

Técnicas de estadística multivariada para la tipificación de sistemas de producción pecuarios

Multivariate statistics techniques for the types of livestock production systems

Sergio Andrés Rivera Clavijo^I, Jairo Mora-Delgado^{II} y Miguel Armando Rodríguez Márquez^{III}

Resumen

El análisis multivariante (AM) es la parte de la estadística y del análisis de datos que estudia, organiza, analiza, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de una variable estadística sobre una muestra de individuos. Se realizó encuesta con base en variables cuantitativas y cualitativas tomando la información primaria sobre un total 224 fincas de la zona centro del Tolima, con el objeto de tipificar y caracterizar las fincas ganaderas y sus familias en el centro del Tolima.

Se realizaron diferentes análisis de estadística multivariada como análisis de componentes principales, análisis de conglomerados y análisis de discriminante canónico. La tipología mostró tres grupos con características diferenciadoras entre sí y tamaños diferentes, lo cual sugiere la existencia de tres tipos de fincas. Un grupo con 135 unidades de análisis que contiene las fincas con un promedio de 23,18 ha; el conglomerado 2 (61 fincas) que tiene en promedio 15,02 ha y el conglomerado 3 que agrupo a las 28 fincas más grandes con una media de 104,03 ha. Utilizando las variables: área predial, área pecuaria, bosques, pastos naturales, unidad gran ganado (UGG), potreros, leche vaca día, cultivos, índice educativo (IE) y trabajadores, se comprobó la utilidad de los análisis multivariados para interpretar la diversidad de fincas y sus características productivas y sociales.

Palabras clave: variabilidad, similitud, sistemas ganaderos, correlaciones.

^IEstudiante de Matemáticas y Estadística, Universidad del Tolima; ^{II}Profesor Titular, Departamento de Producción Pecuaria, Universidad del Tolima; ^{III} Profesor asociado, Departamento de Ciencias Económicas, Universidad del Tolima. Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios. jrmora@ut.edu.co

Abstract

Multivariate analysis (AM) is the part of statistics and data analysis which studies, organizes, analyzes, represents and interprets the data that result from observing more than one statistical variable on a sample of individuals. A survey was conducted based on quantitative and qualitative variables, taking the primary information on a total of 224 farms in the Central Zone of Tolima, in order to typify and characterize livestock farms and their families. Different analyzes of multivariate statistics such as analysis of main components, cluster analysis and canonical discriminant analysis were realized. The typology showed three groups with differentiating characteristics between them and different sizes, which suggests the existence of three types of farms. A group with 135 analysis units containing the farms with an average of 23.18 ha; the conglomerate 2 (61 farms) that has on average 15.02 ha and the conglomerate 3 that grouped the 28 larger farms with an average of 104.03 ha. Using the variables: land area, livestock area, forests, natural pastures, great livestock unit (UGG), paddocks, milk cow day, crops, educational index (IE) and workers; utility of the multivariate analysis was tested to interpret the diversity of farms and their productive and social characteristics.

Keywords. Variability, similarity, livestock systems, correlations.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere al tema de las técnicas multivariantes, que se puede definir como la relación simultánea entre el comportamiento de más de dos variables. Una gran parte de técnicas multivariantes son extensiones de técnicas univariantes (análisis de distribución de variables, etc.) o bivariantes (análisis de varianza, covarianza, regresión, etc.). Las técnicas de análisis multivariante constituyen herramientas más adecuada para estudiar aquellos fenómenos más complejos donde intervienen multitud de variables y factores (Hair, 1999).

El análisis multivariante (AM) es la parte de la estadística que estudia, examina, representa e interpreta los datos que resultan de observar más de dos variables estadísticas sobre una muestra de individuos. Las variables observables son homogéneas y correlacionadas. La información estadística en el AM es de carácter

multidimensional, por lo tanto, la geometría, el cálculo matricial y las distribuciones multivariantes tienen un papel fundamental (Cuadras, 2014).

Se realizó encuesta con base en variables cuantitativas y cualitativas tomando la información primaria sobre un total de 224 fincas de la zona centro del Tolima, para establecer una tipología de productores ganaderos en esta zona del departamento del Tolima. Con base en el análisis univariado, bivariado y multivariado se identifican el manejo productivo para sistematizar el conocimiento local de los productores frente al manejo de especies leñosas y actividades propias como parte del sistema pecuario.

Pardos et al., (1997), Rapey et al., (2001), Sraïri et al., (2003), Macedo et al., (2003), Castel et al., (2003), Siegmund-Schultze et al., (2001) y Paz et al., (2003), utilizan técnicas de análisis multivariante como el análisis de componentes principales, correspondencia múltiple y análisis clúster, los que incluyen un conjunto de técnicas y métodos que nos permiten estudiar conjuntos de variables en una población de individuos.

El objetivo de este trabajo es el de aplicar técnicas de estadística multivariada para la tipificación y caracterización de fincas ganaderas, para esto, se recurre a la información de 224 fincas de la zona centro del Tolima.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el marco del proyecto *“Implementación y facilitación de procesos de innovación en zonas ganaderas competitivas”*, liderado por el Comité Departamental de Ganaderos del Tolima en alianza con la Universidad del Tolima y la Gobernación, el cual fue financiado mediante el Sistema Nacional de Regalías.

2.1 Zona de estudio

El presente trabajo se realizó en la zona rural de la zona centro del departamento del Tolima, correspondiente a los municipios de Alvarado, Ibagué y Valle de San Juan. El municipio de Alvarado tiene una superficie total de 34.379,51 ha. de las cuales 57,1 Ha. corresponden a superficie urbana y 34.322,5 Ha. a la zona rural. Su cabecera se localiza sobre los 4°34' de latitud norte y los 74°57' de longitud oeste (CORTOLIMA, 2009). Ibagué cuenta con un área total de 1.439 km², de los

cuales el 2,41 % pertenece al área urbana y 97,59 % al área rural (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2016-2019). El municipio está ubicado en las coordenadas: N 4°15´ a N 4°40´ y W 75°00' a W 75°30´ (Vanegas, 2002). El municipio de Valle de San Juan se localiza al centro del departamento del Tolima, con coordenadas: N 4°11´36" y W 1°1'44" del meridiano Greenwich. Tiene una superficie total de 19.946,53 Ha. de los cuales 44,14 Has corresponden a la superficie urbana y 19.902,39 Ha. a la zona rural. (CORTOLIMA, 2009).

2.2 Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico, donde la selección de unidades de análisis no se basa en un proceso de azar, sino que es el investigador quien elige la muestra, en ese sentido, el muestreo correspondió a un "muestreo por conveniencia" ya que se va a obtener una muestra según el criterio del equipo técnico (Abascal, 2005).

Para ello, se estableció contacto con productores pecuarios y se realizaron visitas previamente autorizadas, esto con el fin de recaudar información que permita caracterizar y tipificar las fincas; el grupo investigativo recolectó dicha información mediante observaciones, entrevistas y en cuestionarios mixtos. La encuesta se diseñó con base en variables cuantitativas y cualitativas tomando la información primaria sobre un total 224 Fincas de la Zona Centro del Tolima, adscritas al proyecto.

2.3 Recolección de información

Se diseñó un cuestionario estructurado con preguntas sobre aspectos demográficos, sociales, físicos, financieros y ambientales, cuya información se tabuló en una hoja de cálculo, mediante el uso del programa computarizado Excel, Versión 15.26 (160910), en la cual se seleccionaron las variables. Con base en estas variables se hizo un análisis estadístico multivariado, que permitió hacer un agrupamiento de las fincas. El software estadístico utilizado fue el Infostat versión profesional (Di Rienzo *et al.*, 2013).

Para la tipificación de fincas, el análisis de la información se realizó siguiendo la metodología propuesta por Bermúdez *et al.* (2011), con los siguientes pasos: 1) revisión y selección de variables para el análisis de tipificación y clasificación; se identificaron aquellas variables que contribuían a la clasificación de los predios,

eliminando información redundante; las variables seleccionadas fueron a discreción de los investigadores. 2) Análisis de componentes principales (ACP); este análisis permite sintetizar la información, reduciendo el banco de datos de aproximadamente 270 variables a diez variables, ya que estas retienen la mayor variabilidad; esto se realiza con el objetivo de perder la menor cantidad información posible. 3) Análisis de conglomerados o análisis de clúster (AC), el cual permitió implementar distintos procesos para agrupar las fincas con base en un conjunto de valores de varias variables (Balzarini et al., 2008). 4) Análisis discriminante canónico (ADC), este permitió confirmar el conjunto de variables de mayor peso en la discriminación para la formación de los grupos o clúster.

2.4 Análisis estadístico

2.4.1 Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de componentes principales tiene como propósito central la determinación de unos pocos factores (componentes principales) que retengan la mayor variabilidad contenida en los datos. Las nuevas variables poseen algunas características estadísticas “deseables”, tales como independencia (bajo el supuesto de normalidad) y no correlación (Díaz, 2002).

El análisis por componentes principales tiene como objetivo, entre otros, los siguientes: generar nuevas variables que expresen la información contenida en un conjunto de datos; reducir la dimensión del espacio donde están inscritos los datos; eliminar las variables (si es posible) que aporten poco al estudio del problema y facilitar la interpretación de la información contenida en los datos.

Comunalidad

En las estadísticas finales se recogen exclusivamente los factores más representativos o principales asignando a cada uno de ellos su autovalor (absoluto y acumulado). Esta estadística señala la comunalidad de cada variable y proporción de varianza explicada por el conjunto de factores comunes resultantes. Las comunalidades son unos valores que oscilan entre 0 y 1. Cuando se aproxima a 1 indica que la variable queda totalmente explicada por los factores comunes; mientras que si se aproxima a 0, los factores no explicarán nada la variabilidad de las variables. Antes de realizar la rotación, las comunalidades siempre son 1, porque

todas las variables son explicadas por todas las variables que hemos seleccionado. Pero una vez que las variables se agrupan en los diferentes factores, las comunalidades disminuyen pues las variables sólo son explicadas por las variables que pertenecen al mismo grupo o factor (Rodríguez, 2001).

Análisis de conglomerados (AC)

El análisis de conglomerados busca particionar un conjunto de objetos en grupos, de tal forma que los objetos de un mismo grupo sean similares y los objetos de grupos diferentes sean disímiles. Así, el análisis de conglomerados tiene como objeto principal definir la estructura de los datos colocando las observaciones más parecidas en grupos (Díaz, 2002).

Análisis de discriminante Canónico (ADC)

El ADC permite describir algebraicamente las relaciones entre dos o más poblaciones (grupos), de manera tal que las diferencias entre ellas se maximicen o se hagan más evidentes. El análisis discriminante en general se realiza con fines predictivos relacionados con la clasificación —en una de las poblaciones existentes— de nuevas observaciones u observaciones sobre las cuales no se conoce a qué grupo pertenecen (Di Rienzo, 2008).

Análisis de correlación Canónica

Hay situaciones en las que un conjunto de variables se debe dividir en dos grupos para estudiar la relación existente entre las variables de éstos. El llamado análisis de correlación canónica (ACC) o simplemente análisis canónico, es una de las herramientas desarrolladas para tales propósitos (Díaz, 2002).

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de componentes principales (ACP)

Los autovalores o eigenvalues, mostraron que el primer componente, con un valor de $\lambda = 3,94$ explicó el 39% de la variación; el segundo componente explicó el 13% con $\lambda = 1,33$ y el tercer componente ($\lambda = 1,15$) explicó el 12%. Estos tres primeros

componentes explicaron el 64% acumulado de la variación del total de la muestra por lo que se puede considerar que éste es un valor lo suficientemente alto y es notorio un decrecimiento a partir del cuarto valor; es decir, los tres primeros explicaron la mayoría de los componentes.

A partir del componente número cuatro el autovalor comienza a ser inferior a la unidad. En la figura 1 se presenta el gráfico de sedimentación de los componentes, que suele ser utilizado también como contraste gráfico para conocer el número de componentes a retener; según este criterio se adopta por recurrir a los tres primeros componentes, que están situadas previamente a la zona de sedimentación, entendiendo por esta la parte del gráfico en la que los componentes empiezan a no presentar pendientes fuertes (Bernal et al., 2004).

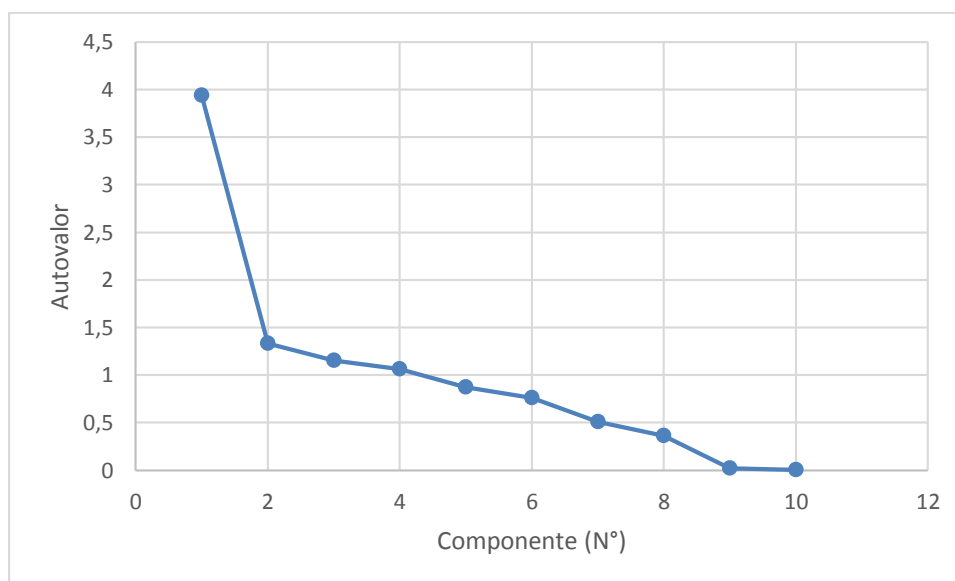


Figura 1. Método de extracción de análisis de componentes principales, rotación Varimax con normalización Kaiser.

El análisis de componentes principales (ACP) permite la reducción de las nueve variables originales, procediéndose a renombrar los componentes en función de las variables iniciales que incorporan, así: Primer componente, el cual engloba al conjunto de atributos que se concentran en la encuesta como pertenecientes al grupo de **forrajes**: área predial, área pecuaria, bosques, pastos naturales, con coeficientes de 0,49; 0,49; 0,40 y 0,47 respectivamente. El segundo componente, el cual agrupa variables pecuarias: Unidad Gran Ganado (UGG), potreros, leche vaca día y cultivos, con coeficientes de 0,44; 0,40 y 0,64 y 0,11, respectivamente y el tercer componente con las variables sociales: índice educativo (IE) y trabajadores con 0,38 y 0,17, respectivamente.

En la figura 2 se observa que con estos dos ejes se explica el 52% de la variabilidad total en las observaciones. CP1 separa las fincas entre las más extensas influenciada por las variables área predial, área pecuaria y pastos naturales.

las asociaciones entre variables según los ángulos de los vectores que los representan, se puede inferir que las variables con ángulos agudos indican correlaciones positivas, en tanto que el IE respecto a área predio presenta un ángulo obtuso correspondiendo una correlación negativa entre las variables. IE es una variable que no constituye variación significativa en las diferentes fincas, esto concuerda con la FCA (2014) cuando afirma que si no se estandarizan los datos, las longitudes de los vectores son proporcionales a las varianzas de las variables, de tal manera que un vector de poca longitud sugiere poca variabilidad en la respectiva variable, como es el caso de la IE y la variable Cultivos (figura 2). Siguiendo a Rojas (2003) se observa que la distancia al origen indica que las variables área predial, área pecuaria y pastos naturales son las más importantes, siendo su contribución mayor mientras más distantes se encuentren. La cercanía entre las variables indica una agrupación que relaciona una actividad común a este grupo de variables.

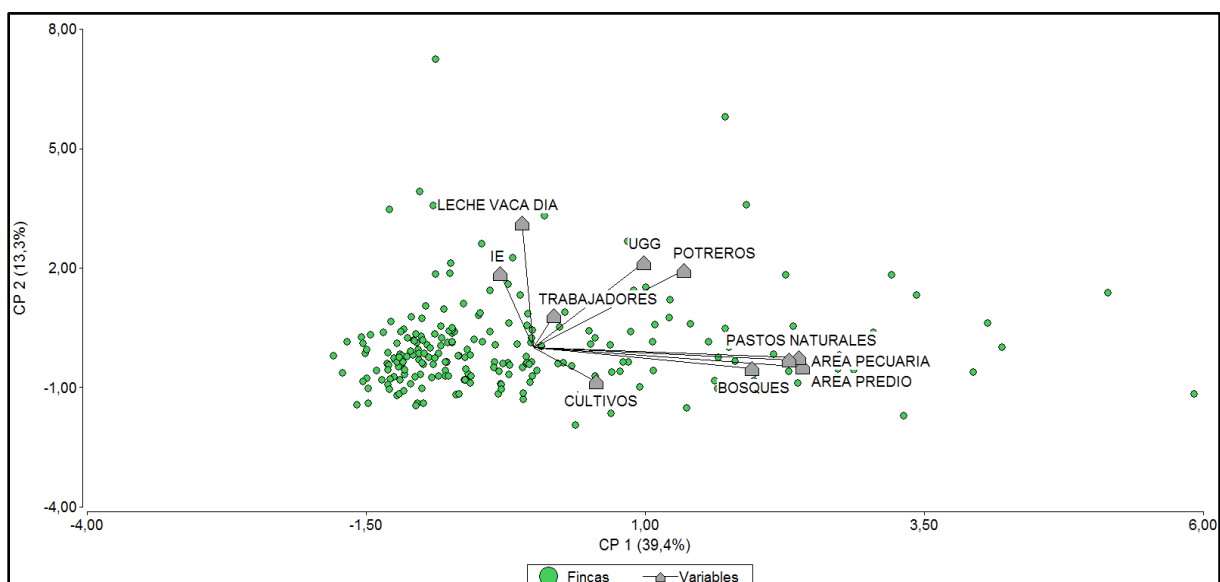


Figura 2. Análisis biplot para 224 fincas de la zona centro del Tolima.

Por otra parte, un recurso importante para identificar las variables que más influencia tiene en un ejercicio de agrupamiento de individuos es la *comunalidad*.

Las denominadas comunalidades en el inicio de una técnica ACP siempre son iguales a uno, cobrando sentido en los componentes obtenidos al final. Al considerar tan sólo un número reducido de factores entre todas las variables observadas, la varianza total no queda totalmente explicada. Por tanto, sus valores oscilarán entre cero y uno, es decir, entre la posibilidad de que los factores comunes no expliquen nada de la variabilidad de una variable o que por el contrario ésta quede totalmente explicada por los factores comunes (Bernal et al. 2004). La tabla 1 muestra las comunalidades obtenidas para cada una de las variables, una vez realizada la extracción. Así, podemos comprobar cuales variables explican en mayor proporción la varianza según su participación en los factores o componentes resultantes en el análisis y cuales en menor medida.

Tabla 1. Método de extracción con base en el cálculo de Comunalidades.

Variables	Inicial	Comunalidades
Área predio	1	0,2517
Área pecuaria	1	0,2451
Bosques	1	0,245
Cultivos	1	0,1889
Pastos naturales	1	0,2389
Potreros	1	0,2708
UGG	1	0,4836
IE	1	0,398
Trabajadores	1	0,2609
Leche vaca día	1	0,4101

3.2 Análisis de conglomerados (AC)

El dendrograma (figura 3) mostró tres grupos con características diferenciadoras entre sí y tamaños diferentes, lo cual sugiere la existencia de tres grupos de fincas consolidadas. Un grupo (conglomerado 1) con 135 unidades de análisis que contiene las fincas con un promedio de 24,0 ha (E.E. 1,59) sin diferencias significativas ($p > 0,05$) respecto al conglomerado 2 (61 fincas) que tiene en promedio 15,30 ha (E.E. 1,42), pero estos dos grupos si presentan diferencias estadísticas frente al conglomerado 3 que agrupo a las 28 fincas más grandes con una media de 108,75 ha (E.E. 16,38). Un criterio frecuentemente utilizado es trazar la línea de

referencia a una distancia igual al 50% de la distancia máxima (Di Rienzo, 2008). En este caso la distancia máxima es cercana a 78.65, por lo que el punto de corte se trazó en 39.32, por tal motivo se escoge tres conglomerados.

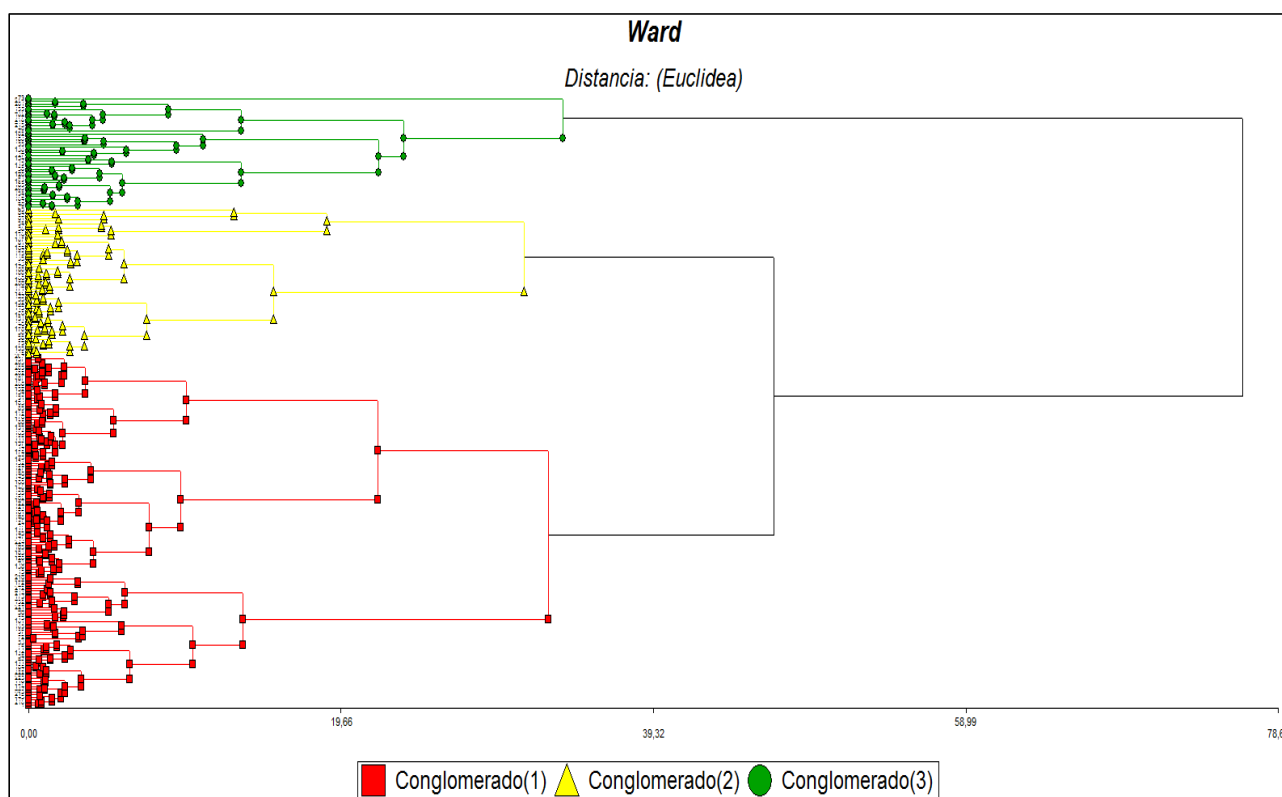


Figura 3. Dendrograma del análisis de conglomerados, según la técnica de Ward, para 224 fincas de la zona centro del Tolima.

El análisis de diferencia de medias mediante una prueba de *t de student* permitió establecer diferencias significativas entre las áreas de usos del suelo entre las fincas de los conglomerados 1 y 2 respecto al grupo 3. De hecho, por ser las fincas más grandes, el conglomerado 3 es el que tiene más área dedicado a la ganadería, sin embargo, la proporción del uso pecuario es la más baja respecto a las otras dos, representando el 81; 78 y 65 % para los conglomerados 2, 1 y 3 respectivamente. Lo cual significa que las fincas más pequeñas tienen menos probabilidad de dar un uso diferente al pecuario, a diferencia de las fincas de conglomerado 3 en las cuales se presenta un área considerable destinada a cultivos que representa el 8,6 % del área, respecto al 7,5 % de los otros dos conglomerados. En el mismo sentido, la

mayor extensión de las fincas del grupo 3 tiene una gran posibilidad de dejar áreas en bosque representadas en un 22,7 %, respecto al solo 11,3 % en las otras dos agrupaciones.

Las proporciones de pastos mejorados respecto a los pastos naturales pueden constituir un indicador de desarrollo tecnológico y grado de capitalización, así el nivel de sustitución por especies mejoradas da una idea de la eficiencia de los conglomerados de fincas, siendo la proporción del área bajo pastos mejorados un 14,6%; 6,8 % y 10,3 % para los conglomerados 2, 1 y 3 respectivamente. Esto se confirma al establecer la relación de área de pastos mejorados respecto a pastos naturales, siendo de 0,24; 0,10 y 0,19 para los conglomerados en mención correspondiente, lo cual sugiere que hay un mayor nivel de sustitución de pasturas naturales por mejoradas en el conglomerado 2.

Al establecer una relación de las UGG con el área pecuaria, la mejor eficiencia se confirma en las fincas del conglomerado 2 con una carga animal de 1,1 UGG/ha, seguidas de las fincas del conglomerado 1 (0,8 UGG/ha) siendo la carga más baja para las fincas de los conglomerados 3 (0,49 UGG/ha), lo que sugiere que las fincas grandes no son tan eficientes dada su carga baja, típica de ganaderías extensivas; por lo tanto, tienen menor presión productiva.

Tabla 2. Áreas de usos del suelo (ha) en los conglomerados de fincas de la zona centro del departamento del Tolima

Conglomerado	Pecuaria		Bosques		Cultivos		Pastos			
	Medias	E.E.	Medias	E.E.	Medias	E.E.	Medias	E.E.	Medias	E.E.
2	12,06	3,71a	1,69	1,22a	0,98	0,9a	8,73	3,82a	2,31	0,93a
1	18,42	2,46a	2,61	0,81a	1,68	0,6a	16,9	2,53a	1,42	0,61a
3	67,56	5,12b	23,1	1,69b	10,1	1,24b	55,4	5,27b	11,16	1,28b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Test de Tukey; p -valor < 0.0001. Las letras corresponden a los diferentes grupos (diferencia estadística) de clasificación multivariados. Nivel de significancia alfa = 0.05.

El coeficiente de variación (C.V.) de cada variable es elevado, por ende, su heterogeneidad también lo es. Debido a que se está trabajando con área, se tiene por clúster observaciones que varían considerablemente su tamaño; además, hay fincas que no cuentan con área ya sea dedicada a la ganadería, bosques, cultivos, pastos naturales o a pastos mejorados. El conglomerado 3 para la variable Área

pecuaria tiene observaciones que va desde 8 ha a 400 ha y el valor de su C.V. es de 101.67.

3.3 Indicadores Pecuarios

Los indicadores de producción animal permiten inferir que las fincas del conglomerado 3 son la que manejan más animales y debido a su extensión poseen una gran cantidad de división de potreros. No obstante, las fincas más pequeñas (conglomerado 2) con menos UGG son las que presentaron más cantidad de leche producida por vaca al día. Esto confirma la mejor eficiencia de estas fincas representada en una mayor carga animal como se expresó anteriormente.

Tabla 3. Indicadores pecuarios de los conglomerados de fincas de la zona centro del departamento del Tolima.

Conglomerado	Lecha vaca					
	Potreros/finca		UGG/finca		día/finca	
	Medias	E.E.	Medias	E.E.	Medias	E.E.
2	6,43	0,51b	13,64	1,31a	29,66	9,47b
1	4,73	0,24a	15,35	0,89a	10,20	2,04ab
3	9,61	1,08c	33,01	5,17b	6,38	3,82a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Test de Tukey; p -valor < 0.0001. Las letras corresponden a los diferentes grupos (diferencia estadística) de clasificación multivariados. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Existe heterogeneidad para cada una de las variables de la tabla 3; esto se debe a que por clúster las observaciones varían considerablemente su tamaño.

3.4 Indicadores sociales

Las familias se representan por ser pequeñas y mononucleares, con una media de integrantes de 3,54; 3,33 y 2,82 para los conglomerados 2,1 y 3 respectivamente; el nivel de escolaridad es bajo para los conglomerados 1 y 3 ya que se estimó un índice educativo de 1,43 y 1,70, respectivamente, con diferencias significativas ($p > 0,05$) respecto al conglomerado 2 que obtuvo un índice de 3,20. Como ganaderías extensivas que son, el potencial de empleo es bajo encontrándose que los trabajadores reportados por finca presentaron una media para el conglomerado

2 de 1,41; para el conglomerado 1 de 0,76 y para el conglomerado 3 de 0.89, trabajadores por finca.

3.5 Análisis discriminante canónico (AD)

Buscando determinar cuáles fueron las variables que más relevancia tuvieron en la caracterización de los tres grupos, se realizó un análisis discriminante canónico, con lo cual se pudo establecer que la primera función explicó un 72,56% de la variación. La segunda función explicó el 27,44%. La matriz de clasificación cruzada permite observar que el Clúster número 1 es el único que presenta porcentaje de error (0,74%) y solo posee 1 elemento mal clasificado; el Clúster 2 y 3 no posee porcentaje de error, por lo tanto, sus elementos están bien clasificados (tabla 4). Se puede concluir que es una buena clasificación debido al bajo valor del árbol de recorrido mínimo ($ARM = 37,850$) (figura 4).

Tabla 4. Matriz de clasificación cruzada.

Grupo	1	2	3	Total	Error (%)
1	135	1	0	136	0,74
2	0	60	0	60	0,00
3	0	0	28	34	0,00
Total	135	61	28	224	0,45

El árbol de recorrido mínimo (**ARM**) une los puntos u observaciones de acuerdo con la distancia entre ellos calculada en el espacio original. En este trabajo el **ARM** permite visualizar mejor las asociaciones entre fincas en función de sus variables. En el gráfico se puede identificar claramente cada uno de los Clústeres y en cada uno de estos se puede observar su relación con las Variables índice educativo (IE), unidad gran ganado (UGG), potreros, trabajadores y leche vaca día.

El clúster 1 se caracteriza por estar más cerca del clúster 2 que del clúster 3; sin embargo, la variable UGG del clúster 1 se relaciona más con el clúster 3 que con el clúster 2.

El clúster 3 que está conformado por las fincas de mayor superficie se encuentra cerca de la variable área del predio. Se puede concluir que los Clústeres están bien clasificados ya que las observaciones se agrupan cerca de unas variables y alejados de otras, pero manteniendo una distancia relativa entre los Clústeres.

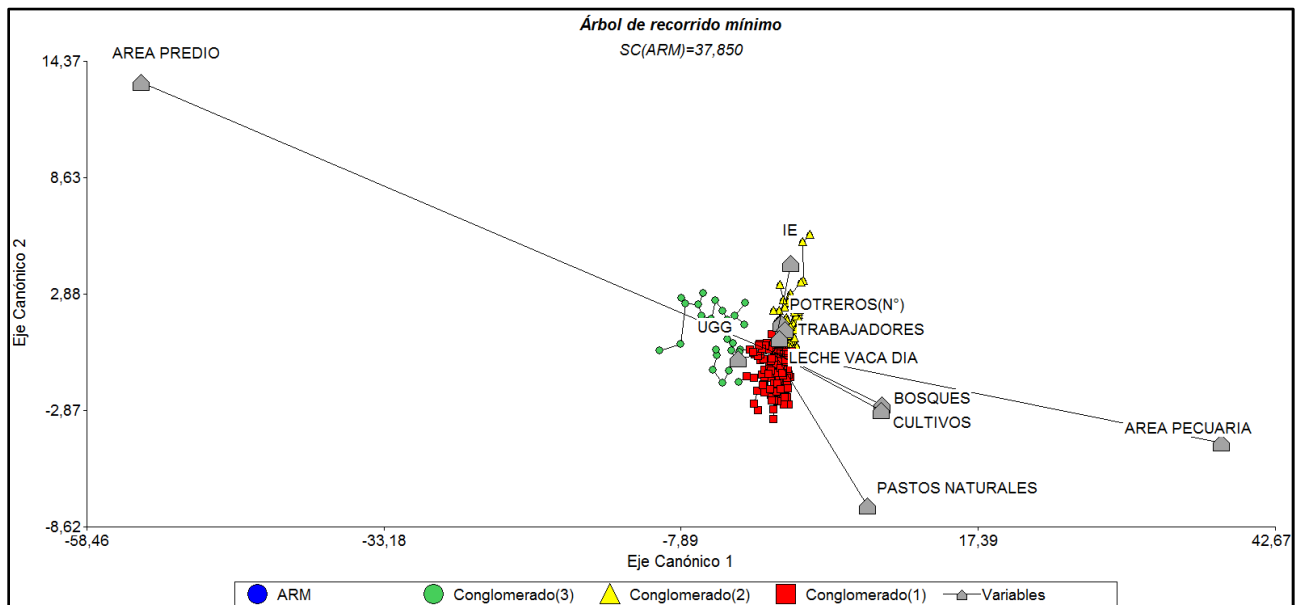


Figura 4. Árbol de recorrido mínimo.

4. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio, denotan una tendencia similar a reportes de estudios realizados en sistemas ganaderos de los valles interandinos del departamento del Tolima (Mora-Delgado, 2015) donde se tipifican tres grupos que siguen la misma tendencia representada en pocos predios muy extensos (5 % de la muestra) y muchos pequeños y medianos, constituyendo estos últimos el tipo predominante del valle cálido del Magdalena tolimense.

La capacidad de carga animal constituye un indicador relevante en la caracterización de un sistema de producción ganadera (Mora-Delgado, 2015). En este estudio, se devela la naturaleza extensiva de la ganadería la cual sigue la tendencia de la media nacional que está por debajo de una UGG/ha que es de 0,6 (Fedegan & FNG, 2006); solo en el conglomerado 2 de este estudio se reportó una carga animal que sobrepasa significativamente la media nacional, representando el 92% por encima. De igual manera, la producción de leche/vaca/día sugiere un grupo de fincas con un mejor desempeño productivo, lo cual se asemeja a lo encontrado por Rocha (2014) en uno de los conglomerados analizados en fincas de la zona rural de Ibagué.

Este estudio confirma la utilidad de la estadística multivariada para caracterizar y tipificar los sistemas de producción pecuarios, tal como le había expresado (Mora-Delgado, 2015) en cuyo trabajo se ratifica la naturaleza extensiva de la ganadería del valle cálido del Tolima.

De igual manera, como se concluye en los trabajos de Rocha et al. (2016) y Mora-Delgado (2015) los estudios de caracterización y tipificación permiten tener un mejor conocimiento de los sistemas de producción como base para la planificación y distribución más eficiente de los recursos. En el mismo sentido, las técnicas de estadística multivariada usadas en este estudio ratifican lo sugerido por Valerio et al. (2004) quien concluye sobre la utilidad de la gran diversidad de técnicas disponibles, de las cuales el investigador debe seleccionar aquellas que considere más adecuadas a sus datos y sobre todo a su objetivo científico.

CONCLUSIONES

Las técnicas multivariantes son una herramienta primordial en la tipificación de los sistemas de producción pecuaria, ya que se puede describir y analizar diversas variables para cada unidad de estudio.

Cuando se está trabajando con fincas en las cuales existe gran variabilidad, un recurso importante para identificar las variables que más influencia tiene en un ejercicio de agrupamiento de individuos es el análisis de componentes principales, mediante el cual se determina las variables que tienen más peso en el agrupamiento en Clústeres.

Los estudios de caracterización y tipificación facilitan una mejor interpretación de la variabilidad productiva y social de los sistemas de producción pecuarios.

Para realizar un estudio de caracterización y tipificación existe una gran diversidad de técnicas, de las cuales el investigador debe escoger las que considere más apropiadas para la interpretación de sus datos que le permitan lograr sus objetivos.

En síntesis, con el ACP se logró la reducción de las nueve variables originales, procediéndose a renombrar tres variables sintéticas denominadas componentes. A su vez, el AC permitió agrupar las fincas en tipos con características diferenciadoras entre sí, pero similares entre fincas de cada grupo. Con el AD se pudo establecer que la primera función explicó un 72,56% de la variación y la matriz de clasificación cruzada permite observar que el Clúster número 1 es el único que presenta porcentaje de error (0,74%) y solo posee 1 elemento mal clasificado, de la cual se infiere que la clasificación fue robusta.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue financiado por el proyecto *Implementación y facilitación de procesos de innovación en zonas ganaderas competitivas*, por lo cual expresamos nuestros agradecimientos al Comité de Ganaderos del Tolima, al Sistema General de Regalías, a la Gobernación del Tolima y a la Universidad del Tolima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abascal E., Grande I. (2005). *“Análisis de Encuestas”*, ESIC EDITORIAL, Madrid.

Alcaldía Municipal de Alvarado, Tolima. (2012-2015). *“Plan de Desarrollo Municipio de Alvarado, Tolima”*.

Alcaldía Municipal de Ibagué, Tolima. (2016-2019). *“Plan de Desarrollo Municipio de Ibagué, Tolima”*.

Alcaldía Municipal de Valle de San Juan, Tolima. (2004-2007). *“Plan de Desarrollo Municipio de Valle de San Juan”*.

Berdegúe, J., Y B. Larrain. (1988). *“Cómo trabajan los campesinos”*. Editorial Celater, Colombia.

Bermúdez M.B., J. Mora-Delgado, y M. Gómez. (2011). *“Tipología de sistemas de producción en la ecorregión cafetera del Tolima.”*, J. Mora-Delgado, y V. Holguín,

editores, Medios de vida y materiales orgánicos en fincas campesinas (métodos de análisis en fincas de la ecorregión cafetera). Universidad del Tolima-Red Alma Mater, Ibagué, COL. p. 57-66.

Bernal, J.J., Martínez, M.D., Sánchez, J.F. (2004). Modelización de los factores más importantes que caracterizan un sitio en la red. XII Jornadas de ASEPUMA. http://www.um.es/asepuma04/comunica/bernal_martinez_sanchez.pdf

Carmona F. (2014). Un ejemplo de ACP paso a paso. [Internet]. Barcelona (España): Departament d'Estadística, Universitat de Barcelona; [citado 2014 nov. 15]. Disponible en: <http://www.ub.edu/stat/docencia/Mates/ejemploACP.PDF>

Castel, J. M., Mena, Y., Delgado-Pertínez, M., Camúñez, J., Basulto, J., Caravaca, F., Guzmán-Guerrero, J.L., Alcalde, M.J. (2003). “*Tipología de sistemas de producción en la ecorregión cafetera del Tolima.*”. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. Small Ruminant Research. No 47. Pág. 133-143.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE). (1985). “*Caracterización Ambiental y de los Principales Sistemas de Cultivo en Fincas Pequeñas*”. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). “*Agenda Ambiental del Municipio de Alvarado, Documento Técnico*”. CORTOLIMA, Ibagué, Tolima.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). “*Agenda Ambiental del Municipio de Valle de San Juan, Documento Técnico*”. CORTOLIMA, Ibagué, Tolima.

Cuadras, C.M., (2014). “*Nuevos Métodos de Análisis Multivariante*”. CMC Editions, Barcelona, España.

Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. (2008). *InfoStat, versión 2008*. Grupo InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

Díaz M., (2002). *“Estadística Multivariada: inferencia y métodos”*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegan) y Fondo Nacional del Ganado (FNG) (2006). Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Bogotá: Fedegan y FNG.

Hair, J.F. y Otros (1999). *“Análisis Multivariante”*. Prentice Hall, Madrid.

Landais, E. (1998). *“Modelling farm diversity new approaches to typology building in France”*. Agric. Sys. 58:505- 527., France.

Mora-Delgado, J. (2014). Tipología de fincas ganaderas a escala de paisaje en el valle cálido del departamento del Tolima. En: Paisajes, pasturas y pastos: métodos para determinar cantidad y calidad (Mora Delgado, J; Castañeda R y Piñeros, R. Eds.) Ibagué. Universidad del Tolima. Ibagué. 17-32 p.

Pardos Castillo, L., Sáez Olivito, E., González Santos, J.M., Allueva Pinilla, A. (1999). *“Caracterización técnica de explotaciones ovinas aragonesas mediante métodos estadísticos multivariantes”*. SEOC. XXII.

Paz, R., Lipshitz, H., Álvarez, R., Usandivaras, P. (2003). *“Diversidad y Análisis económico en los sistemas de producción lecheros caprinos en el área de riego del Río Dulce-Santiago del Estero-Argentina”*. ITEA Vol. 99 A No 1. Pág. 10-40.

Pedroza, H. & Dicovskyi, (2007). *“Sistema de Análisis Estadístico con SPSS”*. IICA, INTA, Managua.

Rapey, H., Lifran, R. Valadier, A. (2001). *“Identifying social, economic and technical determinants of silvopastoral practices in temperate uplands: results of a survey in the Massif central region of France”*. Agricultural Systems No 69. Pág. 119-135.

Rocha, C. (2014). Tecnología y conocimiento local de técnicas alimentarias en una tipología de los sistemas de producción pecuarios según zonas de vida en el área rural de Ibagué. Tesos de M.Sc. Universidad del Tolima. 81 p.

Rocha, C, Mora-Delgado, J y Romero, JC. (2016). Tipología de sistemas de producción en la zona rural del municipio de Ibagué, Colombia.

Agron. Mesoam. 27(2):253-264

Rodríguez, M. J., Mora, C. (2001). *“Estadística Informática: casos y ejemplos con SPSS”*. Universidad de Alicante, España.

Siegmund-Schultze, M., Rischkowsky, B. (2001). *“Trelating household characteristics to urban sheep keeping in West Africa”*. *Agrycultural Systems* No 67. Pág. 139-152.

Sraïri, M. T., Lyoubi, R. (2003). *“Typology of dairy farming systems in Rabat Suburban region, Morocco”*. *Archivos de zootecnia* No 52. Pág. 47-58.

Vanegas, M. (2002). *“Estudio complementario del caso Ibagué”*. Convenio IDRC - OPS/HEP/CEPIS Ibagué. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/proyecto/complemen/casos/ibague.pdf>. (consultado 24 abr. 2014).

Valerio, D., García, A., Acero, R., Castaldo, A., Perea, J. M. & Martos, J. (2004). *Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. Producción animal y gestión*. Córdoba: Universidad de Córdoba

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Rivera Clavijo, Sergio Andrés; Mora-Delgado, Jairo y Rodríguez Márquez, Miguel Armando. Técnicas de estadística multivariada para la tipificación de sistemas de producción pecuarios . Revista Tumbaga (2016), 11 vol. I,	Día/mes/año 12/08/2016	Día/mes/año 02/10/2016