

CARACTERIZACIÓN DE LAS PUBLICACIONES SOBRE MEJORAMIENTO GENÉTICO ANIMAL EN REVISTAS CIENTÍFICAS MEXICANAS

Characterisation of publications on animal breeding in mexican scientific journals

Rodolfo Ramírez-Valverde, *Rafael Núñez-Domínguez, Enelvi Fabián-Barrios

Universidad Autónoma Chapingo.
km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, México. 56230.
*rafael.nunez@correo.chapingo.mx

Artículo recibido: 15 de agosto de 2013, **aceptado:** 05 de enero de 2014

RESUMEN. El objetivo de este estudio fue caracterizar las publicaciones sobre mejoramiento genético animal (MGA) realizadas por investigadores mexicanos en las revistas científicas que pertenecen al Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Se consideraron los artículos publicados en las revistas *Agrociencia* ($n = 48$), *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* ($n = 119$), *Tropical and Subtropical Agroecosystems* ($n = 17$) y *Veterinaria México* ($n = 78$), hasta el año 2012. Los estudios en MGA se enfocaron principalmente a bovinos, zonas tropicales, y en los estados de Veracruz, México y Yucatán. El área de genética cuantitativa fue la más estudiada y las características más investigadas fueron las relacionadas directamente con la producción. Los temas más estudiados fueron las caracterizaciones fenotípicas y ambientales, estimaciones de parámetros genéticos, comparaciones de genotipos, y metodologías para realizar evaluaciones genéticas. La mitad de la investigación fue publicada por dos o más instituciones, y en la mayoría (93 %) con la participación de dos o más investigadores (promedio de 3.8 autores por artículo). Las instituciones que más publicaron artículos (64 %) en MGA fueron el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, la Universidad Nacional Autónoma de México, el Colegio de Postgraduados, la Universidad Autónoma Chapingo, la Universidad Autónoma de Yucatán y la Universidad Autónoma de Baja California Sur. La caracterización y el análisis sobre la evolución de las publicaciones científicas son importantes para el diseño de estrategias de MGA y priorización de la investigación futura.

Palabras clave: *Agrociencia*, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *Veterinaria México*.

ABSTRACT. The purpose of this study was to characterise papers on animal breeding published by Mexican researchers in the scientific journals that belong to the Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica of the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. The papers considered were published in the journals *Agrociencia* ($n = 48$), *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* ($n = 119$), *Tropical and Subtropical Agroecosystems* ($n = 17$) and *Veterinaria México* ($n = 78$) up to the year 2012. Studies on animal breeding focused mainly on cattle, tropical zones and the states of Veracruz, México and Yucatán. Quantitative genetics was the most studied area and the most researched traits were those directly related to production. The most studied topics were phenotypical and environmental characterisations, estimations of genetic parameters, comparisons of genotypes, and methods to carry out genetic evaluations. Half of the research was published by two or more institutions and most (93 %) were prepared by two or more researchers (average 3.8 authors per article). The institutions with most published papers (64 %) in animal breeding were the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, the Universidad Nacional Autónoma de México, the Colegio de Postgraduados, the Universidad Autónoma Chapingo, the Universidad Autónoma de Yucatán and the Universidad Autónoma de Baja California Sur. The characterisation and analysis of the evolution of scientific publications are important in order to design animal breeding strategies and prioritise future research.

Key words: *Agrociencia*, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *Veterinaria México*.

INTRODUCCIÓN

La investigación científica ayuda al estudio de los procesos biológicos y su aplicación a casos específicos de la realidad, lo que contribuye a generar conocimiento, formular nuevas teorías o modificar las ya existentes. Las revistas científicas son el principal medio de comunicación para transmitir los resultados de la investigación (De Filippo *et al.* 2011); en ellas los investigadores tienen la oportunidad de publicar los resultados de sus estudios (D'Alessandro *et al.* 2000), y como consecuencia, los estudiantes, profesionistas e interesados pueden consultarlas para actualizarse en el avance del conocimiento y de los desarrollos tecnológicos.

Los países desarrollados y en desarrollo difieren en relación con los requerimientos de investigación para el manejo de sus recursos genéticos pecuarios (Hoffman 2010). El conocimiento actualizado de las contribuciones científicas en las disciplinas de mejoramiento genético animal, es de gran utilidad para evaluar el trabajo que han estado realizando los investigadores mexicanos, así como identificar áreas de oportunidad en investigación para la planeación y el manejo sostenible de los recursos genéticos pecuarios.

En México, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) mantiene un índice de revistas científicas y tecnológicas, como reconocimiento a su calidad y excelencia editorial (CONACyT 2012). Dentro de este índice se encuentran cuatro revistas que publican rutinariamente artículos relacionados con mejoramiento genético animal: *Agrociencia*, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* (antes *Técnica Pecuaria en México*), *Tropical and Subtropical Agroecosystems* y *Veterinaria México*. Con la excepción de la revista *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, las otras tres están registradas actualmente en el *Journal Citation Reports* (JCR 2013), lo que en cierta forma garantiza la calidad de la información.

La investigación en mejoramiento genético animal es importante para la formación de estudiantes y profesionistas relacionados con la producción pecuaria. Adicionalmente, la investigación

realizada por los profesores posibilita la mejora continua de la educación y la vinculación entre la teoría y la práctica (Romera-Irueña 2011). El análisis y seguimiento de los resultados de la actividad científica, a través de sus publicaciones, es útil para mejorar la planificación de la investigación y tomar decisiones en política científica (FECYT 2013). El objetivo principal de este estudio fue caracterizar las publicaciones sobre mejoramiento genético animal realizadas por investigadores mexicanos en las revistas científicas mexicanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio incluyó los artículos relacionados con mejoramiento genético animal en forma primaria o con implicaciones significativas en esta área de estudio. Este documento sólo consideró los artículos científicos (con información del país y participación de investigadores mexicanos) publicados hasta el año de 2012 en las revistas mexicanas que consistentemente abordan temas relacionados con la ciencia animal y están reconocidas por el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACyT, por lo que es una muestra significativa del trabajo de investigación realizado en el área de mejoramiento genético animal. La información provino de las páginas electrónicas y los artículos publicados en cada revista, para especies animales en cautiverio y de importancia zootécnica. Los años de publicación revisados incluyeron desde 1966, 1963, 2008 y 1970, para las revistas *Agrociencia* (CP 2012), *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* (INIFAP 2012), *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (UADY 2012) y *Veterinaria México* (UNAM 2012), respectivamente. La *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* surge a partir de 2010; sin embargo, dado que anteriormente tuvo el título de *Técnica Pecuaria en México*, en este estudio se refiere a ella con la denominación actual.

Se generó una base de datos (MSExcel®) con los artículos revisados, ubicando la información de cada artículo de acuerdo con su área de estudio, temática particular, característica estudiada, técnica de investigación, especie y raza estudiada, sistema

de producción, lugar geográfico de origen de la información para la investigación, institución a la que pertenecían los autores, y número de instituciones y autores que participaron en el estudio. Los resultados fueron agrupados para cada variable estudiada y analizados mediante la generación de estadísticos descriptivos.

Área de estudio

Los artículos se clasificaron en dos áreas principales: genética cuantitativa, y genética molecular.

Técnica de investigación

La técnica de investigación se refiere a la forma en la cual los investigadores obtuvieron la información para la publicación, clasificándose como: análisis de bases de datos, análisis experimental, análisis de laboratorio, análisis documental y simulación.

Especie animal y raza estudiada

Se determinó la importancia relativa de las principales especies y razas de animales domésticos más utilizadas en los estudios. Debido a su importancia, los bovinos fueron divididos en bovinos para carne, bovinos lecheros, y bovinos de doble propósito. Esta distribución considera que en algunos artículos se estudió más de una especie o raza y que otros son de carácter general para todas las especies. Adicionalmente, se identificaron los estudios relacionados con recursos criollos o nativos.

Sistema de producción

Se agruparon de acuerdo con los principales sistemas de producción utilizados: intensivo, semi-intensivo (incluye pastoreo intensivo), y pastoreo extensivo. Esta distribución considera que en algunos artículos se estudió más de un sistema de producción.

Origen geográfico de la información para la investigación

Se consideraron las entidades federativas y regiones agropecuarias del país. Las regiones agropecuarias fueron: templada, tropical, y árida y semiárida; adicionalmente se identificaron las enti-

dades federativas donde se realizaron los estudios. Un estudio pudo haber considerado más de una entidad federativa o región.

Características estudiadas

Las características se agruparon en: productivas (producción de leche, carne, huevo o miel), reproductivas, calidad de los productos (leche o carne), y funcionales (resistencia a enfermedades, longevidad y vida productiva, mortalidad y sobrevivencia, eficiencia, curvas de lactancia, conformación, fisiológicas, y temperamento). Esta distribución considera que en algunos artículos se estudió más de un tipo de características.

Temática particular

Los artículos se clasificaron de acuerdo con las categorías principales de estudio (uno o más temas): caracterización y evaluación fenotípica y ambiental, caracterización molecular de poblaciones, caracterización zoométrica de poblaciones, caracterización cromosómica de poblaciones, identificación de polimorfismos y estimación de frecuencias alélicas, comparación de genotipos o razas, evaluación de pruebas de paternidad, estrategias de mejoramiento genético tradicional (cuantitativo), metodologías y estimación de parámetros genéticos, metodologías y estimación de parámetros de cruzamiento, estrategias de mejoramiento genético con uso de genética molecular, metodología y estimación de curvas de lactancia, estimación de curvas de crecimiento, metodologías para evaluaciones genéticas, estimación de tendencias genéticas, metodologías y estimación de consanguinidad, y evaluación de interacción genotipo por ambiente.

Institución a la que pertenecen los autores

Se consideraron instituciones nacionales de procedencia de los autores y el número de instituciones participantes por estudio.

Número de autores que participaron en el estudio

Se agruparon estudios de acuerdo con el número de autores participantes, para analizar la evolución de este criterio a través del tiempo.

RESULTADOS

El número de artículos científicos sobre mejoramiento genético animal publicados en 46 años fue de 262. En las décadas de los 60 y 70 se observa un promedio anual de 1.5 artículos, menor con respecto a las de los 80, 90 y el presente siglo, cuando la productividad científica promedió 7.2 artículos; desde la década de los 90 se publicaron 2/3 partes de los artículos (Tabla 1). La revista *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* (RMCP) tuvo la mayor participación (45 %), seguida de *Veterinaria México* (VM, 30 %) y *Agrociencia* (Ag, 18 %). En el caso de *Tropical and Subtropical Agroecosystems* su contribución fue pequeña (7 %), dado que es una revista que inició con sus publicaciones más recientemente.

Ochenta y nueve por ciento de los estudios fueron del área de la genética cuantitativa y 11 % de genética molecular (Tabla 2). Esta situación está cambiando, ya que los estudios de genética molecular en México prácticamente iniciaron en el 2000 y se espera que sigan incrementando.

De acuerdo con la Tabla 2, la especie más estudiada ha sido la bovina (60 %), seguida por ovinos (14 %), porcinos (9 %) y aves (8 %). Las principales razas estudiadas en bovinos fueron Holstein, cruza de *Bos taurus* x *B. indicus*, Suizo Americano, Charolais e Indobrasil; en ovinos fueron Pelibuey, cruza con Suffolk y Criollos; en caprinos fueron Nubia, Alpina y cruza; en porcinos fueron Yorkshire, Duroc y cruza; en aves fueron Criollas y Large White; y en conejos fueron Nueva Zelanda, California y sus cruza. Del total de artículos publicados para todas las especies sólo en 17 % se estudiaron razas criollas o nativas.

Los sistemas de producción más estudiados han sido los que involucraron manejo intensivo (42 %) o pastoreo extensivo (40 %). La mayor parte de los estudios sobre mejoramiento genético animal han sido realizados para las zonas tropicales (53 %), seguidas por las templadas (31 %), y áridas y semiáridas (16 %). Aproximadamente un tercio de la investigación ha sido realizada en tres Estados (Veracruz, Estado de México y Yucatán; 19, 11 y 8 %, respectivamente).

Las características más estudiadas en mejo-

ramiento genético animal han sido las relacionadas directamente con la producción (Tabla 3), como las producciones de leche, carne, huevo y miel (47 %). Las características estudiadas en forma secundaria pueden agruparse en las relacionadas con aspectos reproductivos (26 %), con la calidad de los productos (7 %) y las funcionales (20 %).

Las caracterizaciones fenotípicas y ambientales ha sido el tema más estudiado (37 %; Tabla 4) por los investigadores mexicanos de mejoramiento genético animal que publican en revistas científicas del país. Otros de los temas más estudiados han sido las comparaciones de genotipos o razas (14 %), las estimaciones de parámetros genéticos (13 %), y las metodologías para realizar evaluaciones genéticas (11 %).

Las investigaciones que involucraron sólo una institución representaron 47 % de los estudios, mientras que el resto involucraron dos o más instituciones. En el 64 % de las publicaciones han participado seis instituciones nacionales. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha contribuido con 23 %, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con 17 %, el Colegio de Postgraduados (CP) con 11 %, la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) con 7 % y la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y la Universidad Autónoma de Baja California Sur con 3 % cada una. Las tres primeras instituciones con mayor participación basaron su productividad prioritariamente en una revista; así, por ejemplo, el INIFAP publicó 80 % de sus artículos en la RMCP, la UNAM publicó 63 % de sus estudios en VM, mientras que el CP publicó 59 % de sus artículos en Ag.

La colaboración internacional donde aparecen instituciones extranjeras ha sido marginal; sin embargo, las instituciones del extranjero que más han participado son el Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical, en Cuba; la Universidad de Nebraska y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Los tipos de análisis que involucran principalmente datos provenientes de poblaciones ocuparon 87 % de los estudios, mientras que el 13 % restante fueron revisiones de literatura y estudios de simu-

Tabla 1. Evolución del número de artículos* de mejoramiento genético animal (MGA) publicados en revistas científicas mexicanas hasta el año 2012.

Table 1. Evolution of the number of papers* on animal breeding published in Mexican scientific journals up to the year 2012.

Periodo	Revista Científica*				Total	Promedio Anual
	Ag	RMCP	TSA	VM		
1963-1969	3	4	-	-	7	1.0
1970-1979	2	9	-	7	18	1.8
1980-1989	1	38	-	24	63	6.3
1990-1999	19	17	-	23	59	5.9
2000-2009	16	34	3	23	76	7.6
2010-2012	7	17	14	1	39	13.0
Total	48	119	17	78	262	5.2

* Artículos realizados con información de México o con participación de investigadores mexicanos.

** Ag = Agrociencia, RMCP = Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, TSA = Tropical and Subtropical Agroecosystems, VM = Veterinaria México.

Tabla 2. Número de artículos* de mejoramiento genético animal (MGA) de acuerdo con la especie estudiada y el área de estudio, publicados en revistas científicas mexicanas hasta el año 2012.

Table 2. Number of papers* on animal breeding according to the species and study area, published in Mexican scientific journals up to the year 2012.

Especie considerada	Genética cuantitativa	Genética molecular	Total
Bovinos	135	15	150
Ovinos	32	4	36
Caprinos	12	1	13
Porcinos	20	3	23
Aves	17	4	21
Conejos	3	0	3
Otros	5	0	5
Total	224	27	251

* Artículos realizados con información de México o con participación de investigadores mexicanos, no considera algunos artículos de revisión de literatura y de simulación que son de carácter general para todas las especies.

lación (Tabla 5). La mayoría de artículos (93 %) han sido publicados por dos o más investigadores. El promedio de investigadores por artículo fue 3.8; sin embargo, el número ha aumentado paulatinamente a través del tiempo; desde 1.4 en la década de los 60 hasta 5.8 en los años recientes. El total de autores que han publicado en las cuatro revistas mexicanas es de 437 (396 nacionales); sin embargo, en el 46 % de los artículos participaron 38 investigadores.

DISCUSIÓN

El aumento en la publicación de artículos sobre mejoramiento genético animal en las décadas más recientes puede explicarse por la dinámica en

la formación de investigadores del país; las décadas de los 60 y 70 coinciden con los periodos de expansión lenta en la formación de investigadores, y una rápida expansión de los programas de posgrado en la década de los 80, los cuales empiezan a consolidarse en los 90. Esta mayor tasa de publicación en años recientes posiblemente también ocurrió a nivel mundial, como resultado del aumento de personal especializado en el área de estudio y la cultura de publicar sus resultados de investigación. En el Journal of Animal Science se reportó un crecimiento similar de artículos publicados en mejoramiento genético animal, donde aproximadamente 50 % de los artículos fueron publicados desde el año 1990 (Hohenboken 2009).

Tabla 3. Número de artículos* de mejoramiento genético animal (MGA) de acuerdo con las características principales y especies estudiadas, publicados en revistas científicas mexicanas hasta el año 2012.

Table 3. Number of papers* on animal breeding according to the species and the main traits under study, published in Mexican scientific journals up to the year 2012.

Características estudiadas	Especies**								Total
	BC	BL	BD	OV	CA	PO	AV	Otros	
Producción de leche/huevo/miel	4	21	6	0	8	0	4	3	46
Producción de carne (crecimiento)	29	0	19	16	2	5	8	3	82
TOTAL PRODUCTIVAS	33	21	25	16	10	5	12	6	128
TOTAL REPRODUCTIVAS	14	14	16	12	5	9	2	0	72
Calidad de la leche	0	3	2	0	1	0	0	0	6
Calidad de la carne	2	0	1	6	0	2	3	0	14
TOTAL DE CALIDAD	2	3	3	6	1	2	3	0	20
Resistencia a enfermedades	2	2	3	2	0	2	3	1	15
Longevidad y vida productiva	1	2	1	0	0	0	0	0	4
Mortalidad y sobrevivencia	0	1	1	0	0	3	0	0	5
Eficiencia	2	2	2	2	0	0	1	0	9
Curvas de lactancia y crecimiento	2	6	1	0	2	0	0	0	11
Conformación (tipo)	0	3	0	0	0	1	0	0	4
Fisiológicas	0	0	3	0	0	0	0	0	3
Temperamento	0	0	0	0	0	0	0	2	2
TOTAL FUNCIONALES	7	16	11	4	2	6	4	3	53
TOTAL	56	54	55	38	18	22	21	9	273

* Artículos realizados con información de México o con participación de investigadores mexicanos, considera que en algunos casos un artículo puede contener información de dos o más tipos de características.

** BC = bovinos para carne, BL = bovinos lecheros, BD = bovinos de doble propósito, OV = ovinos, CA = caprinos, PO = porcinos, AV = aves, Otros = abejas, conejos, venados en cautiverio y ganado de lidia.

En relación con el reconocimiento de las revistas científicas, según el Journal Citation Reports (JCR 2013), Ag, RMCP y VM tuvieron factores de impacto para citas en 2012 de 0.312, 0.310 y 0.170. Aunque estos valores son pequeños, éstos ya implican un cierto reconocimiento a nivel internacional, lo que puede deberse parcialmente a que estas revistas se publican en inglés y español a partir de 2000, 2002, y 2002, respectivamente; por lo que se espera que en los próximos años haya incremento en la cantidad y calidad de las publicaciones.

Genética cuantitativa y molecular

El incremento en estudios de genética molecular de las décadas recientes en México, también está ocurriendo en otros países (Toro 2005). La selección y el apareamiento de animales domésticos en hatos comerciales del mundo se basan principalmente en métodos de genética cuantitativa. Sin embargo, desde la década de los 90, nuevas tecnologías y conocimientos basados en genética

molecular se han estado desarrollando, con expectativas de aplicación masiva en el mediano y largo plazo. Al respecto, Toro (2005) menciona que a nivel mundial el número de publicaciones para este campo se ha incrementado exponencialmente en los últimos años; además, mucha de esta investigación se está publicando en revistas científicas que usualmente fueron dedicadas a los aspectos clásicos de mejoramiento genético animal, como *Journal of Animal Science* o *Journal of Dairy Science*.

En México, todavía se tienen algunas limitantes para el uso de la genética molecular en el mejoramiento genético animal. Al respecto, Montaldo et al. (2012) discutieron algunos de los principales desafíos en México y América Latina. Por ejemplo, estos autores concluyeron que no en todas las poblaciones de bovinos pueden implementarse metodologías de selección genómica, dado el pequeño número de sementales con evaluaciones genéticas y progenies por semental; además de que los costos de genotipificación son todavía relativa-

Tabla 4. Número de artículos* de mejoramiento genético animal (MGA) de acuerdo con el tema principal y la especie estudiada, publicados en revistas científicas mexicanas hasta el año 2012.

Table 4. Number of papers* on animal breeding according to the species and the main topic under study, published in Mexican scientific journals up to the year 2012.

Tema de estudio	Especies**								Total
	BC	BL	BD	OV	CA	PO	AV	Otros	
Caracterización (C) fenotípica y ambiental	13	23	36	28	10	13	6	4	133
C molecular de poblaciones	0	0	0	2	1	1	3	0	7
C cromosómica de poblaciones	0	2	0	2	0	0	0	0	4
C zoométrica de poblaciones	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Comparación de genotipos o razas	5	8	10	9	5	8	3	0	48
Identificación polimorfismos y frecuencias	5	3	2	0	0	2	1	0	13
Estrategias de MGA cuantitativo	1	4	0	1	1	3	5	4	19
Estrategias de MGA uso molecular	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Estimación de parámetros genéticos	24	11	7	2	1	2	2	2	51
Metodologías en evaluaciones genéticas	24	8	3	4	0	0	1	1	41
Estimación de tendencias genéticas	4	2	0	0	1	0	0	0	7
Estimación de consanguinidad	1	1	0	0	0	1	0	1	4
Evaluación de pruebas de paternidad	2	0	0	0	0	0	0	0	2
Estimación de parámetros cruzamiento	4	0	3	0	0	1	0	1	9
Estimación de curvas de lactancia	5	7	1	0	2	0	0	0	15
Estimación de curvas de crecimiento	1	0	0	1	0	0	0	0	2
Interacción genotipo por ambiente	1	0	0	0	0	0	4	0	5
TOTAL	92	69	62	51	21	31	25	13	364

* Artículos realizados con información de México o con participación de investigadores mexicanos, considera que en algunos casos un artículo puede contener información de dos o más tipos de características.

** BC = bovinos para carne, BL = bovinos lecheros, BD = bovinos de doble propósito, OV = ovinos, CA = caprinos, PO = porcinos, AV = aves, Otros = abejas, conejos, venados en cautiverio y ganado de lidia.

Tabla 5. Número de artículos* de mejoramiento genético animal (MGA) de acuerdo con el número de autores por artículo y tipo de análisis, publicados en revistas científicas mexicanas hasta el año 2012.

Table 5. Number of papers* on animal breeding according to the number of authors per paper and the type of analysis, published in Mexican scientific journals up to the year 2012.

Número de Investigadores	Tipo de análisis de información**			
	RL y S	GM	GC	Total
1	10	0	9	19
2	11	1	36	48
3	7	3	43	53
4	5	6	47	58
5	1	3	32	36
>5	0	11	37	48
Total	34	24	204	262

* Artículos realizados con información de México o con participación de investigadores mexicanos, considera que en algunos casos un artículo puede contener información de dos o más tipos de características.

** BC = bovinos para carne, BL = bovinos lecheros, BD = bovinos de doble propósito, OV = ovinos, CA = caprinos, PO = porcinos, AV = aves, Otros = abejas, conejos, venados en cautiverio y ganado de lidia.

mente altos. Adicionalmente, los autores consideran que su uso en el largo plazo debe considerar el mejoramiento de la posición competitiva de las razas en el mercado, para seleccionar por varias características más estrechamente relacionadas con el comportamiento económico de los animales en ambientes específicos y para detectar los genes asociados con variaciones en productividad, de modo que el progreso genético pueda ser más eficiente.

Ambas áreas de la genética requieren seguir estudiándose en México. Gengler y Druet (2002) consideran que el impacto de las tecnologías moleculares en el mundo es aún incierto, mientras que Shook (2006) y Misztal (2007) mencionan que estas nuevas tecnologías no reemplazarán las prácticas de mejoramiento genético existentes, sino que se apoyarán en ellas como algo adicional al mejoramiento genético convencional. Por ejemplo, las predicciones de valores genéticos de los animales tradicionalmente utilizan la información genealógica y productiva, pero con la información derivada de genética molecular, como marcadores genéticos, se están desarrollando procedimientos para las predicciones de valores genómicos, aumentando su confiabilidad (Johnston *et al.* 2012).

Especies y razas estudiadas

El desbalance en la distribución por especie del presente estudio refleja la priorización hacia el estudio de los bovinos y la necesidad de fomentar la atención a otras especies. En el caso de porcinos y aves, la poca cantidad de estudios puede deberse a que en México se manejan principalmente poblaciones comerciales, y el mejoramiento genético de las mismas se realiza por empresas transnacionales. Adicionalmente, esta desproporción también se explica parcialmente por la diversidad en recursos genéticos pecuarios en México: 48 razas de bovinos, 10 de equinos, 21 de ovinos, 12 de caprinos, ocho de porcinos, 23 de aves (líneas y razas) y siete de abejas (SAGARPA 2002), y en menor medida a la participación de las especies en el valor de la producción ganadera que en 2011 se debió en 26.9 % a la carne de aves, 23.4 % a carne de bovino, 20.1 % a leche de bovino, 14.3 % a carne de porcino, 12.3 % a huevo, 1.0 % a carne de ovino, 0.7 % a carne de

caprino, 0.7 % a miel, 0.3 % a carne de guajolote, y 0.3 % a leche de caprino (SIAP 2012). Una distribución similar a la del presente estudio en artículos publicados de mejoramiento genético animal por especie fue reportada en el *Journal of Animal Science*, donde aproximadamente 50 % de todos los artículos involucraron bovinos (Hohenboken 2009).

En razas de ganado transfronterizas diseminadas alrededor del mundo, existe y se desarrolla investigación para caracterizar, mejorar y utilizar estos recursos. Sin embargo, el estudio de las razas criollas y nativas es una prioridad nacional para aprovechar el potencial de adaptación de dichos recursos, por lo que es necesario integrar los esfuerzos de investigación para lograr caracterizaciones más completas de estos recursos, como base para su uso sostenible, a través de planes nacionales debidamente articulados. Un ejemplo en México, es la erosión genética de poblaciones criollas de bovinos que se han venido encastando en su gran mayoría con *Bos indicus*, en las cuales se realizan esfuerzos para su caracterización más completa (CONARGEN 2012). En un estudio de diversidad zoogenética en México, FAO-SAGARPA (2012) identificaron 47 razas criollas y nativas, 13 de las cuales se estimaron en situación de riesgo de extinción.

Para países en desarrollo, Rege *et al.* (2011) consideran que la rapidez de los cambios en los sistemas de producción ha sido acompañado de pérdida de material genético local o nativo, por lo que se deben considerar acciones para facilitar la caracterización de esos recursos y usarlos de tal forma que se aprovechen las ventajas de las razas transfronterizas. Groeneveld *et al.* (2010) mencionan que los recursos locales o nativos son esenciales para mantener opciones de mejoramiento genético futuro, dadas sus ventajas en ciertas características de interés, por lo que una descripción completa de los ambientes de producción en que se desarrollan es vital para la evaluación y comparación del comportamiento de las diferentes razas. Boettcher *et al.* (2010) concluyeron que la conservación de la variabilidad genética en la ganadería es importante, especialmente si consideramos los posibles cambios futuros en los ambientes de producción. Hohenboken (2009) menciona que en las décadas re-

cientes ha habido un incremento importante de las publicaciones relacionadas con la conservación de recursos genéticos en el *Journal of Animal Science*, frecuentemente usando herramientas de genética molecular para caracterizar y clasificar poblaciones.

Sistemas de producción y regiones climáticas estudiadas

El estudio mayoritario hacia sistemas de producción intensivos y de pastoreo extensivo en México refleja en cierto modo los sistemas más utilizados o importantes en las distintas especies animales; sin embargo, la creciente demanda de productos inocuos y la incorporación de elementos de bienestar animal en condiciones de manejo sustentable, crean la necesidad de fomentar y priorizar la investigación hacia sistemas de producción menos intensivos.

La distribución de publicaciones por región climática del presente estudio contrasta con la distribución de zonas agroecológicas en México: árida 28 %, semiárida 20 %, templada 23 %, tropical seca 17 % y tropical húmeda 12 % (Lastra *et al.* 2001), por lo que es conveniente un mejor balance en la atención a las diferentes zonas del país. La concentración de estudios en pocos Estados del país refleja los lugares en donde las instituciones de investigación tienen influencia, lo que no necesariamente se relaciona con la distribución de los sistemas de producción animal en el país. Cabe resaltar la necesidad de investigación para Estados con alta producción animal, como Jalisco, Chiapas y Michoacán, entre otros.

Características y temas estudiados

El estudio de las características no productivas en México es limitado por la falta de registros apropiados, por lo que se requiere mayor investigación sobre características funcionales y de calidad de los productos. Al respecto, Cartwright y Blackburn (1989) consideran que algunas características relacionadas con la adaptación pueden ser antagonistas con características relacionadas con la producción o calidad de los productos; mientras que FABRE TP (2006) menciona que en el futuro, los criadores de animales deberán conservar un balance

entre las características intrínsecas de las especies domesticadas, su bienestar y el mejoramiento de su producción.

Uno de los cambios más importantes en la investigación de mejoramiento genético animal de los últimos años en el mundo, es el tipo de características a estudiar. Toro (2005) menciona que mucho del énfasis en programas de mejoramiento genético animal de los últimos 50 años se ha centrado en el incremento de las características de producción; mientras que recientemente se ha estado emigrando hacia otras características, por ejemplo, en ovinos para características de la canal; en cerdos para ganancia diaria, grasa dorsal, porcentaje de carne magra y tamaño de la camada; y en bovinos de carne para fertilidad, vida productiva, condición corporal y consumo de alimento. Misztal (2007) y Scholtz *et al.* (2011) mencionan que las características principalmente estudiadas en el mundo han sido las relacionadas con la producción, pero actualmente los grandes retos descansan en herramientas de selección para características secundarias, como fertilidad, longevidad y resistencia a enfermedades. Toro (2005) mostró que las investigaciones han cambiado el enfoque anterior de estudiar características productivas, hacia considerar características funcionales. Con base en una revisión de las principales revistas científicas que publican artículos sobre mejoramiento genético animal, el autor indica que en 2004 se publicó el doble de artículos sobre características funcionales que sobre productivas, lo que evidencia el cambio en enfoque de los años recientes; además, resalta que más de la mitad de los artículos sobre características funcionales, tratan el estudio de resistencia a enfermedades. Según FABRE TP (2006), la resistencia a enfermedades es posiblemente el aspecto más crucial a nivel de poblaciones. El autor menciona que se ha estimado que alrededor de 17 % de la producción se pierde por enfermedades de los animales y que el control de enfermedades infecciosas tiene gran potencial de sustentabilidad, ya que mejora el bienestar animal, la eficiencia de producción, reduce el desperdicio de nutrientes en el proceso de lucha contra la enfermedad, reduce el riesgo que animales sean portadores de enfermedades hereditarias y mejora

la calidad de los productos. Las oportunidades de investigación incluyen el aprovechamiento de la variabilidad en resistencia a enfermedades y el entendimiento de la biología molecular en las relaciones complejas hospedero-patógeno, enfocándose en entender cómo la variabilidad en una población afecta el comportamiento completo de grupos de animales y cómo los cambios en biodiversidad probablemente afectarán el control de enfermedades infecciosas.

La poca diversidad de temas estudiados en México sugiere la necesidad de considerar tópicos contemporáneos y de trascendencia internacional, como la evolución de la consanguinidad, la resistencia a enfermedades, la estimación de parámetros de cruzamiento, y la evaluación de interacción genotipo por ambiente, entre otros. Hohenboken (2009) presentó la proporción de temas en mejoramiento genético animal considerados en los artículos científicos publicados en el *Journal of Animal Science* y encontró que los temas más importantes (55 %) fueron las caracterizaciones y comparaciones de recursos genéticos, seguidos por los relacionados con estimaciones de efectos maternos (17 %) e interacciones genotipo por ambiente (15 %).

Toro (2005) analizó los temas de las publicaciones en mejoramiento genético animal de las principales revistas científicas mundiales, estimando que la mayor proporción de artículos (40 %) estudiaron la estimación de parámetros y evaluaciones genéticas; el autor menciona que la estimación de parámetros genéticos seguirá siendo importante, debido a que ellos son necesarios para implementar evaluaciones genéticas de animales y programas de mejoramiento genético, así como para evaluar respuestas favorables y desfavorables. Al respecto, en México se requiere evaluar las tendencias genéticas como resultado de la implementación de evaluaciones genéticas en varias razas de ganado durante la década más reciente.

En relación con la estimación de parámetros de cruzamiento, la información generada en México ha sido escasa. Se prevé que en los próximos años el cruzamiento entre razas será más común, aún para el caso de bovinos lecheros, por lo que estudios de comparaciones entre razas o de heterosis

y parámetros de cruzamiento deberán ser más frecuentes (Weigel y Barlass 2003, Toro 2005, Funk 2006).

Scholtz et al. (2011) discutieron las oportunidades para incrementar la producción de carne en países en desarrollo, concluyendo que el aspecto más importante de estudio es describir los ambientes de producción e identificar los genotipos mejor adaptados a esos ambientes, para optimizar el comportamiento de los recursos genéticos animales. Cartwright y Blackburn (1989) consideran que es importante generar investigación en mejoramiento genético animal en los países en desarrollo, y que deben tener prioridad la caracterización de razas locales y los ambientes de producción donde se desarrollan, para utilizar (importar) la investigación de otros países en forma efectiva.

Dadas las tendencias de los años recientes en los mercados de productos de origen animal y los posibles ambientes futuros del planeta, el mejoramiento genético deberá proveer de animales mejor adaptados para mantener la biodiversidad en condiciones específicas. Un propósito fundamental de la investigación sobre mejoramiento genético animal en México, debe ser por una parte resguardar la diversidad en recursos genéticos pecuarios y por la otra, hacer un uso racional de dicha diversidad con el fin de contribuir al incremento de productos pecuarios, mejorar la rentabilidad de los dueños de estos recursos, y minimizar el impacto en el ambiente. Una acción prioritaria debe ser el análisis poblacional (tamaño efectivo, consanguinidad y análisis de pedigrí, entre otros) y la descripción de los sistemas de producción (clima, topografía y presencia de parásitos, entre otras) en donde se desarrollan los recursos genéticos pecuarios.

Instituciones y colaboración interinstitucional

En relación con la alta proporción de investigaciones que involucraron sólo una institución, es recomendable incrementar la cooperación interinstitucional en los estudios. La colaboración entre las instituciones refleja la tendencia de los grupos de investigación y sus redes, en hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles, aumentando la cantidad y calidad de las publicaciones.

En relación con las tres instituciones de mayor participación en artículos publicados en las revistas mexicanas, se recomienda que los investigadores o instituciones diversifiquen el espectro de publicación hacia todas las revistas.

Tipos de análisis

El bajo número de publicaciones de simulación y revisión de literatura estimados en el presente estudio refleja la poca atención a estos tipos de artículos en el país. Aunque el enfoque de simulación no es nuevo, éste ha mostrado ser una herramienta efectiva para organizar información y orientar la investigación del siglo XXI, dado el incremento en complejidad y continua expansión del tamaño de las bases de datos en mejoramiento genético animal (Hirooka 2010). Se requiere incrementar la cantidad de trabajos usando la simulación, ya que son importantes para la toma de decisiones sobre programas pertinentes y sostenibles de mejoramiento genético animal a largo plazo, por lo que se recomienda mayor investigación al respecto. Asimismo, se requiere incrementar los artículos de revisión de literatura, donde se analice el estado del conocimiento en temas específicos de interés, y se hagan propuestas para el uso de la información y estrategias para su implementación a nivel nacional o regional.

Colaboración de autores y su productividad

En el presente estudio, las causas de los incrementos en el número de autores por artículo a través del tiempo son difíciles de explicar en términos de un solo factor y requieren de un análisis más detallado. En el mejor de los casos, podría plantearse la hipótesis de que se debe a la necesidad de generar estudios más completos con la participación de especialistas en varias disciplinas y al fortalecimiento de grupos de investigación; sin embargo, también pudiera deberse a la necesidad de los investigadores para adquirir estímulos económicos. Por lo anterior, se requiere promover la creación y consolidación de grupos de investigación.

Los resultados de la productividad individual de los investigadores permitieron identificar a los autores más prolíficos en publicaciones del área de mejoramiento genético animal. Es conveniente aprovechar la experiencia de investigadores consolidados para la formación de mayor cantidad de jóvenes investigadores, para que pasen de productores ocasionales de artículos a productores permanentes.

Finalmente, es conveniente recordar que en el presente estudio se consideró la investigación realizada y publicada en revistas mexicanas reconocidas por el CONACyT, que consistentemente abordan temas relacionados con la ciencia animal, lo que da una buena idea de la actividad científica realizada por los investigadores mexicanos. Una visión complementaria a lo mostrado en el presente estudio deberá considerar lo publicado en revistas científicas de otros países, quienes posiblemente lo hacen por la mayor visibilidad internacional de su trabajo, la especificidad de temas abordados o los estímulos proveídos por instancias gubernamentales como el CONACyT.

CONCLUSIONES

El número de investigaciones en mejoramiento genético animal ha aumentado considerablemente en los años recientes, pero se requiere consolidar grupos de investigación y la formación de nuevos investigadores. Algunos desafíos importantes son conjuntar esfuerzos para aumentar el trabajo interinstitucional; ampliar la cobertura de estudios a otras especies, especialmente para recursos genéticos criollos y nativos; incrementar el estudio en ambientes específicos y evaluar sus interacciones con los genotipos, especialmente en ambientes con poca tecnificación y hacia zonas o entidades federativas con alta producción animal; fomentar el estudio de características no productivas, como las funcionales y de calidad de los productos; e incorporar temas contemporáneos, como la resistencia a enfermedades, y la identificación de polimorfismos y frecuencias génicas de poblaciones.

LITERATURA CITADA

- Boettcher PJ, Tixier-Boichard M, Toro MA, Simianer H, Eding H, Gandini G, *et al.* (2010) Objectives, criteria and methods for using molecular genetic data in priority setting for conservation of animal genetic resources. *Animal Genetics* 41(Suppl. 1): 64-77.
- Cartwright TC, Blackburn HD (1989) Portability of animal breeding research to developing countries: beef cattle. *Journal of Animal Science* 67(2): 342-347.
- CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) (2012) Índice de Revistas Mexicanas de Investigación. México, D. F. <http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/IndiceRevistas/Paginas/Indice6.aspx>. Fecha de consulta 3 de diciembre de 2012.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios) (2012) Tipificación del ganado criollo mexicano de los estados de Chihuahua, Baja California, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Nayarit. México, D. F. 52 p. <http://www.conargen.mx/images/documentos/publicaciones/LibroCriollo.pdf>. Fecha de consulta 6 de diciembre de 2013.
- CP (Colegio de Postgraduados) (2012) Revista Agrociencia. Montecillo, México. <http://www.colpos.mx/agrociencia/agrociencia.htm>. Fecha de consulta 1 de diciembre de 2012.
- D'Alessandro E, Cárdenas P, Russell JM, Galina CS (2000) La revista Veterinaria México como medio de difusión de la investigación en ciencias veterinarias y zootécnicas. *Veterinaria México* 31(3): 261-266.
- De Filippo D, Sanz-Casado E, Urbano SC, Ardanuy J, Gómez-Caridad I (2011) El papel de las bases de datos institucionales en el análisis de la actividad científica de las universidades. *Revista Española de Documentación Científica* 34(2): 165-189.
- FABRE TP (Farm Animal Breeding and Reproduction Technology Platform) (2006) Sustainable farm animal breeding and reproduction. A vision for 2025. Paris, Francia. 30 p. http://www.euroqualityfiles.net/vision_pdf/vision_fabre.pdf. Fecha de consulta 6 de diciembre de 2013.
- FAO-SAGARPA (2012) Documento metodológico para el cálculo del subíndice de diversidad pecuaria. México, D. F. 92 p. http://smye.info/rn/ind_fin/pecuario/informe%20de%20biodiversidad%20actualizado.pdf. Fecha de consulta 5 de diciembre de 2013.
- FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) (2013) Indicadores Bibliométricos de la Actividad Científica Española 2010. Editorial MIC. Madrid, España. 136 p.
- Funk DA (2006) Major advances in globalization and consolidation of the artificial insemination industry. *Journal of Dairy Science* 89(4): 1362-1368.
- Gengler N, Druet T (2002) Impact of biotechnology on animal breeding and genetic progress. In: Renaville R, and Burny A. *Biotechnology in Animal Husbandry*. Springer. Netherlands. pp: 33-45.
- Groeneveld LF, Lenstra JA, Eding H, Toro MA, Scherf B, Pilling D, *et al.* (2010) Genetic diversity in farm animals. *Animal Genetics* 41(Suppl. 1): 6-31.
- Hirooka H (2010) Systems approaches to beef cattle production systems using modeling and simulation. *Animal Science Journal* 81(4): 411-424.
- Hoffmann I (2010) Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. *Animal Genetics* 41(Suppl. 1): 32-46.
- Hohenboken WD (2009) ASAS Centennial Paper: Animal breeding research and the Journal of Animal Science: A century of co-evolution. *Journal of Animal Science* 87(1): 390-399.

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) (2012) Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. México, D. F. <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/index2.php>. Fecha de consulta 5 de diciembre de 2012.
- JCR (Journal Citation Reports) (2013) Journal Summary Lists. 2012 JCR Science Edition. http://admin-apps.webofknowledge.com/JCR/JCR?RQ=LIST_SUMMARY_JOURNAL. Fecha de consulta 11 de septiembre de 2013.
- Johnston DJ, Tier B, Graser HU (2012) Beef cattle breeding in Australia with genomics: opportunities and needs. *Animal Production Science* 52(3): 100-106.
- Lastra MIJ, Núñez DR, Enciso SA, Gallardo NJL, Ramírez VR (2001) Importancia de los recursos genéticos en la producción animal. *Claridades Agropecuarias* Marzo: 3-26.
- Misztal I (2007) Shortage of quantitative geneticists in animal breeding. Editorial. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 124(5): 255-256.
- Montaldo HH, Casas E, Ferraz SJB, Vega-Murillo VE, Román-Ponce I (2012) Opportunities and challenges from the use of genomic selection for beef cattle breeding in Latin America. *Animal Frontiers* 2(1): 23-29.
- Rege JEO, Marshall K, Notenbaert A, Ojango JMK, Okeyo AM (2011) Pro-poor animal improvement and breeding What can science do? *Livestock Science* 136(1): 15-28.
- Romera-Iruela MJ (2011) La investigación-acción en la formación del profesorado. *Revista Española de Documentación Científica* 34(4): 597-614.
- SAGARPA (2002) Informe sobre la Situación de los Recursos Genéticos Pecuarios de México. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 52 p.
- Scholtz MM, McManus C, Okeyo AM, Theunissen A (2011) Opportunities for beef production in developing countries of the southern hemisphere. *Livestock Science* 142(1): 195-202.
- Shook GE (2006) Major advances in determining appropriate selection goals. *Journal of Dairy Science* 89(4): 1349-1361.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2012) Información básica de ganadería. México, D. F. <http://www.siap.gob.mx/>. Fecha de consulta 21 de mayo de 2012.
- Toro MA (2005) Achievements of research in the field of animal breeding and selection. In: *Animal Production and Animal Science Worldwide. WAAP Book of the Year 2005*. Edited by Rosati A, Tewolde A, and Mosconi C. Wageningen Academic Publishers. The-Netherlands. pp: 37-48.
- UADY (Universidad Autónoma de Yucatán) (2012) Tropical and Subtropical Agroecosystems. Electronic Journal. Mérida, Yucatán. <http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA>. Fecha de consulta 7 de diciembre de 2012.
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) (2012) Revista Veterinaria México. México, D. F. <http://revistaveterinaria.fmvz.unam.mx/>. Fecha de consulta 2 de diciembre de 2012.
- Weigel KA, Barlass KA (2003) Results of a producer survey regarding crossbreeding on US dairy farms. *Journal of Dairy Science* 86(12): 4148-4154.