
Estado actual del Banco de Germoplasma Animal en Colombia: organización y manejo

Hugo R. Jiménez¹ ✉  Diego H. Bejarano ✉  José H. Velázquez² ✉  Eliana Neira -Rivera ✉  Luisa A. Rugeles ✉ 
Carolina González-Almario ✉ 

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, CI Tibaitatá, Km 14 vía Mosquera, Cundinamarca, Colombia

Current status of the Animal Germplasm Bank in Colombia: organization and management

Abstract. During the last two decades, Colombia has made enormous progress in conserving some of the most relevant zoogenetic resources vital for agricultural production and the food industry. The primary purpose of conserving these local animal genetic resources has been the recovery of these animal breeds (cattle, pigs, and sheep) that presented a high risk of disappearance and therefore establish pure animal collections that allow the researchers to develop conservation programs. Nowadays, these collections are funded by the Colombian government and properly conserved in research centres in Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA under in vivo and in vitro conservation systems. The main objective of conserving the local herds has been to maintain the genetic variability of the creole breeds and also generate strategies to strengthen the conservation, characterization and their promotion and use, always considering initiatives that lead to the increase of animal productivity and bearing in mind the threats that creole breeds are facing, such as the intensification of the agricultural production systems, the effects of climate change, and the high maintenance costs incurred by the Animal Germplasm Bank in Colombia. The success of the conservation of animal genetic resources in Colombia will depend to a great extent on the appropriation and acceptance of Colombian farmers for the insertion of these creole breeds in their agricultural production systems. On the other hand, the Animal Germplasm Bank should incorporate in a short period time other species or breeds currently at a high risk of disappearing and important for the agricultural system.

Key words: Genetic resources, conservation, creole breeds, crioconservation, genetic variability.

Resumen. En las últimas dos décadas, Colombia ha realizado grandes avances en la conservación de algunos de sus recursos zoogenéticos locales importantes para la producción agropecuaria y la alimentación. El propósito inicial de conservar estos recursos zoogenéticos locales fue recuperar razas de animales, principalmente bovinos, porcinos y ovinos que estaban a punto de desaparecer, y establecer así núcleos puros que permitieran desarrollar programas para su conservación. Actualmente, gracias al apoyo del gobierno colombiano, estos animales se mantienen en centros de investigación de la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuaria (AGROSAVIA) en sistemas de conservación in vivo e in vitro. Desde su inicio, la estrategia de conservar estos núcleos ha sido mantener la variabilidad genética de las razas criollas y generar estrategias para fortalecer su conservación, caracterización, promoción y uso, sin dejar a un lado iniciativas que permitan incrementar la productividad animal y enfrentar los desafíos como la intensificación de los sistemas productivos, los efectos del cambio climático y los altos costos de mantenimiento en los que incurre el Banco de Germoplasma Animal en Colombia. El éxito de la conservación de los recursos zoogenéticos en Colombia dependerá en gran medida de la apropiación y aceptación de los productores colombianos para la inserción de estas razas en los sistemas de producción agropecuaria. Por otro lado, se requiere que el Banco de Germoplasma Animal incorpore otras especies o razas que se encuentran igualmente en peligro de desaparecer y que no cuentan con la protección del gobierno local.

Palabras clave: Recursos zoogenéticos, conservación, razas criollas, crioconservación, variabilidad genética.

Introducción

La conservación de los recursos zoogenéticos, tanto los domesticados como los silvestres, es particularmente de interés económico y cultural para la humanidad (Rodero y Molina, 2007). Lo anterior es de vital importancia para salvaguardar el patrimonio genético constituido durante muchos años y adaptado a los diversos ecosistemas; desde el punto de vista de su uso sostenible, para generar impacto en las poblaciones que los aprovechan, en particular porque es indispensable para el bienestar humano y desarrollo del país (Mujica, 2009).

Los recursos zoogenéticos locales, entendidos como la variabilidad de genes presentes en los animales, poseen un uso actual o potencial, y son la materia prima que los agricultores y mejoradores utilizan para incrementar la productividad o mejorar la adaptación de las razas. Sin embargo, es importante resaltar que el recurso genético está comprendido por la variabilidad genética presente en grupos de individuos vivos y diferentes entre sí, llamado germoplasma, donde cada unidad de germoplasma está formada por el material genético de organismos vivos (Costa y Martins 2008; Machado et al., 2016).

En Colombia, a nivel del sector agropecuario se ha dado mayor importancia a la conservación y al uso de los recursos zoogenéticos locales, los cuales están representados por las razas criollas que se originaron a partir de los ganados que ingresaron durante la época de la conquista española. Actualmente estas razas criollas han sido amenazadas por los procesos de intensificación de los sistemas productivos asociados al reemplazo sistemático de animales adaptados a las condiciones de su entorno por razas comerciales, que tienen una menor capacidad de tolerancia y resiliencia frente a las condiciones medioambientales fluctuantes del trópico (Rischkowsky et al., 2010; Godfray y Garnett, 2014), lo cual representa un riesgo para la seguridad alimentaria del país.

Para salir de esta crisis, Colombia decidió adoptar las recomendaciones del Plan de Acción Mundial sobre los Recursos Genéticos y la Declaración de Interlaken (FAO, 2007), en el cual se acordaron objetivos y estrategias que priorizaron aspectos de conservación, caracterización de recursos genéticos, seguimiento de riesgos, fortalecimiento institucional y de capacidades para conservación, así como el desarrollo de políticas nacionales para proteger y valorar la riqueza genética de Colombia.

Como resultado de los compromisos adquiridos, Colombia ha logrado avanzar en la consolidación del

sistema nacional de Bancos de Germoplasma para la Alimentación y la Agricultura (BGAA). Los BGAA están conformados por el banco de germoplasma vegetal (BGV), el banco de germoplasma de microorganismos (BGM) y el banco de germoplasma Animal (BGA), que se encuentran distribuidos a lo largo del país en diferentes centros de investigación (CI) de AGROSAVIA.

Para el caso del BGA, actualmente se utilizan métodos de conservación in vivo e in vitro que han permitido la preservación de 6 razas criollas bovinas, 3 razas criollas de porcinos y 2 razas criollas ovinas (Figura 1). El BGA representa un avance importante en la conservación del germoplasma de las razas criollas colombianas, que ha permitido implementar una serie de procesos y estrategias encaminadas a garantizar su mantenimiento, evitar la pérdida de variabilidad genética, reducir el riesgo de extinción y avanzar en su caracterización y promoción de uso. El propósito de esta revisión es presentar información relacionada con el estado actual, la organización y el manejo de las razas criollas locales conservadas en el BGA.

Historia y desarrollo de los bancos de germoplasma animal en Colombia.

Debido a la ubicación geográfica de Colombia y a sus condiciones topográficas y ambientales, los ganados (bovinos, porcinos, ovinos, entre otros) introducidos por los conquistadores españoles en el siglo XV, provenientes del sur de la Península Ibérica y el norte de África, se establecieron en diferentes territorios y formaron las actuales razas criollas colombianas (Pinzón 1984; Correal, 2010). A lo largo de los siguientes cinco siglos, estos recursos zoogenéticos locales contribuyeron significativamente a la alimentación y al desarrollo económico de Colombia. Sin embargo, a principios del siglo XX, las razas criollas locales se enfrentaron a los procesos de intensificación productiva, industrialización, introducción de otras razas y factores sanitarios, que desencadenaron procesos acelerados y continuos de erosión genética que afectaron a las poblaciones de razas criollas.

Como estrategia para mitigar la creciente amenaza de pérdida de los recursos genéticos animales, el gobierno colombiano, en cabeza del Ministerio de Agricultura inició, desde los años treinta, procesos de custodia y protección de las razas criollas. Adicionalmente, promulgó el decreto número 1828 de 1939, en el cual se estableció que los ganaderos que

tuvieran ejemplares de más de media sangre Cebú deberían mantener no menos del 25 % del total del ganado existente en el criadero, en vacas y toros criollos seleccionados, destinados a la producción de criollo.

En 1935, el Ministerio de Agricultura emprendió un ambicioso programa de conservación de las razas bovinas Costeño con Cuernos (CCC) y Romosinuano (ROMO) en la región del Valle del río Sinú en el noroeste de la costa Atlántica. En 1940, se incorporó la raza Blanco Oreginegro (BON) en la región montañosa del nordeste de Antioquia, específicamente en la estación pecuaria El Nus. Posteriormente, en la década de los cincuenta, se conformó el primer núcleo de ganado Sanmartinero (SAM) en la región del piedemonte llanero, mientras que en el departamento de Santander, particularmente por cuenta del fondo ganadero de Santander, se promovió la conservación de la raza Chino santandereano (CHINO); igualmente, para la raza Hartón del valle (HDV), que estuvo hasta los años ochenta bajo el cuidado de la Secretaría de Agricultura y Fomento del Valle del Cauca (Correal, 2010). Recientemente se logró incorporar estas dos razas al programa de conservación, en 2013 ingresó HDV y en 2016 se inició la conformación del núcleo de CHINO.

Para el caso de los cerdos criollos, en particular el Zungo, la conformación del primer núcleo de conservación se inició en la década de los años setenta y se localizó en el Centro de Investigación (CI) Turipaná. A mediados de los noventa, se estableció el núcleo de conservación de la raza Sanpedreño en el CI El Nus, mientras que para 2004, se conformó el banco de germoplasma del cerdo criollo Casco de Mula en el CI La Libertad, con animales procedentes del CI Carimagua. Por otro lado, la conformación del núcleo de conservación de la raza ovina Criolla colombiana se inició en los años cuarenta y en 1985 se formó la raza Mora colombiana. La mayoría de estos núcleos se consolidaron en las colecciones de trabajo del Instituto Colombiano de Investigación Agropecuaria (ICA) hasta finales de 1993.

Finalmente, en 1994 con la creación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA (antes Corpoica), entidad pública de carácter científico y técnico, se estableció formalmente lo que hoy se conoce como el BGAA, donde se mantiene el BGA, el cual conserva los núcleos de las razas criollas colombianas. Esta estrategia de conservación se complementa a finales de la década de los noventa con la estructuración de la colección *in vitro*, donde se conservan semen y embriones de las razas criollas colombianas.

Importancia del BGA en Colombia

El Banco de Germoplasma Animal en Colombia, como todos los bancos de germoplasma, es un espacio físico destinado al mantenimiento y la conservación de colecciones biológicas colectadas en diferentes ambientes, en los cuales se asegura que los especímenes sean debidamente catalogados bajo un manejo de curaduría especializado que garantice su viabilidad, distribución y uso. El propósito principal de constituir un banco de germoplasma es evitar la pérdida progresiva de la diversidad genética o, en algunos casos, la extinción de las especies.

Una de las estrategias desarrolladas por muchos países, entre ellos Colombia, para salvaguardar las poblaciones de animales locales ha sido la conservación de recursos genéticos, la cual puede realizarse en su hábitat de origen o donde ocurrió su domesticación, conocida como conservación *in situ* o, por el contrario, pueden mantenerse y conservarse fuera de su hábitat, que se conoce como conservación *ex situ*. Es importante resaltar que uno de los criterios para determinar la preservación de una especie es el número de individuos vivos con la mayor variabilidad genética, lo cual permite considerar a la especie como un recurso genético (Costa y Martins 2008; Machado et al., 2016). Este criterio, así como las diferentes estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* implementadas en países como Brasil (Machado et al., 2016), ha sido un modelo que le ha permitido a Colombia generar sus estrategias de conservación de núcleos de razas locales. Sin embargo, en comparación con otros países el BGA requiere avanzar en el desarrollo y la implementación de nuevas estrategias, por ejemplo, procesos de conservación de oocitos, células somáticas, banco de ADN, entre otros (Machado et al., 2016; Blackburn 2018).

El promover y desarrollar el BGA en Colombia ha permitido conservar biotipos de animales que poseen características únicas en términos de su amplia capacidad de adaptación climática, reproductiva, nutricional y sanitaria, entre otros (Anzola, 2004). En particular, se ha reportado que estos recursos zoogenéticos locales pueden habitar ambientes retadores, donde la base de la alimentación han sido los forrajes de baja calidad nutritiva con altos contenidos de fibra, manteniendo una alta fertilidad (Ossa et al., 2013; Rocha et al., 2012). En ciertos casos, se ha encontrado que algunas razas pueden tolerar mejor la presencia de ciertas enfermedades y parásitos (Rocha et al., 2019; Martínez et al., 2012b). Desde esta perspectiva, la conservación y posterior promoción y mejoramiento podría ser la respuesta a los desafíos que enfrentará el país en años venideros en términos

mejoramiento podría ser la respuesta a los desafíos que enfrentará el país en años venideros en términos de seguridad alimentaria.

Estrategias de conservación para mantener la variabilidad genética del BGA en Colombia

La estrategia de conservación de los recursos zogenéticos locales en el BGA es bajo condiciones ex situ, principalmente mediante métodos de conservación in vivo e in vitro (Figura 1). En el caso particular de la conservación in vivo, las poblaciones de

animales de las diferentes razas se crían activamente dentro de centros de investigación, los cuales están localizados en las regiones donde se formaron las razas criollas; esto permite la conservación de la diversidad genética y al mismo tiempo ofrece la oportunidad de desarrollar programas de fomento y mejoramiento genético. Por otro lado, la conservación in vitro, es una estrategia que complementa a la conservación in vivo, en la cual se llevan a cabo procesos de conservación a largo plazo de semen y embriones, lo que permite mantener una copia de seguridad del recurso genético conservado in vivo.

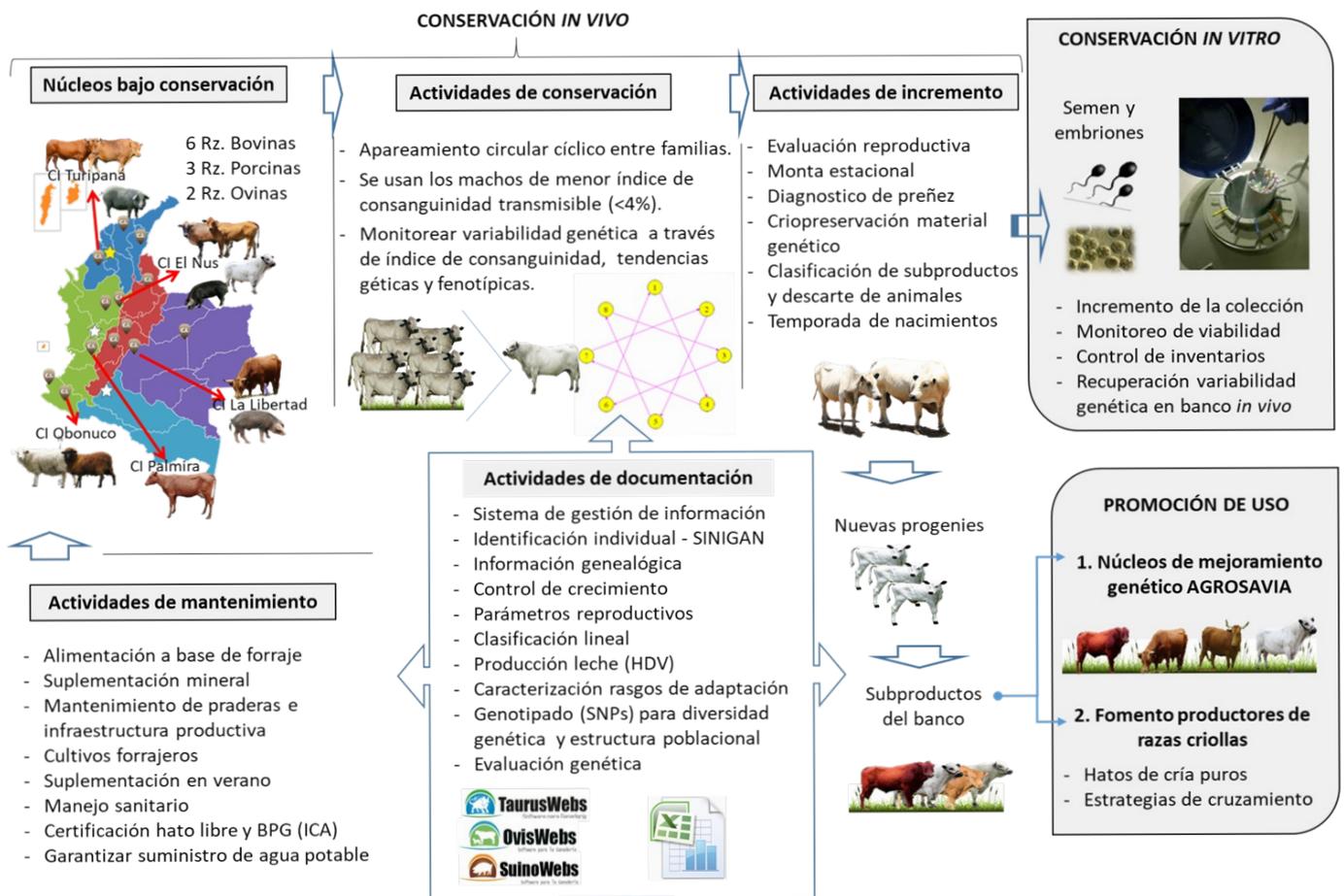


Figura 1. Estrategias de conservación del BGA. Fuente: Agrosavia, 2019.

Conservación in vivo en el BGA

La estrategia de protección y conservación de las razas criollas implementada a inicios del siglo XX permitió el rescate de los escasos núcleos de animales que permanecieron en manos de unos pocos productores. Esta estrategia se consolidó con la estructuración de núcleos bajo condiciones in vivo en el BGA, donde actualmente se conservan seis razas bovinas (ROMO, CCC, BON, CHINO, SAM y HDV) (Cuadro 1), tres razas porcinas (Zungo, Sanpedreño y Casco de Mula) (Cuadro 2) y dos razas ovinas (Mora y Criolla) (Cuadro 3), las cuales se encuentran

localizadas en cinco centros de investigación de AGROSAVIA ubicados en diferentes regiones del país (Figura 2).

Los núcleos de las razas bovinas ROMO y CCC del BGA, ubicados en la región norte (Caribe húmedo) en el CI Turipaná, municipio de Cereté, Córdoba (Figura 2), cuentan cada uno de ellos con 8 familias manejadas en un área de 313 ha. De acuerdo con el inventario actual, la raza ROMO mantiene una población de 457 animales, mientras que la raza CCC tiene 488 animales distribuidos en los diferentes grupos etarios (Cuadro 1).. Las razas BON y CHINO se mantienen y conservan

en un área de 350 ha en el CI El Nus, localizado en la zonamontañosa de la cordillera Central del departamento de Antioquia, municipio de San Roque. En la actualidad, la raza BON está conformada por 8 familias y cuenta con una población de 435 animales, en tanto que la raza CHINO mantiene una población de solo 32 animales, debido a que su conservación inició en 2016. Por otro lado, la raza SAM, se conserva

en el CI La Libertad, localizado en el departamento del Meta, en un área de 236 ha destinada para el manejo de las 10 familias, constituidas por una población de 564 animales. Finalmente, en el CI Palmira, Valle del Cauca, se dispone de 48 ha asignadas para el sostenimiento del BGA de la raza HDV, conformado por 6 familias y con un inventario actual de 240 animales.



Figura 2. Ubicación de los BGA a nivel nacional.

Cuadro 1. Inventario BGA razas bovinas a julio de 2020.

Grupo etario	BON	CCC	ROMO	SAM	HDV	CHINO	Total categoría
Cría (7 meses)	111	95	97	131	36	4	474
Hembra	51	43	48	58	16	4	220
Macho	60	52	49	73	20		254
Levante (>7 m 2 años)	97	121	98	136	83	10	545
Hembra	49	61	51	53	39	7	260
Macho	48	60	47	83	44	3	285
Novilla vientre (2 - 4 años)	56	77	85	60	19	3	300
Torete (2 años < 3 años)	15	36	39	30	16	1	137
Toro (3- 6 años)	8	11	20	43	10	4	96
Vaca	148	148	118	164	76	12	666
1 y 2 partos	109	79	61	86	33	5	373
3 y 4 partos	39	54	36	60	25	7	221
5 partos		15	21	18	18		72
Total raza	435	488	457	564	240	34	2 200

En cuanto a las tres razas de porcinos que conserva el BGA, el cerdo Zungo, ubicado en el CI Turipaná (Figura 2), está conformado por 7 familias y un inventario actual de 139 animales (Cuadro 2). La raza Casco de Mula, conservada en el CI La Libertad

(Figura 2), cuenta con 5 familias y un inventario actual de 118 animales, mientras que la raza Sanpedreño, conservada en el CI El Nus (Figura 2), está conformado por 6 familias y tiene un inventario actual de 110 animales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Inventario BGA razas porcinas a julio de 2020.

Categoría	Zungo	Casco de Mula	Sanpedreño
Crías hembras (0-45 días)	10	26	18
Crías machos (0-45 días)	9	19	19
Hembras reemplazo (1,5 -12 meses)	44	34	34
Machos reemplazo (1,5-12 meses)	19	15	15
Hembras de reproducción (1-5 años)	48	18	18
Macho reproductor (1-4 años)	9	6	6
Total	139	118	110

Las razas ovinas conservadas en el BGA, ubicadas en el CI Obonuco en el municipio de Pasto, departamento de Nariño (Figura 2), cuentan con dos núcleos en conservación, uno de la raza criolla colombiana

conformado por 6 familias con un inventario actual de 135 animales y otro de la variedad Mora, conformado por 6 familias con un inventario actual de 101 animales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Inventario BGA razas ovinas a Julio de 2020.

Categoría	Criolla	Mora	Total categoría
Hembra de reemplazo	20	5	25
Hembra de reproducción	56	33	89
Macho de reemplazo	8	10	18
Macho reproductor	51	43	94
Crías de hembras lactantes	-	6	6
Crías de machos lactantes	-	4	4
Total	135	101	236

Las razas ovinas conservadas en el BGA, ubicadas en el CI Obonuco en el municipio de Pasto, departamento de Nariño (Figura 2), cuentan con dos núcleos en conservación, uno de la raza criolla colombiana conformado por 6 familias con un inventario actual de 135 animales y otro de la variedad Mora, conformado por 6 familias con un inventario actual de 101 animales (Tabla 3).

A partir de la implementación de este modelo de manejo genético y reproductivo se ha logrado mantener constante a través de las generaciones el tamaño efectivo poblacional de las razas bajo conservación (N_e mínimo de 50) y controlar el incremento de la consanguinidad, que se mantiene por debajo del nivel crítico (menor al 4 %) recomendado por la FAO (Figura 4). En algunos casos puntuales, principalmente en las razas de cerdos, que tienen un menor número de familias, ha sido necesario incorporar vientres y reproductores externos al núcleo de conservación (BGA), para incrementar la variabilidad y reducir la consanguinidad en las poblaciones bajo conservación.

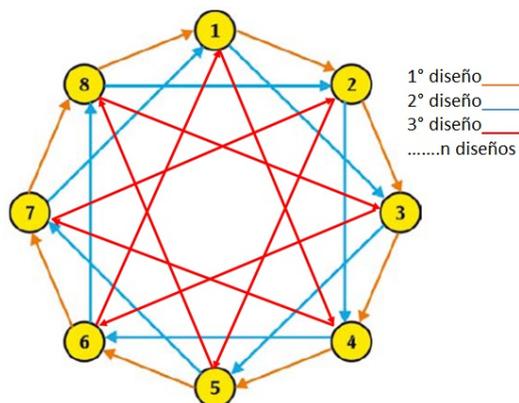


Figura 3. Diseño del sistema de apareamiento circular cíclico para una población de 8 familias. Fuente: Adaptado de Martínez et al., 2012a.

Para monitorear el mantenimiento de la variabilidad genética dentro de las poblaciones bajo conservación, anualmente se estima el índice de consanguinidad individual y se evalúan las tendencias fenotípicas y genéticas de cada población, para detectar cambios en el desempeño productivo de los animales que puedan estar relacionados con depresión por consanguinidad. Para determinar las tendencias de los valores genéticos, se utiliza un modelo de evaluación unicarácter, empleando el método de máxima

verosimilitud restringida aplicada a un modelo animal, mediante el programa DFREML o ASREML 3 (Gilmour et al., 2009). Los datos para el cálculo de las

tendencias de los parámetros productivos y genéticos son obtenidos de los registros productivos históricos de cada núcleo.

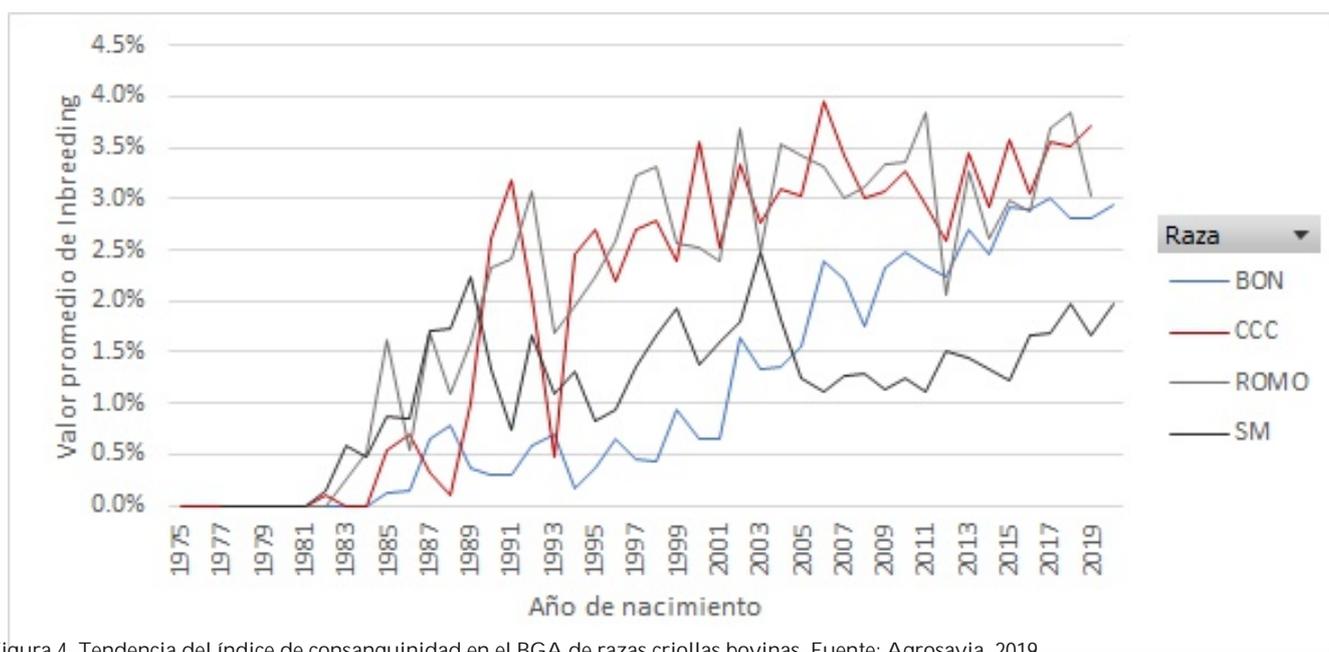


Figura 4. Tendencia del índice de consanguinidad en el BGA de razas criollas bovinas. Fuente: Agrosavia, 2019.

Conservación in vitro en el BGA

La conservación in vitro comprende los procesos de almacenamiento a largo plazo de material germinal, tales como espermatozoides, ovocitos, embriones o células somáticas, principalmente mediante técnicas de criopreservación. Entre las principales ventajas de mantener una colección de este tipo, se destaca la posibilidad de mantener la variación genética de la población indefinidamente, extender los intervalos generacionales, evitar la deriva genética y minimizar la consanguinidad, así como minimizar la introgresión y disminuir el número de individuos requeridos para obtener la meta genética definida (Ballou, 1992; Rodero y Molina, 2007; Saragusty et al., 2020)

Para el caso del BGA, es de gran importancia el mantenimiento y conservación de semen y embriones recolectados de razas criollas bovinas y ovinas, en particular porque los núcleos de animales conservados bajo condiciones in vivo se encuentran en permanente presión por las amenazas de índole sanitarias, climáticas y de consanguinidad. En el BGA, el material germinal (semen y embriones) se almacena bajo condiciones in vitro en una colección base en el CI Tibaitatá, en Mosquera, Cundinamarca, y en una colección satélite en el CI La Libertad, Villavicencio, Meta, como copia de seguridad (Figura 2). La colección base conserva la mayor cantidad de material criopreservado, dispuesto en términos criogénicos que almacenan 61 750 pajillas de semen congelado de 537

toros de las razas criollas, 7 489 pajillas de 112 donantes ovinos criollos, 1 118 embriones de bovinos criollos y 139 embriones de razas ovinas (Figura 5).



Figura 5. Sistemas de almacenamiento y criopreservación de pajillas y embriones utilizando nitrógeno líquido en un ambiente a -180°C en el BGA in vitro. Fuente: Agrosavia, 2019.

Registro de la información y caracterización de las razas criollas del BGA

En los BGA se realiza un estricto control productivo y reproductivo de las razas en conservación, para lo cual todos los datos generados a nivel de campo se sistematizan en una base electrónica a través de la plataforma Interherd®, el cual es un software especializado en el manejo de hatos ganaderos; de esta forma, se garantiza la preservación de la información histórica del BGA. En la actualidad, se trabaja en la incorporación de una nueva plataforma informática especializada en el manejo de poblaciones bovinas, ovinas y porcinas que permita el manejo de la información de una manera segura, ágil, amigable y en tiempo real.

Como resultado de un proceso riguroso y continuo en el registro de información, el BGA cuenta con bases de datos históricas con registros desde la década de 1980 (datos genealógicos y productivos). En los últimos años esta base de información se ha complementado con datos genómicos de animales de varias razas criollas (4 200 bovinos, 148 ovinos y 220 porcinos genotipados con chips de SNP de alta densidad), integrados en un sistema de información que permite hacer seguimiento a la diversidad genética de las poblaciones y apoyar las evaluaciones genéticas anuales que son la base de los programas de mejoramiento genético (Burgos-Paz et al., 2019; Martínez et al., 2008; Martínez et al., 2011).

En el BGA, se han realizado procesos de caracterización productiva y genética sobre las poblaciones bajo conservación, para evaluar aspectos como el crecimiento (peso a diferentes edades) (Bejarano, 2016; Martínez et al., 2014, 2016), conformación de la canal y calidad de carne (Flórez et al., 2014; Martínez et al., 2012c), eficiencia reproductiva (Fernández et al., 2019; Rocha et al., 2012), producción y calidad de leche (en algunas razas) (Onofre et al., 2015), resistencia a parásitos y enfermedades (Rocha et al., 2019; Martínez et al., 2005), adaptación y respuesta a estrés ambiental (De León et al., 2019). A partir de estos resultados, se ha podido establecer el potencial productivo de las razas Criollas y determinar cuáles son sus principales ventajas.

Actualmente, se tiene un avance importante en la caracterización molecular de las poblaciones mediante el uso de técnicas moleculares de última generación, a través de las cuales se puede determinar el genotipo para una gran cantidad de marcadores moleculares (polimorfismos de nucleótido simple [SNP]). La disponibilidad de este tipo de información, en conjunto con el uso de nuevas herramientas estadísticas, ha permitido evaluar la estructura poblacional y la diversidad genética presente en las razas bajo conservación, lo que optimiza las estrategias de conservación y el manejo genético de las poblaciones (Bejarano, 2016; Fernández et al., 2019; Martínez et al., 2014, 2016; De León et al., 2019).

Resultados más relevantes del BGA

De los resultados más relevantes en relación con los recursos zoogenéticos en Suramérica se destaca el hecho de que Colombia ha liderado la conservación bajo estándares desde los años cuarenta. Adicionalmente, el país ha recuperado razas zoogenéticas locales; asimismo, se ha comprometido con la asignación de recursos económicos en pro de la

conservación de estas razas locales. Este último aspecto es muy importante, ya que muy pocos países de la región cuentan con este tipo de apoyo de la nación.

La experiencia del país en la conservación de núcleos in vivo de las razas criollas bovinas se presenta desde 1936 (<http://www.fao.org/dad-is/publications/detail/en/c/1039116/>) y es en 1994 cuando la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria da inicio a la conformación del programa de bancos de germoplasma animal y vegetal, el cual ha sido ejemplo de conservación de especies locales en riesgo de extinción. Estas últimas son incorporadas al sistema nacional de bancos de germoplasma y su financiación es otorgada por el estado nacional en representación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, modelo aplicado también por Brasil, dada su diversidad biológica.

En cuanto a la conservación de la variabilidad genética del BGA, actualmente se realizan esfuerzos importantes para la conservación de las seis razas de bovinos criollos, tres razas de porcinos criollos y dos razas de ovinos criollos de lana, salvaguardando el patrimonio zoogenético local del país y asegurando una fuente importante de genes de interés productivo que pueden apoyar programas de mejoramiento genético. Sin embargo, de la totalidad de las razas conservadas, las razas criollas porcinas y ovinas aún mantienen un estado de riesgo crítico según los criterios de la FAO (FAO 2007). Lo anterior se evidencia en los resultados presentados en los cuadros 2 y 3, donde se observa que el número de hembras reportado es inferior a 100 animales.

Respecto a las buenas prácticas ganaderas, el BGA ha empezado a implementar estrategias que han permitido la certificación en buenas prácticas ganaderas para los núcleos de las razas Blanco Orejinegro, ovinos criollos, cerdo Sanpedreño y cerdo Casco de Mula.

Como estrategia de uso y multiplicación de los bovinos criollos, es importante resaltar iniciativas para promover el uso de las razas criollas en sistemas de producción agropecuario a partir de los animales de descarte. Un ejemplo de esto fue el programa de promoción de razas criollas bovinas que inició en 2005 y finalizó en 2014, y el cual permitió entregar núcleos de hembras y reproductores a un número importante de ganaderos interesados en trabajar con estas razas. Con esto se logró un incremento bastante significativo en el inventario poblacional de las razas criollas Romosinuano, Blanco Orejinegro, Sanmartinero y

Costeño con Cuernos (Correal, G 2010, Vásquez et al., 2019). Con la entrega de más de 1 700 animales a 76 productores se inició un plan de mejoramiento genético, aún en curso, que incluye pruebas de comportamiento y de progenie de toros criollos que ha permitido distribuir animales superiores, con el fin de mejorar la competitividad de los sistemas de producción ganadera del país (Vásquez et al., 2019).

Conclusiones

En las últimas dos décadas, Colombia ha realizado importantes progresos en la conservación de los recursos zoogenéticos locales, relevantes para la alimentación y la agricultura del país. Esto ha sido posible gracias a la financiación del gobierno nacional y al compromiso adquirido entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, como entidad delegada para la administración de los bancos de germoplasma, quienes ratifican la necesidad de continuar trabajando de manera articulada para que el Banco de Germoplasma Animal se consolide como un referente del sector ganadero del país y pueda continuar apalancando los proyectos de investigación, transferencia de tecnología y promoción de las razas criollas.

A pesar de los esfuerzos mencionados, es claro que la conservación del patrimonio genético animal requiere el fortalecimiento de los bancos existentes, tanto en su infraestructura como en sus estrategias de conservación *in vitro* e *in vivo*, para lo cual se hace necesaria la implementación de estrategias complementarias a bajo costo que garanticen el mantenimiento de la variabilidad genética de los núcleos conservados.

Adicionalmente, tratándose de un patrimonio nacional, es importante analizar la ampliación de este banco a otras razas y especies aún no incluidas en el BGA. En el informe del plan nacional de acción para la conservación, mejoramiento y utilización sostenible de los recursos genéticos animales de Colombia de 2010, se menciona la necesidad de incluir otras razas bovinas, pequeños rumiantes y especies aviares importantes en los sistemas de producción de pequeños productores colombianos.

La conservación de los recursos zoogenéticos locales tiene aspectos que van más allá de la preservación del

Con las estrategias de conservación del BGA y frente a las condiciones y los retos actuales que enfrenta la ganadería colombiana, el BGA representa una fuente importante de material genético para los productores interesados en incorporar animales de razas criollas en sus hatos, como una alternativa de producción sostenible para las condiciones climáticas del trópico colombiano.

recurso genético y está relacionada con la necesidad de fortalecer las cadenas de valor agropecuarias que basan su quehacer en los recursos zoogenéticos locales. En la medida que se consoliden estas estrategias de conservación, mejoramiento genético y promoción, es posible aumentar la competitividad de los sistemas agropecuarios. Por consiguiente, se deben mantener los programas de conservación, incremento y caracterización de estos recursos genéticos, con el fin de impactar el sistema productivo y así mejorar los indicadores económicos y sociales del país.

Uno de los avances tecnológicos de mayor impacto en los últimos años ha sido la genómica, con la cual se ha logrado descifrar la base genética de los caracteres heredables y se ha incrementado la eficacia de algunos programas de mejora. Para el caso de las razas criollas, esta herramienta se ha implementado solamente en algunas razas bovinas; sin embargo, es importante ampliar su aplicación a todas las razas, para lo cual se requiere, además del genotipado de animales, motivar la captura, el registro unificado y la sistematización de la información fenotípica (sus características y datos de producción) y la genealogía de los animales, lo cual a veces se convierte en una limitación. Esto es de gran importancia para el empleo eficaz de la genómica y para garantizar el éxito de cualquier programa de conservación o mejora genética.

Es así como dentro de los desafíos más importantes para el BGA y para el país está el de inventariar las colecciones, el número de núcleos, las especies o razas, nuevas y existentes, y además evaluar las capacidades que tiene Colombia para el mantenimiento de estas. Al final, esta iniciativa permitirá crear una plataforma para el intercambio de información, conocimiento de capacidades en infraestructura y recurso humano, que promuevan la investigación y promoción de las razas criollas existentes

Conflicto de intereses: Los autores manifiestan no tener ningún conflicto de interés con otras personas u organizaciones que puedan influir de manera inapropiada en este trabajo.

Reconocimientos

Los autores agradecen al investigador Yesid José Abuabara Pérez por su asesoría en la organización de las categorías utilizadas en la tabla de inventario correspondiente al núcleo de conservación de las razas porcinas.

Asimismo, reconocen que los datos de inventarios contenidos en este artículo provienen del informe final del Proyecto de Bancos de Germoplasma Animal desarrollado por los investigadores responsables de cada núcleo de conservación en los diferentes centros de investigación de AGROSAVIA: Martha Yaned Gutiérrez Ibáñez, Miguel Ángel Peña Joya, Byron Abdel Hernández Ortiz, Yesid José Abuabara Pérez,

Mario Alberto Canabal Vidal, Héctor Guillermo Onofre Rodríguez, Ricardo José Ocampo, Sonia Daryubi Ospina Hernández, David Ernesto Quintero Bastidas, Edwin Castro Rincón, Wilson Alberto Loza Velásquez. Por lo anterior, se agradece este insumo para la elaboración del artículo.

Igualmente, agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por su apoyo financiero a través del convenio interadministrativo N.º 20180532, suscrito con AGROSAVIA para la conservación de los Bancos de Germoplasma para la Alimentación y la Agricultura.

Literatura Citada

- Anzola, H. J. 2004. Conservación y mejoramiento de las razas criollas y colombianas de animales domésticos para el desarrollo rural sostenible. II Foro Nacional de Razas Bovinas Criollas y Colombianas, 112. Recuperado el 02 de julio del 2020. <http://files.programaharton.webnode.com.co/200000040->
- Ballou J. D. 1992 Potential contribution of cryopreserved germ plasm to the preservation of genetic diversity and conservation of endangered species in captivity. *Cryobiology* 29, 19-25.
- Bejarano, D. 2016. Estudio de asociación genómica para características de crecimiento en las razas bovinas Criollas Blanco Orejinegro y Romosinuano [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UN. <http://bdigital.unal.edu.co/54717/1/1020723578.2016.pdf>
- Blackburn, H. D. 2018. Biobanking Genetic Material for Agricultural Animal Species. *Annual Review of Animal Biosciences*, 6, 69–82. doi: 10.1146/annurev-animal-030117-014603. Veracruz, México. Retrieved from <https://www.congresofirc.com/wp-content/uploads/2019/11/LIBRO-DE-ACTAS-FIRC-2019.pdf>
- Burgos-Paz, W., and Martínez, R. 2019. Selección genómica en razas bovinas criollas: perspectivas para las poblaciones de Colombia. F. E. de A. de G. S. -FEAGAS and F. I. de R. C.- FIRC (Eds.), Libro de Actas XII Congreso de la Federación Iberoamericana de Razas Criollas y Autóctonas Ciclo Internacional De Conferencias Dr. Jorge De Alba (p. 215).
- Correal, G. M. 2010. Plan nacional de acción para la conservación, mejoramiento y utilización sostenible de los recursos genéticos animales de Colombia: informe final. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO.
- Costa P.M. and Martins C.F. 2008. Conservação de recursos genéticos animais através de biotécnicas de Reprodução. *Ciênc. Saúde, Univ. Brasília*, 6(1):39-55.
- De León, C., Manrique, C., Martínez, R., and Rocha, J. F. 2019. Genomic association study for adaptability traits in four colombian cattle breeds. *Genetics and Molecular Research*, 18(3). <http://dx.doi.org/10.4238/gmr18373>
- FAO. 2007. Plan de Acción Mundial sobre los Recursos Recursos Zoogenéticos y la declaración de Interlaken, 50 pg. Roma, Italia.
- FAO. 2013. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Roma, Italia. <http://www.fao.org/3/a1250s/a1250s00.htm>
- Fernández, J. C., Pérez, J. E., Herrera, N., Martínez, R., Bejarano, D. and Rocha, J. F. 2019. Genomic association study for age at first calving and calving interval in Romosinuano and Costeño con Cuernos cattle. *Genetics and Molecular Research*, 18(2). <http://dx.doi.org/10.4238/gmr18258>
- Flórez, H., Martínez, G., Ballesteros, H., León, L. M., Castañeda, S., Moreno, E., Arias, L. E., Torres, J. C., Rodríguez, C. A., Peña, F., and Uribe, A. 2014. Rendimiento en carne de bovinos criollos y europeos y sus cruces con Cebú en las condiciones de la Orinoquía colombiana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 4, 12-15.
- Gilmour, A. R., Gogel, B., Cullis, B., Thompson, R., Butler, D., and Cherry, M. 2009. ASReml user guide release 3.0. Hemel Hempstead: VSN International Ltd.
- Godfray, H. C. J., and Garnett, T. 2014. Food security and sustainable intensification. *Philosophical transactions of the Royal Society B: biological sciences*, 369(1639), 20120273.

- Machado, L. C., Oliveira, V. C., Paraventi, M. D., Cardoso, R. N., Martins, D. S., and Ambrósio, C. E. 2016. Maintenance of brazilian biodiversity by germplasm bank. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 36(1), 62-66.
- Martínez, R., Ávila, O., Pérez, J. E., Gallego, J., and Onofre, H. 2005. Estructura y función del Banco de Germoplasma in vitro en Colombia. *Archivos de Zootecnia*, 54, 545-550.
- Martínez, R., García, D., Gallego, J., Onofre, G., Pérez, J., and Cañón, J. 2008. Genetic variability in Colombian Creole cattle populations estimated by pedigree information. *Journal of Animal Science*, 86(3), 545-552. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2007-0175>
- Martínez, R., Gómez, Y., Pedraza, A., Rocha-M, F., and Bejarano, D. 2011. Variabilidad Genética en las Razas Criollas Colombianas BON y Romosinuano y su Potencial en Mejoramiento Animal. In C. V. Durán Castro and R. Campos Gaona (Eds.), *Genómica y Modelación en los Nuevos Escenarios de la Ganadería Bovina Tropical* (pp. 130-146). Cali, Colombia.
- Martínez, R., Gallego G, J. L., and Vásquez R, R. 2012a. Estrategias de conservación y mantenimiento de la variabilidad genética de la raza BON. In *Produmedios Convenio Ica Corveica* (Ed.), *Eficiencia productiva de la raza BON en el trópico colombiano* (1st ed., pp. 132-140). Mosquera (Cundinamarca).
- Martínez, R., Tobón, J., and Gallego, J. 2012b. Resistencia a enfermedades en la raza BON. En Martínez R., Vásquez, R. E., and Gallego, J. L., *Eficiencia productiva de la raza bon en el trópico colombiano* (pp. 88-109). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Martínez, R., Quiceno, J., Gallego, J. L., Mateus, H., Rodríguez, O., Medina, P., and Ballesteros, H. 2012c. Desempeño de toretes de las razas criollas Blanco Orejinegro y Romosinuano en prueba de crecimiento en pastoreo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(1), 36-45.
- Martínez, R., Gómez, Y., and Rocha, J. F. 2014. Genome-wide association study on growth traits in Colombian creole breeds and crossbreeds with Zebu cattle. *Genetics and Molecular Research*, 13(3), 6420-6432. <http://dx.doi.org/10.4238/2014.August.25.5>
- Martínez, R., Rocha, J. F., Bejarano, D., Gómez, Y., Abuabara, Y., and Gallego, J. 2016. Identification of SNPs in growth-related genes in Colombian creole cattle. *Genetics and Molecular Research*, 15(3). <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15038762>
- Mujica, F. 2009. Diversidad y conservación de los recursos zoogenéticos del país. *Agro Sur*, 37(3), 134-175.
- Nomura, T., and Yonezawa, K. 1996. A comparison of of four systems of group mating for avoiding inbreeding. *Genetics Selection Evolution*, 28(2), 141. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-28-2-141>
- Olaciregui, M., Luño, V., Domingo, P., González N., and Gil L. 2017. In vitro developmental ability of ovine oocytes following intracytoplasmic injection with freeze-dried spermatozoa. *Sci Rep* 7, 1096. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00583-0>
- Onofre, G., Parra, J., Martínez, R., Cassalet, E., and Velásquez, H. 2015. Potencial productivo y calidad de la leche de razas criollas Blanco Orejinegro, Hartón del Valle y Sanmartinero en el piedemonte colombiano. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 5, 15-17.
- Ossa Saraz, G., David Hinestroza, A., Santana Rodríguez, M., Reza García, S., Pérez García, J., and Abuabara Pérez, Y. 2013. Formación, desarrollo y caracterización fenotípica de los caracteres productivos y reproductivos del ható Romosinuano del banco de germoplasma de Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(2), 231-243.
- Pinzón M. E. 1984. Historia de la ganadería bovina en Colombia. *Carta Ganadera. Suplemento Ganadero. Banco Ganadero.*; 4(1):208
- Rischkowsky, B., and Pilling, D. 2010. La situación de de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. *FAO*
- Rocha, J. F., Gallego, J. L., Vásquez, R. F., Pedraza, J. A., Echeverri, J., Cerón-Muñoz, M. F., Martínez, R. 2012. Estimación de parámetros genéticos para edad al primer parto e intervalo entre partos en poblaciones bovinas de la raza Blanco Orejinegro (BON) en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(2), 220-228. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v25n2/v25n2a07.pdf>
- Rocha, J. F., Martínez, R., López-Villalobos, N., and Morris, S. T. 2019. Tick burden in *Bos taurus* cattle and its relationship with heat stress in three agroecological zones in the tropics of Colombia. *Parasites and vectors*, 12(1), 73.
- Rodero, E., and Molina, A. 2007. La conservación de la la diversidad de razas autóctonas de Andalucía. Ed. Junta de Andalucía.
- Saragusty, J., Anzalone D. A., Palazzese L., Arav A., Patrizio P., Gosálvez J., and Loi P. 2020. Dry biobanking as a conservation tool in the Anthropocene. *Theriogenology*, 150: 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.01.022>

Simon, D. L. 1984. Conservation of animal genetic resources — A review. *Livestock production science*, 11 (1): 23 - 36. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(84\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0301-6226(84)90004-6)

Vásquez et al. 2019. Los bancos de germoplasma para la y la agricultura de la nación colombiana: 25 años de conservación, caracterización y uso del patrimonio nacional. Vásquez et al., 2019, en *Balance Social 2018*, (pp. 55- 59). Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2019.