



Uso alternativo de carbohidratos sobre la tasa de clivaje y desarrollo de embriones bovinos *in vitro*

Alternative Use of Carbohydrates on Cleavage and Development Rate of Bovine Embryos *in Vitro*

Mariano-Eliécer Acosta-Lobo¹

Neil-Aldrín Vásquez-Araque².

¹ Ph. D. Institución Universitaria Visión de las Américas (Medellín-Antioquia, Colombia). mariano.acosta@uam.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3043-9319>

² Ph. D. Universidad Nacional de Colombia (Medellín-Antioquia, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6492-4523>

Resumen

El uso de fuentes energéticas alternativas favorecería el desarrollo embrionario *in vitro*, debido a que la alta concentración de glucosa promueve la lipogénesis. Esto podría disminuirse utilizando fuentes alternativas de carbohidratos que no entren a la vía de las pentosas fosfato, como lo es la fructosa. Así, al disminuir la biodisponibilidad de glucosa para la vía de las pentosas fosfato, se disminuiría la síntesis de triacilglicérols, favoreciendo además la criotolerancia de los embriones. Para evaluar esta hipótesis se obtuvieron complejos oocito cúmulo de ovarios provenientes de planta de faenado, y se sometieron a maduración *in vitro* 24 horas, fertilización *in vitro* 18 horas y cultivo embrionario *in vitro* por 192 horas en dos cultivos. El cultivo 1 se hizo por 48 horas, luego de las cuales se determinó la tasa de clivaje y se pasaron los embriones a cultivo 2, distribuidos en gotas con los respectivos 3 tratamientos. El cultivo 2 se llevó a cabo por 144 horas, luego de las cuales se determinó la tasa de blastocistos por tratamiento. El grupo 1, tuvo 2,5 mM de glucosa; el grupo 2, 0,2 mM de glucosa (medio comercial) y 2,5 mM de fructosa y el grupo 3, 0,2 mM de glucosa (medio comercial) en el medio de desarrollo de



cultivo 2. El análisis estadístico mediante prueba de tukey reveló que las mejores tasas de desarrollo estuvieron en glucosa 2.5 mM, mientras en fructosa 2.5 mM- glucosa 0.2mM fue similar al control. Al evaluar la fructosa 2.5 mM, no presentó efecto potenciador del desarrollo embrionario, pero se ha encontrado que la fructosa no altera la proporción de sexo, ni la activación de genes lipogénicos, los cuales están asociados a formación de gotas lipídicas, que afectan la tasa de desarrollo y criopreservación. Sin embargo, se ha demostrado que la fructosa puede potenciar la producción *in vitro* de embriones bovinos cuando se utiliza a una concentración de 5.6 mM. El uso de glucosa 2,5 mM durante el cultivo 2, potencia el desarrollo de los blastocistos bovinos producidos *in vitro*, mientras la fructosa 2.5mM no tiene tal efecto.

Palabras clave: embriones bovinos, fructosa, glucosa, Producción *in vitro* de embriones.

Keywords: bovine embryos, fructose, glucose, In vitro embryos production.



Estimación de heredabilidad para producción de leche en un hato en el norte de Antioquia

Estimation of Heritability for Milk Production in a Herd in Northern Antioquia

Divier Agudelo-Gómez¹
Alejandro Betancur-Ángel²
Óscar-David Múnera-Bedoya³

¹ Ph. D. Universidad CES (Medellín-Antioquía, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6184-335X>

² Solla S.A. (Medellín-Antioquía, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8401-7656>

³ Solla S.A. (Medellín-Antioquía, Colombia). odmunera@solla.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6286-511X>

Resumen

Para los programas de mejora genética en hatos lecheros es importante estimar la heredabilidad de la producción de leche por lactancia, así como los valores genéticos de los animales del rebaño. Esto permite realizar en forma adecuada los procesos de selección y cuantificar el progreso genético estimado. El objetivo del estudio fue estimar la heredabilidad y los valores genéticos para producción en un hato lechero del norte de Antioquia. El estudio se desarrolló en la Granja Experimental Betania ubicada en el municipio de Santa Rosa de Osos (Ant). Se usó la información de productiva leche hasta el día 305 de 381 lactancias ocurridas entre 2010 a 2018 de 131 vacas, el total de animales en el pedigree fue de 434. Se empleó el modelo animal unicaracterístico que incluyó como efectos fijos el grupo racial (1 a 4, Holstein, 1/2 Holstein* 1/2 Mombelieiro o Rojo Sueco, 3/4 Holstein*1/4 Mombelieiro o Rojo sueco y 1/4 Holstein *3/4 Mombelieiro o Rojo Sueco) y grupo contemporáneo conformado por año y mes de parto, como efectos aleatorios se incluyó el efecto genético aditivo y el ambiente permanente, se usó la edad al parto como covariable, los datos fueron analizado con el software Blupf90. La media de producción fue



6.735 ± 1.365 kg, la producción para cada uno de los cuatro grupos raciales fue de 6.772, 6.836, 6.318 y 6.097 kg respectivamente; la heredabilidad estimada fue de 0,4. Los resultados indican que la producción de leche del hato es superior al promedio nacional, la mayor producción fue de las vacas F1 puede ser explicada por la heterosis. De acuerdo a la heredabilidad estimada se puede establecer un programa de selección en el hato para aumentar la producción. Se recomienda continuar con la toma de datos productivos y complementar con datos de composicional de la leche.

Palabras clave: genética animal; herencia; ganado vacuno; zootecnia.

Keywords: animal genetics; inheritance; cattle; zootechnics.



Determinación del patrón de herencia del color en peces Guppy (*Poecilia reticulata*)

Determination of Inheritance Pattern Color in Guppy Fish (*Poecilia Reticulata*)

Ángel-Andrés Arias-Vigoya¹
Charles Sánchez-Roncancio²
Laura Forero-Clavijo³
Jamir-Alexander Rios-Triviño⁴
Laura-Daniela Ortiz-Ramírez⁵
Javier-Alfredo Miranda-Alvarado⁶
Lizeth-Stefany Ochoa-Rodriguez⁷

¹ Ph. D. Fundación Universitaria San Martín (Bogotá-Distrito Capital, Colombia). angel.arias@sanmartin.edu.co.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7320-7123>

² Fundación Universitaria San Martín (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).

³ Ph. D. Fundación Universitaria San Martín. (Bogotá-Distrito Capital, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3009-9158>

⁴ M. Sc. Fundación Universitaria San Martín. (Bogotá-Distrito Capital, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0500-7968>

⁵ Fundación Universitaria San Martín. (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).

⁶ Fundación Universitaria San Martín. (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).

⁷ Fundación Universitaria San Martín. (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo, determinar la dinámica de la herencia del color asociada a la expresión de las células pigmentarias mediante realización de cruzamientos dialélicos en *Poecilia reticulata*. Adicionalmente, se pretende caracterizar la transmisión del color y capacidad para fijar esta característica fenotípica, y, establecer los apareamientos más efectivos para fijar los colores de interés comercial en las progenies a través de la estimación de la aptitud



combinatoria general (ACG) y específica (ACE). El estudio se llevará a cabo en el laboratorio de organismos acuáticos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la FUSM, sede Bogotá. Se evaluarán 4 variedades de guppies: blue mosku, guppy full black, guppy cobra y guppy silvestre. Inicialmente, los animales ($n=16$) se mantendrán en acuarios comunitarios de 60 litros, separados por variedades y por sexo. Posteriormente, en acuarios de reproducción ($n=4$) se cruzarán 3 hembras vírgenes de una variedad pura con un macho silvestre, y, recíprocamente 3 hembras silvestres vírgenes con un macho de una variedad pura para aumentar el vigor híbrido. En las progenies (machos) se evaluarán los rasgos heredados de los progenitores: color del cuerpo y aletas, forma de las aletas dorsal y caudal, presencia o ausencia de manchas negras y naranjas. Se ejecutarán el método de cruzamientos dialélicos para realizar todas las combinaciones posibles, proporcionando una estimación más exacta de la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), y el modelo de efectos mixtos para analizar la heredabilidad del color de fondo. Las progenies se someterán a anestesia usando metasulfonato de triclaína (MS-222) para ser fotografiadas y observar en estereoscopio las características morfológicas y patrón de coloración. Luego, se realizará el análisis del patrón de color usando el Software Photoshop CS6 para dejar las imágenes en un estado de calidad óptima para procesar. Seguidamente se usará el Software R package *colordistance*. Se evaluará RGB (canales rojo, verde y azul), CIElab (canales de luminancia, rojo-verde y azul-amarillo) y HSV (tonos, saturación y canales de valor). Aplicando los pasos de distancia del color descritos por Weller et al. (2019): preparación de imágenes, agrupación de colores y comparación de histogramas.

Palabras clave: acuicultura, color, herencia, peces, teleosteo.

Keywords: aquaculture, color, fish, inheritance, teleost.



Suplementación de medios para la maduración *in vitro* de ovocitos bovinos con sericina e isoespintanol

Supplementation of Media for *In Vitro* Maturation of Bovine Oocytes with Sericin and Isoespintanol

Manuela Betancur-Restrepo¹

Matteo Duque-Rodriguez²

Giovanni Restrepo-Betancur³

¹ M. Sc. Universidad Nacional de Colombia (Medellín-Antioquía, Colombia)

² Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (Medellín-Antioquía Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2048-321X>

³ Ph. D. Universidad Nacional de Colombia (Medellín-Antioquía, Colombia). grestre0@unal.edu.co

Resumen

El suero fetal bovino (SFB) es usado en medios para la producción *in vitro* de embriones por su capacidad para mejorar la producción de blastocistos, sin embargo, este aditivo produce acumulación de lípidos, alteraciones en el metabolismo mitocondrial y baja criotolerancia de los embriones. El objetivo de esta investigación fue evaluar la suplementación del medio para la maduración *in vitro* de ovocitos bovinos con isoespintanol y sericina. Los ovocitos bovinos (n=1061) obtenidos de hembras faenadas se maduraron *in vitro* en medio 199 suplementado con piruvato de sodio 0.2 mM, FSH 10 µg/mL, cisteamina 100 µM, penicilina-estreptomicina 0.5%, durante 22-24 h, a 38.5°C y con 5% de CO₂. Como tratamientos, el medio de MIV se suplementó con isoespintanol a 10 µM (I10) y 20 µM (I20) o sericina a 0.5% (S0.5) y 1.0% (S1.0). Se incluyó un control sin fuente de proteína (C1) y un control con SFB al 10% (C2). Se realizó la fertilización y cultivo *in vitro* bajo protocolos convencionales. El clivaje de los cigotos se evaluó 72 h



después de la fertilización y el estadio de blastocisto se evaluó el día 7 de cultivo. Los blastocistos se vitrificaron y se evaluó su reexpansión después del calentamiento a las 24 h en incubación. Los datos se analizaron mediante el método del score híbrido de Newcombe. La tasa de MIV fue mayor para C2 ($96\pm 4.2\%$), I10 ($97\pm 2.1\%$) e I20 ($96\pm 2.2\%$), respecto a C1 ($82\pm 11.3\%$), S0.5 ($88\pm 3.7\%$) y S1.0 ($80\pm 7.9\%$). El clivaje fue superior para C2 ($71\pm 4.2\%$) e I20 ($74\pm 4.7\%$), en comparación con S0.5 ($59\pm 9.2\%$). La tasa de blastocistos fue mayor para I20 ($38\pm 7.0\%$), respecto a C1 ($21\pm 7.8\%$), C2 ($34\pm 7.1\%$), S0.5 ($26\pm 5.0\%$) y S1.0 ($26\pm 6.3\%$). Para la tasa de reexpansión hubo un aumento significativo en I20 ($45\pm 7.6\%$) respecto a C1 ($17\pm 13.1\%$) y C2 ($20\pm 6.7\%$). Se concluye que el isoespintanol puede mejorar la desarrollo *in vitro* de los embriones bovinos, y que la sericina puede constituirse una fuente de proteína alternativa en los medios para la producción *in vitro* de los embriones bovinos.

Palabras clave: Embriones bovinos, isoespintanol, maduración *in vitro*, sericina, suero fetal bovino, vitrificación.

Keywords: bovine fetal serum, Cattle embryos, isoespintanol, maturation *in vitro*, sericin, vitrification.



Expresión génica de las Aquaporinas en bovinos y su relación con la calidad espermática

Aquaporins Gene Expression in Cattle and Their Relationship with Sperm Quality

Lilian Bonilla¹

Ricaurte Lopera-Vasquez²

Iang Rondon-Barragán³

¹ Universidad Cooperativa de Colombia (Villavicencio-Meta, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0841-051X>

² Universidad Cooperativa de Colombia (Villavicencio-Meta, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6792-1961>

³ Ph. D. Universidad del Tolima (Tolima-Ibagué, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6980-892X>

Resumen

Uno de los principales problemas productivos, es la infertilidad o subfertilidad de sementales bovinos, de los cuales depende la capacidad fecundante de las hembras en programas de monta natural estacional o permanente. Algunas razas presentan mejores niveles de fertilidad como es el caso de razas introducidas como la Brahman y la Gyr, al igual que la criolla colombiana “Blanco Orejinegro (BON)”. Las aquaporinas son proteínas integrales de membrana que intervienen en el transporte de solutos como el agua, la urea y el glicerol, participando en la modificación del volumen y la motilidad espermática, factores determinantes en la fertilidad de los machos. Se han descrito 13 isoformas de aquaporinas (0 - 12) algunas de las cuales han demostrado una alta correlación con la fertilidad en machos. El objetivo es determinar la expresión génica de las isoformas de aquaporinas en machos de las razas BON, Brahman y Gyr. Para esto, se seleccionarán 5 toros de cada raza, a los cuales se les realizará un examen andrológico (concentración, motilidad masal, vigor, vitalidad), y morfológicas con



tinción triple. Se realizará análisis de expresión génica de las isoformas de aquaporinas a semen fresco y criopreservado. Para este fin, se realizará la síntesis de ADNc a partir de ARNm extraído de las muestras. La expresión génica relativa del transcripto de las aquaporinas se determinará mediante el uso de qPCR. Se espera que la expresión génica diferencial de las diferentes isoformas de las aquaporinas entre razas estará correlacionada potencialmente con los resultados del examen andrológico.

Palabras clave: análisis de semen, PCR en tiempo real, proteínas de canales de agua, transcriptoma.

Keywords: real-Time PCR, semen analysis, transcriptome, water channel protein.



Male and Embryo Cryopreservation Effect on Pregnancy Rates on *in vitro* Derived Embryos in Colombia

Efecto de la criopreservación de machos y embriones en las tasas de
embarazo en embriones derivados *in vitro* en Colombia

Lilian Bonilla-León¹

Ramón Gómez-Domínguez²

Martha Torres-Londoño³

Andres Mejía-Gallego⁴

Ricaurte Lopera-Vásquez⁵.

¹ Universidad Cooperativa de Colombia (Villavicencio-Meta, Colombia).

² *In vitro* Colombia (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).

³ *In vitro* Colombia (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).

⁴ Universidad Cooperativa de Colombia (Villavicencio-Meta, Colombia).

⁵ Universidad Cooperativa de Colombia (Villavicencio-Meta, Colombia). ricaurte.lopera@campusucc.edu.co

Abstract:

Livestock in Colombia have been improved by *in vitro* embryo production (IEP), an important assisted reproduction technique for bovine animal breeding in elite farms. Also, dairy farms on tropical conditions use on IEP crossbreeds between *B. indicus* and *B. Taurus*. However, IEP efficiency (pregnancy rates) is influenced by female, male, cryopreservation effects that impact on embryo quality and subsequent pregnancy rates (PR). The objective was to evaluate male of Holstein (*Bos taurus*) bulls and cryopreservation effects of IEP on PR on IEP program in Caquetá department (Colombia). A retrospective study were done on 2020 database of *In Vitro Colombia*® laboratory (Florencia-Caquetá, Colombia). *In vitro* fresh (FE) and cryopreserved (CE) embryos from two sexed Holstein bulls (A and B) crossed with



Gyr (*Bos indicus*) cows, were evaluated on PR (45 days) through one way ANOVA for each parameter (Infostat® 2020) ($p \leq 0.05$). When FE were analysed PR between bulls were similar (A) ($51.0 \pm 5\%$) and (B) ($38.0 \pm 5\%$) ($p = 0.07$) respectively, However CE on PR differs between bulls (A) ($52.0 \pm 6\%$) vs. (B) ($34.0 \pm 6\%$) ($p = 0.02$). Not bull influence on FE and CE were found (A) ($p = 0.89$) and (B) ($p = 0.6$) respectively. In conclusion, the cryopreservation effect influence on pregnancy rates on IEP system in Caquetá Colombia, however, more analysis of IEP influence factors should be developed to explain and improve IEP fertility rates.

Palabras clave: Caquetá, embrión, fertilidad, fresca, transferencia, vitrificación.

Keywords: Caquetá, embryo, fertility, fresh, transfer, vitrification.



Sistema alternativo para la producción *in vitro* de embriones bovinos

Alternative System for the *In Vitro* Embryo Production in Bovines

Daniela Camacho-Castillo¹

Diego-Andrés Velasco-Acosta²

David-Leonardo Gómez³

Diego-Fernando Dubeibe-Marín⁴

¹ Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).
dcamacho@udca.edu.co

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).
dvelasco@agrosavia.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2167-0930>

³ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).
dgomez@agrosavia.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2078-5656>

⁴ Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (Bogotá-Distrito Capital, Colombia). ddubeibe@udca.edu.co.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9293-7532>

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de un sistema de incubación alternativo, mediante gasificación a partir de reacción química, para la producción *in vitro* de embriones bovinos. Ovarios obtenidos en planta de beneficio fueron transportados hasta laboratorio de Biotecnología y Reproducción de la U.D.C.A en solución salina (0,9%) a 35°C. Los folículos fueron aspirados, y con ayuda de estéreo-microscopio, los complejos *cúmulus*-ovocitos (CCOs) con citoplasma homogéneo y una cantidad abundante de células del *cúmulus* fueron seleccionados y distribuidos aleatoriamente en dos grupos experimentales de la siguiente manera: en el sistema alternativo (SA), la maduración, fecundación y cultivo *in vitro* fueron llevados a cabo utilizando un frasco humidificador de oxígeno, previamente adaptado, la fuente de CO₂ en este grupo fue la reacción de efervescencia de una



pastilla con 0,2 g de ácido cítrico y 0,4 g de bicarbonato de sodio, y para la temperatura fue usado un baño maría a 39°C. En el grupo control (CN), todos los procedimientos para la producción de los embriones transcurrieron en incubadora convencional ajustada a 38,5°C, 5% de CO₂ y humedad saturada. Los blastocistos de calidades buena y excelente producidos por los dos sistemas fueron criopreservados mediante vitrificación. Los resultados de las tasas de clivaje y producción de blastocistos, además de la reexpansión y eclosión pos-desvitrificación, se analizaron mediante el programa estadístico SAS, usando Chi-cuadrado con un nivel de significancia del 5%. Fue observado que las tasas de clivaje y producción de blastocistos fueron menores ($P=<0,0001$) en el sistema alternativo, en comparación con el sistema control (17,2% y 3,5% vs 36,6% y 15,5%, respectivamente). Además, la proporción de embriones reexpandidos fue mayor en el grupo control (17,2%), con relación al grupo alternativo (0%, $P=>0,05$). En ninguno de los grupos fue observada eclosión embrionaria. En conclusión, a pesar de la posibilidad de producir embriones bovinos en el sistema alternativo evaluado, los resultados indican que el sistema carece de eficiencia en términos de cantidad y calidad de blastocistos producidos, futuros ajustes son necesarios para lograr una eficiencia, al menos similar, a la obtenida en el sistema convencional.

Palabras clave: CO₂, humidificador, incubación, pH, reacción-química, vitrificación.

Keywords: chemical reaction, CO₂, humidifier, incubation, pH, vitrification.



Relación del conteo de folículos antrales, condición corporal y respuesta lúteal en receptoras de embriones

Relationship of Antral Follicle Count, Body Condition Score and Luteal Response in Embryo Recipients

Elkin Castillo-Castro¹

Juan Gamba-Flores²

Diego-Armando Riveros³

Agustín Góngora-Orjuela⁴

¹ Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia). elkin.castillo@unillanos.edu.co.

² Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia).

³ M. Sc. Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0546-1618>

⁴ Ph. D. Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2915-683X>

Resumen

El éxito de la transferencia de embriones (TE) es dependiente en gran parte de las características fisiológicas individuales del animal, como el conteo de folículos antrales (CFA) y la condición corporal (CC). En los últimos años se han venido estableciendo criterios de selección para identificar de forma objetiva las mejores receptoras de embriones. El objetivo fue evaluar la relación entre la cantidad de folículos antrales, la condición corporal y la respuesta lúteal en vacas receptoras de embriones. Se utilizaron 100 novillas Brahman, sincronizadas mediante el siguiente protocolo. El D0 aplicación de dispositivo intravaginal de 0.5 g (P4) natural y 2 mg de benzoato de estradiol, IM. El D8 retiro del dispositivo y aplicación de 0.15 mg de Cloprostenol IM, más 400 UI de eCG y 1 mg de cipionato de estradiol, a las 48 horas



del retiro del dispositivo se determinó como el momento de la ovulación. Las novillas fueron clasificadas de acuerdo a CC en escala de colores mediante Vetscore® en baja (color rojo), adecuada (verde) y alta (amarillo). El día del inicio del protocolo, se realizó mediante ultrasonido el CFA y posteriormente el día 7 posovulación la respuesta al tratamiento mediante la identificación de la presencia de un cuerpo lúteo mayor a 10 mm. El porcentaje de respuesta al tratamiento fue del (86.0%; 86/100), siendo menor en las novillas con CC alta versus aquellas con CC media ($P < 0.05$), con respecto a las novillas ideales en condición corporal, pero no con las novillas de condición baja. Las novillas con mayores CFA tuvieron una mayor respuesta al tratamiento que aquellas con menores CFA ($P = 0.001$).

En conclusión, el CFA y la CC en novillas Brahman tienen una relación directa con la respuesta lútea, lo que sugiere que se pueden usar en la selección novillas como receptoras en programas de transferencia de embriones a tiempo fijo.

Palabras clave: biotecnología, bovinos, ciclo estral, reproducción, sincronización de la ovulación.

Keywords: biotechnology, cattle, estrous cycle, ovulation synchronization, reproduction.



Efecto de dos preservantes sobre la calidad seminal en equino

Effect of Two Preservatives on Seminal Quality in Horses

Darwin García-Rojas¹
Emiro-Rafael Canchila²
Ricci Terraza-Marinez³
Elkin-Orlando Romero⁴
Iván-Fidel Rocha-Paba⁵
Jorge-Eliecer Franco-Rodríguez⁶
Norberto Villa-Duque⁷
Lisbeth Campo-Arenas⁸.

¹ Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). darwin.garcia@unipaz.edu.co.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9749-0055>

² Ph. D. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2299-1565>

³ Ph. D. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8693-1276>

⁴ M. Sc. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia).

⁵ Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja- Santander, Colombia).

⁶ M. Sc. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3573-4421>

⁷ Ph. D. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2096-4272>

⁸ Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia).

Resumen

El objetivo del presente trabajo es la comparación de los efectos protectores de dos diluyentes sobre la calidad seminal, a través de la medición de variables como integridad de la membrana plasmática, la movilidad, velocidad curvilínea (VCL), Velocidad rectilínea (VSL), Velocidad media (VAP) de los espermatozoides en



equinos; el estudio se realizó en el municipio de Barrancabermeja, en diversos criaderos, las muestras se procesaron en el Laboratorio de Biotecnología de Reproducción Animal (LABRA) del Instituto Universitario de la Paz, se recolectaron muestras de semen con vagina artificial de cinco equinos, a cada uno se le tomaron seis eyaculados, uno cada semana, cada eyaculado se preservó en ambos diluyentes el Revolution y el Z-extender en dilución 1:1; se transportó en refrigeración a 15°C durante un lapso no mayor a tres horas, El semen diluido fue evaluado a través del sistema computarizado de análisis seminal para determinar la movilidad y velocidad del esperma, la integridad de la membrana plasmática se evaluó a través de la prueba hypoosmotic swelling test (HOST); Para el análisis estadístico se utilizó análisis de varianza (ANAVA). Se obtuvo una movilidad espermática media de 86,5 %, y 88,8 %; con espermatozoides rápidos progresivos de 8,0% y 4,2%; espermatozoides medio progresivo 16,2% y 14,1%; espermatozoides móviles no progresivo 62,2% y 70,3% para los diluyentes Z-Extender y Revolución respectivamente, para las variables velocidad curvilínea (VCL) 47,5 $\mu\text{m/s}$ y 46,3 $\mu\text{m/s}$; Velocidad Rectilínea (VSL) de 12,0 $\mu\text{m/s}$ y 11,5 $\mu\text{m/s}$, para la Velocidad Media (VAP) 23,4 $\mu\text{m/s}$ y 23,9 $\mu\text{m/s}$, para los diluyentes Z-Extender y Revolución respectivamente, para la integridad de la membrana plasmática se hallaron valores de 55,4% en el diluyente Z-Extender y 55,3% en el diluyente Revolución, con lo cual no se evidencia diferencia estadísticamente significativa para ninguna de las variables evaluadas, pero si una diferencia porcentual a favor del diluyente Z-Extender.

Palabras clave: calidad seminal, equinos, semen, velocidad espermática.

Keywords: horses, semen, seminal quality, sperm velocity.



Evaluación del efecto de dos preservantes sobre la velocidad y morfología espermática en equinos

Evaluation of the Effect of Two Preservatives on the Speed and Sperm Morphology in Equines

Darwin García-Rojas¹
Emiro-Rafael Canchila²
Ricci Terraza-Marinez³
Elkin-Orlando Romero⁴
Iván-Fidel Rocha-Paba⁵
Jorge-Eliecer Franco-Rodríguez⁶
Villa Duque⁷
Lisbeth Campo-Arenas⁸.

¹ Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). darwin.garcia@unipaz.edu.co.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9749-0055>

² Ph. D. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2299-1565>

³ Ph. D. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8693-1276>

⁴ M. Sc. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia).

⁵ Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia).

⁶ Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3573-4421>

⁷ Ph. D. Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2096-4272>

⁸ Instituto Universitario de la Paz (Barrancabermeja-Santander, Colombia).

Resumen

El trabajo se desarrolló en el municipio de Barrancabermeja, las muestras se procesaron en el Laboratorio de Biotecnología de Reproducción Animal (LABRA) del Instituto Universitario de la Paz, el objetivo es comparar dos preservantes sobre



la morfología y las velocidades espermáticas en equino; se recolectaron muestras de semen con vagina artificial en cinco equinos, a cada uno se le tomaron seis eyaculados, uno cada semana, cada eyaculado se preservó en dos diluyentes el Revolution y el Z-estender en dilución 1:1; se transportó refrigerado a 15°C durante un lapso no mayor a tres horas, El semen diluido fue evaluado a través del sistema computarizado de análisis seminal para determinar el movimiento o motilidad de los espermatozoides, para la evaluación de la morfología del espermatozoide se evaluó el acrosoma, daños en la cabeza, colas enrolladas y colas en látigo, el semen se fijó con formaldehído o glutaraldehído para la evaluación morfológica; Para el análisis estadístico se utilizó análisis de varianza (ANAVA). Los resultados obtenidos para espermatozoides rápidos progresivos fueron de 68,05% y 44,2%; espermatozoides medio progresivo 46,2% y 35,1%; espermatozoides móviles no progresivo 32,2% y 56,3% para los diluyentes Z-Extender y Revolución respectivamente, no se evidencia diferencia estadísticamente significativa para ninguna de las variables anteriores, pero si una diferencia porcentual a favor del diluyente Z-Extender. en las variables referentes a morfología, se obtuvieron los valores para daños del acrosoma de 6,13% y 5,08% \pm 2,07; daños de cabeza de 4,6% y 4,5% \pm 1,74; para colas enrolladas de 6,4% y 4,8% \pm 2,22 y colas en látigo 12,0 y 12,06 \pm 2,37, para los diluyentes Z-Extender y Revolución respectivamente Solo se encontró diferencia estadísticamente significativa para la variable daños de cabeza ($P < 0,05$), en las demás variables referentes a la morfología no hubo diferencia significativa. Se infiere que los preservantes tienen acción directa sobre la protección del espermatozoide; Las variables morfométricas pueden influir de manera considerable en las características del movimiento espermático, existiendo correlaciones entre los parámetros morfométricos y cinéticos del espermatozoide.

Palabras clave: acrosoma, equinos, morfología espermática, velocidad espermática.

Keywords: acrosome, horses, sperm morphology, sperm velocity.



Evaluación de apareamientos del rebaño bufalino de la Universidad de Antioquia

Mating Evaluation of the Buffalo Herd of the University of Antioquia

Katerin González-García¹

Iveth Montoya-Parra²

Hernán Medina-Ríos³

Mario Cerón-Muñoz⁴

¹ Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia). kangelica.gonzalez@udea.edu.co

² Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia).

³ Ph. D. (c) Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia).

⁴ Ph. D. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia).

Resumen

Los hatos dedicados al mejoramiento genético procuran obtener ganancias genéticas por medio de la selección y cruzamiento, controlando los niveles de endogamia, la pérdida de la diversidad genética, la presencia de cuellos de botella genéticos y la pérdida del tamaño efectivo de la población. Para esto, es indispensable evaluar constantemente los hatos, verificar si hay progreso genético, conocer la estructura genética de los rebaños y plantear estrategias. El objetivo de este trabajo fue evaluar el programa productivo de búfalos de la Universidad de Antioquia, desde el aspecto genético del rebaño. Se utilizó la información de los registros genealógicos de la hacienda Vegas de la Clara ubicada en el Nordeste de Antioquia. Se calcularon los parámetros: tamaño efectivo de la población (N_e), coeficiente de endogamia (F) e índice de completitud del pedigrí (PCI) utilizando paquetes del software R-project. Se identificó un total de 380 animales, de los cuales el 56.5% y 43.5 fueron hembras y machos, respectivamente. Se encontró que N_e fue de 12 animales y F promedio fue de 0.01 ± 0.02 , donde el 44% de todos los



animales fueron endogámicos. PCI promedio fue de 0.61 y el máximo de generaciones rastreadas fue 13, mientras que el número de generación que se encuentra completamente rastreadas fue 5. El programa de apareamiento bufalino del predio ha permitido mantener bajos niveles de consanguinidad; a pesar de no haber un adecuado tamaño efectivo de la población, se mantiene una estructura genética del rebaño acorde a las necesidades del sistema productivo.

Palabras clave: búfalo, consanguinidad, pedigrí, tamaño efectivo poblacional.

Keywords: buffalo, effective population size, inbreeding, pedigree.



Analysis of Genomic Heterozygosity Levels in Three Italian Sheep Breeds: A Case Study

**Análisis de los niveles de heterocigosidad en tres razas de ovejas italiana:
un caso de estudio**

Arianna Manunza¹

Johanna Ramirez-Diaz²

Fiorentina Palazzo³

Alessandra Stella⁴

Giulietta Minozzi⁵

¹ Institute of Agricultural Biology and Biotechnology (Milan, Italia). arianna.manunza@ibba.cnr.it. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8812-8962>

² Institute of Agricultural Biology and Biotechnology (Milan, Italia). johanna.ramirezdiaz@ibba.cnr.it

³ Institute of Agricultural Biology and Biotechnology (Milan, Italia).

⁴ Institute of Agricultural Biology and Biotechnology (Milan, Italia). alessandra.stella@ibba.cnr.it

⁵ University of Milan (Milan, Italia). giulietta.minozzi@unimi.it. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0020-8798>

Abstract

Heterozygosity-rich regions (HRRs) are regions of high heterozygosity, which can contain important genes associated with immune response and disease resilience and that can affect important economic traits in livestock such as fitness and productivity. Inferring the heterozygosity levels can be useful also to determine the population structure and selection signatures. In this study we genotyped 975 sheep using Illumina Ovine SNP50 BeadChip belonging to three breeds: Comisana (CM), Valle del Belice (VDB) and Sarda. The last one is subdivided in two different populations and indicated as Sarda Sicilia (SS) and Sarda Puglia (SP) according to their origin. The quality control procedure was done with Plink v 1.9 using a standard pruning setting (--maf 0.01, --geno < 0.95, --hwe < 0.0001, --indep-pairwise 50 5 0.2), leaving 32607 SNPs for the analysis. We first investigated the individual



ancestries using ADMIXTURE v 1.3. and evaluated the whole genome heterozygosity level using detectRUNS v 0.9.6 searching for common regions (HRR islands) within each breed that can represent a hotspot of candidate genes under balancing selection. ADMIXTURE analysis inferred several ancestry components, and showed that the SS population was more genetically homogeneous than the others. Analysing the HRRs we found these heterozygote segments mainly distributed in two classes of length (0.4-0.8 and 0.8-0.16 Mb) and with a similar frequency in all breeds. We also found some difference between the two Sarda populations, where SS had a higher frequency of heterozygous variants included in HRRs. With respect to the whole genome coverage, we observed a similar pattern between both Sardinian populations and VDB (sum and mean of HRRs for each breed) whereas the CM displayed a more heterogeneous distribution both in terms of total number and in length per individual. Our results confirmed that the high level of admixture led to maintaining the genetic diversity within populations even if several individuals are genetically well-defined and others that are clearly crossbred with other genetic sources, presumably with commercial breeds. A deeper study including more breeds is necessary to understand the origin of this gene flow and to prevent further uncontrolled crossbreeding practices.

Palabras clave: cruzamiento, genes candidatos, HRR, oveja, SNP arrays.

Keywords: candidate gene, crossbreeding, HRR, sheep, SNP arrays.



Análisis de pedigrí de una población de ganado Blanco Orejinegro: estructura poblacional y consanguinidad

Pedigree Analysis of a Population of Blanco Orejinegro Cattle: Population Structure and Consanguinity

Iveth Montoya-Parra¹

Katerin González-García²

Hernán Medina-Ríos³

Mario Cerón-Muñoz⁴

¹ Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquía, Colombia). iveth.montoya@udea.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6722-6552>

² Universidad de Antioquia. (Medellín, Antioquía, Colombia).

³ Ph. D. (c) Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquía, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7135-0487>

⁴ Ph. D. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquía, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7233-6625>

Resumen

El conocimiento de la variabilidad genética que se produce entre generaciones permite que en los programas de mejoramiento genético de razas criollas haya un manejo apropiado de los apareamientos y el monitoreo de la consanguinidad en las poblaciones. El objetivo de esta investigación fue estudiar la estructura poblacional de una población de ganado BON a partir de datos de pedigrí. Se utilizó información genealógica de 783 animales registrados en la hacienda Vegas de la Clara en el periodo de 1982 al 2021. Se estimó el coeficiente de consanguinidad (F), el tamaño efectivo de población (N_e) y la estructura ancestral. Los coeficientes de consanguinidad promedio para toda la población y la población endogámica fueron 1.52 y 12.3%, respectivamente, con valores por debajo del 6% (desde 2007 a 2021)



en los animales endogámicos. El tamaño efectivo tuvo un rango entre 4 a 12 animales por año con 10 a 46 animales que se reprodujeron. Se evidenció un aumento progresivo del N_e durante los años 2009 y 2019. Fue posible identificar 56 fundadores y ocho familias que componen la estructura genética de la población. Por lo anterior, se debe implementar estrategias de apareamientos para evitar el aumento de la consanguinidad y mantener la variación genética para las características propias de la raza y características de interés zootécnico, promoviendo el flujo de genes.

Palabras clave: endogamia, genética, población, selección genética, tamaño efectivo.

Keywords: effective size, genetic selection, genetics, inbreeding, population.



Secuenciación del genoma e identificación de genes involucrados en el desarrollo en *Pseudoplatystoma magdaleniatum*

Genome Sequencing and Identification of Genes Involved in Development in *Pseudoplatystoma Magdaleniatum*

Kamylo Pardo-Camacho¹

Ana Estrada-Posada²

Nélida Rodríguez-Osorio³

Jonny Yepes-Blandón⁴

¹ Piscícola San Silvestre (Barrancabermeja-Santander, Colombia). kamylo.pardo@udea.edu.co

² ISAGEN S.A. E.S.P (Medellín-Antioquia, Colombia). astrada@isagen.com.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3585-3719>

³ Ph.D. Universidad de la República (Montevideo, Uruguay). nelida.rodriguez@unorte.edu.uy. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2235-979X>

⁴ Piscícola San Silvestre (Barrancabermeja-Santander, Colombia). jonny.yepes@udea.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6276-5488>

Resumen

El bagre rayado o pintadillo (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) es una especie endémica y emblemática de Colombia que habita en la cuenca del Magdalena-Cauca y sus tributarios, y es uno de los peces de mayor importancia económica para el país. Sin embargo, la fuerte presión pesquera y las actividades antropogénicas han degradado los cuerpos de agua y, por consiguiente, el hábitat del bagre, clasificándolo en peligro crítico de extinción dentro del libro rojo de las especies dulceacuícolas de Colombia. Consecuentemente, para establecer el manejo sostenible del bagre y sus pesquerías, se han implementado algunas estrategias de conservación como la veda del bagre rayado, la pesca selectiva de los individuos de mayor tamaño, programas de educación ambiental y



re poblamientos; sin embargo, los resultados de estas estrategias podrían potenciarse si se realiza la identificación de las poblaciones existentes, pues estas medidas han resultado ser poco exitosas. Por lo anterior, surge la necesidad de buscar nuevas estrategias de conservación acordes a la problemática a mediano y largo plazo. En este aspecto, las herramientas que actualmente han cobrado fuerza son la genómica e ingeniería genética, dado que, al identificar los genes beneficiosos y nocivos para la especie es posible realizar un mejoramiento, potenciando y/o silenciando los genes indicados, obteniendo así individuos más sanos y con un mejor fitness. Por lo cual, es necesario conocer el genoma completo del bagre rayado, para aportar a esta nueva perspectiva de conservación, garantía de alimentación y sustento económico de las poblaciones que dependen del mismo. Para llevar a cabo este objetivo se plantea la elaboración del primer borrador del genoma mediante las nuevas técnicas de secuenciación; adicionalmente, la elaboración del transcriptoma se realizará a partir de diferentes órganos y con la anotación de genes. Esto permitirá identificar los genes más importantes que se encuentren sobreexpresados. Por lo anterior, el presente estudio permitirá avanzar en la comprensión de la biología del bagre y a su vez, obtener las herramientas necesarias para la elaboración de estrategias futuras de conservación más eficientes que permitan su uso sostenible.

Palabras clave: análisis de transcriptoma, desarrollo, ensamblaje del genoma, expresión génica, *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, secuenciación del genoma completo.

Keywords: Development, gene expression, genome assembly, *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, transcriptome analysis, whole genome sequencing.



Efecto de la superestimulación ovárica sobre la producción *in-vitro* de embriones en vacas Blanco Orejinegro

Effect of Ovarian Hyperstimulation On In-Vitro Production of Embryos in Blanco Orejinegro Cows

Leonardo Perez-Sandoval¹

Diego Dubeibe-Marín²

Diego Velasco-Acosta³

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (Mosquera-Cundinamarca, Colombia). lperezs@agrosavia.co

² Ph. D. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (Bogotá-Distrito Capital, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9293-7532>

³ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (Mosquera-Cundinamarca, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2167-0930>

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes protocolos de superestimulación ovárica sobre la producción *in vitro* de embriones (PIVE) en vacas Blanco Orejinegro (BON). Usando un diseño cruzado, 20 vacas secas fueron distribuidas en 5 grupos experimentales. Para el grupo control (G1), la aspiración folicular guiada por ultrasonografía (AFGU) se realizó en una fase aleatoria del ciclo estral. En los grupos 2 al 5 se realizó ablación folicular (AF) al día 0 del protocolo, y los animales recibieron una dosis de 30 UI de FSH-LH (Pluset®). Grupo 2 (G2), las vacas recibieron la dosis de FSH-LH 24 h después de la AF, y 27 h después se realizó la AFGU; Grupo 3 (G3) posterior a la AF recibieron la FSH-LH y 48 h después se hizo la AFGU; para los grupos 4 y 5 (G4 y G5) se aplicó la FSH-LH dividida en dos dosis, 24 y 48 h después de la AF, la AFGU se realizó 27 y 48 h más tarde,



respectivamente. Los complejos *cúmulos*–oocitos obtenidos y seleccionados fueron sometidos a maduración *in-vitro* (MIV), posteriormente fueron fecundados (FIV) y finalmente cultivados (CIV) *in vitro*; tres días después de la FIV se evaluó el clivaje y la tasa de blastocistos fue analizada al día siete del CIV a partir de las estructuras clivadas. Los datos fueron analizados mediante Chi-Cuadrado en el programa estadístico SAS 9.4, usando significancia del 5%. No se encontraron diferencias significativas en la tasa de clivaje ($P > 0,05$) entre los diferentes grupos G1 (82,54%), G2 (81,73%), G3 (80,70%), G4 (86,73%) y G5 (84,03%), ($P = 0,71$) y tampoco se observaron diferencias en la proporción de blastocistos, G1 (59,80%), G2 (52,08%), G3 (50,57%), G4 (51,02%) y G5 (55,34), ($P = 0,67$). Los tratamientos de superestimulación ovárica usados en este experimento no afectaron la PIVE. Futuros análisis sobre la calidad de los ovocitos y embriones obtenidos podrían brindar mayor información sobre el verdadero impacto de diferentes protocolos de estimulación ovárica en la PIVE de animales Blanco Orejinegro.

Palabras clave: embriones in vitro, protocolos hormonales, razas criollas.

Keywords: creole breeds, hormonal protocols, in vitro embryos.



Patterns of Runs of Homozygosity in Southern Italian Sheep Breeds

Patrones de homocigosidad en razas de ovejas del sur de Italia

Johanna Ramirez-Diaz¹

Arianna Manunza²

Fiorentina Palazzo³

Alessandra Stella⁴

Giulietta Minozzi⁵

¹ Institute of Agricultural Biology and Biotechnology (Milan, Italia). johanna.ramirezdiaz@ibba.cnr.it

² Institute of Agricultural Biology and Biotechnology (Milan, Italia). arianna.manunza@ibba.cnr.it. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8812-8962>

³ Institute of Agricultural Biology and Biotechnology (Milan, Italia).

⁴ Institute of Agricultural Biology and Biotechnology (Milan, Italia). alessandra.stella@ibba.cnr.it

⁵ University of Milan (Milan, Italia). giulietta.minozzi@unimi.it. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0020-8798>

Abstract

Climatic conditions and management practices in agricultural systems influence the architecture of the genome. ROH is defined as continuous segments of homozygous genotypes present in an individual and derived from identical haplotypes inherited from the common ancestor. ROH are affected by population structure, inbreeding, linkage disequilibrium, recombination, and selection. In animal genetics, runs of homozygosity (ROH) can provide useful information about the structure and history of populations over time and are used to characterize genetic diversity and performance of important traits. A total of 975 sheep from Sarda sampled in Sicily - SS (n=99), Sarda sampled in Puglia-SP (n=291), Comisana- COM (n=269) and Valle del Belice-VDB (n=316) genotyped with OvineSNP50 BeadChip (Illumina Inc) were selected to identify ROH and ROH island. After the standard quality control ($maf < 0.01$, $SNPcallrate < 0.95$, $hwe < 0.0001$) and linkage disequilibrium pruning



(PLINK v1.07) 32607 SNP remaining on genotype data set. The principal component analysis and the detection of ROH was performed using SNPrelate R package v1.6.4 and detectRUNS R package v.0.9.6. Furthermore, ROH islands present in a proportion greater than 70% in the populations were used to retrieve candidate genes. According to the parameters (windowsSize=15, Threshold=0.05 and minSNP=20) used, 64010 ROH were found in total varied from 8812 (SS) to 19678 (VDB). The frequencies of ROH numbers in different length classes show an inverse relationship between ROH length and frequency in all breeds. SS and COM displayed the longest percentage of ROHs with size greater than 16 Mb and the average of FROH ranged from 0.0610 (VDB) to 0.1157(SS), that suggested a highest level of inbreeding in SS. Intermediated values of FROH were found for SP (0.0765) and CM (0.0857). One island of ROH was detected on CHR6 (35937105 - 38417881bp) in COM population and two genes (*ABGC2* and *SSP1*) were associated with this genomic region. *ABGC2* gene which plays a role in milk production and *SPP1* gene is associated with immunological responses, embryonic development and calcification.

Palabras clave: diversidad genética, homocigosidad, endogamia, *Ovis aries*, ROH.

Keywords: genetic diversity, homozygosity, inbreeding, *Ovis aries*, ROH.



New Insight Into the Genome-Wide Diversity and Admixture of Six Colombian Sheep Breeds

Nuevos conocimientos sobre la diversidad del genoma y mezcla de seis
razas ovinas colombianas

Vanessa Revelo¹

Vicenzo Landi²

Diana López-Alvarez³

Yineth Palacios⁴

Raulian Paiva⁵

Concepta Mcmanus⁶

Elena Ciani⁷

Luz Alvarez⁸

¹ Universidad Nacional de Colombia (Palmira-Valle del Cauca, Colombia).

² University of Bari “Aldo Moro” (Milan, Italia). vincenzo.landi@uniba.it

³ Universidad Nacional de Colombia (Palmira-Valle del Cauca, Colombia).

⁴ Universidad Nacional de Colombia (Palmira-Valle del Cauca, Colombia).

⁵ Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnología (Brasília, Brasil).

⁶ Instituto de Biología, Universidade de Brasília (Brasília, Brasil).

⁷ University of Bari “Aldo Moro” (Milan, Italia). elena.ciani@uniba.it

⁸ Universidad Nacional de Colombia (Palmira-Valle del Cauca, Colombia).

Abstract

Colombian Creole sheep are the result of the introduction of Iberian genetics types during the colonial period (1493-1500) and the subsequent introgression of other breeds, typically of African type. The population census corresponds to 1,629,1201 animals distributed mainly in the region of “La Guajira” (41.38%), “Magdalena” (11.56%), “Boyacá” (7.75%), “Cesar” (7.69%), “Córdoba” (6.42%), “Santander” (3.33%), “Sucre” (2.57%), “Bolívar” (2.35%), “Meta” (2.34%) and “Cundinamarca



“(2.20%). The rearing system is mainly linked to marginal area and to low economic input people. The objective of this work was to investigate the genetic diversity and structure of five Creole sheep populations and their genetic relationships with other breeds from several countries. The samples were genotyped using Ovine SNPBeaChip (50K) for 228 animals proceeding from 5 breeds: Sudan (72), Ethiopian (49), Pelibuey (60), Criollo Wayuu (24) and Wolly Criollo (26). Dataset for comparison consisted in several data available in public repositories and included breeds from America, Europe and Africa. Analyses were performed using 42,701 SNPs obtained after quality control. A genetic diversity (H_e) of 0.396, 0.381 and 0.396 was found for Ethiopian, Sudan and Pelibuey, while values of 0.36 and 0.38 were found for Wayuu and Wolly creole. The $F_{ST}=0.06$ ($P<0.001$), indicated a high genetic differentiation between breeds. Phylogenetic reconstruction analyses separated Caribbean (Ethiopian and Sudanese) sheep as well as Wolly Creole from Pelibuey. Additional analyses indicated that, Ethiopian and Sudan creole breeds, are genetically different. While for Wayuu and Wolly creole a close genetic relationship has been detected. At a global level, a clear separation from putative Iberian and African ancestor have been detected. These results support the need to assign breed status to these locally adapted populations, which have been conserved and used by producers since colonial times.

Palabras clave: *Ovis aries*, Recursos zoogenéticos, marcadores moleculares.

Keywords: *Ovis aries*, Animal genetic resources, molecular markers.



Study Reveals Candidate Genes for Traits Related to Meat Quality in Sheep

Estudio GWAs revela genes candidatos para características relacionadas con la calidad de carne en ovinos

Vanessa Revelo¹

Diana López-Alvarez²

Manuel Fernando Ariza³

M. Bustamante⁴

Sergio Castro⁵

Ortiz Vergara⁶

Luis Álvarez⁷

¹ Universidad Nacional de Colombia (Palmira-Valle del Cauca, Colombia). hareveloc@unal.edu.co

² Universidad Nacional de Colombia (Palmira-Valle del Cauca, Colombia).

³ Universidad Nacional de Colombia (Bogotá-Distrito Capital, Colombia).

⁴ Universidad de Córdoba (Montería-Córdoba, Colombia).

⁵ Universidad de Córdoba (Montería-Córdoba, Colombia).

⁶ Universidad de Córdoba (Montería-Córdoba, Colombia).

⁷ Universidad de Córdoba (Montería-Córdoba, Colombia).

Abstract

Genome-wide association studies (GWAS) allow identifying genomic regions related to traits of economic importance in animals of zotechnical interest. We analyzed SNP (single-nucleotide polymorphism) data to conduct a GWAS for pH and water-holding capacity (WHC) traits in the *Longissimus dorsi* (LD) muscle in 167 Creole hair sheep of 12 months old belonging to Pelibuey (CHS_P, n=60), Ethiopian (CHS_E, n=44), and Sudan (CHS_S, n=63) breeds. We measured pH and WHC after seven days of maturation. Genotype data were obtained from an Illumina OvineSNP50 BeadChip array. The GWAS was done using a mixed linear model (MLMA) and



based on the *Ovis aries* v3.1 genome. CHS_E showed the lowest meat juice release and, consequently, the highest water-holding capacity (WHC=30.6±0.1), suggesting that this breed has better performance in the meat industry compared with CHS_S (WHC=41.7±0.1) and CHS_P (WHC=36.8±0.1). We obtained 11 candidate genes associated with WHC (*ELOVL2*, *ARAP2*, *LOC101102527*, *SHOC2*, *AIPL1*, *CSRNP3*, *IFRD*, *KDM8*, *NANS*, *DAPK1*, *IBN2*, *TPM2*).

Palabras clave: calidad de carne, GWAs, *Longissimus dorsi*.

Keywords: quality of meat, GWAs, *Longissimus dorsi*.



Determinación de niveles de hormona Anti-Mülleriana en diferentes fases del ciclo estral en novillas Sanmartineras

Determination of Levels of Anti-Müllerian Hormone in Different Phases of the Estrous Cycle in Sanmartinera Heifers

Diego-Armando Riveros-Pinilla¹

Deyvi Moreno-Guevara²

Kevin-Estiben Bejarano-Tegria³

Agustín Góngora-Orjuela⁴.

¹ M. Sc. Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia). diego.riveros@unillanos.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0546-1618>

² Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia).

³ Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia).

⁴ Ph. D. Universidad de los Llanos, (Villavicencio-Meta, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2915-683X>

Resumen

El estudio sobre marcadores fisiológicos consistentes puede permitir predecir confiablemente la reserva ovárica (RO) y asociarlo a razas de ganado bovino. Dentro de estos marcadores, las proteínas han sido objeto de numerosas investigaciones que las convierten en candidatas a convertirse en dichos marcadores. De las diversas proteínas en los bovinos la concentración plasmática de la Hormona Anti-Mülleriana (AMH) puede ayudar a predecir la RO, pero no se conoce si pueden variar sus concentraciones al medirlas en diferentes fases del ciclo estral en ganado Sanmartinero. El objetivo fue determinar los niveles séricos de la hormona Anti-Mülleriana (AMH) en hembras bovinas Sanmartineras en diferentes días del ciclo estral. Se utilizaron novillas Sanmartineras (n=10), se les



midió los niveles séricos de AMH en diferentes días del ciclo estral y se evaluó su relación con la RO. Se les realizó la ecografía transrectal para contar el número de folículos antrales mayores de 2 mm en los dos ovarios el día de iniciar un protocolo de sincronización de la ovulación y las tomas de muestra de sangre los días -2, 3 y 8 teniendo como referencia el día 0 como el día de la ovulación y las concentraciones séricas de AMH se determinaron con una ELISA indirecta. La técnica inmunoenzimática fue validada, obteniendo un coeficiente de variación intraensayo del 7.24%, e interensayo de 8.92%. Se pudo determinar que no coexisten diferencias significativas ($p < 0.001$) en las concentraciones de AMH circulante en los diferentes días del ciclo estral en las hembras de raza Sanmartinero. Adicionalmente, se obtuvieron valores de referencia en cuanto a la concentración media de la AMH en la raza Sanmartinera, siendo esta concentración media 0.48 ng/ml. Los resultados de este estudio permiten establecer unos valores de referencia en las concentraciones séricas de la AMH en cualquier momento del ciclo estral, lo que permite llevar a cabo una selección e identificación de hembras Sanmartineras con potencial reproductivo.

Palabras clave: bovinos, criollo, marcador endocrino, reproducción.

Keywords: cattle, creole, endocrine marker, reproduction.



Hormona Anti-Mülleriana como marcador endocrino predictor de fertilidad en terneras y novillas Brahman

Anti-Müllerian Hormone as an Endocrine Marker Predicting Fertility in Brahman Calves and Heifers

Diego-Armando Riveros-Pinilla¹

Viviana-Alejandra Baquero-Morales²

Zully-Esmeralda Sierra-Martínez³

Agustín Góngora-Orjuela⁴.

¹ Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia). diego.riveros@unillanos.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0546-1618>

² Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia).

³ Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia).

⁴ Ph. D. Universidad de los Llanos (Villavicencio-Meta, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2915-683X>

Resumen

El éxito de las biotecnologías reproductivas es dependiente de las características fisiológicas del animal, tal como su calidad oocitaria y su reserva ovárica (RO). Sin embargo, hallazgos recientes han asociado la RO en el ganado con el número de folículos, la foliculogénesis, función ovárica y algunas medidas de fertilidad. El mejor marcador endocrino de la RO en la vaca, es la Hormona Anti-Mülleriana (AMH), pero no se han reportado estudios que comparen los niveles de esta hormona entre terneras y novillas de raza Brahman. El objetivo fue evaluar los niveles séricos AMH en terneras y novillas Brahman y su relación con la RO. Se utilizaron 20 novillas Brahman las cuales tienen en sus registros concentraciones séricas de AMH cuando tenían entre 7 y 10 meses de edad, todas las hembras no estuvieron en etapa de



gestación, y en sus dos ovarios no presentaron patologías. Las muestras de sangre se colectaron por punción de la vena coccígea con tubo al vacío conteniendo EDTA, para la medición de AMH se utilizó un ensayo inmunoenzimático (ELISA), (AL-114; Ansh Labs, Webster, Tx, USA). Antes de iniciar la sesión de aspiración folicular se contaron todos los folículos antrales >2 mm en los dos ovarios (Mossa et al., 2012) mediante un equipo de ultrasonografía (Mindray DP-50 vet; Mindray Biomedical electronics LTD, Shenzhen, China) con una sonda transrectal. Las concentraciones séricas de AMH en las terneras presentaron un rango de 2.43 a 5.00 ng/mL y novillas un rango de 0.86 a 1.69 ng/mL. La concentración de AMH en novillas está explicada en un 74% por la concentración de AMH en terneras. La correlación entre la AMH y número de folículos fue moderada en novillas (0.63) y significativa ($p < 0.001$). En conclusión, las terneras poseen una mayor concentración de AMH que las novillas de raza Brahman. La prueba serológica de ELISA constituye una herramienta diagnóstica muy útil para predecir la fertilidad en hembras de la raza Brahman, según las tendencias halladas en las concentraciones de la AMH se puede inferir que esta técnica permite medir la RO en donadoras de oocitos.

Palabras clave: biotecnología, bovinos, cebú, marcador endocrino, reproducción

Keywords: biotechnology, cattle, zebu, endocrine marker, reproduction.



Perfil de expresión génica de proteínas de choque térmico en hembras bovinas Romosinuano

Gene Expression Profiling of Heat-Shock Proteins from Romosinuano Females

Juan-Camilo Taborda-Charris¹

Roy Rodríguez-Hernández²

María-Paula Herrera-Sánchez³

Heinner-Fabian Uribe-García⁴

Rafael Otero-Arroyo⁵

Juan-Sebastian Naranjo-Gomez⁶

Kelly-Johanna Lozano-Villegas⁷

Iang-Schroniltgen Rondón-Barragán⁸

¹ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0650-5387>

² Ph. D. (c) Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4187-7381>

³ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1138-1625>

⁴ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9115-757X>

⁵ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5692-3010>

⁶ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2971-2506>

⁷ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4525-8403>

⁸ Ph. D. Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). isrondon@ut.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6980-892X>

Resumen

El estrés térmico en bovinos está asociado a la disminución del consumo de alimento, bajas tasas de crecimiento, fertilidad y concepción, afectando la productividad ganadera. Las proteínas de choque térmico (HSP) han sido utilizadas como biomarcadores para la respuesta al estrés térmico en múltiples especies animales. El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar el perfil de expresión de los genes relacionados con la respuesta al estrés térmico en sangre



completa obtenida de hembras bovinas de la raza Romosinuano. Se realizó un análisis de la expresión relativa de los genes *hsp90*, *hsp70*, *hsf1* y *hsp60* en sangre de hembras Romosinuano bajo dos condiciones (mañana – tarde) evaluando el Índice de Temperatura y Humedad (ITH). El perfil de expresión de los genes *hsp70*, y *hsf1* en horas de la tarde con niveles ITH altos mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0011$ y $p=0,0003$) comparado con las muestras de horas de la mañana con niveles más bajos de ITH. Además, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de expresión de los genes *hsp60*, y *hsp90* entre las dos condiciones. Las diferencias encontradas en la regulación de los genes *hsf1* y *hsp70*, pueden ser de interés productivo para determinar la exposición al estrés térmico y permite conocer la respuesta del organismo a factores externos y que pueden afectar la productividad en bovinos.

Palabras clave: entorno exterior, estrés térmico, ITH, proteínas de choque térmico, RNAm.

Keywords: external environment, heat stress, heat-shock proteins, mRNA, THI.



Expresión de genes relacionados con el estrés térmico en hembras Gyr y Brahman

Gene Expression of Heat-Shock Proteins from Gyr y Brahman Females

Yoner-Alfredo Uran-Bello¹
Roy-Rodríguez-Hernández²
María-Paula Herrera-Sánchez³
Heinner-Fabian Uribe-García⁴
Rafael Otero-Arroyo⁵
Juan-Sebastian Naranjo-Gomez⁶
Kelly-Johanna Lozano-Villegas⁷
lang-Schroniltgen Rondón-Barragán⁸

¹ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0650-5387>

² Ph. D. (c) Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4187-7381>

³ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1138-1625>

⁴ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9115-757X>

⁵ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5692-3010>

⁶ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2971-2506>

⁷ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4525-8403>

⁸ Ph. D. Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). isrondon@ut.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6980-892X>

Resumen

El estrés térmico por calor es uno de los factores de mayor importancia actual que afecta la producción bovina sobre todo en países intertropicales, afectando los parámetros productivos y reproductivos en ganado bovino poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Estudios genómicos en el ganado han generado mayor información respecto a la termorregulación bajo condiciones de estrés térmico y la respuesta celular, la cual es controlada a nivel transcripcional y es mediada por algunos factores de transcripción de choque térmico que se regulan mediante la



expresión de genes inducibles presentes en diversas especies animales. El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar el perfil de expresión de los genes relacionados con la respuesta al estrés térmico en sangre completa obtenida de hembras bovinas de las razas Gyr y Brahman. Se realizó un análisis de la expresión relativa de los genes *hsp90*, *hsp70* y *hsp60* en sangre de hembras Gyr y Brahman bajo dos condiciones (mañana – tarde) en época seca en el departamento de Córdoba, evaluando el Índice de Temperatura y Humedad (ITH). El perfil de expresión de la *hsp60* en la raza Gyr mostró diferencias estadísticamente significativas en muestras obtenidas en horas de la tarde frente las obtenidas en la mañana $P(0,0012)$, sin embargo, el perfil de expresión de los genes *hsp90*, y *hsp70* en las razas Brahman y Gyr no mostraron diferencias estadísticas. El perfil de expresión diferencial del gene *hsp60* en diferentes ITHs, podría ser de interés para determinar la exposición al estrés térmico en la raza Gyr y un posible biomarcador, sin embargo, necesita mayor investigación de la respuesta molecular de las razas bovinas al estrés térmico en Colombia.

Palabras clave: estrés térmico, proteínas de choque térmico, ITH.

Keywords: heat stress; heat-shock proteins; THI.



Estandarización de un protocolo de morfología espermática con *Spermac*® en toros Blanco Orejinegro

Standardization of a Sperm Morphology Protocol with *Spermac*® in Blanco Orejinegro Bulls

Adriana Urbina¹

Lilian Bonilla-León²

Jang Rondón-Barragán³,

Ricaurte Lopera-Vásquez⁴

¹ Ejercicio Particular.

² Universidad Cooperativa de Colombia (Ibagué-Tolima, Colombia).

³ Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia).

⁴ Universidad Cooperativa de Colombia (Ibagué-Tolima, Colombia). ricaurte.lopera@campusucc.edu.co

Resumen

La caracterización de la morfología espermática en pruebas andrológicas en humanos y animales domésticos identifica anomalías que influyen sobre la fertilidad del macho. La técnica de triple tinción *Spermac*® permite identificar anomalías espermáticas incluyendo la visualización discriminada de sus partes (cabeza, acrosoma, región ecuatorial, pieza intermedia, cola). Sin embargo, son pocos los análisis de morfología espermática en bovinos que utilizan esta técnica y aún más escasos en razas criollas colombianas. El objetivo es estandarizar un protocolo de caracterización morfológica espermática mediante el uso del *Spermac*® en toros de la raza Criolla Colombiana Blanco Orejinegro-BON. Para esto se colectó el eyaculado de 4 machos de la raza BON, con electroeyaculador Pulsator IV®, y se determinó la circunferencia escrotal, volumen del eyaculado, concentración espermática (spz/ml) (SDM 1 Minitube®), motilidad masal (1-5), vigor (1-5), vitalidad



(%), y características morfológicas (normal, cabeza suelta, cabeza teratoide, microcefalia, cola doblada y cola abaxial) utilizando la tinción Spermac®. En dos extendidos seminales, fijados, preservados y teñidos según recomendaciones de FertiPro®, se contaron 200 espermatozoides por campo para cada toro. A las variables analizadas se les realizó estadística descriptiva (promedio±SEM) mediante el programa SigmaPlot 12®. En los resultados se encontró que los machos evaluados presentaron una circunferencia escrotal promedio de 33.3±1.8 cm, el promedio del volumen del eyaculado fue de 7.7±1.2 ml, con concentración promedio de 1041.5 ± 248.4 x10⁶ spz/ml, una motilidad masal de 4.2±0.2, un vigor de 3.2±0.2 y una vitalidad de 76.2±2.3%. Además de la estandarización de la tinción, la valoración morfológica arrojó 86.3±5.3% de normalidad, y las anomalías fueron cabeza suelta 4.3±1.7%, cabeza teratoide 0.5±0.3%, microcefalia 1.0±0.4%, cola doblada 6.5±3.0% y cola abaxial 0.3±0.3%. En conclusión, los valores de morfología reportados con la tinción Spermac®, constituyen el primer paso de la estandarización de la técnica en toros criollos colombianos (BON), que, por su objetividad en la evaluación espermática, permitirá entender y analizar los diferentes factores que influyen sobre la fertilidad de estas razas adaptadas.

Palabras clave: Colombia, espermatozoides, morfología, tinción, toros.

Keywords: bulls, Colombia, morphology, sperm, stain.



***BCL2L2* and *APAF1* Gene Expression Patterns on Oviduct Epithelial Cells in Colombian Creole and Introduced Breeds**

Patrones de expresión génica *BCL2L2* y *APAF1* en células epiteliales del oviducto en razas criollas colombianas e introducidas

Ricaurte Lopera-Vásquez¹

Vivian Dayana Portela²

Heiner-Fabián Uribe-García³

lang-Schroniltgen Rondón-Barragán⁴

¹ Ph. D. Universidad Cooperativa de Colombia (Ibagué-Tolima, Colombia). ricaurte.lopera@campusucc.edu.co.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6792-1961>

² M. Sc. (c) Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia).

³ M. Sc. (c) Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9115-757X>

⁴ M. Sc. (c) Universidad del Tolima (Ibagué-Tolima, Colombia). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6980-892X>

Abstract

Apoptosis pathways provide mechanisms that control cell death with influence on reproductive roles as sperm function, oocyte maturation, fertilization, and embryo development. Some of these functions take place in an oviduct, which is controlled by bovine oviduct epithelial cells (BOEC). These apoptotic pathways are influenced by regulators as B-cell lymphoma 2 (*BCL2*) and apoptosis protease-activating factor-1 (*APAF1*). Colombian creole and introduced bovine breeds express high fertility rates that may be influenced by these factors. The **objective was** to compare the expression patterns of *BCL2L2* and *APAF1* on BOEC in ampulla (A) and isthmus (I) in follicular (FP) and luteal (LP) estrous phases of BON, Gyr and Jersey breeds in Colombia. BOEC from A and I of oviducts recovered from slaughterhouse animals were collected, mRNA of BOEC was extracted by Trizol® method and cDNA was



synthesized. Primers were designed based on the sequence of GenBank using PrimerBlast® software. The mRNA transcripts were assessed using quantitative PCR, (Luna® Universal qPCR-New England Biolabs®) on a QuantStudio 3® thermal cycler (Applied Biosystems) with two replicates per sample (sample n=3). Fold changes in the relative gene expression of the target were determined using the formula $2^{-\Delta\Delta CT}$, using GAPDH as a reference gene. Data analysis was performed by one-way ANOVA (Kruskal Wallis test) with GraphPad Prism® 8.0 ($p < 0.05$). *BCL2L2* expression levels did not show differences in BOEC of BON, Jersey and Gyr breeds in A $(0.7 \pm 0.1)(1.1 \pm 0.1)(1.0 \pm 0.1)$ and I $(0.7 \pm 0.1)(1.1 \pm 0.1)(1.1 \pm 0.2)$ on FP, and LP $(1.7 \pm 0.1)(1.7 \pm 0.1)(1.0 \pm 0.0)$, $(0.4 \pm 0.1)(1.5 \pm 0.4)(1.0 \pm 0.0)$ respectively ($P > 0.05$). In the same way, *APAF1* expression levels were similar in A $(0.7 \pm 0.0)(1.2 \pm 0.0)(1.0 \pm 0.1)$ and I $(0.9 \pm 0.1)(1.4 \pm 0.2)(1.2 \pm 0.3)$ on FP, and on LP A $(2.0 \pm 0.4)(1.6 \pm 0.2)(2.2 \pm 0.8)$ and I $(0.7 \pm 0.0)(0.5 \pm 0.1)(1.0 \pm 0.0)$ respectively. *BCL2L2* and *APAF* mRNA transcripts in BON cattle showed similar expression compared with Jersey and Gyr breeds. The knowledge of these apoptotic regulators on oviductal environment and subsequent gamete and embryo environment, could explain the advantages of these genotypes in terms of fertility, especially compared to introduced breeds.

Palabras clave: apoptosis, bovina, fertilidad, oviductal.

Keywords: apoptosis, bovine, fertility, oviductal.