

Bromatological characterization of coffee (*Coffea arabica* L.) pulp for animal feeding purposes

Caracterización bromatológica de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) con fines de uso en la alimentación animal

L. A. Aguirre¹, Zoraya Rodríguez², V. Saca¹, and V. Apolo¹

¹Universidad Nacional de Loja, Ecuador

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
luis.aguirre@unl.edu.ec

To determine the variability of the bromatological composition of coffee pulp in the province of Loja, a study was carried out by means of stratified sampling and random block design, in 18 beneficiary plants from six cantons (Espíndola, Zosoranga, Puyango, Chaguarpamba, Quilanga and Loja). Prior to the sampling, a brief characterization of production systems was carried out, through a survey to producers from the selected cantons. In the laboratory, dry matter content, organic matter, ashes, ether extract, crude protein, crude fiber and nitrogen-free extract, neutral detergent fiber and cellular content were determined. The results of the surveys showed that in 100 % of the farms, Arabian coffee of the typical variety is cultivated. There is also similarity in crop management and processing method. Regarding the bromatological analysis, no difference was observed in the nutrient content of coffee pulp among cantons, with mean values of 19.46 % for dry matter, 89.55 % for organic matter, 10.45 % for ashes, 2.23 % for ether extract, 10.02 % of crude protein, 19.24 % of crude fiber, 58.06 of nitrogen-free extract, 44.24 of neutral detergent fiber and 55.76 of cellular content. It is concluded that the bromatological composition of coffee pulp is in the ranges reported by the literature, without showing variations among the studied cantons. Therefore, this could be an interesting residue for its used as raw material for animal feeding.

Keywords: *agricultural residues, bromatological composition, animal feeding*

The cultivation of coffee embodies an agro-productive activity that contributes to invigorate the world economy (Ponce *et al.* 2016). According to the International Coffee Organization (OIC 2016), it is one of the most valuable primary products as a source of foreign exchange for developing countries.

In Ecuador, coffee cultivation has importance in the economic, social and environmental orders. In economic terms, it constitutes a source of income for the actors of coffee chains. Socially, these chains involve many

Para determinar la variabilidad en la composición bromatológica de la pulpa de café en la provincia de Loja, se desarrolló un estudio mediante muestreo estratificado y diseño de bloques al azar, en 18 plantas de beneficio de seis cantones (Espíndola, Zosoranga, Puyango, Chaguarpamba, Quilanga y Loja). Previo a la toma de muestras, se realizó una caracterización de los sistemas de producción mediante encuesta a productores de los cantones seleccionados. En el laboratorio se determinó: contenido de materia seca, materia orgánica, cenizas, extracto etéreo, proteína cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, fibra detergente neutra y contenido celular. Los resultados de las encuestas mostraron que en 100 % de las fincas se cultiva café arábigo, de la variedad típica. Además, hubo similitud en el manejo del cultivo y método de procesamiento. En relación el análisis bromatológico, no se encontraron diferencias entre los cantones en el contenido de nutrientes de la pulpa de café, con valores medios de 19.46 % para materia seca, 89.55 % de materia orgánica, 10.45 % de cenizas, 2.23 % de extracto etéreo, 10.02 % de proteína cruda, 19.24 % de fibra cruda, 58.06 de extracto libre de nitrógeno, 44.24 de fibra detergente neutro y 55.76 de contenido celular. Se concluye que la composición bromatológica de la pulpa de café se encuentra en los rangos informados por la literatura, sin presentar variaciones entre los cantones estudiados, por lo que podría constituir un residuo interesante como materia prima para la alimentación animal.

Palabras clave: *residuos agrícolas, composición bromatológica, alimentación animal.*

El cultivo de café encarna una actividad agro-productiva que contribuye a dinamizar la economía mundial (Ponce *et al.* 2016). Según la Organización Internacional del Café (OIC) (2016), este es uno de los productos primarios más valiosos como fuente de divisas para los países en desarrollo.

En el Ecuador, el cultivo de café tiene importancia económica, social y ambiental. En lo económico, constituye una fuente de ingresos para los actores de las cadenas del café; en lo social, involucra muchas etnias

ethnic groups and peoples in 23 out of the 24 provinces, and environmentally, they are basically cultivated in agroforestry systems, which contribute to environment conservation (Duicela 2016). This crop occupies an area of 199,215 ha, from which 68 % corresponds to Arabica species (*Coffea arabica* L.) and 32 % to the robusta (*C. canephora* Pierre ex Froehner). Loja province occupies the second place, with a surface of 29,552 ha and an annual production of 180,320 qq, which represents 13.5 % of the national total (COFENAC 2013).

The benefit of coffee is achieved by two methods. The first is the dry processing, which consists of drying and fermenting coffee under the sun, and the second is the humid benefit that implies the separation of the pulp and the mucilage by mechanical means and, then, ferment and wash the grains (Noriega *et al.* 2009 and FAO 2011). The pulp is the external part of the fruit, constituted by the epicarp (outer red layer) and the mesocarp (hyaline soft tissue layer) (Suárez de Castro 1983). It is the first residue obtained from the humid processing of coffee cherries and may represent between 40 and 43 % of the fresh weight of the whole fruit (Bressani *et al.* 1972, Ramírez 1999 and Montilla *et al.* 2008).

Several authors (Bressani *et al.* 1972, Ramírez 1999, Morgan 2003, Munguía 2015 and Pinto *et al.* 2017) agree that coffee pulp has an appreciable nutritional value that could be used in animal feed. Thus, these authors mention a dry matter content from 20 to 25 %, crude protein from 8 to 12 %, crude fiber from 20 to 25 % and ash from 9 to 11 %. However, its chemical composition may vary depending on factors such as agroecological conditions, variety, crop management and processing method (Romero 1994). Therefore, it is necessary to deepen studies to evaluate how it behaves in the region. That is why the objective of this study was to determine the variability in the bromatological composition of fresh coffee pulp among cantons of Loja province.

Materials and Methods

Delimitation of the study area. From the 15 cantons that grow coffee, six were selected (Espíndola, Zosoranga, Puyango, Chaguarpamba, Quilanga and Loja), considering those with higher production and that are distributed in the four cardinal points. In each of these cantons, three pulping plants belonging to the coffee producer organizations were selected (figure 1).

Table 1 shows climate characteristics of the cantons selected for the study.

Characterization of production systems. To get a general overview of the coffee production systems in the selected cantons, 180 surveys were applied to producers of 18 coffee organizations, on aspects related to coffee variety, crop management and method of processing. The information collected allowed to relate the incidence of these factors in the bromatological composition of

y pueblos en 23 de las 24 provincias, y desde el punto de vista ambiental, se cultiva básicamente en sistemas agroforestales, que contribuyen a la conservación del medio ambiente (Duicela 2016). Este cultivo ocupa 199 215 ha, de las cuales 68 % corresponden a la especie arábica (*Coffea arabica* L.) y 32 % a la robusta (*C. canephora* Pierre ex Froehner). La provincia de Loja ocupa el segundo lugar, con superficie de 29 552 ha y producción anual de 180 320 qq que representa 13.5 % del total nacional (COFENAC 2013).

El beneficio del café se realiza por dos métodos: el procesamiento seco, que consiste en secar y fermentar el café al sol, y el beneficio húmedo que implica la separación de la pulpa y el mucilago por medios mecánicos, para luego fermentar y lavar los granos (Noriega *et al.* 2009 y FAO 2011). La pulpa es la parte externa del fruto, constituida por el epicarpio (película roja exterior) y el mesocarpio (capa de tejido blando hialino) (Suárez de Castro 1983). Es el primer residuo que se obtiene del procesamiento húmedo de las cerezas de café y puede llegar a representar entre 40 y 43 % del peso fresco de la fruta entera (Bressani *et al.* 1972, Ramírez 1999 y Montilla *et al.* 2008).

Varios autores (Bressani *et al.* 1972, Ramírez 1999; Morgan 2003, Munguía 2015 y Pinto *et al.* 2017) coinciden en que la pulpa de café tiene apreciable valor nutritivo, que podría ser aprovechado en la alimentación animal. El contenido de materia seca es de 20 a 25 %, la proteína bruta de 8 a 12 %, la fibra bruta de 20 a 25 % y la ceniza de 9 a 11 %. Sin embargo, la composición química puede variar en función de algunos factores: las condiciones agroecológicas, variedad, manejo del cultivo y método de procesamiento (Romero 1994), por lo que es necesario profundizar en estudios para evaluar su comportamiento en la región. El objetivo de este trabajo es determinar la variabilidad en la composición bromatológica de la pulpa de café fresca entre los cantones de la provincia de Loja.

Materiales y Métodos

Delimitación del área de estudio. De los 15 cantones que cultivan café, se seleccionaron seis (Espíndola, Zosoranga, Puyango, Chaguarpamba, Quilanga y Loja), considerando aquellos de mayor producción, distribuidos en los cuatro puntos cardinales. En cada uno de estos cantones, se seleccionaron tres plantas despulpadoras, pertenecientes a las organizaciones de productores de café (figura 1).

Las características climatológicas de los cantones seleccionados para el estudio se presentan en la tabla 1.

Caracterización de los sistemas de producción. Para tener una visión general de los sistemas de producción de café en los cantones seleccionados, se aplicaron 180 encuestas a productores de 18 organizaciones cafetaleras, sobre aspectos relacionados con la variedad de café, manejo del cultivo y método de procesamiento. La información recopilada permitió relacionar la incidencia de estos factores en la composición bromatológica de

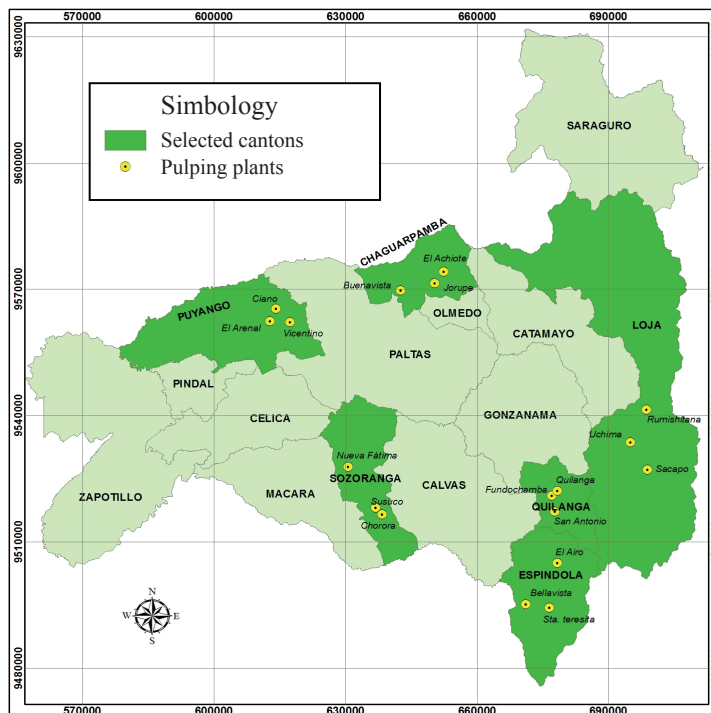


Figure 1. Map with the selected cantons for the study of chemical characterization of coffee pulp in Loja province

Table 1. Climate characteristics of the cantons selected for the study

Canton	Height (mosl)	Temperature (°C)	Precipitation (mm/year)	Humidity (%)
Espíndola	1720	19.9	1011	72
Sozoranga	1650	19.2	979	66
Puyango	1240	23.6	1086	70
Chaguarpamba	1450	21.7	1035	72
Quilanga	1710	19.4	981	67
Loja (Vilcabamba)	1650	20.2	1075	81

Source: INAMHI 2011

Creation: the author

the pulp. In addition, to check the field information, the latest publications of institutions and organizations related to the sector were reviewed, such as Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries (MAGAP), National Coffee Council (COFENAC), and some others.

Sample taking. In each selected plant, three samples (1 kg) were obtained, by stratified sampling, for a total of 54 samples, placed in properly identified polyethylene containers and taken to the bromatological laboratory of the National University of Loja for their analysis.

Laboratory analysis. Samples were dried in an oven at 65 °C for 48 h, ground and sub-samples of 100 g were taken by the quartering method, for further bromatological analysis. The content of dry matter (DM), organic matter (OM), ash (A), ether extract (EE), crude protein (CP), crude fiber (CF) and nitrogen-free extract (NFE) was determined according to standard methodology of the AOAC (2005); while the neutral

la pulpa. Para constatar la información de campo, se revisaron las últimas publicaciones de las instituciones y organismos relacionados con el sector, como el Ministerio de la Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), además del Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC) y otras.

Toma de muestras. En cada planta seleccionada, se obtuvieron tres muestras (1 kg) mediante muestreo estratificado, para 54 muestras en total. Posteriormente, se colocaron en recipientes de polietileno, debidamente identificados, y se llevaron al laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Loja para su análisis respectivo.

Análisis de laboratorio. Las muestras se secaron en estufa a 65 °C durante 48 h. Se molieron y se tomaron sub-muestras de 100 g por el método del cuarteo, para su análisis bromatológico. El contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (Cz), extracto etéreo (EE), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN) se determinó según

detergent fiber (NDF) and cellular content (CC) by the procedure of Van Soest *et al.* (1991).

Statistical analysis. With the results obtained in each of the indicators, an analysis of variance was carried out with a random block design, considering the origin as treatment and the processing plants as replications. In the necessary cases, Duncan (1955) test was applied to determine the difference between means. Data processing was performed using the Insfostat statistical package (Di Rienzo *et al.* 2012).

Results and Discussion

Production and quality of coffee is the result of the combination of genetic and environmental factors, such as botanical variety, topographic situation, climatology, soil, crop management and benefit method (Cañas 2015). The existing studies have been oriented more to performance and organoleptic quality, than to bromatological composition. Therefore, it is difficult to relate the available scientific literature with the composition of the pulp based on these factors.

After the surveys were processed, it was stated that 100% of the producers cultivate Arabian coffee, 95 % of them use the typical variety, which is in accordance with the Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries of Ecuador (MAGAP 2014), the National Coffee Council (COFENAC 2013) and Duicela *et al.* (2017). Likewise, several studies (CENICAFE 2011, Cañas 2015 and Duicela *et al.* 2017) pointed out that, among the varieties of Arabian coffee, there are no variations in their organoleptic quality, so it could be deduced that this factor does not affect the bromatological composition of pulp.

Jiménez and Massa (2015) stated that *Coffea arabica* and its varieties have a wide adaptability to different ecosystems with altitudes ranging from 1,000 to 2,000 msl, temperature from 15 to 24 °C and precipitations of 1,000 to 2,000 mm. The study area is located in the area known as Coffee Belt and its climatological characteristics (Table 1) are among the ranges indicated, making it suitable for the cultivation of this species.

On the other hand, Enríquez and Chamorro (2014) affirm that latitude and altitude influence directly on climate characteristics like temperature, solar radiation, rainfall distribution, relative humidity, and some others. Within climate factors, temperature regulates directly all the biological and metabolic processes of the plant, such as photosynthesis, flowering, fructification, maturation, and others. Several authors (Soto *et al.* 2001, Arcila *et al.* 2007 and Cañas 2015) stated that a mean temperature of 25 °C is considered as optimal for most of the biological phenomena occurring in the coffee plant. The study area has temperatures close to this value.

Crop management is carried out traditionally in 100 % of the farms, with minimum maintenance tasks

metodología estándar de la AOAC (2005); mientras que la fibra detergente neutra (FDN) y contenido celular (CC), por el procedimiento de van Soest *et al.* (1991).

Análisis estadístico. Con los resultados de cada uno de los indicadores, se realizó análisis de varianza mediante un diseño de bloques al azar. Se consideró la procedencia como tratamiento y las plantas de procesamiento como réplicas. En los casos necesarios, se aplicó la dócima de Duncan (1955) para determinar diferencia entre medias. El procesamiento de datos se realizó mediante el paquete estadístico Insfostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

Resultados y Discusión

La producción y calidad del café es el resultado de la combinación de factores genéticos y ambientales, entre los que destacan la variedad botánica, la situación topográfica, la climatología, el suelo, el manejo del cultivo y el método de beneficio (Cañas 2015). Los estudios existentes se han orientado más al rendimiento y a la calidad organoléptica que a la composición bromatológica, por lo que resulta difícil relacionar la literatura científica disponible con la composición de la pulpa en función de estos factores.

El procesamiento de las encuestas informó que 100 % de los productores cultivan café arábico, 95 % de ellos de la variedad típica, lo que coincide con las referencias del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador (MAGAP 2014) y del Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC 2013) y Duicela, *et al.* (2017). Asimismo, varios estudios (CENICAFE 2011, Cañas 2015 y Duicela *et al.* 2017) señalan que entre las variedades de café arábigo no se manifiestan variaciones en cuanto a su calidad organoléptica, por lo que se podría deducir que este factor no afecta la composición bromatológica de la pulpa.

Jiménez y Massa (2015) señalan que la especie *Coffea arabica* y sus variedades tiene amplia adaptabilidad a distintos ecosistemas, con altitudes de 1000 a 2000 msnm, temperatura de 15 a 24 °C y precipitaciones de 1000 a 2000 mm. El área de estudio se ubica en la zona conocida como “Cinturón del Café”, cuyas características climatológicas la hacen idónea para el cultivo de esta especie (tabla 1).

Enríquez y Chamorro (2014) afirman que la latitud y altitud influyen directamente en las características del clima (temperatura, radiación solar, distribución de las lluvias, humedad relativa y otras). Entre los factores climáticos, la temperatura es el que regula directamente todos los procesos biológicos y metabólicos de la planta, entre los que se destacan la fotosíntesis, floración, fructificación, maduración, entre otros. Varios autores (Soto *et al.* 2001, Arcila *et al.* 2007 y Cañas 2015) señalan que una temperatura media de 25 °C se considera óptima para la mayoría de los fenómenos biológicos que ocurren en la planta de café. La zona de estudio presenta temperaturas cercanas a este valor.

El manejo de cultivo se realiza de forma tradicional en 100 % de las fincas, con labores mínimas de

like annual cuttings, manual control of weeds, little or no chemical and/or organic fertilization and without irrigation, which is verified with reports of MAGAP (2014) and COFENAC (2013). In this regard, several authors (Vega 2013 and Enríquez and Chamorro 2014) affirm that cropping practices influence more on performance than on product quality.

Finally, the benefit method in all the studied plants is by the humid way, with mechanized equipment, which coincides with that indicated by the organisms mentioned above. These results eliminate the sources of variation related to variety, crop management and processing method.

Table 2 shows that no statistical difference was detected in the bromatological composition, among the studied cantons.

mantenimiento, entre las que se encuentran las podas anuales, el control manual de malezas y la poca o ninguna fertilización química y/o orgánica, además de la ausencia de riego. Todo lo anterior se corrobora con lo informado por el MAGAP (2014) y COFENAC (2013). Al respecto, varios autores (Vega 2013 y Enríquez y Chamorro 2014) afirman que las prácticas culturales influyen más en el rendimiento que en la calidad del producto.

El método de beneficio en todas las plantas estudiadas es por vía húmeda, con equipo mecanizado, lo que coincide con lo referido por los organismos citados. Estos resultados eliminan las fuentes de variación relacionadas con la variedad, manejo del cultivo y método de procesamiento.

La tabla 2 muestra que no hubo diferencia estadística en la composición bromatológica entre los cantones

Table 2. Bromatological composition of fresh coffee pulp in six cantons of Loja province, Ecuador

Nutrients (%)	Origin						SE	P
	Espíndola	Sozoranga	Puyango	Chaguarp.	Quilanga	Loja		
Dry matter	19.52	19.16	19.34	19.11	20.23	19.38	0.40	0.3909
Organic matter	89.70	89.35	89.33	89.81	89.39	89.70	0.33	0.8359
Ashes	10.30	10.65	10.67	10.19	10.61	10.30	0.33	0.8359
Ether extract	2.32	2.14	2.17	2.13	2.26	2.33	0.07	0.1315
Crude protein	9.92	10.18	9.82	9.96	10.08	10.18	0.20	0.7315
Crude fiber	19.35	19.37	19.70	19.55	18.95	18.50	0.33	0.1395
NFE	58.11	57.66	57.65	58.17	58.09	58.68	0.44	0.5845
NDF	44.50	44.55	45.30	44.97	43.59	42.54	0.76	0.1386
CC	55.50	55.45	54.70	55.03	56.40	57.46	0.76	0.1390

Dry matter values were similar to those reported by Fonseca (1991), Munguía (2015) and Noguera and Posada (2017), higher than 17.89 % indicated by Morgan (2003), but less than 23.3 % and 24.55 % reported by Bressani *et al.* (1972) and Pinto *et al.* (2017), respectively. The variation among authors could be due to the edaphoclimatic conditions of coffee systems under study and to the used processing methods. On the other hand, it is known that DM contains nutrients that the plant synthesizes from soil and environment. However, when the process of formation and maturation of fruits is slower, the concentration of substances is favored, and vice versa. This phenomenon is directly influenced by climatic factors.

Content of organic matter is an indicator of the nutritional value of a food. In this study, a mean value of 89.55 % was observed, similar to that reported by Pinto *et al.* (2017). Ashes, that largely define mineral content, in this study, was in the order of 10.45 %, similar to that informed by Bressani *et al.* (1972), Fonseca (1991), Morgan (2003); Figueroa and Mendoza (2010), Munguía (2015) and Yoplac *et al.* (2017). Like DM, the content of OM and ashes, the variability between the results of other authors also depend, to a large extent, on the

estudiados.

Los valores de materia seca fueron similares a los informados por Fonseca (1991), Munguía (2015) y Noguera y Posada (2017), superiores al 17.89 % referido por Morgan (2003), pero inferiores al 23.3 y 24.55 % obtenido por Bressani *et al.* (1972) y Pinto *et al.* (2017), respectivamente. La variación entre estos resultados se podría deber a las condiciones edafoclimáticas de los sistemas cafetaleros en estudio y a los métodos de procesamiento empleados. Es conocido que en la MS se encuentran los nutrientes que la planta sintetiza a partir de los nutrientes del suelo y el ambiente. Sin embargo, cuando la formación y maduración de los frutos es más lenta, se favorece la concentración de sustancias y viceversa, proceso en el que influyen directamente los factores climáticos.

El contenido de materia orgánica es un indicador del valor nutritivo de un alimento. En este estudio hubo valor medio de 89.55 %, similar a lo informado por Pinto *et al.* (2017). Las cenizas, en gran parte, definen el contenido de minerales, que estuvo en el orden de 10.45 %, semejante a lo referido por Bressani *et al.* (1972), Fonseca (1991), Morgan (2003); Figueroa y Mendoza (2010), Munguía (2015) y Yoplac *et al.* (2017). Al igual que la MS, el contenido de MO y cenizas y la variabilidad, entre los

previously mentioned factors.

Ether extract of coffee pulp is relatively low. In this study, a mean value of 2.23 % was observed, similar to that reported by other authors (Bressani *et al.* 1972, Figueroa and Mendoza 2010, Munguía 2015 and Yoplac *et al.* 2017). This component could be related to the presence of lipid substances that are forming cell membranes and are the result of energy metabolism of the plant (Soto *et al.* 2001).

Several authors (Bressani *et al.* 1972, Ramírez 1999, Morgan 2003, Noriega *et al.* 2009, Munguía 2015 and Pinto *et al.* 2017) highlight the appreciable content of crude protein of coffee pulp, which may vary from 8 to 14 %. In this study, crude protein reached a mean value of 10.02 %, similar to results of Fonseca (1991), Bautista *et al.* (2005) and Figueroa and Mendoza (2010).

Most of the protein is found in the cellular content, product of the synthesis of amino acids from nitrogen compounds within soil. This way, it can be said that its content depends directly on nitrogen availability. Although the soils of the area are not periodically fertilized, because they are agroforestry systems that can accumulate large amounts of organic matter. In this regard, Enríquez and Chamorro (2014) point out that most coffee soils have good physical properties (texture, structure, depth, aeration, humidity retention, and some others) and chemical properties (pH between 5.5 and 6.5), good capacity of cation exchange, and, therefore, good nutrient availability.

It is known that about 60 % of total nitrogen of the pulp is found as true protein, to which is attributed largely its performance in animal feed. The remaining 40 % is non-protein nitrogen, which includes caffeine, trigonelline, niacin, purines, pyrimidines, and inorganic nitrogen (Bressani *et al.* 1978). According to Di Marco (2011), a food can be considered of good quality when it contains less than 50 % of NDF and more than 15% of CP, which allows to classify coffee pulp as a food of particular nutritional value.

Crude fiber values (from 18.5 to 19.7 %) agree with the results reported by Bressani *et al.* (1972), Morgan (2003) and Yoplac *et al.* (2017). However, they are inferior to the results obtained by Fonseca (1991) and Figueroa and Mendoza (2010), with 25.65 and 22.7 %, respectively. Cellular content and NDF coincide with that reported by Noguera and Posada (2017), but it differs from those obtained by Yoplac *et al.* (2017).

NFE content was 58.06 %, similar to that reported by Noriega *et al.* (2009) Figueroa and Mendoza (2010). However, Bressani *et al.* (1972), Fonseca (1991) obtained lower percentages (50.8 and 51.9 %), while Bautista *et al.* (2005) reported a content of 66.9 %. The variability found in the literature could be due to the fact that these values could be affected by the benefit method, which was not specified in these studies. In the case of

resultados de otros autores, depende también, en gran medida, de los factores antes mencionados.

El extracto etéreo de la pulpa de café es relativamente bajo. En este estudio hubo valor medio de 2.23 %, similar a lo informado en otras investigaciones (Bressani *et al.*, 1972, Figueroa y Mendoza, 2010, Munguía, 2015 y Yoplac *et al.* 2017). Este componente podría estar relacionado con la presencia de sustancias lipídicas que conforman las membranas celulares, y que son el resultado del metabolismo energético de la planta (Soto *et al.* 2001).

Varios autores (Bressani *et al.* 1972, Ramírez 1999, Morgan 2003, Noriega *et al.* 2009, Munguía 2015 y Pinto *et al.* 2017) destacan el apreciable contenido de proteína bruta de la pulpa de café, que puede variar de 8 a 14 %. En este estudio, la proteína cruda alcanzó valor medio de 10.02 %, similar a lo obtenido por Fonseca (1991), Bautista *et al.* (2005) y Figueroa y Mendoza (2010).

Gran parte de la proteína se encuentra en el contenido celular, producto de la síntesis de aminoácidos a partir de compuestos nitrogenados presentes en el suelo. De esta manera se puede afirmar que su contenido depende directamente de la disponibilidad de nitrógeno. Aunque los suelos de la zona no se fertilizan periódicamente, por tratarse de sistemas agroforestales, pueden acumular gran cantidad de materia orgánica. Al respecto, Enríquez y Chamorro (2014) señalan que la mayor parte de los suelos cafeteros tienen buenas propiedades físicas y químicas (textura, estructura, profundidad, aireación, retención de humedad, entre otras) y propiedades químicas (pH entre 5.5 y 6.5), adecuada capacidad de intercambio catiónico y por tanto, buena disponibilidad de nutrientes.

Se conoce que aproximadamente 60 % del nitrógeno total de la pulpa se encuentra en forma de proteína verdadera, al que se le atribuye en gran parte su comportamiento en la alimentación animal. El restante 40 % es nitrógeno no proteico, que incluye cafeína, trigonelina, niacina, purinas, pirimidinas, y nitrógeno inorgánico (Bressani *et al.* 1978). Según Di Marco (2011), un alimento se puede considerar de buena calidad cuando contiene menos de 50 % de FDN, y más del 15 % de PC, lo que permite catalogar a la pulpa de café como un alimento de particular valor nutricional.

Los tenores de fibra bruta (18.5 a 19.7 %) concuerdan con los resultados de Bressani *et al.* (1972), Morgan (2003) y Yoplac *et al.* (2017). Sin embargo, son inferiores a los resultados de Fonseca (1991) y Figueroa y Mendoza (2010), de 25.65 y 22.7 % respectivamente. El contenido celular y FDN coincide con lo informado por Noguera y Posada (2017); pero difiere de los obtenido por Yoplac *et al.* (2017).

El contenido de ELN fue de 58.06 %, similar al obtenido por Noriega *et al.* (2009) y por Figueroa y Mendoza (2010). Sin embargo, Bressani *et al.* (1972), Fonseca (1991) informaron porcentajes menores (50.8 y 51.9%); mientras que Bautista *et al.* (2005) refirieron contenido de 66.9 %. La variabilidad encontrada en la literatura se pudo deber a que estos valores se afectaron por el método de beneficio, que no se especificó en estos

the benefit by the humid way, variable amounts of water are used that can favor the dragging of these substances. At the moment the ecological benefit does not use water for the separation of the pulp, consequently a great part of sugars and mucilages are preserved.

Synthesis of carbohydrates and their accumulation in the different structures of the fruit occurs as a result of photosynthesis, a process that has a direct influence of environmental conditions, especially solar radiation, temperature, precipitation and nutrient availability (Soto *et al.* 2001 and Arcila *et al.* 2007). Fiber compounds are found forming the cell wall and it could be affirmed that their content in the pulp depends, to a great extent, on the climate conditions that regulate the energy metabolism of the plant (Cañas 2015). However, the low variability in the nutrient content could be explained because several producers concur with the same benefit center and, in the pulping process, residues (pulp) are mixed, which hides the incidence of agroecological factors in the final product.

Food composition is a determining aspect for its inclusion in the diet of any species and animal category. The values of CC, NDF and CP present in the coffee pulp suggest that it is a residue that could be used in animal feed, and it could even be of superior quality to others that are used in animal rations (Morgan 2003). However, for its inclusion in the formulations it would be necessary to evaluate other economic and logistical aspects.

It is concluded that fresh coffee pulp has no variation in its bromatological composition among the studied cantons and the values are within the ranges reported by the existing literature. Therefore, for purposes of selection and processing for the purpose of use in animal feed, economic and logistic criteria could be considered.

trabajos. En el caso del beneficio por la vía húmeda, se utilizan cantidades variables de agua que pueden favorecer el arrastre de estas sustancias. Actualmente, el beneficio ecológico no emplea agua para la separación de la pulpa. En consecuencia, se conservan gran parte de azúcares y mucílagos.

La síntesis de carbohidratos y su acumulación en las diferentes estructuras del fruto se produce como resultado de la fotosíntesis, proceso en el que influyen las condiciones ambientales, especialmente la radiación solar, temperatura, precipitación y disponibilidad de nutrientes (Soto *et al.* 2001, Arcila *et al.* 2007). Los compuestos fibrosos forman la pared celular y se podría afirmar que su contenido en la pulpa depende, en gran medida, de las condiciones climáticas que regulan el metabolismo energético de la planta (Cañas 2015). Sin embargo, la poca variabilidad en el contenido de nutrientes se podría explicar porque a un mismo centro de beneficio concurren varios productores. Además, en el proceso de despulpado se mezclan los residuos (pulpa), lo que enmascara la incidencia de los factores agroecológicos en el producto final.

La composición del alimento es un aspecto determinante para su inclusión en la dieta de cualquier especie y categoría animal. Los valores de CC, FND y PB, presentes en la pulpa de café, sugieren que se trata de un residuo que se podría aprovechar en la alimentación animal. Incluso, podría ser de calidad superior a otros que se utilizan en raciones para animales (Morgan 2003). No obstante, para su inclusión en las formulaciones, sería necesario valorar otros aspectos de orden económico y logístico.

Se concluye que la pulpa de café fresca no presenta variación en su composición bromatológica entre los cantones estudiados. Los valores se encuentran en los rangos informados en la literatura. Por lo tanto, para efectos de selección y procesamiento con fines de uso en la alimentación animal, se podrían considerar criterios de carácter económico y logístico.

References

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
- Arcila P., Farfán V., F., Moreno B., A.M., Salazar G., L.F. & Hincapié, G. E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafe, 309 p.
- Bautista O., Pernía, J., Barrueta, D. & Useche, M. 2005. Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido de cachamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ, 15(1): 33-40.
- Bressani, R., Estrada, E. & Jarquin, R. 1972. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la pulpa de café. Turrialba 22:229-304.
- Cañas, R. F. 2015. Guía de factores que inciden en la calidad del café. Proyecto "Creación de capacidades en asistencia técnica a productores de café en Guatemala". Plataforma Nacional de Café Sostenible-SCAN Guatemala, pp: 15-45.
- CENICAFE. 2011. Variedad Castillo. Available: <http://www.cenicafe.org/es/documents/Variedadcastillo.pdf>
- COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional). 2013. Situación del sector cafetalero ecuatoriano. Portoviejo-Ecuador. p. 16.
- Di Marco O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. Producir XXI. Buenos Aires Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias, sitio Argentino de Producción Animal 20(240): 24-30.
- Di Rienzo, J.A., González, L.A. & Robledo, C.W. 2012. InfoStat. Software estadístico. Manual del usuario. Versión 1. Córdoba, Argentina
- Duicela, L. A. 2016. Investigación y desarrollo cafetalero: Situación actual y perspectivas. Artículos In extenso (ISBN: 978-9942-21-969-5), 9-19.
- Duicela, L., Velásquez, S. & Farfán, D. 2017. Calidad organoléptica de cafés Arábigos en relación a las variedades y altitudes de las zonas de cultivo, Ecuador. Rev. Iber. Tecnología Postcosecha. 18(1):67-77.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics, 11:1-42
- Enríquez, R. & Chamorro, H. 2014. Productividad y calidad en *Coffea arabica* L variedad Castillo y variedad Caturra.

- Agroecología: Ciencia y Tecnología. 2 (1): 1-6
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2011. Reducción de la ocratoxina A en café. Available: <http://www.coffee-ota.org>. Consulted: september 2017.
- Figueroa, J.G. & Mendoza, J. 2010. Cuantificación de minerales K, Ca, Mg y P en pulpa y pergamino de café (*Coffea arabica* L. var. Typica). Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1 (2): 221-230. Available: <http://www.rvcta.org> ISSN: 2218-4384.
- Fonseca, J. R. 1991 "Contribución al estudio de la comparación química de la Pulpa de Café fresca y el ensilaje pre-secado de la pulpa de Café". Tesis presentada en opción al título de especialista en manejo del ganado bovino. ISCAH. ICA. La Habana. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2011. Anuario Meteorológico N°. 51-2011, Quito-Ecuador, pp. 37-60.
- Jiménez-Torres, A. & Massa-Sánchez, P. 2015. Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. Economía, vol. XL, núm. 40, julio-diciembre, 2015, pp. 117-137 Universidad de los Andes Mérida, Venezuela.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca-MAGAP. (2014). Cambio Climático y su Influencia en la Agricultura de la Zona.
- Montilla, J., Arcila, J., Aristizábal, M., Montoya, E., Puerta, G., Oliveros, C. & Cadena, G. 2008 Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. Revista Cenicafé. 59(2): 120 – 142. [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc059\(02\)120-142.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc059(02)120-142.pdf)
- Morgan, S. F. 2003. La Pulpa de café enriquecida. Un aporte al desarrollo sostenible en la zona montañosa de Guantánamo. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Centro Universitario de Guantánamo. Instituto de Ciencia Animal. Cuba.
- Munguía, A.C. 2015. Comportamiento productivo y características de la canal en ovinos alimentados con pulpa de café. Tesis presentada en opción al grado de Master en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Mexico-pp. 72-85
- Noguera, R. & Posada, S. 2017. Efecto del método de secado sobre la digestibilidad in situ de la pulpa de café (*Coffea arabica*). Livestock Research for Rural Development. 29 (8).
- Noriega, A., Silva, R. & García, M. 2009. Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. Zootecnia Tropical. 27(2): 135 – 141.
- OIC (Organización Internacional del Café). 2016. Evaluación de la Sostenibilidad económica de la producción de café. 117º período de sesiones. Consejo Internacional del Café, (pág. p. 2 (23 p)). Londres, Reino Unido.
- Pinto, R., Guevara, H. F., Medina J. A., Hernández-Sánchez, D., Ley-de Coss, A. & Guerra-Medina, E. 2017. Conducta ingestiva y preferencia bovina por el ensilaje de Pennisetum y pulpa de café. Agronomía Mesoamericana. Universidad de Costa Rica 28(1):59-67.
- Ponce, L.A., Orellana, K. D. & Acuña, I. R. 2016. Diagnóstico y propuesta de un sistema de innovación tecnológica cafetalera en Ecuador. Revista Cubana de Ciencias Forestales Año 2016, Volumen 4, número 2.
- Ramírez J. 1999. Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela, pp. 109-135.
- Romero, C. O. 1994 Conservación de la Pulpa de Café en forma de Ensilaje para la Alimentación de Rumiantes. Tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Granma. Cuba.
- Soto, F., Vantour, A., Hernández, A., Planas, A., Figueroa, A. Fuentes, P. Tejada, T. Morales, M. Vázquez, R. Zamora, E. Alfonso, H. Vázquez, L. Caro, P. 2001, La Zonificación Agroecológica del *Coffea arabica* L. en Cuba. Macizo Montañoso Sagua-Nipe-Baracoa, Cultivos Tropicales, 22(3): 27-51.
- Suárez de Castro. 1983. Utilización de la pulpa de café como abono. 1ra. Reunión Internacional sobre la utilización de subproductos de café en la alimentación animal y otras aplicaciones agrícolas e industriales, San José, 11-14 de junio, Costa Rica, 1974.
- Van Soest, P., Robertson, J. & Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal. Journal of Dairy Science 74: 3583-3596.
- Vega, G. 2013. Influencia de cobertura arbórea en relación a la oferta de servicios ecosistémicos bajo sistemas agroforestales de *Coffea arabica*, establecidos en Pitalito, Huila. Mgs Florencia Colombia, Universidad de la Amazonia. 45 - 46.
- Yoplac, I., Yalta, J., Vásquez, H. V. & Maicelo, J. L. 2017. Efecto de la Alimentación con Pulpa de Café (*Coffea arabica*) en los Índices Productivos de Cuyes (*Cavia porcellus* L.) Raza Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 28(3), 549-561.

Received: November 9, 2017