

## MEJORES CRUCES F<sub>1</sub> Y REPRODUCTORAS HÍBRIDAS COMO LÍNEAS MATERNAS PARA LA PRODUCCIÓN CUNÍCULA COMERCIAL

**ENTIDAD EJECUTORA PRINCIPAL:** Instituto de Ciencia Animal

**AUTORES PRINCIPALES:** Yoleisy García Hernández<sup>1</sup> y Raquel Elena Ponce de León Sentí<sup>1</sup>

**OTROS AUTORES:** Gladys Sonia Guzmán Martínez<sup>1</sup>, Luis Mateo Fraga Benítez<sup>1</sup>, Oriol Santiago<sup>2</sup>, Ismael Berrios<sup>2</sup>, Lucio Labrador<sup>2</sup>, Dayron García Quiñonez<sup>1</sup>

**COLABORADORES:** Migdalia Rodríguez Pérez. Unidad genética cunícula 26 de julio, EGAME, Rosana Quilarte Tomacen. Unidad genética cunícula 26 de julio, EGAME, María Consuelo Abad Terrero. Unidad genética cunícula 26 de julio, EGAME, Regla M. Castro Sánchez. Unidad genética cunícula 26 de julio, EGAME, Gladys Calderon Mesa. Unidad genética cunícula 26 de julio, EGAME, Ivón López Trujillo. Unidad genética cunícula 26 de julio, EGAME, Rosa Fernández Matos. Unidad genética cunícula 26 de julio, EGAME.

**OTRAS ENTIDADES PARTICIPANTES:**

<sup>1</sup> Grupo de Genética, Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba

<sup>2</sup> Empresa de Ganado Menor (EGAME), Cuba

**AUTOR PARA LA CORRESPONDENCIA:**

Yoleisy García Hernández

Dirección postal: Carretera Central km 47½, C. P. 32700. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

E-mail: [yoleisyg@ica.co.cu](mailto:yoleisyg@ica.co.cu)

### RESUMEN

Se ejecutaron tres dialélicos con cruces simples (7606 observaciones) y dos dialélicos usando reproductoras híbridas (790 observaciones) con cuatro razas (California, C; Chinchilla, CH; Nueva Zelandia, N y Semigigante, S) en condiciones de producción por un período de más de 30 años y analizados por primera vez de forma conjunta en cada generación, atenuando los efectos de la interacción genotipo-ambiente para estudiar el comportamiento predestete. Se aplicaron modelos lineales generalizados mixtos con estimaciones basadas en máxima verosimilitud restringida, métodos y procedimientos estadísticos de mayor precisión que los usados anteriormente, para estimar a) los efectos de las razas paternas, maternas, cruces específicos y diferencias entre pares de recíprocos b) por primera vez en el país los parámetros genéticos del cruzamiento

según Dickerson y c) por primera vez se calculan los efectos raciales y parámetros genéticos de las productividades numéricas y ponderales de los genotipos puros y cruzados. Se identificaron como mejores cruces  $F_1$  a NS, CS, CCH, SCH, SN y CHN. Los parámetros genéticos demostraron la superioridad de efectos maternos en la Semigigante y Nueva Zelandia y de efectos directos en la California y Chinchilla. La heterosis fue alta para los rasgos predestete (12-20%). La evidencia de los mejores cruces, la propuesta de inclusión de nuevos cruzamientos, la estimación de los parámetros genéticos del cruzamiento que ratifican la política de utilización racial y las productividades predestete de cada una de las razas y cruces, así como la propuesta de una metodología para la evaluación integral de cruzamientos constituyen aportes al conocimiento y caracterización del potencial genético y heterótico de nuestras razas, su utilización racial y la selección de los mejores cruces para la producción comercial. Todos estos elementos constituyen las bases esenciales para la toma de decisiones en el Programa Nacional de Mejoramiento Genético del conejo. La información se divulgó en una tesis de doctorado, siete publicaciones periódicas, once memorias de eventos, un capítulo de libro, un plegable y la participación en dieciocho eventos científicos nacionales e internacionales. Además, los autores recibieron dieciséis premios y reconocimientos y obtuvieron dos registros.

## **COMUNICACIÓN CORTA DEL RESULTADO**

En Cuba, desde los comienzos de la cunicultura se han desarrollado experimentos de cruzamientos basados en diseños dialélicos (Ponce de León 1977 y García 2005) en los centros genéticos de la EGAME de mayores efectivos poblacionales, cuya información permite evaluar diferentes parámetros genéticos de un conjunto de razas progenitoras que contribuyen a tomar decisiones objetivas sobre el uso de las razas en los programas de mejoramiento genético, así como en la selección del material a utilizar en estos programas (Mastache y Martínez 2003 y Montesinos-López *et al.* 2005).

Desde el punto de vista genético estos experimentos dialélicos se analizaron de forma individual y se estimaron las capacidades combinatorias generales y específicas como indicadores de la variabilidad genética (Ponce de León 1977 y García *et al.* 2011), pero no se estudiaron los parámetros del cruzamiento sugeridos por Dickerson (1969) que es el método de análisis genético más empleado recientemente y que en conejos se ha aplicado por diversos autores (Khalil 1999, Baselga *et al.* 2003, Orengo *et al.* 2004, Brun y Baselga 2005, García-Tomás *et al.* 2006, Gómez-Ramos *et al.* 2008, Al Saef *et al.* 2008, Abou Khadiga *et al.* 2008, Ouyed *et al.* 2011 y Ragab *et al.* 2011).

Por tales razones, la presente propuesta tuvo como objetivo evaluar genéticamente cada una de las razas existentes en el país, a partir del análisis conjunto de toda la información disponible y con empleo de nuevos métodos y procedimientos estadísticos, para identificar los cruces  $F_1$  y reproductoras híbridas con mayores ventajas en la etapa predestete a ser utilizados en la cunicultura cubana como líneas maternas a fin de incrementar las producciones de la especie y la disponibilidad de proteína de origen animal. Para esto el trabajo se dividió en cuatro estudios: 1) Influencia de los diferentes efectos raciales en rasgos predestete; 2) Estimación de los parámetros genéticos del cruzamiento en rasgos predestete, 3) Estimación de la productividad numérica y ponderal al destete y 4) Metodología para evaluar integralmente el comportamiento

predestete. Los resultados forman parte de una tesis de doctorado y se divulgaron en siete publicaciones periódicas y once no periódicas, dieciocho eventos científicos y un plegable.

## Principales Resultados

### Estudio 1. Influencia de los diferentes efectos raciales en rasgos predestete

Con la aplicación de nuevos métodos estadísticos (modelos lineales generalizados mixtos) para un total de 10 variables que representan distintas etapas del comportamiento predestete y no cumplen los supuestos de normalidad, se determinó la influencia de los factores genéticos, raza paterna, raza materna, la interacción entre ellas (raza paterna\*materna), el cruce específico y la pareja de recíprocos en tres experimentos de cruzamientos dialélicos (7606 observaciones), mientras que en los dos experimentos con reproductoras  $F_1$  (790 observaciones) se analizaron las razas componentes del genotipo de la reproductora (cruce específico materno, raza paterna y materna de la reproductora y las diferencias entre pares de recíprocos maternos). Tanto en los cruces dialélicos como en las reproductoras  $F_1$  se incluyó el efecto del experimento para garantizar la correcta identificación de los efectos genéticos (García 2013).

Los factores genéticos (García *et al.* 2011, 2012a y b) estudiados tuvieron menor influencia sobre los rasgos predestete con respecto a los atribuidos al experimento, particularmente en los cruces dialélicos y en menor proporción en la reproductora  $F_1$ . La interacción raza paterna\*materna fue la fuente de variación de mayor significación en cruces dialélicos y reproductoras  $F_1$ . Entre las parejas de recíprocos se encontró poca variabilidad genética al encontrarse presente en un solo rasgo para los cruces dialélicos y ausente en la reproductora  $F_1$ .

Los cruces  $F_1$  más prominentes para ser utilizados en la estructura de cruzamiento comercial en la cunicultura cubana, particularmente en rasgos predestete son CS, CCH, SN, CHS, y NS. Además, fue posible encontrar al menos tres cruces (CCH, CS y SCH) que coinciden en los primeros lugares de orden de mérito, tanto en los cruces dialélicos como en reproductoras  $F_1$ , para el peso de la camada al destete (PCAM35), rasgo que fue significativo en ambas etapas. La correspondencia entre el orden de mérito de los cruces  $F_1$  y de estos usados posteriormente como cruces maternos, avalada por una correlación de 0.70, reflejan que es más eficiente la vía de obtención de estas hembras híbridas para ser utilizadas en cruzamientos triples o de cuatro razas (García 2013).

### Estudio 2. Estimación de los parámetros genéticos del cruzamiento en rasgos predestete

A partir de los resultados obtenidos en el estudio anterior se generaron todas las ecuaciones de estimación y docimación de los parámetros genéticos del cruzamiento: efecto aditivo directo ( $g^I$ ), efecto aditivo materno ( $g^M$ ) y heterosis individual ( $h^I$ ), según el modelo de Dickerson (1969), no empleado con anterioridad en el país. Estas estimaciones se realizaron para todos los rasgos predestete en estudio, a través del contraste lineal entre las medias de cada de cruce, tanto en cruces dialélicos como en las reproductoras  $F_1$ , excepto la heterosis para estos últimos. Los contrastes se construyeron de acuerdo a las definiciones de cada parámetro (García 2013).

Como resultado se obtuvieron los parámetros genéticos del cruzamiento para cada uno de los rasgos predestete analizados en los cruces dialélicos y reproductoras F<sub>1</sub>, los cuales ratificaron en los cruces dialélicos la superioridad de los efectos maternos de las razas Semigigante y Nueva Zelandia para la fertilidad, número de destetados por partos (DEST/P), viabilidad al destete (VIABD) y el PCAM35, así como efectos directos favorables a las razas California y Chinchilla para los mismos rasgos. En las reproductoras F<sub>1</sub>, el efecto directo para el 89% de los rasgos tuvo mayor importancia que el efecto materno, detectado solo para DEST/P, número de destetados por destete (DEST/D) y peso individual al destete (PIND35). Los efectos directos fueron a favor de la Nueva Zelandia como raza paterna de la reproductora (García *et al.* 2013 a y b).

Se detectó un amplio rango de heterosis, desde -8 a 20%, para estos rasgos en los cruces dialélicos. Los cruces que mayor heterosis presentan, principalmente para los rasgos DEST/P y VIABD son CCH-CHC, CS-SC, CHS-SCH y NS-SN cuyos valores oscilan entre 13 y 20.2%. Los altos valores de heterosis de dichos cruces para estos indicadores en particular, miden la ventaja del empleo del cruzamiento como vía para mejorar los rasgos sobre los que se sustenta la rentabilidad de una explotación cunícola (García *et al.* 2014).

La obtención de estos parámetros genéticos del cruzamiento para las cuatro razas de mayores efectivos poblacionales permitió disponer de todos los elementos necesarios para trazar la política de utilización racial y de cruzamiento a partir del material genético disponible, así como otras estrategias dentro del mejoramiento genético de la especie.

### **Estudio 3. Estimación de la productividad numérica y ponderal al destete**

Para hacer una valoración integral de los rasgos predestete individuales, se procedió al cálculo de la productividad numérica y ponderal al destete, como indicadores globales para la elección de los mejores cruces con los datos del tercer experimento de cruzamiento dialélico (5026 observaciones) que es el único que contiene la información necesaria (parto actual y parto siguiente) para la determinación del intervalo parto-parto (IPP) e intervalo destete-destete (IDD). Además, son rasgos de mucha utilidad en esta especie pero muy poco estudiados (García 2013).

Se emplearon tres variantes para estimar dichas productividades: A) Productividad/parto solo con registros que disponían de la fecha del parto siguiente (2479 observaciones), B) Productividad/parto ampliado a toda la población (5026 registros) y C) Productividad/destete ampliado a toda la población (3662 observaciones). En las tres variantes se estudió la influencia de los efectos raciales, mientras que para la Productividad/parto ampliado a toda la población y la Productividad/destete ampliado a toda la población se determinaron además los parámetros genéticos del cruzamiento. Estas dos variantes permitieron evaluar con más observaciones los órdenes de mérito de los cruzamientos cuando no se dispuso de la información del siguiente parto en los registros reproductivos.

Los cruces CCH, CHC y SCH, con los mayores valores de productividad numérica y ponderal, se ubicaron dentro de los primeros tres lugares en orden de mérito cuya superioridad puede estar relacionada con el orden de mérito que presentaron estos apareamientos para los DEST/P y el PCAM35 en los cruces dialélicos.

Se encontró mayor incidencia de los efectos aditivos directos que de los aditivos maternos en los rasgos reproductivos y de productividad. Se identificó a la raza Chinchilla como la de mayores posibilidades de ser usada como raza paterna, mientras

que como raza materna se favoreció la California. Los rasgos más beneficiados por la heterosis fueron el IDD y los DEST/D, sobre los cuales se basa la productividad (Ponce de León *et al.* 2014).

Valores máximo de heterosis (21-22%), encontrados para el cruce CCH-CHC en los rasgos de productividad numérica y ponderal, respectivamente indican la factibilidad del cruzamiento en función de mejorar la productividad cunícula en nuestras condiciones tropicales, además de que estos rasgos integradores expresan mayores ventajas de los cruces respecto al promedio de los padres, que para los rasgos independientes (García *et al.* 2016).

#### **Estudio 4. Metodología de trabajo para la selección de los mejores cruces F<sub>1</sub> como líneas maternas**

A partir de la estrategia general para determinar el sistema correcto de cruzamiento, determinar los rasgos de interés, su importancia económica, obtener información de las líneas disponibles (medias, parámetros genéticos, historial de selección) y el comportamiento de los cruces recíprocos de estas líneas en distintos rasgos y de la heterosis, propuesta por Sheridan (1981) y todos los resultados obtenidos en los estudios anteriores se desarrolló una metodología de trabajo para la selección de los mejores cruces F<sub>1</sub> como líneas maternas (García y Ponce de León 2014) que evalúa integralmente el comportamiento predestete de los cruces entre las razas existentes en el país.

Esta metodología recoge las condiciones necesarias para realizar dicha evaluación; los rasgos a considerar de acuerdo con su importancia en la rentabilidad de una explotación cunícula, las características de la información disponible y su forma de cálculo; cómo determinar las diferencias raciales y los parámetros genéticos del cruzamiento, así como la integración de resultados para la toma de decisiones en la elección de los mejores cruces. Su aplicación es a nivel de la cunicultura comercial y permitirá identificar los cruces F<sub>1</sub> más productivos con posibilidades de ser utilizados como líneas maternas en el esquema de cruzamiento triple concebido en el Programa Nacional de Mejora Genética del conejo.

#### **NOVEDADES CIENTÍFICAS QUE SE DERIVAN DEL TRABAJO**

✓ Se estimaron los parámetros genéticos del cruzamiento sugeridos por Dickerson, aplicados a cuatro razas cunículas y doce tipos de reproductoras F<sub>1</sub> en 10 rasgos individuales predestete, lo que permitió identificar las mejores razas maternas, razas paternas, cruces F<sub>1</sub> y reproductoras híbridas F<sub>1</sub>. Estos resultados representan un importante aporte al conocimiento científico y permitiran trazar la correcta política de utilización racial para el Programa Nacional de Mejoramiento Genético en función de hacer un uso racional de los recursos genéticos cunículas disponibles.

✓ Se determinaron los efectos raciales y estimaron los parámetros genéticos del cruzamiento para los rasgos intervalo parto-parto, partos/año y productividad al destete como rasgo integrador, muy poco estudiados en el país a pesar de ser los de mayor importancia en la rentabilidad de las explotaciones cunículas, por lo que constituye una importante contribución al conocimiento de la especie y una herramienta de trabajo para la cunicultura.

✓ Se informa sobre la influencia de efectos raciales en el comportamiento predestete sobre el comportamiento predestete de tres experimentos de cruzamientos dialélicos y dos con reproductoras  $F_1$ , repetidos en distintos periodos y condiciones ambientales que consideran varios niveles de producción del país para atenuar los efectos de la interacción genotipo-ambiente, lo que valida y facilita su aplicación en la cunicultura comercial.

### **APORTES CIENTÍFICOS E IMPORTANCIA DEL TRABAJO**

✓ Se dispone de las estimaciones de productividad numérica y ponderal en cuatro razas puras y 12 cruces  $F_1$  en la etapa predestete, la de mayor importancia en la especie.

✓ Se desarrollaron todas las ecuaciones para la estimación y docimación de los efectos genéticos del cruzamiento según Dickerson para el caso de cuatro razas en un dialélico completo.

✓ Se elaboró una metodología para la selección de las mejores razas y cruces a ser empleados en el mejoramiento genético del conejo, teniendo en cuenta su productividad y es útil para evaluar nuevos cruzamientos, razas o líneas seleccionadas en el país.

✓ Se pone a disposición de la cunicultura, así como de la comunidad científica un conjunto de resultados que permiten a) identificar los genotipos más promisorios como líneas maternas y b) proponer la forma en que deban ser incluidos en el Plan Nacional de Mejoramiento Genético de la especie.