

Análisis de Componentes Principales de Buenas Prácticas Ganaderas en la producción porcícola: el caso de pequeños porcicultores en Ibagué, Colombia

Principal Component Analysis of Good Livestock Practices in pig production: the case of small pig farmers in Ibagué, Colombia

**María del Rocio Perez Rubio¹, Norma Patricia Gutierrez Murillo²,
Ivan Jose Posada Almanza^{1*}, María José Velásquez Pérez³,
Andrés Julián Gutiérrez Ortiz¹**

RESUMEN

Se evaluaron las buenas prácticas ganaderas en 25 sistemas productivos de pequeños porcicultores de Ibagué (Tolima, Colombia) con el fin de medir las condiciones de bioseguridad, instalaciones, sanidad animal, alimentación y gestión administrativa a partir de las resoluciones ICA-Colombia para sistemas productivos de porcinos utilizando análisis de componentes principales y clúster. Se recopiló información de 585 aspectos en 52 variables. El 100% de los productores no cumple con los estándares mínimos de bioseguridad que debe tener un predio para ser inocuo, apto y competitivo, lo que no les permite obtener un sello de buenas prácticas ganaderas en la producción porcina. El análisis de componentes principales identificó los aspectos con mayor impacto que requerían mejoras. El «componente técnico» fue el más relevante, con 58% de las no conformidades, relacionado con el manejo sanitario, la bioseguridad, las instalaciones y la alimentación. El segundo componente, «Gestión Integral», con 8% de las no conformi-

¹ Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia. Sede Ibagué, Tolima, Colombia

² Facultad Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Ibagué, Tolima, Colombia

³ Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Sede Ibagué, Tolima, Colombia

* Autor para correspondencia: Ivan Jose Posada Almanza; ivan.posada@campusucc.edu.co

Recibido: 4 de julio de 2023

Aceptado para publicación: 25 de junio de 2024

Publicado: 30 de agosto de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

dades, con las variables manejo de residuos, planeación, gestión, bioseguridad y alimentación. Además, se identificaron tres tipos de granjas: Tipo A (12%), que mostró mayor bioseguridad, mejor selección y origen de animales, y mayor impacto en los recursos naturales; Tipo B (40%), caracterizado por un buen manejo de alimentación, mejor ambiente laboral y animal, menor gestión administrativa y alto impacto en los recursos naturales; y Tipo C (48%), con menor impacto en los recursos naturales, menor gestión administrativa y problemas en la alimentación. En conclusión, el análisis de componentes principales resultó ser una herramienta útil para identificar áreas clave de mejora en las explotaciones porcinas de traspatio de hasta tres hembras de cría y 10 cerdos de engorde, con el propósito de promover buenas prácticas y alcanzar estándares adecuados en la producción porcina.

Palabras clave: buenas prácticas ganaderas, producción porcícola, Análisis de Componentes Principales, pequeños porcicultores, Ibagué, Colombia

ABSTRACT

Good livestock practices were evaluated in 25 production systems of small pig farmers in Ibagué (Tolima, Colombia) to measure the conditions of biosafety, facilities, animal health, feeding and administrative management based on the ICA-Colombia resolutions for pig production systems using principal component analysis and clustering. Information was collected on 585 aspects in 52 variables. The results showed that 100% of the producers do not comply with the minimum biosafety standards that a farm must have to be safe, suitable and competitive, which does not allow them to obtain a certification of good livestock practices in pig production. The principal component analysis identified the aspects with the greatest impact that required improvement. The «technical component» was the most relevant, with 58% of the non-conformities, related to sanitary management, biosafety, facilities and feeding. The second component, «Comprehensive Management», with 8% of the non-conformities, with the variables waste management, planning, management, biosafety and feeding. Additionally, three types of farms were identified: Type A (12%), which showed greater biosecurity, better selection and origin of animals, and greater impact on natural resources; Type B (40%), characterized by good feeding management, better work and animal environment, less administrative management and high impact on natural resources; and Type C (48%), with lower impact on natural resources, lower administrative management and feeding problems. In conclusion, principal component analysis turned out to be a useful tool to identify key areas of improvement in backyard pig farms with up to three breeding females and 10 fattening pigs, aiming to promote good practices and achieve adequate standards in pig production.

Key words: good livestock practices, pig production, principal component analysis, small-scale pig farmers, Ibagué, Colombia

INTRODUCCIÓN

En Colombia en el sector de la porcicultura hay un amplio grupo de pequeños productores con el modelo de cría

traspatio; es decir, con menos de 3 hembras de cría y 15 animales de engorde. Los 150 884 predios registrados representan el 78.9% de las granjas porcícolas en Colombia en 2022, aportando 10.5% de la carne de

cerdo producida en el país, en especial a los mercados locales (Velez Robledo, 2023).

En las producciones de traspatio colombianas existe en alto componente cultural y de creencias, asociado a las técnicas de cría y reproducción del ganado porcino con prácticas inadecuadas de cría y engorde (Díaz-Rodríguez, 2021). Por otro lado, la industria se esfuerza por asegurar que la producción de carne de cerdo se lleve a cabo mediante prácticas adecuadas que salvaguarden los ecosistemas y estimulen el crecimiento económico en las áreas rurales de Colombia. (Porkcolombia, 2022).

La producción de traspatio, en términos técnicos, ha sido descrita como una forma rudimentaria y de bajo costo utilizada por los pequeños porcicultores (Trujillo-Díaz *et al.*, 2021). Las instalaciones se construyen mayormente con materiales reutilizados o disponibles en el entorno (Díaz *et al.*, 2011). Esta situación coloca a los pequeños porcicultores en desventaja en términos de condiciones para la exportación (Muñoz-M, 2015). No obstante, a pesar de contar con poco apoyo técnico, algunos pequeños productores logran llevar a cabo eficientemente sus actividades en estas instalaciones (Díaz-Rodríguez *et al.*, 2021).

El objetivo del presente estudio fue identificar patrones comunes de las condiciones de bioseguridad, instalaciones, sanidad animal, alimentación y gestión administrativa en que se encuentran las granjas de los porcicultores de Ibagué, Colombia, a partir de encuestas aplicadas a pequeños productores basadas en las resoluciones del Instituto Colombiano Agropecuario – ICA 2640 de 2007 y 76509 del 2020, utilizando técnicas multivariadas como Análisis de Componentes Principales y Conglomerados, para establecer el estado de las granjas frente a normas legales de producción en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con 25 predios de producción porcícola de traspatio de pequeños productores reconocidos del municipio de Ibagué (Tolima, Colombia). Estos predios cuentan en su sistema productivo con hasta tres hembras de cría y 10 machos de engorde. La muestra fue por conveniencia y se fundó principalmente en el criterio de exclusión del consentimiento informado e interés por la participación.

El método de recolección de datos fue de encuesta estructurada. Las preguntas se construyeron tomando como base las resoluciones ICA 2640 (2007) e ICA 76509 (2020) (esta última deroga y reemplaza la primera que contenía las anteriores disposiciones). Un total de 52 variables que agruparon 585 aspectos de bioseguridad, instalaciones, sanidad animal, alimentación y gestión administrativa fueron analizadas, utilizando el software estadístico INFOSTAT® (Di Rienzo *et al.*, 2011). Se modeló para las no conformidades el análisis de componentes principales (Balzarini *et al.*, 2015) para establecer las variables con mayor impacto negativo sobre los sistemas productivos, (Herrera Vega *et al.*, 2022) y luego se hizo el análisis de conglomerado (Balzarini *et al.*, 2015) para establecer subtipos de producción que permitan tomar decisiones de mejora (Lopez *et al.*, 2014).

Las 52 variables se agruparon en cuatro aspectos:

- Aspectos técnico, con 28 variables: selección, origen y procedencia, ubicación, instalaciones, infraestructura básica, alimentación generalidades, fuentes de alimentación, almacenamiento y suministro de alimentos, almacenamiento y suministro de agua, elementos destinados al suministro de alimento y agua para cerdos, asistencia técnica, medicamen-

tos veterinarios y vacunas, vacunación y desparasitación, vías de aplicación, almacenamiento de medicamentos veterinarios y vacunas, equipos e instrumentos, divulgación e información de seguridad industrial, ingreso de animales personas y vehículos, control de roedores, insectos y aves silvestres, animales domésticos, limpieza y desinfección de instalaciones, maquinaria y equipos, higiene del personal, construcciones, instalaciones y equipos, manejo personal de la explotación, alimentación, transporte.

- Aspectos sociales con cuatro variables: generalidades bienestar laboral, seguridad social y riesgos profesionales, inducción, entrenamiento y capacitación, instrucciones, higiene y elementos de protección.
- Aspectos ambientales con 15 variables: agua, suelo, aire, olores, barreras vivas, fauna, generalidades manejo de residuos, residuos sólidos inorgánicos, manejo de porquinaza sólida, manejo de porquinaza líquida, manejo de mortalidad, planear, hacer, verificar, actuar.
- Aspectos administrativos con cinco variables: generalidades gestión administrativa, documentos, manuales y registros, generalidades trazabilidad, sistema de identificación, base de datos.

La encuesta fue confeccionada con base a las resoluciones; sin embargo, la estructura y contenido fue evaluada por expertos para garantizar su claridad, precisión, relevancia y adecuación al objetivo de la investigación. Se aplicó a cinco personas y se calculó el coeficiente de confiabilidad Alpha de Cronbach para evaluar la consistencia interna de las respuestas. Durante la aplicación de la encuesta, el encuestador leía las preguntas y marcaba las respuestas en los formularios.

Se tuvo en consideración que, la implementación de las buenas prácticas porcinas para garantizar las condiciones de inocuidad contempló la gradualidad en el cumplimiento

para los procesos de certificación de los productores porcinos. Así, a partir de esta premisa se analizó a la luz de las dos normas las condiciones de cumplimiento, fijando 80% como límite de cumplimiento de las unidades de producción de los porci-cultores encuestados para los factores comunes a las dos regulaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EL 100% de los productores del presente estudio no cumplen con los estándares mínimos de bioseguridad que debe tener un predio para ser inocuo, apto y competitivo según las resoluciones ICA 2640 de 2007 e ICA 76509 de 2020, lo que descalifica a estos productores para aspirar a un sello de buenas prácticas ganaderas en la producción porcina.

Análisis de Componentes Principales

Se escogieron los dos primeros componentes principales con autovalores superiores a 1 según la regla generalmente basada en que los autovalores representan la cantidad de información o varianza explicada (Balzarini *et al.*, 2015) y, por lo tanto, capturan información relevante reduciendo la dimensionalidad de los datos (Cuadro 1). En este caso, los dos primeros componentes contienen las variables que explican las no conformidades con respecto a la norma.

El primer componente explica el 58% de las no conformidades con respecto a la norma. El primer componente se explica con las variables y sus autovectores manejo sanitario (0.33), bioseguridad (0.33) instalaciones (0.32), alimentación (0.31) que por el carácter de las variables se le denomina componente técnico (Cuadro 2).

El segundo componente explica el 8% de las no conformidades, y se muestra con las variables y sus autovectores: manejo de residuos (0.58), planeación y gestión (0.54) y de forma inversa con las variables Biose-

Cuadro 1. Componentes Principales que explican las no conformidades con la norma evaluada (Resoluciones ICA 2640 [2007] e ICA 76509 [2020])

Componente principal	Autovalor	Varianza individual (%)	Varianza acumulada (%)
1	6.96	0.58	0.58
2	1.06	0.09	0.67

Cuadro 2. Variables que conforman los Componentes Principales que explican las no conformidades del sistema de crianza de pequeños productores de cerdos de la zona de Ibagué (Tolima, Colombia)

Identificador del Factor	Variable (Factores de la norma)	Autovector componente 1	Autovector componente 2
154	1.4 Manejo sanitario	0.33	-0.19
211	1.5 Bioseguridad	0.33	-0.25
22	1.2 Instalaciones	0.32	-0.18
73	1.3 Alimentación	0.31	-0.29
394	2.1 Bienestar laboral	0.30	0.20
2	1.1 Selección y origen de los animales	0.30	-0.21
450	3.1 Recursos naturales	0.29	0.23
302	1.6 Bienestar animal	0.27	0.02
560	4.2 Trazabilidad	0.27	0.00
543	4.1 Gestión administrativa	0.25	-0.13
523	3.3 Planeación y gestión	0.24	0.54
494	3.2 Manejo de residuos	0.23	0.58

guridad (-0.25) alimentación (-0.29) que reducen esas no conformidades. Este segundo componente se le denomina Gestión Integral por las variables que la componen en forma positiva (Cuadro 2).

Finalmente, se realizó agrupamiento por conglomerados, en los que se utilizó el agrupamiento por encadenamiento promedio y distancia euclídea (Figura 2), del que resultaron tres grupos bien definidos, a los que se le realizó análisis de componente para encontrar las variables que mejor los explican. Es de aclarar que el orden de los grupos no obedece a una mejor o peor calificación, solo muestra similitudes entre las granjas.

- Granjas tipo A: 12% de las granjas se caracterizan por contar con mayor bioseguridad (211), una mejor selección y origen de los animales (2), gestión administrativa mínima (543), y mayor impacto sobre recursos naturales (450) (Ver Figura 3).
- Granjas tipo B: 40% de las granjas se caracterizan por buen manejo de la alimentación (73), mejor ambiente laboral (394) y animal (302), con una menor gestión administrativa (543) y un impacto alto sobre recursos naturales (450) (Ver Figura 4).

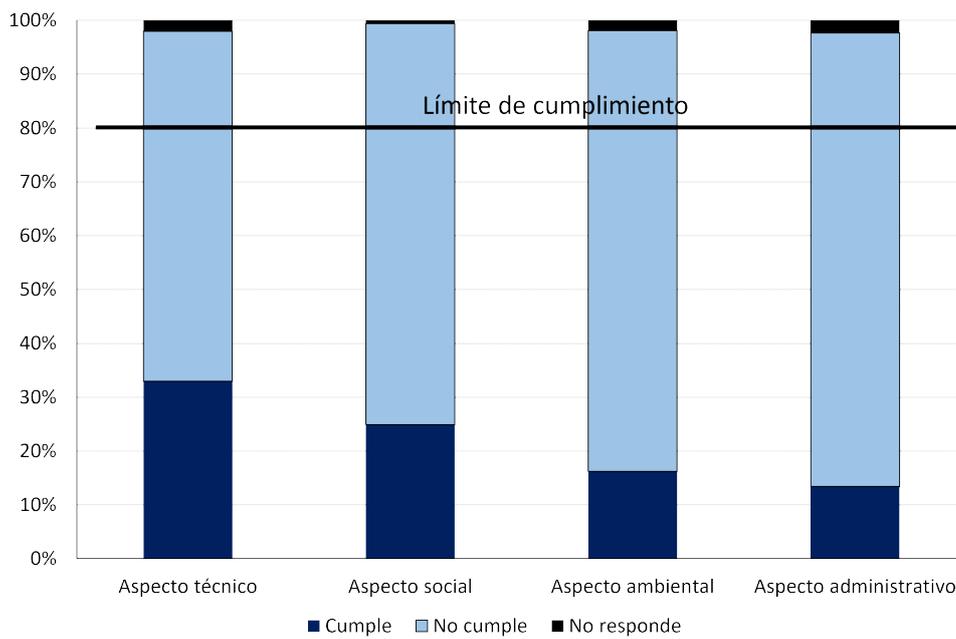


Figura 1. Diagrama del cumplimiento de los factores de las normas ICA 2640 de 2007 e ICA 76509 del 2020

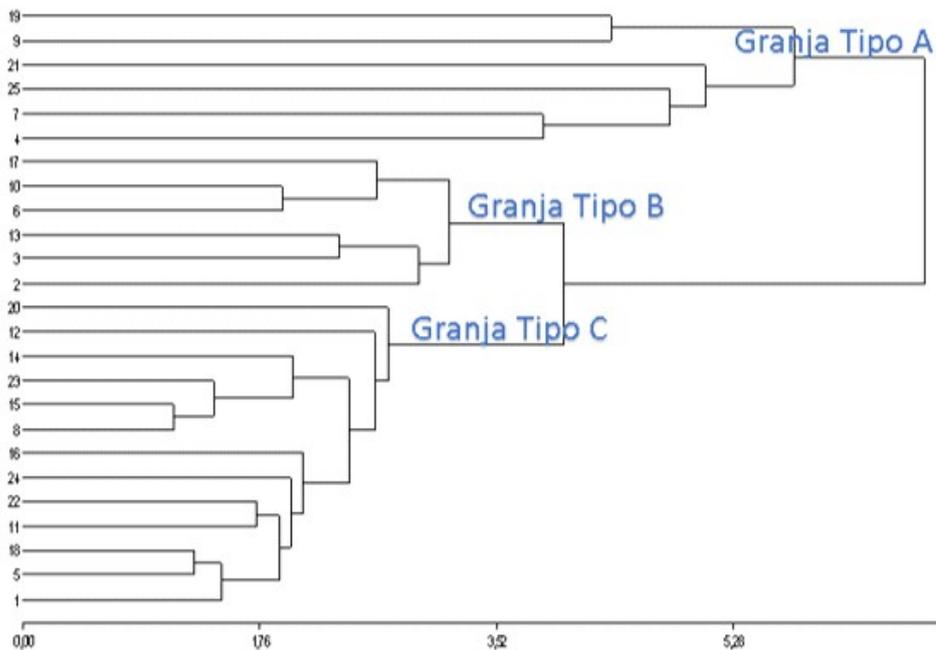


Figura 2. Conglomerados (cluster) identificados según método de encadenamiento promedio (average linkage) y distancia euclídea para la identificación de granjas de pequeños porcicultores de Ibagué (Tolima, Colombia)

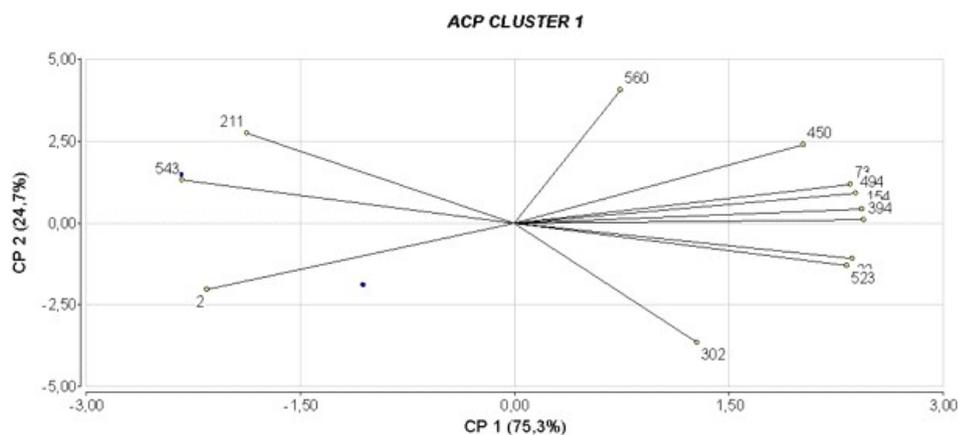


Figura 3. Diagrama de componentes principales para Granjas porcinas Tipo A de pequeños productores según el cumplimiento de los factores de las normas ICA 2640 de 2007 e ICA 76509 de 2020. Los números corresponden a las variables nombradas en el texto (Ibagué, Tolima, Colombia)

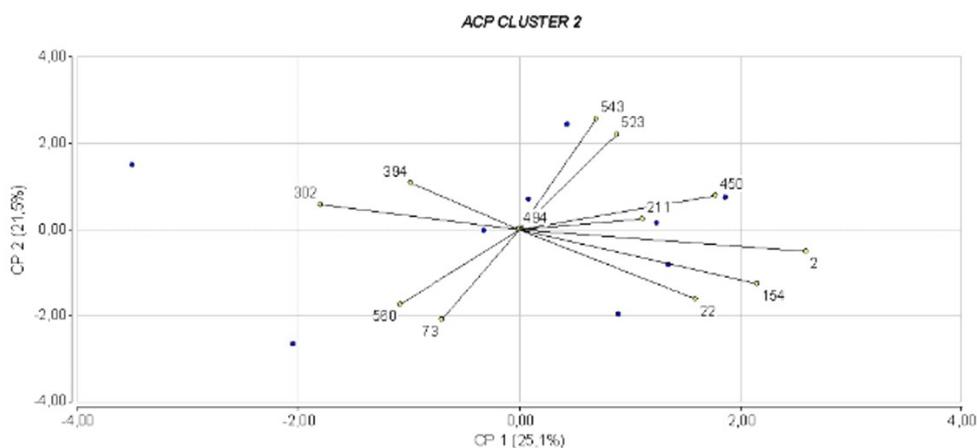


Figura 4. Diagrama componentes principales para Granjas porcinas Tipo B de pequeños productores según el cumplimiento de los factores de las normas ICA 2640 de 2007 e ICA 76509 de 2020. Los números corresponden a las variables nombradas en el texto (Ibagué, Tolima, Colombia)

- Granjas tipo C: 48% de las granjas muestran un menor impacto sobre recursos naturales (450), una menor gestión administrativa (543) y problemas en la alimentación (73) (Ver Figura 5).

El fomento del uso de técnicas de análisis multivariado para caracterizar sistemas productivos pecuarios con el objetivo de optimizar el desempeño (Verbel Castellar *et al.*, 2016) es crucial en la era de la informa-

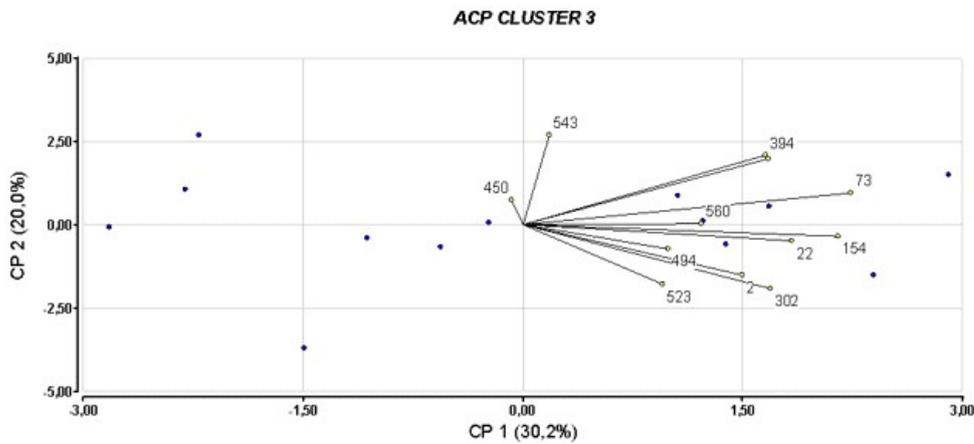


Figura 5. Diagrama componentes principales para Granjas porcinas Tipo C de pequeños productores según el cumplimiento de los factores de las normas ICA 2640 de 2007 e ICA 76509 del 2020. Los números corresponden a las variables nombradas en el texto (Ibagué, Tolima, Colombia)

Cuadro 3. Reducción de variables para el Primer Componente Principal (Factor Técnico)

Identificador	Variable	Autovalor
1.2.3	Infraestructura básica	0.22
1.4.3	Vacunación y desparasitación	0.20
1.6.5	Transporte	0.20
1.4.5	Almacenamiento de medicamentos veterinarios y vacunas	0.19
1.4.6	Equipos e instrumentos	0.19
1.5.2	Ingreso de Animales personas y vehículos	0.19
1.1.2	Origen y procedencia	0.18
1.3.6	Elementos destinados al suministro de alimento y agua para cerdos	0.18
1.5.5	limpieza y desinfección de instalaciones. maquinaria y equipos	0.18
1.5.6	Higiene del personal	0.18
3.1.2	Suelo	0.18
1.2.2	Instalaciones	0.17
1.6.4	alimentación	0.17

ción para profesionales y productores (Aranzazu Drouaillet *et al.*, 2022). En concordancia con este punto, al realizar el análisis de componentes principales de las 52 variables se encontró que con dos componentes es posible explicar el comportamiento de estos sistemas productivos (Herrera Vega *et*

al., 2022). Los resultados indican que las variables que evalúan el área técnica de los sistemas productivos según la norma utilizada son las que mostraron mayores no conformidades y es el incumplimiento de los aspectos técnicos los que más caracterizan estos sistemas productivos. Estos 10 aspectos con-

densados en el Cuadro 1, corresponden al 20% de las variables totales y explican cerca al 80% de las no conformidades, muy cercano a lo que expone la ley de Pareto (Aranzazu Drouaillet *et al.*, 2022)

Se elaboró un análisis de componentes, específicamente para las condiciones técnicas, a fin de reducir las variables y encontrar aquellas que más contribuyen a las no conformidades (Cuadro 3), encontrándose algunos aspectos con similitud con lo reportado por Trujillo-Díaz *et al.* (2021), especialmente en lo referente a las instalaciones, factores como el estado de las instalaciones y la infraestructura básica son los que más inciden. Por otro lado, los recursos, espacios inadecuados y demás no concuerdan con los estándares de producción a mediana y gran escala de las normas evaluadas. En cuanto a la alimentación, los elementos destinados al suministro de alimento y agua para los animales es el factor que más afecta el no cumplimiento de la norma.

En lo referente al manejo sanitario, se observa que las labores de vacunación y desparasitación, así como el almacenamiento de medicamentos veterinarios y vacunas en conjunto con equipos e instrumentos, son los que mayores índices de incumplimiento tienen, ya sea por desconocimiento y/o costo de los equipos. En el aspecto de bioseguridad, medidas como el ingreso de animales, personas y vehículos, así como la higiene personal, limpieza y desinfección de instalaciones, maquinaria y equipo son los factores que más incumplen en su conjunto la mayoría de los pequeños ganaderos. En general, el aspecto de bienestar animal es el aspecto que los agrupa en su totalidad.

Para el segundo componente denominado gestión integral, la variable planeación es la que más explica las no conformidades. Es bien conocido que una buena planeación y gestión permite mejoras sustanciales en los sistemas productivos, pero como se observa una falencia en este aspecto afecta variables como bioseguridad, alimentación y manejo de

residuos; siendo este último el factor más afectado es el suelo como se evidenció en el análisis.

Es de aclarar que, aunque aquí se nombran los factores más representativos para este estudio, ninguno de los aspectos de la norma se cumple en los sistemas productivos analizados y lo que se buscó establecer es aquellos aspectos que en su conjunto podrían agruparse para establecer soluciones que lleguen a mayor cantidad de usuarios.

CONCLUSIONES

Los productores porcícolas de Ibagué de producciones de traspatio no están aptos para adquirir una certificación en buenas prácticas ganaderas en la producción porcina, identificándose mediante método de componentes principales que el aspecto más influyente es el técnico con 12 variables (selección de y origen de animales, instalaciones, alimentación, manejo sanitario, bioseguridad, bienestar animal, bienestar laboral, recursos naturales, manejo de residuos, planeación y gestión, gestión administrativa, trazabilidad, plan de implementación y verificación de BPP), lo que significa un trabajo fuerte de mejora para alcanzar lo tipificado en las resoluciones ICA 2640 de 2007 e ICA 77044 del 2020.

LITERATURA CITADA

1. **Aranzazu PB, Alejandro GF, Garnica A. 2022.** Decisiones gerenciales bajo el Principio de Pareto. *Ciencia Administrativa* 1: 14-22.
2. **Balzarini M, Bruno C, Córdoba M, Teich I. 2015.** Herramientas en el análisis estadístico multivariado. Escuela Virtual CAVILA. 200 p.
3. **Díaz CA, Rodríguez MN, Vera VJ, Ramírez G, Casas GA, Mogollón JD. 2011.** Characterization of pig farms in the main swine producing regions of Colombia. *Rev Colomb Cienc Pec* 24: 131-144.

4. **Díaz-Rodríguez GJ, Jiménez JS, Serrano H, López-Arévalo HF, Sánchez-Palomino P, Montenegro OL. 2021.** Manejo no tecnificado de cerdos (*Sus scrofa*) en las regiones Andina, Amazónica y Orinoquía de Colombia. *Cienc Tecnol Agropec* 22: e1902. doi: 10.21930/rcta.vol22_num1_art:1902
5. **Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2011.** *InfoStat* v. 24. Córdoba, Argentina: Univ. Nacional de Córdoba. [Internet]. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar/>
6. **Herrera JC, Rahmer B, Herrera G. 2022.** Principal component analysis applied to the statistical control of multivariate processes. *Invest Innov Ingeniería* 10: 17-29. doi: 10.17081/invinno-10.1.4972
7. **[ICA] Instituto Colombiano Agropecuario. 2007.** Resolución 2640: La herramienta para el aseguramiento de la inocuidad de la carne de cerdo en la producción primaria. [Internet]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1987>
8. **[ICA] Instituto Colombiano Agropecuario. 2020.** Resolución-76509-del-25-de-septiembre-2020. Por Medio la cual se establecen los requisitos para obtener la Certificación en Buenas Prácticas Ganaderas BPG en la producción porcícola. [Internet]. Disponible en: https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_3652_de_2014_ica_-_instituto_colombiano_agropecuario.aspx#/
9. **Lopez D, Gonzalez C, Chacín F. 2014.** Caracterización de unidades de producción porcina en cama profunda a pequeña escala en Venezuela, utilizando métodos multivariados. *Av Investig Agropecu* 18: 67-79.
10. **Muñoz-M R. 2015.** Vulnerabilidad de la producción porcina a pequeña escala frente a los tratados de libre comercio. *REDVET* 16(1). [Internet]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63638739001>
11. **PorkColombia. 2022.** El sector porcícola está implementando modelos de economía circular para impulsar la sostenibilidad. ¿En qué consiste la estrategia? [Internet]. Disponible en: <https://porkcolombia.co/el-sector-porcicola-esta-implementando-modelos-de-economia-circular-para-impulsar-la-sostenibilidad-en-que-consiste-la-estrategia/>
12. **Trujillo-Díaz J, Díaz-Piraquive FN, Herrera MM, Acero JG. 2021.** Identification of pig farm practices in the central Andean region of Colombia. *Cienc Tecnol Agropec* 22: e1535. doi: 10.21930/RCTA.VOL22_NUM2_ART:1535
13. **Velez Robledo J. 2023.** Aunque los costos de producción subieron el sector porcícola crecería 6,2% en 2023. [Internet]. Disponible en: <https://www.-agronegocios.co/ganaderia/aunque-los-costos-de-produccion-subieron-el-sector-porcicola-creceria-6-2-en-2023-3616928>
14. **Verbel Castellar A, Herrera RJ, Maestre K. 2016.** Aplicación de nuevas propuestas multivariantes para medir la capacidad de un proceso. *Ingeniare* 21: 31-42.