





Perfil metabólico en ovejas sometidas a protocolo hormonal de larga y corta duración

Metabolic profile in sheep subjected to long- and short-term hormonal protocol

Diego Fernando Dubeibe-Marin^{1*} ; Jorge Leonardo García-Arévalo² ;
Edgar Ricardo Moreno-Jeréz³ ; Diego Andrés Velasco-Acosta⁴ 

¹Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Área de Ciencias Agropecuarias. Bogotá D.C., Colombia; e-mail: ddubeibe@udca.edu.co

²Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bucaramanga - Santander, Colombia; e-mail: jorgel.garcia@campusucc.edu.co

³Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, sede Motilonia. Agustín Codazzi - Cesar, Colombia; e-mail: ermoro@agrosavia.co

⁴Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia, sede Tibaitatá, Mosquera - Cundinamarca, Colombia; e-mail: develasco@agrosavia.co

*autor de correspondencia: ddubeibe@udca.edu.co

Cómo citar: Dubeibe-Marin, D.F.; García-Arévalo, J.L.; Moreno-Jeréz, E.R.; Velasco-Acosta, D.A. 2025. Perfil metabólico en ovejas sometidas a protocolo hormonal de larga y corta duración. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 28(2):e2977. <http://doi.org/10.31910/rudca.v28.n2.2025.2977>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada en Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional

Recibido: septiembre 19 de 2025

Aceptado: noviembre 25 de 2025

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

La eficiencia de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en ovinos es altamente variable y los factores que condicionan su exitosa implementación en esta especie no están completamente esclarecidos. Este estudio evaluó el perfil metabólico de ovejas sometidas a protocolo de sincronización hormonal de corta y larga duración. Para ello, 37 ovejas fueron distribuidas en dos grupos: Grupo A (n=20) recibió, en el día 0, una esponja intravaginal con 60 mg de acetato de medroxiprogesterona; en el día 14 la esponja fue retirada y, simultáneamente, fueron aplicadas 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG, Novormon®). Grupo B (n=17), se le colocó, en el día 0, la esponja y su retiro se realizó al día 7, junto con la aplicación de 300 UI de eCG y 0,0375mg de D-cloprostenol (Prostal®). Todas las ovejas fueron inseminadas 52–56 h después del retiro de las esponjas. Las concentraciones séricas de glucosa, albumina, proteínas totales (PPT), colesterol, urea y nitrógeno ureico (BUN) fueron evaluadas los días 0, 14 y 29 y, 0, 7 y 22, en los animales de los grupos A y B, respectivamente. Los datos se analizaron con Chi-cuadrado y ANOVA. No hubo diferencias en la tasa de preñez; no obstante, las concentraciones de PPT, albumina y colesterol fueron mayores en las ovejas del Grupo B. En conclusión, la duración del protocolo no afectó las tasas de preñez; sin embargo, las ovejas sometidas a protocolo hormonal de corta duración presentaron un perfil metabólico compatible con condiciones favorables para la reproducción.

Palabras clave: Inseminación artificial; Metabolismo energético; Ovinos de pelo; Protocolo hormonal; Sincronización del celo.

ABSTRACT

The efficiency of fixed-time artificial insemination (FTAI) in sheep is highly variable, and the factors determining its successful implementation in this species remain unclear. This study evaluated the metabolic profile of ewes subjected to short- and long-term hormonal synchronization protocols. A total of 37 ewes were assigned to two groups. In Group A (n=20), intravaginal sponges containing 60 mg medroxyprogesterone acetate (MAP) were inserted on day 0 and removed on day 14, followed by administration of 300 IU equine chorionic gonadotropin (eCG) (Novormon®). In Group B (n=17), sponges were inserted on D0 and removed on day 7, simultaneously with administration of 300 IU eCG and 0.0375 mg D-cloprostenol (Prostal®). Ewes were inseminated 52–56 hours after sponge removal. Serum concentrations of glucose, albumin, total proteins (TPP), cholesterol, urea, and blood urea nitrogen (BUN) were measured on days 0, 14, and 29 for Group A, and on days 0, 7, and 22 for Group B, respectively. Data were analyzed by Chi-square and ANOVA. No significant differences were observed in pregnancy rates. However, ewes subjected to the short-term hormonal protocol exhibited a metabolic profile consistent with favorable conditions for reproduction.

Keywords: Artificial insemination; Energy metabolism; Estrus synchronization; Hair sheep; Hormonal protocol.

INTRODUCCIÓN

A pesar de las ventajas que ofrece la técnica de inseminación artificial a tiempo fijo en comparación con otras especies domésticas, su aplicabilidad en ovinos continúa siendo parcialmente limitada (Faigl *et al.* 2012). Aunque el método de inseminación artificial laparoscópica (IAL) demuestra resultados prometedores (Masoudi *et al.* 2017), la información sobre de la participación de otros factores distintos de la propia técnica, con potencial de interferir en el éxito de los resultados, sigue siendo escasa.

Tradicionalmente, los protocolos hormonales para la sincronización de los celos y de las ovulaciones en ovejas se basan en la inserción en el canal vaginal de dispositivos (implantes o esponjas) impregnados con progesterona de origen natural o sintético y mantenidos allí durante diferentes períodos de tiempo (5 – 14 días) (Abecia *et al.* 2012). Cox *et al.* (2012) y Knights *et al.* (2011) sugieren que la duración del período de permanencia de los dispositivos (protocolos de corta o larga duración) puede influir en el resultado final de la preñez posterior a la inseminación artificial; sin embargo, los reportes disponibles en la literatura son inconsistentes.

Para algunos autores, como Menchaca & Rubianes (2004) y Viñoles *et al.* (2001), los protocolos de larga duración (~14 días) podrían inducir la ovulación de folículos con largos períodos de dominancia y, en consecuencia, liberar óvulos de baja calidad; para otros, como Blaschi *et al.* (2014), los protocolos de sincronización de larga duración ofrecen los mejores resultados en términos de concepción (Blaschi *et al.* 2014).

De cualquier manera, la verdadera naturaleza de los factores que pueden afectar el resultado final de la inseminación, con relación a la duración del protocolo hormonal aún es desconocida. Aunque el principal foco de las investigaciones se centra en la influencia de factores intraováricos, como la velocidad del recambio folicular o el tiempo de dominancia folicular (Menchaca & Rubianes 2004), se ha prestado poca atención al estudio de factores extraováricos, como las posibles alteraciones metabólicas que puedan ocurrir a lo largo del periodo de sincronización.

Es ampliamente aceptado el concepto de que el estatus metabólico de un organismo animal varía en función del consumo, almacenamiento y gasto de energía, así como de la condición de los sistemas hormonales, que pueden ser controlados o influenciados por el propio estatus energético (Martin *et al.* 2010). Adicionalmente, los tejidos encargados del control reproductivo responden a las condiciones metabólicas impuestas por un determinado estado nutricional (Navarro, 2020).

La especie ovina, en particular, es altamente sensible a las variaciones metabólicas, al punto de que debe adaptar sus procesos reproductivos, de acuerdo con las condiciones nutricionales impuestas por los períodos de mayor y menor disponibilidad de alimentos (Martin *et al.* 2010). Debido a la fuerte influencia que ejerce la nutrición sobre la capacidad de producción láctea, las ovejas que habitan en regiones con marcada diferenciación de

las estaciones climáticas condicionan su actividad reproductiva exclusivamente a los meses con menor intensidad lumínica natural, para así ajustar el nacimiento de las crías a los momentos del año con mayor disponibilidad de alimentos (deNicolo *et al.* 2008). En regiones cercanas a la línea del ecuador, aunque no existen diferencias en la intensidad lumínica, las épocas de mayor actividad reproductiva y, en consecuencia, de partos, están reguladas por las variaciones en la pluviosidad a lo largo del año, lo que, a su vez, determina la disponibilidad de forrajes (Alvarez Balara *et al.* 2015).

De acuerdo con lo mencionado, el objetivo del presente estudio fue determinar la influencia de la duración del protocolo sobre las posibles alteraciones en el perfil metabólico de las ovejas y, a su vez, los efectos que esto podría acarrear en las tasas finales de concepción posterior a la inseminación artificial a tiempo fijo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el comité de Manejo Bioético en Experimentación y Práctica con Animales de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, de acuerdo con el acta emitida el 24 de abril de 2024. Los animales utilizados en ese estudio se encontraban ubicados en la vereda Baraya, del municipio de El Socorro, departamento de Santander, Colombia, a 780 m s.n.m., con coordenadas N 6°30'3,14" y O 73°15'24,77".

Para la ejecución de la fase experimental fueron seleccionadas 37 ovejas de pelo (sin raza definida) no gestantes, con más de 90 días posparto, sin cría al pie, con actividad cíclica reproductiva, clínicamente sanas, con una edad aproximada entre 18 y 36 meses, condición corporal de 2 a 4 (escala de 1 a 5), y peso entre 20 – 40 kg. Durante la fase experimental, las ovejas se mantuvieron en un sistema semi-estabulado, con pastoreo (*Cynodon plectostachyus* y *Brachiaria* sp.) y suplementación con ensilaje de maíz, pasto de corte (*Pennisetum purpureum*), sal mineralizada y agua *ad libitum*.

Grupos Experimentales

De manera aleatoria, los animales seleccionados fueron divididos, de acuerdo con la duración del protocolo hormonal, para conformar los siguientes dos grupos experimentales: Grupo A: conformado por 20 animales, los cuales, el día 0 del protocolo recibieron una esponja intravaginal impregnada con 60 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP®, Syntex, Argentina); al día 14 del protocolo, la esponja fue retirada e inmediatamente después fueron aplicados 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG; Novormon 5000®, Syntex). Grupo B: 17 animales recibieron la esponja intravaginal el mismo día de inicio del protocolo que los animales del grupo A (día 0); sin embargo, esta fue retirada 7 días después y simultáneamente, fueron inyectados 0,0375mg de D-cloprostenol (Prostal®, Over) y 300 UI de eCG.

Finalmente, las ovejas de los dos grupos fueron sometidas a inseminación artificial laparoscópica (IAL) entre 52 y 56 h posterior a la retirada de las esponjas (días 16 y 9 del protocolo, para

los grupos A y B, respectivamente), utilizando semen congelado/descongelado de un mismo macho, en dosis ajustadas a 80 millones de espermatozoides. El diagnóstico de preñez fue realizado 40 días después, a través de examen ecográfico (Mindray DP 10 Vet, USA) vía transrectal, utilizando sonda lineal a 5MHz.

Análisis de metabolitos sanguíneos

Mediante punción de la vena yugular con ayuda de vacutainer™, muestras de sangre fueron colectadas en tubos sin anticoagulante en tres momentos diferentes a lo largo del manejo reproductivo: al momento de la inserción de la esponja intravaginal, al momento de su retirada y a los 15 días posteriores a la inseminación laparoscópica (días 0, 14, y 29; y 0, 7 y 22 del protocolo reproductivo para los grupos A y B, respectivamente). Seguidamente, previa centrifugación a 300 g durante 10 min, el suero fue recuperado y depositado en tubos para microcentrífuga con capacidad de 1,5 mL. Finalmente, las muestras fueron refrigeradas a 5 °C durante 3 h y posteriormente fueron congeladas a -20 °C y almacenadas en esas condiciones hasta su análisis.

La concentración sanguínea de los metabolitos fue determinada mediante el uso de los reactivos enzimáticos IHR (Diagnostica®, Cali, Colombia) y HUMAN Diagnostics (Worldwide®, Wiesbaden, Alemania), siguiendo las indicaciones de los fabricantes. Fueron evaluadas las concentraciones de glucosa (mg/dl), albumina (g/dl), proteínas totales (g/dl), colesterol (mg/dl), urea y BUN (mg/dl); para convertir las unidades de masa a las correspondientes de BUN

se aplicó la fórmula: urea mg/dl x 0,47). La lectura de la muestra fue realizada en espectrofotómetro (GENESYS 10 S UV-Vis, ThermoFisher, USA), utilizando una longitud de onda de entre 505 y 620nm, de acuerdo con el metabolito analizado.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el software SAS, versión 9,4. Inicialmente, la normalidad de los datos fue verificada a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Las diferencias en las tasas de concepción entre los grupos fueron analizadas mediante Chi-cuadrado. Por su parte, los resultados de las concentraciones de metabolitos entre grupos, entre ovejas preñadas y vacías, y entre momentos de colecta, además de las características de edad, peso y condición corporal, fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA). Los promedios que presentaron diferencias fueron comparados con la prueba de Tukey. Para todos los análisis fue utilizado un nivel de significancia de $P \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para confirmar la homogeneidad de los grupos, al inicio del experimento fue verificada la ausencia de diferencias ($P > 0,05$) en la edad, condición corporal, y peso entre los animales de los grupos A y B (Tabla 1).

Respecto a la evaluación de las tasas de preñez, no fueron observadas diferencias significativas entre los dos grupos ($P > 0,05$) (Tabla 1).

Tabla 1: Características y tasa de preñez en ovejas sometidas a inseminación artificial laparoscópica y a protocolos hormonales de sincronización del celo mediante esponja intravaginal impregnada con progesterona. Grupo A: larga duración, 14 días; Grupo B: corta duración, 7 días.

Grupo	Animales (n)	Edad (meses)	Peso (Kg)	ICC (1 a 5)	Preñez (%)
A	20	23,10 ± 1,49	25,05 ± 0,89	2,85 ± 0,17	50
B	17	24,65 ± 1,62	27,35 ± 0,97	3,0 ± 0,18	64

Los valores representan el promedio ± el error estándar. ICC: índice de condición corporal.

Investigaciones previas han evaluado la influencia del tiempo de permanencia de los implantes sobre las tasas de concepción, pero los resultados son contradictorios. Los protocolos largos se relacionan con menores tasas de preñez y este efecto estaría asociado, a su vez, con una menor tasa de crecimiento del folículo preovulatorio y, por ende, con un mayor tiempo de dominancia folicular, todo esto, derivado de niveles subluteales de progesterona, especialmente, a partir de la segunda mitad del tiempo de permanencia del implante (Viñoles *et al.* 2001; Bartlewski *et al.* 2017); no obstante, para otros autores, como Biehl *et al.* (2019) y Blaschi *et al.* (2014), los protocolos de implantación prolongados resultan en mayores tasas de preñez. La discrepancia de tales observaciones se podría atribuir a factores asociados a la raza de los animales, al tipo de progesterona natural o sintética (Gonzales-Bulnes *et al.* 2020),

pero, principalmente, al lugar de implantación. El uso de implantes de manera subcutánea, por ejemplo, proporciona períodos de absorción de progesterona más prolongados y una mayor actividad biológica de la progesterona, al tiempo que evita posibles infecciones vaginales por presencia de cuerpo extraño (Talebkhani Garoussi *et al.* 2012; Blaschi *et al.* 2014).

A su vez, la evaluación del perfil de metabolitos, en términos generales, evidenció que las concentraciones de proteína totales (PPT), albumina y colesterol fueron significativamente más altas en el Grupo B en comparación con el Grupo A (Tabla 2). Las PPT engloban las concentraciones de albumina y de los diversos tipos de globulinas. En la especie bovina, niveles bajos en el PPT se relacionan con bajos índices de fertilidad (Peixoto *et al.* 2006). La

albumina, en particular, representa alrededor del 50 % del total de proteínas en sangre y su concentración depende del aporte proteico en la alimentación y de la tasa de su síntesis en el hígado (González *et al.* 2000). La participación de la albumina en los procesos reproductivos se basa en su capacidad de transporte para las hormonas liposolubles, como los esteroides (Hammond, 2016); sin embargo, una reducción de su concentración podría comprometer la síntesis de otras sustancias de carácter proteico, como el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 (IGF-1), impactando negativamente los procesos reproductivos (Oguni *et al.* 2024). El IGF-1 participa en el crecimiento y la maduración folicular, ejerce este efecto de manera directa a nivel intraovárico (Silva *et al.* 2009) e indirectamente al estimular la secreción hipotalámica de GnRH (DiVall *et al.* 2010).

Los resultados de este estudio mostraron, además, que la concentración de PPT fue significativamente más elevada en las ovejas preñadas del grupo sometido al protocolo de larga duración (Grupo A) y, a su vez, la albúmina fue estadísticamente más alta en los animales que resultaron preñadas en el protocolo de corta duración (Grupo B) (Tabla 3). Adicionalmente, se evidenció un aumento significativo en estos metabolitos durante el último periodo de muestreo, que correspondió a los 15 días posteriores a la IAL, a favor de los animales del grupo de sincronización de corta duración ($P < 0,001$) (Figura 1a).

De igual forma, para las concentraciones de colesterol fue observada una concentración sérica significativamente más alta en las ovejas, tanto preñadas como vacías, pertenecientes al Grupo B ($P < 0,05$) (Tabla 3). Asimismo, con relación al momento del protocolo, la significativamente mayor concentración sérica de colesterol al retiro de las esponjas fue observada en el Grupo B ($P < 0,01$). El colesterol es un indicador estable del metabolismo lipídico y, adicionalmente, es el precursor de las diferentes hormonas esteroideas (Scaramuzzi *et al.* 2010; Nguyen *et al.* 2012). En ese sentido, concentraciones adecuadas de este metabolito indican no solo un correcto aporte de fuentes energéticas en la dieta y un buen funcionamiento hepático, sino también, una apropiada disponibilidad de materia prima para la síntesis de estrógenos y progesterona, de acuerdo con los requerimientos para cada fase del ciclo estral (Szymanski *et al.* 2007; Meza Villalvazo *et al.* 2018).

La significativamente más alta concentración de colesterol en el grupo de animales sometidos a un protocolo de corta duración revela una mayor reserva energética en momentos del protocolo, donde se espera que haya dominancia folicular, previo al momento esperado para que suceda la ovulación, lo que finalmente podría repercutir en la ovulación de complejos *cúmulus*-ovocitos más competentes.

Tabla 2. Concentraciones séricas en ovejas de pelo sometidas a protocolos hormonales de sincronización del celo mediante esponja intravaginal impregnada con progesterona. Grupo A: larga duración, 14 días; Grupo B: corta duración, 7 días.

Metabolito	Grupo A	Grupo B	Error estándar	P valor
PPT (g/dl)	7,16	7,79	0,10	0,0001
Albumina (g/dl)	2,62	3,36	0,04	<,0001
Colesterol (mg/dl)	52,02	86,65	2,26	<,0001
Glucosa (mg/dl)	55,43	53,90	1,71	0,5560
Urea (mg/dl)	88,66	91,15	0,99	0,0984
BUN (mg/dl)	41,67	42,84	0,46	0,0984

PPT: proteínas totales; BUN: nitrógeno ureico en sangre.

Valores de P menores a 0,05 en cada línea indican diferencias significativas entre grupos.

Tabla 3. Concentraciones séricas en ovejas de pelo diagnosticadas como preñadas y vacías a partir de inseminación laparoscópica y sometidas a protocolos hormonales de sincronización del celo, mediante esponja intravaginal impregnada con progesterona. Grupo A: larga duración, 14 días; Grupo B: corta duración, 7 días.

Metabolito	Grupo A		Grupo B	
	Preñada	Vacía	Preñada	Vacía
PPT (g/dl)	7,41±0,14 ^{aA}	6,91±0,14 ^{bA}	7,77±0,19 ^{aB}	7,80±0,14 ^{ab}
Albumina (g/dl)	2,69±0,05 ^B	2,57±0,05 ^B	3,49±0,07 ^{aA}	3,22±0,05 ^{ba}
Colesterol (mg/dl)	54,77±3,19 ^B	49,28±3,19 ^B	87,17±4,12 ^A	86,14±3,05 ^A
Glucosa (mg/dl)	53,75±2,42	57,11±2,42	53,54±3,13	54,25±2,31
Urea (mg/dl)	88,78±1,40	88,55±1,40	89,33±1,80	92,98±1,33
BUN (mg/dl)	41,72±0,66	41,62±0,66	41,98±0,85	43,70±0,62

PPT: proteínas totales; BUN: nitrógeno ureico en sangre.

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre ovejas preñadas y vacías dentro de cada grupo. Letras mayúsculas diferentes, indican diferencias significativas entre ovejas preñadas o vacías entre grupos

Por otro lado, los valores de urea y BUN no fueron diferentes entre grupos de acuerdo con la duración del protocolo ($P = 0,098$) (Tabla 2) y tampoco entre animales con diagnóstico de preñez positivo o negativo (Tabla 3); sin embargo, estos metabolitos exhibieron un aumento significativo durante el inicio del protocolo en los animales del grupo de sincronización hormonal prolongada y, por el contrario, una mayor concentración al momento de la retirada de las esponjas en el grupo de animales sometidos a protocolo de corta duración (Figuras 1e y 1f). Los valores de referencia reportados para urea en suero sanguíneo de ovinos fluctúan entre 4 y 10 mmol/L (Zywicky *et al.* 2018); sin embargo, en este estudio, la concentración observada al inicio del protocolo en el grupo de sincronización prolongada fue de 208,09 mg/dl, equivalente a 34,65 mmol/L, muy por encima del valor de referencia. El aumento en la concentración de urea podría corresponder a un reflejo inmediato del incremento del aporte de proteínas en la dieta (Karen *et al.* 2011) o, incluso, a un bajo nivel de hidratación de los animales al momento de la colecta de sangre; no obstante, desbalances en la relación energía: proteína, como consecuencia de una disminución en el consumo de fuentes de energía, puede contar también para el aumento en la concentración de urea en sangre, debido a que en estas condiciones las bacterias ruminales no logran metabolizar el amonio derivado de las proteínas del alimento, permitiendo que más amonio ingrese a la circulación sanguínea y sea convertido en urea en el hígado (Hailemariam *et al.* 2021).

De cualquier manera, a pesar del desconocimiento de las verdaderas causas de la elevada concentración de urea en el suero sanguíneo

de los animales utilizados en este estudio, se sabe que altas concentraciones de urea circulante repercuten negativamente en el desempeño reproductivo (Boakari *et al.* 2020).

Valores elevados de urea en sangre (uremia), se asocian con alteraciones en el ambiente del tracto reproductivo (Kananub *et al.* 2020), que derivan en muerte de gametos y embriones (Raboisson *et al.* 2017; Abdelli *et al.* 2025). Adicionalmente, la uremia elevada, derivada de deficiencias de energía, puede ocasionar un desequilibrio en el funcionamiento del eje hipotálamo-hipófisis-gónada, especialmente, perjudicando la capacidad de producción de hormonas esteroideas de origen ovárico (Berardinelli *et al.* 2001; Geppert *et al.* 2017a, 2017b). Cabe aclarar que los valores de BUN fueron calculados a partir de las concentraciones de urea, por ese motivo, este metabolito mostró un comportamiento similar al descrito para la urea. Finalmente, la concentración de glucosa no mostró diferencias ($P > 0,05$) entre los grupos (Tabla 2) ni entre los momentos de colecta (Figura 1d). Aunque la glucosa es ampliamente utilizada como indicador adicional del metabolismo energético (Galván Doria *et al.* 2014; Zywicky *et al.* 2018), la evidencia disponible indica que, debido a los estrictos mecanismos de control hormonal que ejerce el organismo de los animales sobre los niveles de glucosa en sangre, las alteraciones en su concentración son poco comunes, incluso, independientemente de las variaciones en su consumo (Giridharan, 2018).

En conclusión, estas observaciones indican que, aunque la duración del período de permanencia de las esponjas con progestágeno no

afectó la tasa de concepción obtenida mediante inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), el protocolo hormonal de corta duración propició un perfil proteico y energético más estable en

las ovejas sincronizadas, favoreciendo, de esta manera, un entorno fisiológico potencialmente más adecuado para un buen desempeño reproductivo.

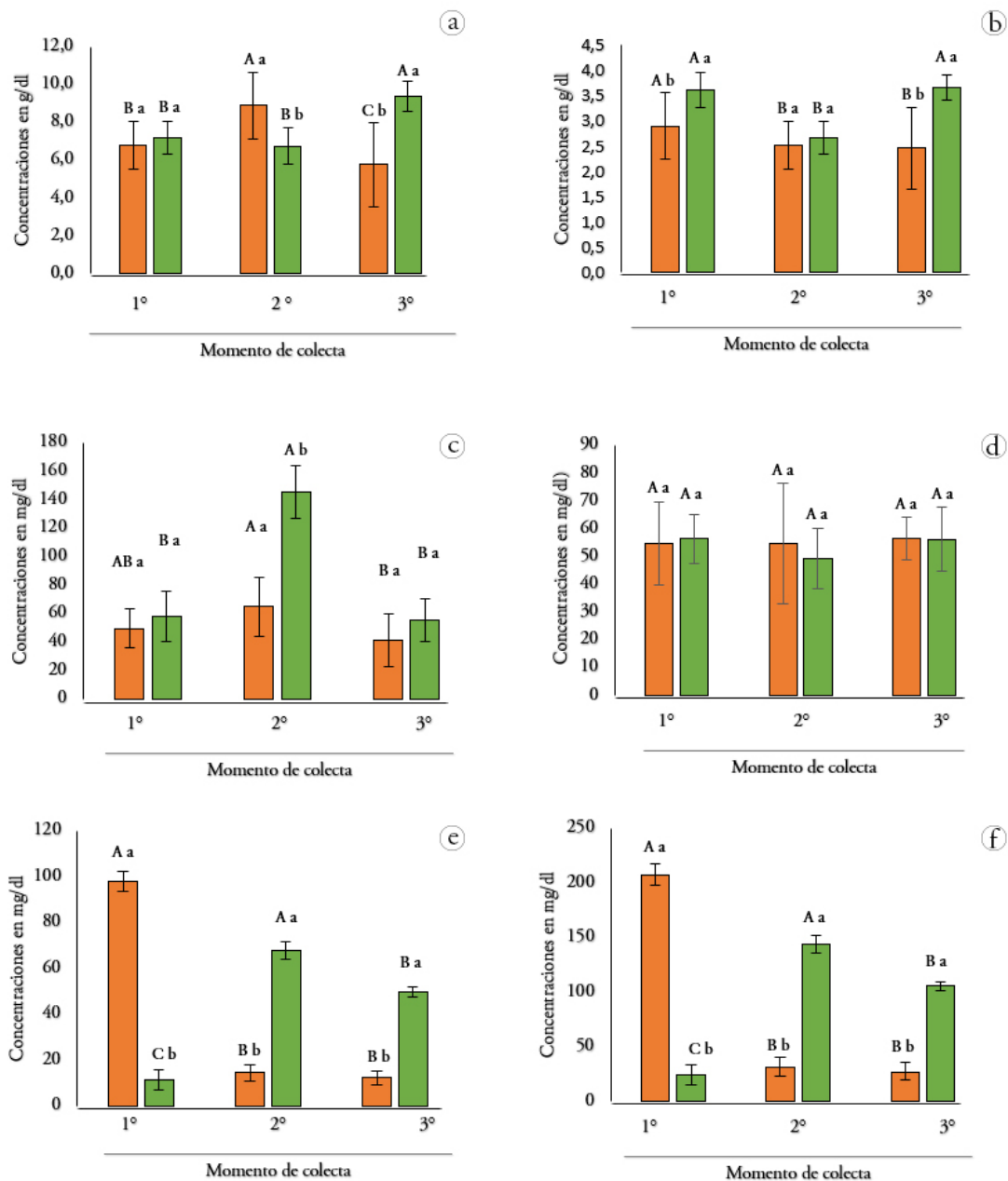


Figura 1. Concentraciones séricas en ovejas de pelo sometidas a protocolos hormonales de sincronización del celo, mediante esponja intravaginal impregnada con progesterona. a) PPT: proteínas totales; b) albúmina; c) colesterol; d) glucosa; e) BUN: nitrógeno ureico sanguíneo; f) urea.

Barras de color verde: grupo A, larga duración, 14 días; barras de color naranja, corta duración, 7 días.

Eje x momentos de la colecta de las muestras: 1° inicio del protocolo; 2° al retiro de la esponja intravaginal; 3° 15 días posteriores a la inseminación laparoscópica.

Letras minúsculas indican diferencias significativas entre grupos en el mismo momento de colecta y letras mayúsculas indican diferencias significativas entre los momentos de colecta dentro de cada grupo ($P < 0,05$).

Agradecimientos. Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosavia y la Universidad Cooperativa de Colombia, por el apoyo logístico para la ejecución de este estudio. **Financiación:** Este estudio fue financiado por la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. **Contribución de los autores:** Investigación, análisis formal y metodología: DFDM, JLGA, ERMJ, DAVA. Adquisición de fondos y administración del proyecto: DFDM, JLGA. Redacción y revisión del documento: DFDM, DAVA. Redacción – revisión y edición: JLGA, ERMJ, DAVA, DFDM. **Conflictos de intereses:** Los autores declaran que no tienen alguna relación comercial o de cualquier otra índole con las marcas Novormon®, Prostal® o MAP®, que pueda constituir algún conflicto de interés y comprometer la validez de los resultados publicados en este estudio.

REFERENCIAS

- ABDELLI, A.; BESBACI, M.; AL-KASS, Z.; IGUER-OUADA, M.; MORRELL, J.M. 2025. In vitro effect of elevated ammonia and urea levels on post-thawed bull semen sperm characteristics. *Veterinary sciences*. 12(10):997. <https://doi.org/10.3390/vetsci12100997>
- ABECIA, J.A.; FORCADA, F.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*. 130(3-4):173-79. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>
- ALVAREZ BALARO, M.F.; ZANDONADI BRANDÃO, F.; VELTRI PENEIRAS, A.B.; OBA, E.; FERREIRA DA FONSECA, J.; PEREIRA ALMOSNY, N.R.; DA CRUZ CARDOSO, E. 2015. Reproductive performance, metabolic and hormonal profiles of Santa Inês ewes in winter and summer under tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production*. 47(3):627-31. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0757-z>
- BARTLEWSKI, P.M.; SOHAL, J.; PARAVINJA, V.; BABY, T.; OLIVEIRA, M. E.F.; MURAWSKI, M.; SCHWARZ, T.; ZIEBA, D.A.; KEISLER, D.H. 2017. Is progesterone the key regulatory factor behind ovulation rate in sheep? *Domestic Animal Endocrinology*. 58:30-38. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2016.06.006>
- BERARDINELLI, J.G.; WENG, J.; BURFENING, P.J.; ADAIR, R. 2001. Effect of excess degradable intake protein on early embryonic development, ovarian steroids, and blood urea nitrogen on days 2, 3, 4, and 5 of the estrous cycle in mature ewes. *Journal of Animal Science*. 79(1):193-9. <https://doi.org/10.2527/2001.791193x>
- BIEHL, M.V.; CASTRO DE FERRAZ JUNIOR, M.V.; ROMAN BARROSO, J.P.; SUSIN, I.; FERREIRA, E.M.; POLIZEL, D.M.; PIRES, A.V. 2019. The reused progesterone device has the same effect on short or long estrus synchronization protocols in tropical sheep. *Tropical Animal Health and Production*. 51(6):1545-49. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01841-1>
- BLASCHI, W.; LUNARDELLI, P.A.; MARINHO, L.S.R.; MAX, M.C.; SANTOS, G.M.; SILVA-SANTOS, K.C.; MELO-STERZA, F.A.; BALDASSARRE, H.; RIGO, T.R.; SENEDA, M.M. 2014. Effects of progestagen exposure duration on estrus synchronization and conception rates of crossbreed ewes undergoing fixed time artificial insemination. *Journal of Veterinary Science*. 15(3):433-437. <https://doi.org/10.4142/jvs.2014.15.3.433>
- BOAKARI, Y.L.; EL-SHEIKH ALI, H.; DINI, P.; LOUX, S.; FERNANDES, C.B.; SCOGGIN, K.; ESTELLER-VICO, A.; LAWRENCE, L.; BALL, B. 2020. Elevated blood urea nitrogen alters the transcriptome of equine embryos. *Reproduction, Fertility, and Development*. 32(16):1239-1249. <https://doi.org/10.1071/RD20088>
- COX, J.F.; ALLENDE, R.; LARA, E.; LEIVA, A.; DÍAZ, T.; DORADO, J.; SARAVIA, F. 2012. Follicular dynamics, interval to ovulation and fertility after ai in short-term progesterone and pgf2α oestrous synchronization protocol in sheep. *Reproduction in Domestic Animals*. 47(6):946-51. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.01996.x>
- DENICOLO, G.; MORRIS, S.T.; KENYON, P.R.; MOREL, P.C.H.; PARKINSON, T.J. 2008. Induced seasonal reproductive performance in two breeds of sheep. *Animal Reproduction Science*. 103(3-4):278-89. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.01.009>
- DIVALL, S.A.; WILLIAMS, T.R.; CARVER, S.E.; KOCH, L.; JENS C.; BRÜNING, C.; KAHN, R.; WONDISFORD, F.; RADOVICK, S.; WOLFE, A. 2010. Divergent roles of growth factors in the GnRH regulation of puberty in mice. *Journal of Clinical Investigation*. 120(8):2900-2909. <https://doi.org/10.1172/JCI41069>
- FAIGL, V.; VASS, N.; JÁVOR, A.; KULCSÁR, M.; SOLTI, L.; AMIRIDIS, G.; CSEH, S. 2012. Artificial Insemination of Small Ruminants — A Review. *Acta Veterinaria Hungarica*. 60(1):115-129. <https://doi.org/10.1556/avet.2012.010>
- GALVÁN DORIA, C.; RUGELES PINTO, R.; VERGARA GARAY, O. 2014. Variation of serum levels of glucose and protein during the day in sheep of different sex. *Revista de Medicina Veterinaria*. 28:57-66. <https://doi.org/10.19052/mv.3181>
- GEPPERT, T.C.; MEYER, A.M.; PERRY, G.A.; GUNN, P.J. 2017b. Effects of excess metabolizable protein on ovarian function and circulating amino acids of beef cows: 2. Excessive supply in varying concentrations from corn gluten meal. *Animal*. 11(4):634-42. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001890>

- GEPPERT, T.C.; MEYER, A.M.; PERRY, G.A.; GUNN, P.J. 2017a. Effects of excess metabolizable protein on ovarian function and circulating amino acids of beef cows: 1. Excessive supply from corn gluten meal or soybean meal. *Animal*. 11(4):625-33. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001889>
- GIRIDHARAN, N.V. 2018. Glucose & energy homeostasis: Lessons from animal studies. *The Indian journal of medical research*. 148(5):659-669. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1737_18
- GONZALES-BULNES, A.; MENCHACA, A.; MARTIN, G.B.; MARTINEZ-ROS, P. 2020. Seventy years of progestagen treatments for management of the sheep oestrous cycle: where we are and where we should go. *Reproduction, Fertility and Development*. 32(5):441-452. <https://doi.org/10.1071/RD18477>
- GONZÁLEZ, F.; BARCELLOS, J.; PATINO, H.O.; RIBEIRO, L. 2000. Perfil metabólico em ruminantes: Seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 108p.
- HAILEMARIAM, S.; ZHAO, S.; HE, Y.; WANG, J. 2021. Urea transport and hydrolysis in the rumen: A review. *Animal nutrition*. 7(4):989-996. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.07.002>
- HAMMOND, G.L. 2016. Plasma steroid-binding proteins: primary gatekeepers of steroid hormone action. *Journal of Endocrinology*. 230(1):R13-25. <https://doi.org/10.1530/JOE-16-0070>
- KANANUB, S.; PECHKERD, P.; VANLEEUEWEN, J.; STRYHN, H.; ARUNVIPAS, P. 2020. Evaluation of influence of milk urea nitrogen on reproductive performance in smallholder dairy farms. *Australian Veterinary Journal*. 98(8):375-379. <https://doi.org/10.1111/avj.12946>
- KAREN, A.M.; KOVÁCS, P.; BECKERS, J.F.; DE SOUSA, N.M.; SZENCI, O. 2011. Plasma urea nitrogen in relation to pregnancy rate in dairy sheep. *Animal Reproduction Science*. 124(1-2):69-72. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.01.012>
- KNIGHTS, M.; RAMGATTIE, R.; SIEW, N.; SINGH-KNIGHTS, D.; BOURNE, G. 2011. Effectiveness of a short-term treatment with progesterone injections on synchrony of lambing and fertility in tropical hair sheep. *Animal Reproduction Science*. 126(1-2):70-75. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.04.019>
- MARTIN, G.B.; BLACHE, D.; MILLER, D.W.; VERCOE, P.E. 2010. Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*. 4(7):1214-26. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991674>
- MASOUDI, R.; SHAHNEH, A.Z.; TOWHIDI, A.; KOHRAM, H.; AKBARISHARIF, A.; SHARAFI, M. 2017. Fertility response of artificial insemination methods in sheep with fresh and frozen-thawed semen. *Cryobiology*. 74:77-80. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2016.11.012>
- MENCHACA, A.; RUBIANES, E. 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility, and Development*. 16(4):403-13. <https://doi.org/10.10371/RD04037>
- MEZA VILLALVAZO, V.M.; ROJAS MARQUEZ, C.A.; SANDOVAL CASTRO, C.; MAGAÑA SEVILLA, H.; TREJO CORDOVA, A. 2018. Corn oil enhances progesterone and estradiol plasma levels in tropical hair sheep. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 5(15):583-589. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1511>
- NAVARRO, V.M. 2020. Metabolic regulation of kisspeptin - the link between energy balance and reproduction. *Nature Reviews. Endocrinology*. 16(8):407-420. <https://doi.org/10.1038/s41574-020-0363-7>
- NGUYEN, P.T.T.; CONLEY, A.J.; SOBOLEVA, T.K.; LEE, R.S.F. 2012. Multilevel regulation of steroid synthesis and metabolism in the bovine placenta. *Molecular Reproduction and Development*. 79(4):239-254. <https://doi.org/10.1002/mrd.22021>
- OGUNI, K.; YAMAMOTO, K.; NAKANO, Y.; SOEJIMA, Y.; SUYAMA, A.; TAKASE, R.; YASUDA, M.; HASEGAWA, K.; OTSUKA, F. 2024. Trends of correlations between serum levels of growth hormone and insulin-like growth factor-I in general practice. *Frontiers in Endocrinology*. 15:1381083. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1381083>
- PEIXOTO, L.A.O.; BRONDANI, I.L.; NÖRNBERG, J.L.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; PAZINI, M.; CORADINI, M.T.; DOS SANTOS, C.V.M. 2006. Perfil metabólico proteico e taxas de concepção de vacas de corte mantidas em pastagem natural ou suplementadas com farelo de trigo com ou sem ureia. *Ciência Rural*. 36(6):1873-1877. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600032>
- RABOISSON, D.; ALBAAJ, A.; NONNE, G.; FOUCRAS, G. 2017. High urea and pregnancy or conception in dairy cows: A meta-analysis to define the appropriate urea threshold. *Journal of dairy science*. 100(9):7581-7587. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12009>
- SCARAMUZZI, R.J.; BROWN, H.M.; DUPONT, J. 2010. Nutritional and metabolic mechanisms in the ovary and their role in mediating the effects of diet on folliculogenesis: A perspective. *Reproduction in Domestic Animals*. 45(s3):32-41. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2010.01662.x>

- SILVA, J.R.V.; FIGUEIREDO, J.R.; VAN DEN HURK, R. 2009. Involvement of growth hormone (GH) and insulin-like growth factor (IGF) system in ovarian folliculogenesis. *Theriogenology*. 71(8):1193-1208. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.12.015>
- SZYMANSKI, L.A.; SCHNEIDER, J.E.; FRIEDMAN, M.I.; JI, H.; KUROSE, Y.; BLACHE, D.; RAO, A.; DUNSHEA, F.R.; CLARKE, I.J. 2007. Changes in insulin, glucose and ketone bodies, but not leptin or body fat content precede restoration of luteinising hormone secretion in ewes. *Journal of Neuroendocrinology*. 19(6):449-60. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2007.01551.x>
- TALEBKHAN GAROUSSI, M.; FARZANEH, N.; GALLEHDAR, E.; MOHRI, M. 2012. Reproductive performance in out-of-breeding season of fatty ewes using implant norgestomet with or without PMSG. *Tropical Animal Health and Production*. 44(5):965-68. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9993-z>
- VIÑALES, C.; FORSBERG, M.; BANCHERO, G.; RUBIANES, E. 2001. Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*. 55(4):993-1004. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00460-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00460-5)
- ZYWICKI, M.E.; BLOHOWIAK, S.E.; MAGNESS, R.R.; SEGAR, J.L.; KLING, P.J. 2018. Impact of the ovarian cycle and pregnancy on plasma chemistry values in ewes. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 30(2):238-44. <https://doi.org/10.1177/1040638717752217>