

EFFECTO DE LA ESTIMULACIÓN DE ONDAS FOLICULARES CON ECG SOBRE LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES, EN VACAS BOS INDICUS

EFFECT OF FOLLICULAR WAVE STIMULATION USING ECG ON IN VITRO EMBRYO PRODUCTION IN BOS INDICUS COWS

María José Lozano Briones¹, Andrés Moscoso², Juan Alvarado³, Manuel Maldonado⁴, Daniel Argudo⁵

{maria.lozano@est.ucacue.edu.ec¹, amoscosop@ucacue.edu.ec², jalvaradoa@ucacue.edu.ec³, mmaldonadoc@ucacue.edu.ec⁴, daniel.argudo@uga.edu⁵}

Fecha de recepción: 11/09/2026

/ Fecha de aceptación: 08/10/2026

/ Fecha de publicación: 14/10/2026

RESUMEN: El presente trabajo analizó el efecto de la estimulación de las ondas foliculares con gonadotropina coriónica equina (eCG) sobre la población folicular, la competencia ovocitaria y la producción in vitro de embriones (PIVE) en vacas Bos indicus de la línea Gyr. El objetivo fue determinar la respuesta folicular durante la primera y segunda onda, comparar el número y la calidad de los ovocitos recuperados con y sin estimulación hormonal y evaluar su efecto sobre el desarrollo embrionario. La muestra estuvo constituida por cuatro vacas Gyr mestizas, con uno a tres partos, distribuidas en dos tratamientos: dos animales recibieron 600UI de eCG dos días antes de cada aspiración folicular y dos conformaron el grupo sin eCG. Las aspiraciones mediante OPU se realizaron los días 4 y 14 del ciclo estral, y los complejos cúmulo-ovocito fueron evaluados y sometidos a maduración, fecundación y cultivo embrionario in vitro. Los resultados mostraron una respuesta numéricamente favorable con eCG: la media de folículos del ovario izquierdo aumentó de 6,75 mm a 8,75 mm; la media de embriones viables totales, de 1,25 a 3,75; y la media de blastocitos, de 0,25 a 2,50. En total, se obtuvieron 15 embriones viables con eCG frente a 5 sin eCG. Las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$), excepto en el análisis complementario de embriones viables. Se concluyó que la administración de 600UI de eCG dos días antes de la OPU favoreció numéricamente la respuesta folicular y la producción embrionaria, aunque su efecto sobre la calidad embrionaria no fue concluyente.

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca-Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-5450-7083>; +593968968418.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-4017-0165>.

³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-7240-179X>.

⁴Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Cuenca – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-1507-2280>.

⁵Department of Population Health, College of University Medicine, University of Georgia, Athens, Georgia, USA, <https://orcid.org/0000-0001-6430-7413>

Palabras clave: *eCG, ondas foliculares, ovocitos, producción in vitro de embriones, Bos indicus*

ABSTRACT: This study analysed the effect of follicular wave stimulation with equine chorionic gonadotrophin (eCG) on the follicular population, oocyte competition and in vitro production of embryos (IVEB) in *Bos indicus* cows of the Gyr line. The aim was to determine the follicular response during the first and second waves, to compare the number and quality of oocytes retrieved with and without hormonal stimulation, and to evaluate its effect on embryonic development. The sample consisted of four Gyr crossbred cows, with one to three calvings, divided into two treatment groups: two animals received 600 IU of eCG two days before each follicular aspiration, and two formed the group without eCG. The aspirations by OPU were carried out on days 4 and 14 of the oestrous cycle, and the cumulus-oocyte complexes were evaluated and subjected to maturation, fertilisation and in vitro embryo culture. The results showed a numerically favourable response with eCG: the mean follicle size in the left ovary increased from 6.75 mm to 8.75 mm; the mean total number of viable embryos, from 1.25 to 3.75; and the mean number of blastocysts, from 0.25 to 2.50. In total, 15 viable embryos were obtained with eCG compared with 5 without eCG. The differences between treatments were not statistically significant ($p>0.05$), except in the supplementary analysis of viable embryos. It was concluded that the administration of 600 IU of eCG two days prior to OPU numerically favoured follicular response and embryo production, although its effect on embryo quality was inconclusive.

Keywords: *eCG, follicular waves, oocytes, in vitro embryo production, Bos indicus*

INTRODUCCIÓN

La eCG es ampliamente utilizada en protocolos reproductivos por su actividad tipo FSH y LH y su prolongada vida media, favoreciendo el crecimiento folicular y el entorno endocrino; sin embargo, persiste el debate sobre el momento óptimo de aplicación respecto a las ondas foliculares, especialmente en condiciones tropicales (1). Asimismo, la producción in vitro de embriones (PIVE) constituye una biotecnología fundamental para el mejoramiento genético y la eficiencia reproductiva, cuyo éxito depende de la cantidad y competencia biológica de los ovocitos recuperados (2). En este contexto, el presente estudio evaluó el efecto de la estimulación de las ondas foliculares con eCG sobre la población folicular, la competencia ovocitaria y la producción in vitro de embriones en vacas *Bos indicus*, con el propósito de generar evidencia que contribuya a optimizar los protocolos de aspiración folicular, incrementar la eficiencia de la técnica y fortalecer el desarrollo sostenible de la ganadería tropical ecuatoriana (3).

Aunque la eCG optimiza la respuesta folicular y superovulatoria, en Ecuador su uso es limitado por los elevados costos de los protocolos reproductivos (4). Además, no existe consenso sobre el momento óptimo de aplicación de eCG, lo que puede afectar la recuperación y competencia ovocitaria (5). En consecuencia, la escasez de estudios nacionales limita la identificación de estrategias eficientes para optimizar la producción embrionaria en condiciones tropicales ecuatorianas (6).

Es así que Baruselli et al., (2013) señalaron que la eCG mejora la respuesta ovárica, especialmente en animales en anestro o con baja condición corporal, aunque su eficacia varía entre razas *Bos Taurus* y *Bos indicus* (7). Asimismo, Cristancho, (2022) determinó que la sincronización de la onda folicular tuvo mayor influencia que el uso de FSH o eCG sobre la recuperación de ovocitos y la producción de blastocitos (8). De igual forma, Medina et al., (2023) demostraron que la calidad ovocitaria y la producción embrionaria dependen principalmente de la raza y que las dosis de eCG generan respuestas diferentes entre bovinos europeos y cebuinos (9). Finalmente, García et al., (2025) concluyeron que, aunque la eCG incrementó el número de folículos, no mejoró significativamente la competencia ovocitaria ni la producción de blastocitos, lo que evidencia que el momento de aplicación hormonal continúa siendo un factor determinante para optimizar la PIVE (10), donde el éxito de la PIVE depende del número y competencia de los ovocitos recuperados, factores influenciados por la dinámica folicular y el estado fisiológico del folículo (11).

En este contexto, la eCG debido a su acción semejante a FSH y LH y su extensa vida media, estimula el desarrollo folicular y puede favorecer la eficiencia reproductiva (2). Además, promueve el crecimiento folicular final, la actividad lútea y la concentración de progesterona, contribuyendo a optimizar la calidad ovocitaria y el desarrollo embrionario (12).

De tal manera que la calidad ovocitaria determina el éxito de la PIVE al influir en el desarrollo embrionario, y favorece el mejoramiento genético mediante un mayor aprovechamiento de hembras de alto mérito genético (3). Entre sus ventajas, la PIVE permite recolectar ovocitos con alta frecuencia y optimizar el uso de semen; sin embargo, su eficiencia depende de factores biológicos, reproductivos y económicos(13).

Por otro lado, la dinámica folicular en bovinos se desarrolla mediante ondas controladas por el eje hipotálamo-hipófisis-ovárico, en el cual las hormonas FSH y LH regulan el crecimiento, la selección y la dominancia de los folículos, mientras que la progesterona y el estradiol intervienen en el control de la ovulación y la regresión de los folículos subordinados (5). En las razas *Bos indicus*, el menor diámetro folicular y luteal, la mayor sensibilidad a las gonadotropinas y el mayor número de folículos antrales favorecen la respuesta ovárica y la eficiencia de las biotecnologías reproductivas, incluida la producción *in vitro* de embriones (14), donde la calidad y competencia ovocitaria dependen de la fase de la onda folicular. Durante el reclutamiento, los ovocitos presentan mayor capacidad de maduración, mientras que la dominancia puede reducirla por procesos de atresia. Además, los folículos medianos (3–8 mm) contienen ovocitos con mayor potencial de desarrollo embrionario (15). La sincronización de las ondas foliculares antes de la OPU incrementa la proporción de ovocitos competentes y mejora las tasas de blastocitos al homogenizar la población folicular recuperada (16).

Por su parte la sincronización de ondas foliculares permite controlar la emergencia de una nueva onda y reducir la influencia del folículo dominante. Mediante protocolos hormonales, facilita la programación precisa de la OPU, independientemente de la fase del ciclo estral, y favorece una respuesta ovárica más homogénea (17). La sincronización incrementa la disponibilidad de folículos en crecimiento y reduce la variabilidad entre sesiones, favoreciendo la recuperación de

ovocitos viables. Aunque no siempre mejora su calidad morfológica, puede aumentar la eficiencia global de la producción *in vitro* de embriones (18) .

Para esto es necesario comprender que la gonadotropina coriónica equina (eCG) es una hormona glicoproteica de origen placentario, producida por las células trofoblásticas del endometrio de yeguas gestantes entre los días 40 y 120 de gestación (19). En el ganado bovino, presenta una acción dual semejante a las hormonas FSH y LH, permitiendo estimular el reclutamiento y desarrollo folicular, favorecer la selección y dominancia folicular, además de inducir la ovulación y luteinización, por lo que es ampliamente empleada en protocolos de sincronización reproductiva e inseminación artificial a tiempo fijo (20). Su elevada concentración de ácido siálico confiere a la eCG una vida media prolongada y una acción sostenida, favoreciendo una respuesta folicular estable, mayor desarrollo del folículo preovulatorio y una mejor función lútea (21).

También es necesario comprender que la administración de eCG en bovinos sometidos a OPU mantiene la calidad ovocitaria y puede favorecer la fecundación, especialmente en animales *Bos indicus* criados bajo condiciones tropicales (9). Asimismo, el uso de dosis controladas de eCG puede favorecer la competencia ovocitaria y el desarrollo embrionario, mejorando la eficiencia de los programas de PIVE sin comprometer la calidad embrionaria (1).

La aplicación de gonadotropina coriónica equina (eCG) estimula el crecimiento de folículos dominantes de mayor tamaño, los cuales posteriormente forman cuerpos lúteos de mayor volumen y vascularización, favorecen una producción elevada de progesterona y mejoran considerablemente la función luteal (22). La progesterona regula el ambiente uterino, la competencia ovocitaria y el desarrollo embrionario temprano, favoreciendo la sincronía embrión-útero. En este contexto, el uso estratégico de eCG puede mejorar la función secretora del cuerpo lúteo y contribuir a la eficiencia de la PIVE(1).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en la parroquia Santa María del Toachi, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas, a 700 m. s. n. m, en un sistema semi intensivo de producción de leche. La muestra estuvo constituida por cuatro vacas Gyr mestizas, con un mínimo de un parto y un máximo de tres, seleccionadas previamente mediante evaluación ecográfica transrectal. Los criterios de selección fueron: número de partos y días abiertos comparables, condición corporal entre 2,5 y 3,0 y actividad ovárica cíclica, evidenciada por la presencia de ondas foliculares y de un cuerpo lúteo funcional. El estudio se ejecutó bajo un diseño cuasi experimental comparativo y un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), conformando bloques según el número de partos y los días abiertos.

Los animales fueron asignados a dos tratamientos experimentales: Tratamiento 1 (T1) dos vacas previamente sincronizadas que recibieron 600UI de gonadotropina coriónica equina (eCG), Tratamiento 2 (T2), dos vacas sincronizadas sin eCG. Ambos grupos fueron sometidos al mismo protocolo de sincronización del celo y se diferenciaron únicamente por la administración de la hormona.

En el T1 se administraron 600 UI de eCG (FOLI-REC ZOOVET®, ARGENTINA) dos días antes de cada aspiración folicular, correspondientes a los días 2 y 12 del ciclo estral; las sesiones de ovum pick-up (OPU) se realizaron en los días 4 y 14, respectivamente con una bomba de aspiración (WTA, BV-003D, BRASIL). En el T2 las aspiraciones ováricas se efectuaron en los mismos días, pero sin la aplicación de eCG. Los complejos cúmulo-ovocito recuperados fueron evaluados y clasificados morfológicamente bajo un estereomicroscopio (ZEISS STEMI 305, ALEMANIA), de acuerdo a la clasificación de la Asociación Internacional de tecnologías embrionarias (IETS). Posteriormente, fueron transportados en medio de maduración (VITROLAB, COLOMBIA) con base TCM-199 suplementado con suero fetal Bovino, hormonas, piruvato y sales hasta el laboratorio de fertilización *in vitro*, se mantuvieron durante 24 horas en un ambiente controlado a 38,5 °C y 5% de CO₂ en una incubadora (THERMO SCIENTIFIC, HERACELL VIOS 160i, EEUU).

Posteriormente, los ovocitos fueron colocados en medio de fertilización (VITROLAB, COLOMBIA) e inseminados en una proporción de un millón de espermatozoides en 40 UL de medio, el semen fue proveniente de un único toro, con el propósito de reducir la variabilidad genética experimental. Se mantuvieron durante 18 horas en la misma incubadora y bajo las mismas condiciones controladas. Después de este período, las estructuras se transfirieron a cultivo (VITROLAB, COLOMBIA) a base de medio SOF, se mantuvieron en una incubadora tri-gas (THERMO SCIENTIFIC, HERACELL VIOS 160i, EEUU) a 38,5 °C, con un 5% de CO₂, 5% de O₂, hasta el día 7 posterior a la fecundación. Finalmente, los embriones producidos fueron cuantificados y clasificados de acuerdo con los estándares de la IETS.

Como variables de respuesta se evaluaron la respuesta folicular, el número y calidad de los ovocitos recuperados, y la cantidad y calidad de los embriones obtenidos. Se realizó un análisis no paramétrico para comprar los tratamientos sin eCG y con ecG. Las variables evaluadas fueron FOD (folículos del ovario derecho), FOI (folículos del ovario izquierdo), OG1 (ovocitos grado 1), OG2 (ovocitos grado 2), EVT (embriones viables totales), blastocitos y mórulas. Las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante la prueba de Wilcoxon y las asociaciones entre variables mediante la correlación de Spearman. De forma complementaria, para EVT se aplicó una prueba de t de Student. Se consideró significancia estadística cuando $p < 0,05$.

RESULTADOS

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las variables incluidas en la prueba de Wilcoxon ($p > 0,05$). Los parámetros reproductivos se resumen en la Tabla 1.

EFFECTO DE LA ESTIMULACIÓN DE ONDAS FOLICULARES CON eCG SOBRE LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES, EN VACAS BOS INDICUS

Tabla 1. Comparación entre tratamientos mediante la prueba de Wilcoxon.

Variable	SIN eCG media (n)	CON eCG media (n)	Diferencia media (n)	p (Wilcoxon)
FOD	11,50	11,00	-0,50	1,00
FOI	6,75	8,75	2,00	0,63
OG1	1,00	0,75	-0,25	1,00
OG2	5,50	6,75	1,25	0,25
EVT	1,25	3,75	2,50	0,13
BLASTOCITO	0,25	2,50	2,25	0,25
MORULA	1,00	1,00	0,00	1,00

FOD: folículos del ovario derecho; FOI: folículos del ovario izquierdo; OG1: ovocitos grado 1; OG2: ovocitos grado 2; EVT: embriones viables totales. Las variables corresponden a recuentos (n).

Al comparar los tratamientos, FOD presentó una media de 11,50 sin eCG y 11,00 con eCG, con una diferencia de medias de -0,50. FOI mostró una media de 6,75 sin eCG y 8,75 con eCG, con una diferencia de 2,00 folículos. Para OG1, las medias fueron 1,00 sin eCG y 0,75 con eCG, con una diferencia de -0,25 ovocitos; para OG2, fueron 5,50 y 6,75, respectivamente, con una diferencia de 1,25 ovocitos. EVT presentó una media de 1,25 sin eCG y 3,75 con eCG, con una diferencia de 2,50 embriones. La media de blastocitos fue de 0,25 sin eCG y 2,50 con eCG, con una diferencia de 2,25 blastocitos. Para mórulas, ambos tratamientos presentaron una media de 1,00 con una diferencia de 0,00. Ninguna de estas comparaciones alcanzó significancia estadística mediante la prueba de Wilcoxon ($p > 0,05$).

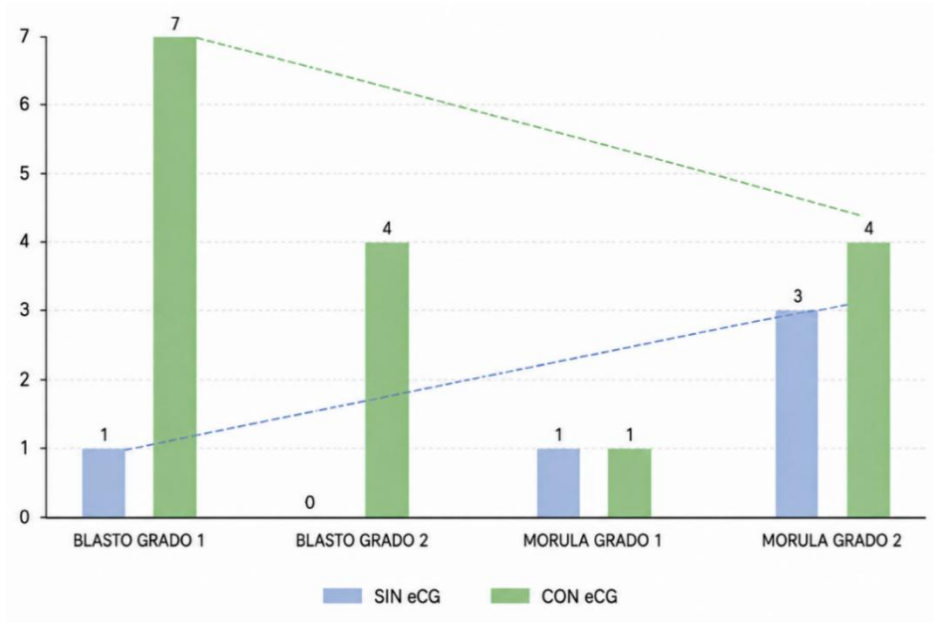


Figura 1. Análisis de la calidad de embriones viables totales.

Existe un total de 15 EVT para el tratamiento con eCG, frente a 5 para el tratamiento control sin eCG; sin embargo, las estructuras del tratamiento con eCG son de inferior calidad, iniciando con

EFFECTO DE LA ESTIMULACIÓN DE ONDAS FOLICULARES CON eCG SOBRE LA PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES, EN VACAS BOS INDICUS

7 blastocitos de Grado 1, equivalentes al 46%, con tendencia a la baja, llegando a tener 4 mórulas de grado 2 equivalentes al 27%. Por otro lado, los tratamientos sin eCG que en su totalidad son tienen en su mayoría mórulas de grado 2 (n=3), equivalentes al 60% de sus casos.

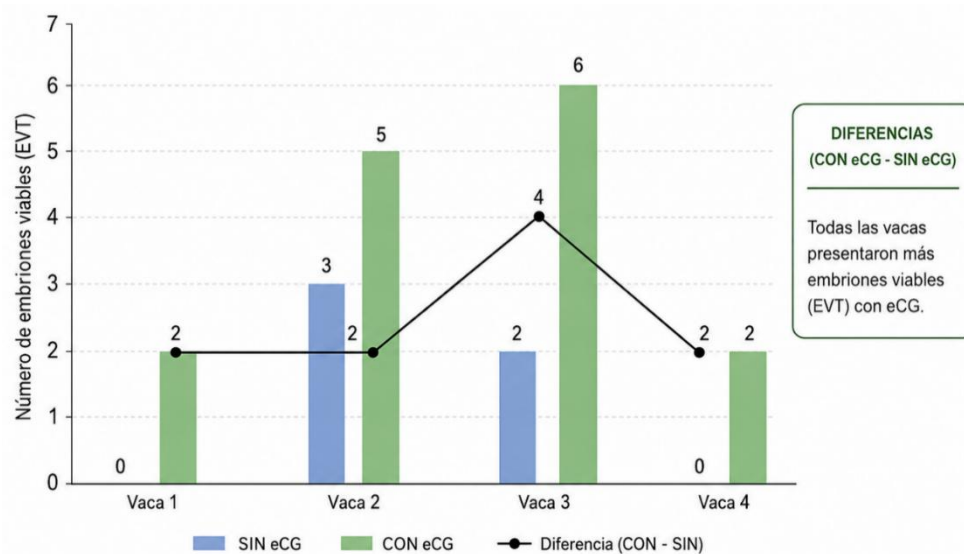


Figura 2. Embriones viables totales.

A pesar de que la población es pequeña se puede observar que hay diferencias de embriones viables con el uso de eCG, esta tabla refleja que con la administración de eCG la vaca 1 tiene un aumento de 2 embriones con respecto al control, la vaca 2 tiene un aumento igualmente de 2 embriones, la vaca 3 tiene un aumento de 4 y la vaca 4 tiene un aumento de 2 embriones respectivamente, por ende y como una comprobación complementaria, se realizó también una prueba t de Student. para EVT (embriones viables totales) en la cual si se observó una variación significativa ($t = 5,00$; $p = 0,015$).

Debido a la variabilidad genética de los cruces Gyr en el trópico, existe una lata variabilidad en la respuesta individual a cada protocolo, sin embargo, la tendencia y el efecto, permite sacar conjeturas preliminares.

Tabla 2. Análisis de correlación de Spearman (ρ).

Variables	Spearman ρ	Valor p	Interpretación
EVT $\leftrightarrow$ BLASTOCITO	0,85	<0,01	Muy fuerte positiva
FOD $\leftrightarrow$ FOI	0,80	0,02	Muy fuerte positiva
FOI $\leftrightarrow$ VG2	0,79	0,02	Fuerte positiva
FOD $\leftrightarrow$ EVT	-0,72	0,04	Fuerte negativa

El análisis de correlación demostró que existieron relaciones significativas ($p < 0.05$) entre algunas de las variables estudiadas. La correlación más alta se observó entre el número de embriones viables (EVT) y el número de blastocitos, donde se obtuvo una relación positiva muy fuerte ($\rho = 0,85$; $p < 0,01$), lo que indica que un mayor número de embriones viables estuvo asociado con una mayor cantidad de blastocitos. De igual manera, se encontró una correlación positiva muy fuerte

entre FOD y FOI ($p = 0,80$; $p = 0,02$), indicando que los valores más altos de FOD estuvieron relacionados con valores mayores de FOI. De manera similar, FOI y VG2 presentaron una correlación positiva fuerte ($p = 0,79$; $p = 0,02$).

Por otra parte, se identificó una correlación negativa fuerte entre FOD y EVT ($\rho = -0,72$; $p = 0,04$), indicando que, dentro de los datos analizados, valores mayores de FOD tendieron a asociarse con un menor número de embriones viables. Todas estas asociaciones presentaron valores sin embargo ($p < 0,05$); sin embargo, debido al reducido número de animales evaluados, los resultados deben considerarse exploratorios y requieren ser confirmados con un mayor número de animales. La relación en la lateralidad de folículos (FOD vs FOI) y el número de embriones totales con la calidad embrionaria (EVT vs Blastocito) se justifican en el proceso embrionario, sin embargo, las otras relaciones no guardan causalidad probable. Además, las otras posibles correlaciones no fueron significativas ($p > 0,05$) por lo que no existe una asociación entre las mismas y no fueron presentadas en la tabla.

La Figura 3. presenta los hallazgos más importantes de la presente investigación, que permiten la visualización real y complementaria de la calidad de los mismos según su clasificación. En este caso Los ovocitos de grado 1 y 2 presentan una morfología relativamente homogénea, con citoplasma de aspecto granular y pigmentación uniforme; además, se encuentran rodeados por células del cúmulo. La mórula por su parte refleja las primeras divisiones embrionarias y se caracteriza por presentar las primeras células individuales en proceso de compactación delimitada por la zona pelúcida. Finalmente, los blastocistos representan una fase más avanzada del desarrollo.

La calidad de estas estructuras embrionarias garantiza la existencia de embriones viables bajo los protocolos detallados.

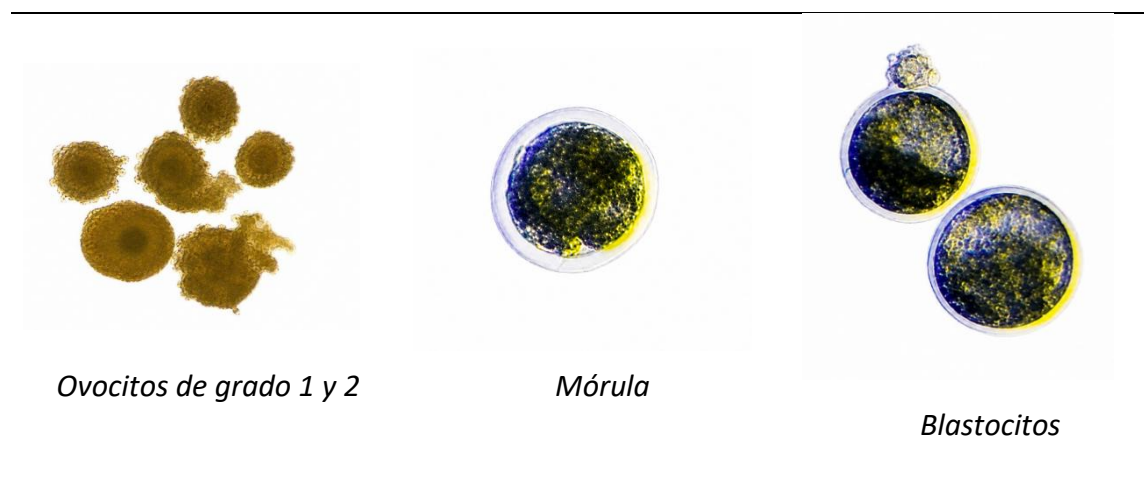


Figura 3. Clasificación de estructuras embrionarias más importantes

En este contexto la optimización de un protocolo hormonal en bovinos Gyr de esta región incrementa la respuesta fisiológica, la respuesta ovárica y la obtención de estructuras embrionarias viables. La inclusión de eCG modifica la dinámica folicular y favorece la respuesta

individual al tratamiento; sin embargo, los dos protocolos presentan resultados positivos e información preliminar para su aplicación en campo.

DISCUSIÓN

Se ha demostrado que la eCG aumenta la cantidad de ovocitos totales y viables recuperados mediante OPU (23), tendencia similar a nuestro estudio, que presentó un mayor número de folículos y mejores resultados embrionarios con eCG, aunque sin diferencias estadísticamente significativas, posiblemente por el reducido número de animales evaluados.

En cuestión de dosis, se encontró que 800 UI de eCG favorecieron el desarrollo de folículos medianos y grandes así como también mejoraron la fertilización normal (2), favoreciendo principalmente el desarrollo de folículos (>3 mm), mientras que los folículos pequeños (≤ 3 mm) no presentan una respuesta significativa, esto se relaciona con que, durante el crecimiento folicular, aumenta progresivamente la capacidad de las células de la granulosa y teca para responder a las gonadotropinas, haciendo que la acción de la eCG sea más evidente en folículos de mayor tamaño (23).

Este estudio, utilizó 600 UI en vacas Gyr mestizas, corroborando los resultados en vacas Nelore administrada con 400 UI de eCG que provocó el aumento del número de folículos y ovocitos viables(23), mientras que en vacas Braford, reportaron una mayor proporción de folículos grandes (2), además bajo condiciones similares se obtuvo un mayor número total de blastocitos por sesión de OPU en donantes de la raza Holstein, lo que indica un efecto específico de la raza en la respuesta al tratamiento con eCG para la producción in vitro (24).

Efecto hormonal

La eCG, favorece el desarrollo de folículos medianos y grandes, aumentando la disponibilidad de ovocitos, aunque su efecto sobre la maduración depende principalmente de la calidad folicular y de las condiciones utilizadas durante la maduración in vitro. En contraste, la maduración y desarrollo embrionario in vitro, las diferentes dosis de eCG no generaron diferencias significativas en el número de ovocitos ni de blastocitos; sin embargo, se observaron variaciones numéricas entre los tratamientos y las razas. Esto indica que la eCG puede favorecer la respuesta folicular y la disponibilidad de ovocitos para la PIVE, pero su efecto sobre la producción de blastocitos puede estar condicionado por el biotipo de las vacas y otros factores relacionados (9). La estimulación con eCG o FSH no generó diferencias significativas en la maduración ni en la competencia inicial de los ovocitos, por lo que no se evidenció un efecto directo sobre su desarrollo posterior in vitro (25). En contraste, en este estudio, la aplicación de 600UI de eCG se asoció con una mayor producción de embriones viables (15 vs 5) y blastocitos, lo que sugiere un efecto favorable sobre la competencia ovocitaria y el desarrollo embrionario in vitro. Los resultados que evidencian (26) la eCG favoreció el crecimiento folicular y aumentó el diámetro del folículo dominante y la tasa de ovulación, mejorando además la eficiencia reproductiva. Su principal efecto in vivo fue estimular la dinámica folicular y la ovulación. La estimulación hormonal realizada antes de la OPU, principalmente mediante FSH y LH, promovió una mayor respuesta folicular y favoreció la

competencia ovocitaria, lo cual se manifestó en un incremento del desarrollo de blastocitos durante la producción in vitro de embriones (27).

Efecto Genético-Ambiental

La raza de la donadora puede influir en la producción in vitro de embriones, aunque su efecto puede manifestarse principalmente en el desarrollo embrionario. En vacas Gyr, los ovocitos presentaron mayores tasas de segmentación y formación de blastocitos que los de Holstein, lo que evidencia una mayor competencia para el desarrollo embrionario in vitro (28). En concordancia (29), observaron que la raza de la donadora influyó en la recuperación de ovocitos y en la producción de embriones, destacándose las donadoras Gyr por una mayor proporción de blastocitos respecto a Holstein.

Los factores ambientales y de manejo hormonal pueden influir en la producción in vitro de embriones, al afectar la competencia y calidad del ovocito. El estrés calórico puede alterar el equilibrio oxidativo y perjudicar la maduración y desarrollo embrionario (30). Asimismo, la estimulación con FSH+eCG puede modificar genes relacionados con el metabolismo y la actividad antioxidante, afectando las condiciones celulares del ovocito y del embrión, aunque sin diferencias en las tasas de segmentación y blastocitos (31). Los factores fisiológicos de la donadora pueden influir en la producción in vitro de embriones, especialmente mediante diferencias en la población folicular y la competencia de los ovocitos. En este sentido, (32) observaron una mayor cantidad de folículos en el ovario derecho desde los primeros días de vida de las terneras, lo que sugiere que esta mayor actividad folicular podría tener un componente congénito y explicar la mayor actividad reproductiva del ovario derecho en bovinos. Asimismo, se ha evidenciado que en vacas Nelore la eCG incrementa la expresión de genes asociados con la señalización del receptor de LH (LHR) en células de la granulosa, debido a que su actividad similar a FSH y LH estimula vías intracelulares como el AMPc, promoviendo la función de las células foliculares, la esteroidogénesis y el desarrollo folicular(33).

CONCLUSIONES

La aplicación de eCG dos días antes del comienzo de cada ovulación aumenta numéricamente la respuesta folicular y el número de blastocitos frente a animales no estimulados en vacas Bos indicus (línea Gyr). Se observa un efecto favorable de la eCG sobre la producción in vitro de embriones, manifestado en la respuesta folicular y durante las etapas de maduración, fecundación y desarrollo embrionario; no obstante, este aumento productivo no necesariamente se relaciona con una mejor calidad de las estructuras embrionarias obtenidas, demostrando que la cantidad y calidad embrionaria pueden responder independientemente al tratamiento hormonal aplicado bajo estas condiciones experimentales específicas.

La administración de 600 UI de eCG previa a la OPU mostró una tendencia favorable sobre la respuesta reproductiva de vacas *Bos indicus* línea Gyr, evidenciada por una mayor disponibilidad folicular y producción de embriones viables y blastocistos respecto al protocolo

sin eCG. Sin embargo, estas diferencias no alcanzaron significancia estadística, por lo que los resultados deben interpretarse como una respuesta biológica preliminar.

La utilización de eCG favoreció principalmente la cantidad de estructuras embrionarias obtenidas, pero no evidenció una mejora consistente en su calidad, lo que indica que una mayor respuesta folicular no necesariamente se traduce en una mayor calidad embrionaria. Estos resultados sugieren que la eficiencia de la PIVE depende también de factores propios de la donadora, la competencia ovocitaria y las condiciones de producción *in vitro*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Suárez M, Moscoso A, Maldonado M, Alvarado JP, Alvarado JC. Respuesta superovulatoria de un protocolo tradicional con remplazo parcial de pluset (FSH-LH) por una dosis de eCG en bovinos. Vol. 11. 2024;11(1):1-19.
2. Ribas B, Missio D, Roman I, Neto N, Claro I, dos Santos Brum D, et al. Superstimulation with eCG prior to ovum pick-up improves follicular development and fertilization rate of cattle oocytes. Vol. 195. 2018;195:284-90. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.06.006>
3. García A, Lemos J, Vasconcellos R, Brontz C, Ponte E, Absalon V, et al. Optimizing in vitro embryo production in cattle: strategies for donor management and selection. Vol. 22. 2025;22(3):1-26. doi:<https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2025-0079>
4. Valencia L, Sánchez C, Baldrich N. Ciclo reproductivo y dinámica folicular en ganado bos indicus. Vol. 9. 2017;9(2):62-8.
5. Adams G, Singh J. Ovarian Follicular and Luteal Dynamics in Cattle. 2021;292-323. doi:[doi:10.1002/9781119602484.ch25](https://doi.org/10.1002/9781119602484.ch25)
6. Ortíz N, Ayala L, Marini P. Efecto de la eCG antes o después de la inseminación artificial a tiempo fijo sobre la dinámica folicular y la tasa de preñez en vacas Holstein mestizas en la Amazonía Ecuatoriana. 2017;(8):49-51.
7. Baruselli P, Sales J, Crepaldi G, Marques M, Ferreira R, De Sá Filho M, et al. Uso de eCG asociada al control de la dinámica folicular: IATF, TETF y SPO. Vol. 16. 2013;16(62):32-42.
8. Cristancho S. EFECTO DE LA ESTIMULACIÓN CON GONADOTROPINAS SOBRE EL NÚMERO DE FOLICULOS Y LA VIABILIDAD DE OOCITOS OBTENIDOS DE DONADORAS DIFERENTES RAZAS [Internet]. [Bogotá, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia; 2022. Disponible en: https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UNACIONAL2_92986106d12d431430edb5f5355b04f6/Details
9. Medina L, Gutiérrez F, Trejo F, del Ángel H, Canales A, Reyes A, et al. Efecto de eCG sobre la producción de embriones in vitro en bovinos de razas de carne en trópico seco. Vol. 31. 2023;31(Supl 1):67-72. doi:<http://www.doi.org/10.53588/alpa.310513>
10. García F, De Menezes B, Fernandes C, Klaus R, Silveira M, Mach J, et al. Effect of prior follicular wave synchronization and eCG on ovum pick-up and in vitro embryo production in Braford cows. Vol. 22. 2025;22(4). doi:<https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2025-0020>
11. Dogan H, Yenilmez K. Factors influencing ovum pick-up technique results in cattle. Vol. 8. 2024;8(1):13-23. doi:<https://doi.org/10.30704/http-www-jivs-net.1403722>

12. Sangkate M, Yama P, Suriard A, Butmata W, Thammakhantha S, Daoloy N, et al. Effect of eCG on Terminal Follicular Growth and Corpus Luteum Development and Blood Perfusion in Estrous-Synchronized White Lamphun Cattle. Vol. 15. 2025;15(867):1-15. doi:<https://doi.org/10.3390/ani15060867>
13. Huang Y, Zhang H, Mei C, Yang M, Zhao S, Zhu H, et al. Phenotypic and Genetic Analyses of In Vitro Embryo Production Traits in Chinese Holstein Cattle. Vol. 13. 2023;13(3539):1-13. doi:<https://doi.org/10.3390/ani13223539>
14. Bó G, Macagno A, De la Mata J, Vera A, Huguenine E, Tschopp JC, et al. Protocolos de IATF: desde la comprensión de la dinámica folicular ovárica a las restricciones actuales y futuras de su uso. 2025;123-38.
15. Neira E, Velásquez JG, Cardozo J, Velásquez JH, Gutiérrez S, Herrera R. Morfometría de ovarios, folículos y su relación con la calidad oocitaria en bovinos1. Vol. 34. 2023;34(1). doi:10.15517/am.v34i1.50156
16. Pytel A, Zyzynska K, Gajewski Z, Papis K. Factors defining developmental competence of bovine oocytes collected for in vitro embryo production. Vol. 111. 2024;111(1):1-10. doi:<https://doi.org/10.1093/biolre/ioae065>
17. Soria M, Soria C, Argudo D, Serpa G, Méndez S, Torres C, et al. Superovulación con sincronización de la onda folicular y con celo natural en vacas Holstein. Vol. 29. 2017;29(1):40-3.
18. Solís A, Guerra R, Sandoya G, De Armas R. Efecto de sincronización de la onda folicular y de la frecuencia de aspiración de folículos en novillas de la raza Brahman. Vol. 13. 2012;13(10):1-16.
19. Yunga E. EFECTO DE LA HORMONA GONADOTROPINA CORIONICA EQUINA (eCG) EN LA MADURACION FOLICULAR EN BOVINOS CON SU CRIA AL PIE". [Cuenca]: Universidad de Cuenca; 2013.
20. Orellana S. Efecto de la gonadotropina coriónica equina (eCG) en la tasa de preñez con protocolos de IATF en vacas Brown Swis. [Cuenca]: Universidad Politécnica Salesiana; 2015.
21. Carrasco J, Aragadvay G, Delgado F. Efecto de la gonadotropina coriónica equina (ECG), sobre la tasa de concepción en vacas Holstein, sincronizadas con prostaglandina y benzoato de estradiol e inseminadas a tiempo. Vol. 9. 2024;9(8):3628-45. doi:<https://doi.org/10.23857/pc.v9i8.7903>
22. Tovío N. Efectos de la aplicación de eCG (Día 5 u 8) sobre el desarrollo del cuerpo lúteo, nivel de progesterona y tasa de preñez en hembras receptoras de embriones bovinos. [Bogotá, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia; 2011.
23. de Carvalho Fernandes CA, Costa Lopes A, Costa Gonçalves F, Ruiz Pereira J, de Andrade Guimarães JP, de Souza Castilho AC, et al. Improvement in early antral follicle development and gene expression modulation prior to follicle aspiration in bovine cumulus-oocyte complexes by equine chorionic gonadotropin. Vol. 172. 2021;172:281-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.07.003>
24. Baruselli P, de Abreu LÂ, Chechin Catussi BL, dos Santos Oliveira AC, Rebeis LM, Gricio EA, et al. Use of new recombinant proteins for ovarian stimulation in ruminants. Vol. 20. 2023;20(2). doi:<https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0092>

25. Ribeiro L, Rigolon L, Cavalieri F, Seko M, Martinez A, Ribeiro M, et al. RECUPERAÇÃO DE OÓCITOS E PRODUÇÃO IN VITRO DE EMBRIÕES DE VACAS ESTIMULADAS COM FSH OU ECG. Vol. 60. 2011;60(232):1021-9.
26. Sales J, Bottino M, Silva L, Girotto R, Massoneto J, Souza J, et al. Effects of eCG are more pronounced in primiparous than multiparous Bos indicus cows submitted to a timed artificial insemination protocol. 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.07.023>
27. Chaubal S, Ferre L, Molina J, Faber D, Bols P, Rezamand P, et al. Hormonal treatments for increasing the oocyte and embryo production in an OPU–IVP system. Vol. 67. 2007;67:719-28. doi:<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.07.022>
28. Camargo L, Viana J, Ramos A, Serapião R, de Sa W, Ferreira A, et al. Developmental competence and expression of the Hsp 70.1 gene in oocytes obtained from Bos indicus and Bos taurus dairy cows in a tropical environment. Vol. 68. 2007;68(4):626-32. doi:<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.03.029>
29. Pereira I, Nunes M, Souza M, Fonseca B, Silva E, Rodrigues G, et al. Cattle breed affects in vitro embryo production in a large-scale commercial program on dairy farms. Vol. 240. 2020;240. doi:<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104135>
30. Maddahi A, Saberivand A, Hamali H, Jafarpour F, Saberivand M. Exploring the impact of heat stress on oocyte maturation and embryo development in dairy cattle using a culture medium supplemented with vitamins E, C, and coenzyme Q10. Vol. 119. 2024;119. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103759>
31. Franchi F, Satrapa R, Fontes P, Santos P, Montanari E, Picada I, et al. Equine chorionic gonadotropin drives the transcriptional profile of immature cumulus-oocyte complexes and in vitro-produced blastocysts of superstimulated Nelore cows. 2019;1-13. doi:<https://doi.org/10.1002/mrd.23251>
32. Danguubiyam SV, Ginther O. Relationship between more follicles in right than left ovary in recently born calves and right ovary propensity for ovulation in cattle. Vol. 19. 2019;19(4):363-7. doi:<https://doi.org/10.1016/j.repbio.2019.09.005>
33. Castilho A, Nogueira M, Fontes P, Machado M, Satrapa R, Razza E, et al. Ovarian superstimulation using FSH combined with equine chorionic gonadotropin (eCG) upregulates mRNA-encoding proteins involved with LH receptor intracellular signaling in granulosa cells from Nelore cows. Vol. 82. 2014;82(9):1199-205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.06.011>