 species of better performance (figure 3), allowed conforming five different groups.

Group I, compound by the *Arrhenatherum elatius* and *Arrhenatherum pratense* species, was which of the best performance, from the characters basal cover, aerial cover and density. These species are only in the Cotacachi Cayapaz Ecological Reserve, since more than 85 years ago they were introduced by the natives from Europe, and they have reached high grade of adaptation to the rigorous conditions of the soil and climate that prevail in this place (Chaparro 2012).

Group II collect the *Calamagrostis bolanderi*,

El análisis de conglomerado jerárquico y de ligamiento completo sobre la base de la distancia euclidiana, realizado con las 29 especies de mejor comportamiento (figura 3), permitió conformar cinco grupos diferentes.

El grupo I, compuesto por las especies *Arrhenatherum elatius* y *Arrhenatherum pratense*, fue el de mejor comportamiento, a partir de los caracteres cobertura basal, cobertura aérea y densidad. Estas especies solo se encuentran en la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapaz, ya que hace más de 85 años fueron introducidas por los indígenas desde Europa, y han alcanzado alto grado de adaptación a las condiciones rigurosas de suelo y clima que imperan en este sitio (Chaparro 2012).

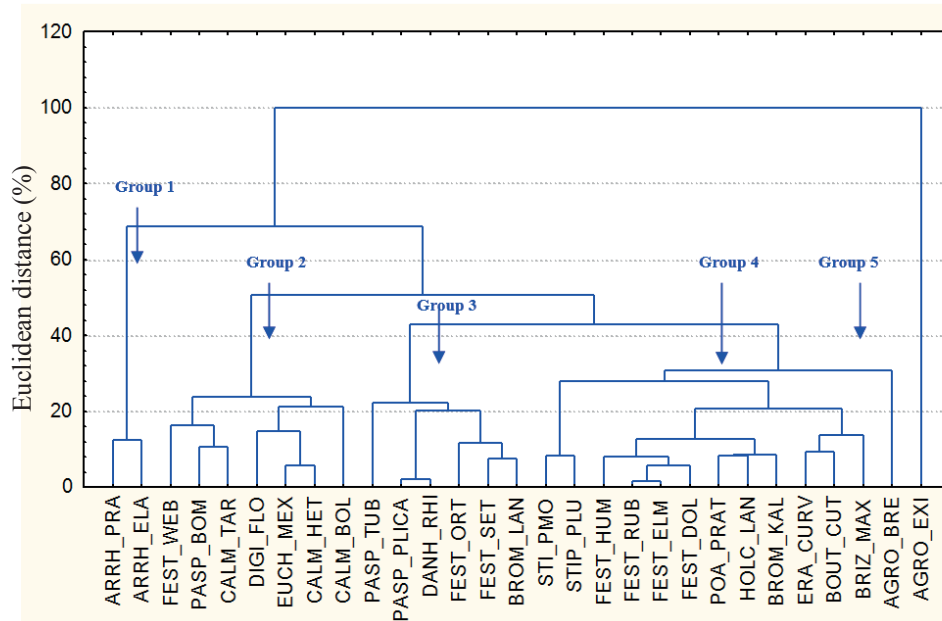


Figure 3. Dendrogram of native and naturalized grasses selected in all study places

Calamagrostis heterophylla, *Euchlaena mexicana*, *Digitaria floridona*, *Calamagrostis tarmencis*, *Paspalum bonplandianum* and *Festuca weberbaueri* species, and showed the highest values in the botanical composition and density indexes. These species grow associated to an abundant plants community, due to their sprout-shaped and semi-erect growth habit, that confers them, advantages in the competition for light and nutrients (Hofstede and Medina 1995). In this group, *Calamagrostis tarmencis* was located, that is one of the higher distribution in the Ecuadorian Páramo grasslands ecosystems.

The *Euchlaena mexicana* specie is only in Tunshi Experimental Station. Thanks to their botanical composition and density, survives associated to great quantity of improved grasses. While, *Digitaria floridona* is located in Podocarpus National Park, being this one natural specie of this ecosystem. The rest of species that constitutes the group, specifically those of *Calamagrostis* genus, are in most of the researched places. They are heathlands native species, where they are ready with great abundance (Sarmiento 2000 and Berg 1999).

Group III was constituted by the *Bromus lanatus*, *Festuca setifolia*, *Festuca ortophylla*, *Danhonia rhizomata*, *Paspalum plicatulum* and *Paspalum tuberosum* species, with intermediate values in frequency and density, but with the lowest in the botanical composition, aerial and basal cover. The *Danhonia rhizomata*, *Paspalum plicatulum* and *Paspalum tuberosum* species are confined to a specific place, which showed few distributions of them in the Ecuadorian heathland.

The group IV joined higher number of species: *Agrostis breviculmis*, *Briza maxima*, *Bouteloua curtipendula*, *Eragrostis curvula*, *Bromus kalmi*, *Holcus*

El grupo II reunió a las especies *Calamagrostis bolanderi*, *Calamagrostis heterophylla*, *Euchlaena mexicana*, *Digitaria floridona*, *Calamagrostis tarmencis*, *Paspalum bonplandianum* y *Festuca weberbaueri*, y presentó los mayores valores en los índices composición botánica y densidad. Estas especies crecen asociadas a una abundante comunidad de plantas, debido a que su hábito de crecimiento, amacollado y semierecto, les confiere ventajas en la competencia por la luz y los nutrientes (Hofstede y Medina 1995). En este grupo, se ubicó *Calamagrostis tarmencis*, que es una de las de mayor distribución en los ecosistemas de páramos ecuatorianos.

La especie *Euchlaena mexicana* solo está presente en la Estación Experimental de Tunshi. Gracias a su composición botánica y densidad, sobrevive asociada a gran cantidad de gramíneas mejoradas. Mientras, *Digitaria floridona* se localiza en Parque Nacional Podocarpus, siendo esta una especie natural de este ecosistema. El resto de las especies que conforman el grupo, específicamente las del género *Calamagrostis*, están presentes en la mayoría de los sitios investigados. Son especies nativas de los páramos, donde están dispuestas con gran abundancia (Sarmiento 2000 y Berg 1999).

El grupo III estuvo conformado por las especies *Bromus lanatus*, *Festuca setifolia*, *Festuca ortophylla*, *Danhonia rhizomata*, *Paspalum plicatulum* y *Paspalum tuberosum*, con valores intermedios en la frecuencia y densidad, pero con los más bajos en la composición botánica, cobertura aérea y basal. Las especies *Danhonia rhizomata*, *Paspalum plicatulum* y *Paspalum tuberosum* están confinadas a un sitio específico, lo que indicó la poca distribución de las mismas en el páramo ecuatoriano.

El grupo IV agrupó a mayor cantidad de especies: *Agrostis breviculmis*, *Briza maxima*, *Bouteloua curtipendula*, *Eragrostis curvula*, *Bromus kalmi*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, *Festuca dolycephylla*, *Festuca*

lanatus, *Poa pratensis*, *Festuca dolycophylla*, *Festuca elmeri*, *Festuca rubra*, *Festuca humilior*, *Stipa plumeris* and *Stipa plumosa*. It was characterized for present intermediate values of botanical composition, aerial and basal cover, and low values in frequency and density; while group V, that gathered the *Agrostis exigua* specie, showed values in the botanical composition, frequency and density, very near to the group IV, but low value in the basal and aerial cover. The *Agrostis exigua* specie was in seven of the eight researched places, which showed its wide distribution in the Ecuadorian heathland. In the group IV the highest number of endemic grasses from the Ecuadorian heathland was included: *Agrostis breviculmis*, *Bouteloua curtipendula*,

elmeri, *Festuca rubra*, *Festuca humilior*, *Stipa plumeris* y *Stipa plumosa*. Se caracterizó por presentar valores intermedios de composición botánica, cobertura aérea y basal, y bajos valores en frecuencia y densidad; mientras que el grupo V, que reunió a la especie *Agrostis exigua*, mostró valores en la composición botánica, frecuencia y densidad, muy cercanos al grupo IV, pero menor valor en la cobertura basal y aérea. La especie *Agrostis exigua* estuvo presente en siete de los ocho sitios investigados, lo que indicó su amplia distribución en el páramo ecuatoriano. En el grupo IV se incluyó la mayor cantidad de gramíneas endémicas del páramo ecuatoriano: *Agrostis breviculmis*, *Bouteloua curtipendula*, *Poa pratensis*, *Stipa plumeris* y *Stipa plumosa*. Estas, a pesar

Table 2. Plant succession of the selected grasses in the study places

Initial inventory	Semester evaluation							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
El Angel ecological reserve								
<i>Agrostis exigua</i>	-	+	-	+	+	+	+	+
<i>Calamagrostis bolanderi</i>	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calamagrostis tarmensis</i>	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Paspalum bomplandianum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Cotacachi Cayapas ecological reserve								
<i>Stipa plumeris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stipa plumosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Bromus lanatus</i>	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Arrhenatherum pratense</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Arrhenatheru melatius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Cotopaxi National park								
<i>Poa pratensis</i>	-	+	+	+	+	+	+	-
<i>Festuca weberbaueri</i>	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bromus slanatus</i>	+	+	+	-	+	+	+	+
Chimborazo faunistical reserve								
<i>Eragrostis curvula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Aña Moyocancha experimental station								
<i>Agrostis breviculmis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Agrostis exigua</i>	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Bromus lanatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Paspalum bomplandianum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Cajas recreation area								
<i>Holcus lanatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Paspalum plicatulum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bromus slanatus</i>	+	+	+	+	+	+	-	-
Podocarpus national park								
<i>Bouteloua curtipendula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calamagrosti starmensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Digitaria floridona</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
Tunshi experimental station								
<i>Euchlaena mexicana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

(+) = specie precense; (-) = specie absence

Poa pratensis, *Stipa plumeris* and *Stipa plumosa*. These ones, in spite of not presenting the highest values in the considered characters, could be of interest to maintain the ecosystems balance, being the species of high adaptation grade and to highlight in the plant succession.

The *in situ* selected species showed that when analyzing their performance in the plant succession, only 18 species showed good performance, at least, in a place during great part of the period that takes the evaluation (table 2). These species were those of more persistence and adaptation to the ecosystem and, consequently, those of better conditions to face the competition between plants. Balslev and De Vries (1991) stated that the forces that limit or favor the succession are similar to those that take place by the species subsistence.

Bernal (2000) and Aguirre (2012) showed subsystem examples in the Ecuadorian heathland, where the meadows formed by the *Agrostis-Juncus* complex have been aggressively invaded by *Rubis constrictus* (murra) until the tenth year, when they covered forty percent of the area, and affected the grasses species presence.

As result of the bromatological analysis carried out to the selected species, the best results in *Arrhenatherum elatius*, *A. pratense*, *Holcus lanatus*, *Stipa plumeris* and *S. plumosa* were obtained, that showed better performance, regarding the protein content and ashes. Concerning fiber content, the *Poa pratensis*, *Paspalum bomplandianum*, *P. plicatulum* and *Agrostis breviculmis* species were identified as more promissory (table 3).

The *Arrhenatherum elatius* (11.58 %), *Holcus lanatus* (11.44 %) and *Stipa plumosa* (10.19 %) showed the best performance in protein content (table 3), with appropriate values for natural and naturalized grasses species from Andean heathlands. These values are above to that informed by Chaparro (2012), who showed values of 7 and 10.04 % for *Festuca elatior* and *Bromus cantharticus* species, considered as promissory.

de no presentar los valores más altos en los caracteres considerados, pudieran ser de interés para mantener el equilibrio de los ecosistemas, al ser las especies de mayor grado de adaptación y sobresalir en la sucesión vegetal.

Las especies seleccionadas *in situ* demostraron que al analizar su comportamiento en la sucesión vegetal, solo 18 especies mostraron buen comportamiento, al menos, en un sitio durante gran parte del período que abarcó la evaluación (tabla 2). Estas especies fueron las de mayor persistencia y adaptación al ecosistema y, por consiguiente, las de mejores condiciones para enfrentar la competencia entre plantas. Balslev y De Vries (1991) manifestaron que las fuerzas que limitan o favorecen la sucesión son semejantes a las que se producen por la subsistencia de las especies.

Bernal (2000) y Aguirre (2012) evidenciaron ejemplos de subsistema en el páramo ecuatoriano, donde las praderas formadas por el complejo *Agrostis-Juncus* han sido invadidas agresivamente por *Rubis constrictus* (murra) hasta el décimo año, cuando cubrieron cuarenta por ciento del área, y afectaron la presencia de las especies de gramíneas.

Como resultado del análisis bromatológico realizado a las especies seleccionadas, se obtuvieron los mejores resultados en *Arrhenatherum elatius*, *A. pratense*, *Holcus lanatus*, *Stipa plumeris* y *S. plumosa*, que mostraron mejor comportamiento, en lo que respecta al contenido de proteínas y cenizas. En lo que respecta al contenido de fibra, se identificaron como más promisorias las especies *Poa pratensis*, *Paspalum bomplandianum*, *P. plicatulum* y *Agrostis breviculmis* (tabla 3).

Las especies *Arrhenatherum elatius* (11.58 %), *Holcus lanatus* (11.44 %) y *Stipa plumosa* (10.19 %) mostraron el mejor comportamiento en el contenido de proteína (tabla 3), con valores adecuados para especies de gramíneas naturales y naturalizadas de los páramos andinos. Estos valores están muy por encima de los informados por Chaparro (2012), quien señaló valores de 7 y 10.04 % para las especies *Festuca elatior* y *Bromus cantharticus*, consideradas como promisorias.

Table 3. Bromatological composition of the promissory grasses

Promissory species	Protein, %	Fiber, %	Nitrogen free extract, %	Ashes, %	Ether extract, %
<i>Arrhenatherum elatius</i>	11.58	33.95	40.71	17.95	2.85
<i>Arrhenatherum pratense</i>	10.21	36.60	40.02	15.14	2.29
<i>Agrostis breviculmis</i>	7.84	30.66	44.01	10.91	2.35
<i>Bouteloua curtipendula</i>	7.23	35.96	36.26	10.90	2.60
<i>Bromus lanatus</i>	9.13	36.68	39.75	12.05	2.69
<i>Eragrostis curvula</i>	9.50	37.48	40.44	7.83	2.55
<i>Euchlaena mexicana</i>	7.90	32.70	39.45	11.30	2.22
<i>Holcus lanatus</i>	11.44	33.58	39.01	12.38	3.59
<i>Paspalum plicatulum</i>	7.80	33.70	40.12	11.70	2.23
<i>Paspalum bomplandianum</i>	8.19	32.02	47.39	10.12	2.28
<i>Poa palustris</i>	7.28	33.32	48.27	7.85	3.28
<i>Stipa plumeris</i>	8.67	35.63	38.81	12.76	3.13
<i>Stipa plumosa</i>	10.19	35.46	37.82	13.40	3.13

It is recommended to evaluate the *ex situ* agroproductive performance of *Arrhenatherum elatius*, *Holcus lanatus* and *Arrhenatherum pratense* promissory species in their bromatological composition and to know their forage potential as a new alternative in the Ecuador cattle production.

Se recomienda evaluar el comportamiento agroproductivo *ex situ* de las especies promisorias *Arrhenatherum elatius*, *Holcus lanatus* y *Arrhenatherum pratense* en su composición bromatológica y conocer su potencial forrajero como una nueva alternativa en la producción pecuaria del Ecuador.

References

- Aguirre, C. 2012. Programa para un manejo forestal sustentable en el Instituto Ecuatoriano Forestal y de áreas naturales y vida silvestre. Diagnóstico de la Investigación Forestal en el Ecuador. Ecuador. ITTO. INEFAN. p. 72
- Balslev, H. & De Vries, T. 1991. Life forms and species richness in a bunch grass paramo on Mount Cotopaxi, Ecuador. Tropical ecosystems: systems characteristics, utilization patterns, and conservation issues. Proceedings of the International and Interdisciplinary Symposium. ECOCIENCIA. Quito. 45 pp.
- Bernal, F. 2000. Manejo de Páramos y Zonas de Altura. Relaciones Socio-Organizativas y Legales en el Páramo y otras Zonas de Altura. CAMAREM-IEDECA. Quito, Ecuador. p. 45
- Berg, K. 1999. A field survey of avian diversity at the Bilsa Biological Station, Province of Esmeraldas, Ecuador. Quito, Fundación Jatun Sacha. p. 35
- 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
- CIAT 1992. Los bancos genéticos y la alimentación mundial. Cali. Colombia
- CIAT 2003. Manual para la colección, preservación y caracterización de recursos forrajeros tropicales. Cali. Colombia. p. 71
- Cuesta, L., Sevink, M., Llambí, T., De Bièvre, G. & Posner, H. (2014). La diversidad de los páramos andinos en el espacio y en el tiempo. Avances en Investigación para la Conservación en los Páramos Andinos. CONDESAN, Quito. p. 7
- Crespo, P. 2012. Puentes entre alturas. Sistematización del Proyecto Páramo Andino en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Edit. Rodríguez Morales. CONDENSAN. Quito, Ecuador
- De la Cruz, R., Mena Vásconez, P., Morales, M., Ortiz, P., Ramón, G., Rivadeneira, S., Suárez, E., Terán, J. F. & Velázquez, C. (2009). Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador. Edt. EcoCiencia-Abya Yala. Quito. Ecuador
- Chaparro, J. 2012. Beneficios de los ecosistemas de páramo, organizaciones y políticas de conservación. 1ª. Ed. Artículos 8, 79. Editorial Cupido. Boyacá, Colombia. p 20.
- Hitchcock, A. 1927. Manual of the grasses of the Ecuador, Peru and Bolivia. Herbarium. New York. p. 14
- Hoftede, R. & Medina, G. 1995. The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian Paramo Grasslands. Plant and Soil 173:111
- IPGRI. 1988. Consejo Internacional para Recursos Genéticos de Plantas. Recursos genéticos de las plantas. Roma – Italia. p. 23
- López, F. 1998. Adaptación de especies forrajeras andinas a un sistema silvopastoril. Degree. Thesis. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Mena, P. 2010. Los páramos ecuatorianos: Paisajes diversos, frágiles y estratégicos. Ecociencia. Quito, Ecuador. p 57
- Mena, P. 2012. Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador. Ecociencia. Quito, Ecuador. p. 34
- Monasterio, M. 2003. Caracterización ecológica del clima en el Páramo. Ed. Ayala. Quito, Ecuador. p. 23
- Paladines, O. & Leal, J. 1997. Recomendaciones para evaluar germoplasma bajo pastoreo. Manejo y productividad de las praderas. Editorial CONDENSAN. CIAT. p. 321
- Paladines, O. & Jácome, C. (1999). Factores que determinan la producción primaria de los pastizales en los ecosistemas húmedos de la zona altoandina de la Sierra en especial de la provincia del Carchi. Available: www.cip.org.pe/informes/cinific/n5620. [Consulted: April 14, 2015].
- Pujos, L. 2013. Diversidad florística a diferente altitud en el ecosistema páramo de tres comunidades de la organización de segundo grado unión de organizaciones del pueblo Chibuleo. Degree. Thesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Sarmiento, F. 2000. Breaking Mountain Paradigms: Ecological Effects on Human Impacts in Man-aged Tropandean Landscapes. Ambio 29. p. 423

Received: April 15, 2015