

## COMPARACIÓN DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN PARA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN CERDAS NULÍPARAS: RESULTADOS PRELIMINARES

### COMPARISON OF DIFFERENT SYNCHRONIZATION PROTOCOLS FOR FIXED-TIME ARTIFICIAL INSEMINATION IN NULLIPAROUS SOWS: PRELIMINARY RESULTS

\*González, Julián. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá.  
[julian06021999@gmail.com](mailto:julian06021999@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0000-1237-8025>

Solís, Alex. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá.  
[alex.solis@up.ac.pa](mailto:alex.solis@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-1764-2654>

Saavedra, Roberto. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá.  
[roberto-r.saavedra-f@up.ac.pa](mailto:roberto-r.saavedra-f@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-4531-6434>

Cedeño, Héctor. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá.  
[hector.cedenov@up.ac.pa](mailto:hector.cedenov@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0001-8400-4276>

Mudarra, Richard. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá.  
[richard.mudarra@up.ac.pa](mailto:richard.mudarra@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-4927-1202>

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v6n1.a4520>

\*Autor de Correspondencia: [julian06021999@gmail.com](mailto:julian06021999@gmail.com)

Recibido: 05/09/2023

Aceptado: 07/11/2023

**RESUMEN.** Un total de 15 cerdas nulíparas cruzadas ( $150 \pm 14.6$  kg) se asignaron al azar a tres tratamientos: 1) AN: adición de 20 mg de altrenogest (Virbages, progesterona) en la dieta durante 18 días; 2) ANH: similar a AN más 10.5  $\mu$ g de GnRH y 500 UI de hCG 24 y 96 horas, respectivamente, luego de la última aplicación de progesterona; y 3) PL: seis inyecciones intramusculares de 600 mg de progesterona con intervalos de 72 horas, más 10.5  $\mu$ g de GnRH y 500 UI de hCG 48 y 120 horas, respectivamente, luego de la última inyección de progesterona. Se realizaron dos IATF, una a las 26 horas y otra a las 40 horas después de la aplicación de hCG. A pesar de que no se evidenció diferencias significativas en la tasa de preñez ( $p > 0.05$ ), las cerdas sincronizadas con AN tuvieron, numéricamente, una tasa de preñez de 20% mayor en comparación a los demás tratamientos. Se obtuvo una reducción en el inicio del estro en las cerdas sincronizadas con el tratamiento ANH y PL en comparación con las cerdas del grupo AN ( $p < 0.05$ ). Los tratamientos AN y ANH fueron de mayor costo por \$20.65 y \$21.93 que el tratamiento PL. En conclusión, la aplicación del protocolo PL tuvo similar tasa de preñez y similar intervalo de inicio del estro que el grupo ANH, como también un menor costo de aplicación por cerda.

**PALABRAS CLAVE:** Hormonas, altrenogest, proluten, semen.

**ABSTRACT.** A total of 15 gilts ( $150 \pm 14.6$  kg) were randomly assigned to three treatments: 1) AN: addition of 20 mg altrenogest (Virbages, progesterone) to the diet for 18 days; 2) ANH: similar to AN plus 10.5  $\mu$ g of GnRH and 500 IU of hCG 24 and 96 hours, respectively, after the last application of progesterone; and 3) PL: six intramuscular injections of 600 mg progesterone (Proluten) at 72-hour intervals plus 10.5  $\mu$ g of GnRH and 500 IU hCG 48 and 120 hours, respectively, after the last progesterone injection. Two IATFs were performed, one at 26 hours and another at 40 hours after hCG application. Although no significant differences were evident in the pregnancy rate ( $p > 0.05$ ), the sows synchronized with AN had, numerically, a 20% higher pregnancy rate compared to the other treatments. A reduction in the onset of estrus was obtained in the synchronized sows with ANH and PL compared to those synchronized with AN ( $p < 0.05$ ). The PL treatment was \$20.65 and \$21.93 cheaper than the AN and ANH treatments, respectively. In conclusion, the application of the PL protocol had a similar pregnancy rate and onset of heat than the ANH group, as well as a lower application cost per sow.



**KEYWORDS:** Hormones, altrenogest, proluten, semen.

## INTRODUCCIÓN

La detección cuidadosa del celo es esencial en una explotación porcina para minimizar el número de días no productivos y el intervalo entre el destete y la inseminación. Fallas en la precisión de la detección del celo conlleva al incremento de 21 días no productivos (Pereira et al., 2018; See, 2006). El uso de hormonas ha sido una valiosa herramienta implementada para ayudar a disminuir los días abiertos, lo que ayuda a homogenizar grupos de hembras, obteniendo inseminaciones, partos y destetes concentrados en periodos establecidos, y así facilitando las rutinas de manejo de la granja (Kouamo, 2013; Pereira et al., 2018).

Hormonas tales como la gonadotropina coriónica humana (hCG) ha sido ampliamente utilizada para inducir ovulación en protocolos para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en cerdas luego del destete (Kirkwood Y Kauffold, 2015; Ulguim et al., 2016). Adicionalmente, altrenogest, un sintético de progesterona ha demostrado beneficios en la supresión del desarrollo folicular, ayudando a la sincronización del ciclo estral en grupos de cerdas nulíparas (Fernández et al., 2005; Wang et al., 2018), permitiendo así la aparición del estro entre 4-9 días luego del retiro de la dieta.

A pesar de que altrenogest ha demostrado ejercer un efecto positivo en la sincronización del celo en cerdas nulíparas, la utilización de esta herramienta no es totalmente económica, lo que limita su aplicación por pequeños productores porcinos. Además, el rango amplio de aparición del celo luego del retiro de altrenogest (4-9 días), demanda mano de obra para la detección de celo durante varios días. Es por esto que algunos investigadores han planteado el uso de altrenogest en conjunto con otras hormonas que permiten no solo sincronizar el ciclo estral, sino también la ovulación con la consiguiente IATF (De Rensis y Kirkwood, 2016). Sin embargo, el alto costo del altrenogest sigue siendo una problemática que requiere o demanda el uso de otros análogos de progesterona.

Conociendo la alta eficacia que han demostrado los protocolos a base de progesterona para la sincronización del estro en cerdas nulíparas, se hace necesario la evaluación de sintéticos de progesteronas más económicos en conjunto con hormonas que ayuden la sincronización de la ovulación, permitiendo la realización de IATF, reduciendo las dosis seminales a utilizar, como también evitando la necesidad de una alta demanda de mano de obra en detección de celo por personal de la granja.

A pesar de que existen evidencias del uso de progesteronas incluidas en la alimentación o vía oral, como lo es la altrenogest; la aplicación de otros sintéticos de progesteronas de manera inyectable podría ser una herramienta económicamente más accesible a productores, y podría ejercer efectos similares en una adecuada sincronización del estro. Adicionalmente, la combinación de análogos de progesterona en conjunto con otras hormonas para la sincronización de la ovulación podría evidenciar una adecuada sincronización y aplicación de IATF.

## MATERIALES Y MÉTODOS



Un total de 15 cerdas nulíparas cruzadas (♀ Landrace x Yorkshire X ♂ Landrace), con un peso promedio de  $150 \pm 14.6$  kg, fueron alojadas en corrales individuales en una instalación de gestación convencional, ubicada en el centro de investigación agropecuario de Chiriquí, Panamá, (CEIACHI). Las cerdas tuvieron acceso a agua durante todo el periodo experimental y las jaulas de gestación contaban con comederos individuales. Se ofreció 2.5 kg de alimento concentrado por cerda/día, el cual fue formulado para suplir los requerimientos nutricionales descritos según la NRC, (2012).

Las cerdas fueron aleatoriamente asignadas a tres tratamientos con cinco cerdas por tratamiento. Los tratamientos fueron: 1) AN: adición de 20 mg de altrenogest (Virbages, progesterona) en la dieta durante 18 días; 2) ANH: similar a AN más 10.5  $\mu$ g de GnRH (Butrofina, Weizur, Argentina) y 500 UI de hCG (Veterin corion, DFV, España) 24 y 96 horas, respectivamente, luego de la última aplicación de progesterona; y 3) PL: seis inyecciones intramusculares de 600 mg de progesterona (Proluten, Livisto, Panamá) con intervalos de 72 horas, más la aplicación inyectable de 10.5  $\mu$ g de GnRH (Butrofina, Weizur, Argentina) y 500 UI de hCG (Veterin corion, DFV, España) 48 y 120 horas, respectivamente, luego de la última inyección de progesterona (Tabla 1). Se realizó la IATF 26 horas después de la aplicación de hCG, y una segunda IA, 14 horas posterior a la primera IA.

**Tabla 1**  
*Esquema de protocolos hormonales evaluados.*

Tratamientos	Días																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
AN	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
ANH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		GnRH		hCG
PL	*			*			*			*			*			*		GnRH			hCG	

AN: Suministro de 20 mg de progesterona sobre el alimento de la cerda cada mañana por 18 días.

ANH: Suministro de 20 mg progesterona sobre el alimento de la cerda cada mañana por 18 días, más la aplicación de GnRH y hCG.

PL: Suministro de 600 mg de progesterona inyectable vía intramuscular cada 72 horas, más la aplicación de GnRH y hCG.

\*: Días de aplicación de la respectiva fuente de progesterona.

Se determinó el intervalo de inicio del estro (horas) desde la última aplicación hormonal de cada protocolo hasta la aparición de signos de celo. Adicionalmente, se determinó el costo de cada protocolo por cerda.

Para la IATF, se utilizó semen fresco con viabilidad espermática comprobada de un verraco de la raza Pietrain. Las dosis seminales contenían 3 X 10<sup>9</sup> de espermatozoides. El semen fue colectado cuatro horas antes de la inseminación y se utilizó un diluyente (MR-A, Kubus, España) para obtener dosis d semen con un volumen de 100 mL. 30 días posterior a la última inseminación, se



realizó la evaluación de preñez con la ayuda de un ecógrafo (Minitube, AL, Alemania).

Todos los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® 2021 para su procesamiento. Para el caso de la variable indicadora de preñez en las cerdas tratadas, se ajustó un análisis de regresión logística, con función de enlace logit, y cuyo predictor lineal se estableció de la siguiente forma, mediante un modelo de regresión agrupada:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_1 X_1 + e_{ij}$$

Donde  $y_{ij}$  fue la variable de respuesta de gestación del  $i$ -ésimo tratamiento y la  $j$ -repetición,  $\mu$  fue la media general,  $\alpha_i$  fue el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento de IATF,  $\beta_1$  fue el coeficiente de la tasa de incremento del peso corporal (kg),  $X_1$  fue la variable aleatoria de la covariable correspondiente a peso corporal (kg) y  $e_{ij}$  fue el error aleatorio del  $i$ -ésimo tratamiento y la  $j$ -ésima repetición.

Por otra parte, para la variable inicio de celo post-tratamiento (horas), se realizó un análisis de covarianza a un modelo de efectos fijos con el factor tratamientos de IATF y la covariable peso corporal (kg), cuyo modelo estadístico fue de la forma:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_1 X_1 + e_{ij}$$

Donde  $y_{ij}$  fue la variable de respuesta correspondiente al tiempo de inicio de celo post-tratamiento (hrs.) del  $i$ -ésimo tratamiento y la  $j$ -repetición,  $\mu$  fue la media general,  $\alpha_i$  fue el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento de IATF,  $\beta_1$  fue el coeficiente de la tasa de incremento del peso corporal (kg),  $X_1$  fue la variable aleatoria de la covariable correspondiente a peso corporal (kg) y  $e_{ij}$  fue el error aleatorio del  $i$ -ésimo tratamiento y la  $j$ -ésima repetición.

Para ambos modelos, el supuesto de normalidad de residuales se realizó mediante la prueba de Shapiro-Wilks ( $p < 0.05$ ) y el supuesto de homocedasticidad mediante la prueba de Levene ( $p < 0.05$ ). Se comprobó las significancias de los efectos del factor tratamiento y la covariable peso vivo (kg.) mediante un Análisis de Varianza ( $p < 0.05$ ), y la prueba de diferencias de medias de tratamientos de IATF aplicados se realizó mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Todos estos procedimientos estadísticos se efectuaron en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2022).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 2**

*Desempeño de las cerdas bajo experimentación y costos de aplicación/cerda de los protocolos de sincronización evaluados.*

	Tratamientos			p-valor
	AN	ANH	PL	
Costo de protocolo/ cerda, \$	28.00	29.28	7.35	-
No. cerdas Preñadas	4	3	3	-
No. cerdas vacías	1	2	2	-
Peso promedio de cerdas, kg.	166.47 ± 9.07	146.07 ± 14.97	145.60 ± 14.90	-
Inicio de celo post protocolo, hr.	55.2 <sup>a</sup> ± 15	35.6 <sup>b</sup> ± 10	38 <sup>ab</sup> ± 16	0.034*



Tasa de preñez, %	80 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>	60 <sup>a</sup>	0.729
-------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-------

\*Cantidad de horas luego de la aplicación de la última hormona del protocolo. Medias en la misma fila con letras minúsculas iguales son equivalentes entre tratamientos de IATF ( $p < 0,05$ ).

El uso de hormonas exógenas facilita la sincronización de grupos de cerdas primerizas, lo que reduce el trabajo de detección del celo y la obtención de partos y lotes homogéneos al destete (Gama et al., 2005; Kraeling y Webel, 2015). En este estudio, el suministro de 20 mg de progesterona (tratamiento AN) a través de la alimentación por 18 días mostró el mayor número de preñeces entre los tratamientos evaluados (Tabla 2). Resultados similares fueron obtenidos por Thitachot et al. (2021), con una tasa de preñez aproximadamente de 80% bajo una suplementación de 20 mg de altrenogest por 18 días consecutivos. Otros estudios con una longitud de aplicación consecutiva por 14 o 18 días realizados por Wood et al. (1992) y Estienne et al. (2001), respectivamente, mostraron tasas de preñeces de 90%, siendo superiores a las nuestras con un suministro de tan solo de 15 mg de altrenogest por día. A pesar de que, estadísticamente, no se encuentra diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ), es notable que las cerdas tratadas con hormonas adicionales a la fuente de progesterona mostraron una reducción porcentual de 20% en comparación a aquellas cerdas que fueron tratadas con progesterona.

Es importante mencionar que el peso corporal de las cerdas fue utilizado como covariable de la tasa de preñez, la cual no mostró significancia estadística ( $p > 0,05$ ) con respecto a su influencia sobre la tasa de preñez, mostrando una disminución de la probabilidad de quedar preñada (analizada por la función logit) cuando aumenta el peso de las cerdas, representada por un coeficiente de -0.1368 cuando hubo un incremento de 1 kg de peso.

En cuanto al inicio de celo post finalización del protocolo hormonal, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), donde las cerdas sincronizadas con altrenogest por 18 días mostraron signos de celo a un tiempo mayor ( $55.2 \pm 15$  horas) luego de finalizado el protocolo. Contrariamente, las cerdas sincronizadas con los tratamientos ANH y PL mostraron signos de celo con solo  $35.6 \pm 10$  y  $38 \pm 16$  horas, respetivamente, sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ). En cuanto a esta variable, el covariable peso corporal (kg) no ejerció de manera significativa ( $p > 0,05$ ) un efecto sobre el inicio del celo post-tratamiento, al estimar un aumento del cambio lineal de 0.3222 horas a medida de un incremento de kilogramo de peso corporal. El tratamiento con altrenogest ofreció las condiciones de sincronizar los períodos de estro de las cerdas.

La utilización de hormonas exógenas como la GnRH y la hCG actúan al nivel pituitario para inducir la ovulación (Kirkwood *et al.*, 1984). Adicionalmente, la utilización de hCG ha demostrado ser altamente eficiente en acortar el tiempo de la ovulación a un rango entre 39-49 horas en un 90% del total de las cerdas (Soede *et al.*, 1993). Dichos resultados obtenidos por Soede *et al.* (1993) concuerdan en gran medida con lo obtenido en este estudio, donde las cerdas bajo tratamientos con hCG mostraron reducciones en el tiempo de inicio del celo en comparación aquellas sincronizadas sin hCG, lo que favorece a la aplicación de IATF y también facilita las labores de manejo, con una menor necesidad de mano de obra diaria en la revisión constante de signos de celo en el plantel de hembras reproductoras. A pesar de que los estudios indican una mayor tasa de preñez cuando solamente se aplican protocolos de sincronización del estro a base de un solo fármaco, como altrenogest, esto conlleva una elevada mano de obra para detección de



celo, ya que la repuesta en la aparición del estro es muy variable, por lo tanto, reduciendo la aplicación IATF (Kirkwood y Kauffold, 2015).

A pesar de que la utilización del altrenogest ha evidenciado ser el análogo de progesterona más eficaz para la sincronización del celo en cerdas, su uso es limitado por pequeños productores debido a su costo (tabla 2). El costo del protocolo por cerda con altrenogest establecido en los tratamientos AN y ANH fueron de \$ 28.00 y \$ 29.28, respectivamente. Sin embargo, el costo de aplicación del protocolo PL fue de tan solo \$ 7.35 por cerda. El tratamiento PL, cual tuvo el menor costo de aplicación, mostró tener la misma tasa de preñez que aquellas cerdas sincronizadas con ANH.

## CONCLUSIÓN

El uso de altrenogest mostró la mayor tasa de preñez, pero con un mayor lapso en la aparición del celo; mientras que la utilización de GnRH y hCG redujeron el inicio del celo en cerdas. Adicionalmente, el uso de altrenogest podría ser reemplazado por la aplicación de aplicaciones inyectables de progesterona, siendo así un protocolo económicamente más rentable.

Este estudio establece las bases preliminares de posibles sustitutos de los protocolos convencionales a base de progesterona vía oral. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones futuras para determinar si la modificación del protocolo incluyendo eCG podría ejercer mejoras en la tasa de preñez una vez sea utilizado en conjunto con hCG. Adicionalmente, es importante realizar evaluaciones de los protocolos con un mayor número de unidades experimentales, buscando así un mayor poder estadístico y ratificación de la efectividad de los protocolos preliminarmente evaluados en este estudio.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todos los colaboradores del Proyecto Porcino de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por el apoyo brindado durante la fase experimental de este estudio.

## REFERENCIAS

De Rensis, F., y Kirkwood, R. N. (2016). Control of estrus and ovulation: Fertility to timed insemination of gilts and sows. *Theriogenology*, 86(6), 1460–1466. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.089>

Estienne, M. J., Harper, A. F., Horsley, B. R., Estienne, C. E. y Knight, J. W. (2001). Effects of P.G. 600 on the onset of estrus and ovulation rate in gilts treated with Regu-mate. *Journal of Animal Science*, 79(11), 2757–2761. <https://doi.org/10.2527/2001.79112757x>





- Fernández, L., Díez, C., Ordóñez, J. M. y Carbajo, M. (2005). Reproductive performance in primiparous sows after postweaning treatment with a progestagen. *Journal of Swine Health and Production*, 13(1), 28–30.
- Gama, R. D., Vianna, W. L., Pinese, M. E., De Campos Rosseto, A. y De Sant'Anna Moretti, A. (2005). Different doses of porcine luteinizing hormone in precocious puberty induction in gilts. *Reproduction in Domestic Animals*, 40(5), 433–435. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2005.00605.x>
- Kirkwood, R., Lapwood, K., Smith, W. y Anderson I.(1984). Plasma concentrations of 442 LH, prolactin, oestradiol-17 beta and progesterone in sows weaned after lactation for 443 10 or 35 days. *J Reprod Fertil*, 70, 95-102.
- Kirkwood, R. N. y Kauffold, J. (2015). Advances in Breeding Management and Use of Ovulation Induction for Fixed-time AI. *Reproduction in Domestic Animals = Zuchthygiene*, 50, 85–89. <https://doi.org/10.1111/rda.12524>
- Kouamo, J. y Kamga-Waladjo, A.R. (2013). State-of-art in Estrus Synchronization in Pigs. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, 11(3), 155-159.
- Kraeling, R.R. y Webel, S.K. (2015). Current strategies for reproductive management of gilts and sows in North America. *J Animal Sci Biotechnol*, 6(3). <https://doi.org/10.1186/2049-1891-6-3>
- NRC. *Nutrient Requirements of Swine*. (2012).11th Editi. National Academy Press, editor. Washington, DC, USA.
- Pereira, C., da Silva, B. y Bourg, N.R. (2018). Induction of puberty and synchronization of estrus in gilts with eCG and GnRH. *Brazilian Journal of Animal science*, 47, Article e20170342, <https://doi.org/10.1590/rbz4720170342>
- R Core Team. (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing\_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.Available in: <https://www.R-project.org/>.
- See, T. (2006). Obtaining Optimal Reproductive Efficiency. *The Pig Site*, 1–11. available in: <https://www.thepigsite.com/articles/obtaining-optimal-reproductive-efficiency>
- Soede, N. y Kemp, B. (1993). In synchronized pigs, the duration of ovulation is not affected 458 by insemination and is not a determinant for early embryonic survival. *Theriogenology*, 39(5), 1043-1053. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(93\)90005-p](https://doi.org/10.1016/0093-691x(93)90005-p)
- Thitachot, K., Sirinopwong, V., Seemuang, V., Ratchatasriprasert, A., Kirkwood, R. N. y Am-In, N. (2021). Influence of backfat thickness and the interval from altrenogest withdrawal to estrus on reproductive performance of gilts. *Animals*, 11(5), 10–15. [doi.org/10.3390/ani11051348](https://doi.org/10.3390/ani11051348)

- Ulgum, R. R., Fontana, D. L., Bernardi, M. L., Wentz, I. y Bortolozzo, F. P. (2016). Single fixed-time artificial insemination in gilts and weaned sows using pLH at estrus onset administered through vulvar submucosal route. *Theriogenology*, 86(4), 1072–1080. doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.03.039
- Wang, Z., Liu, B. S., Wang, X. Y., Wei, Q. H., Tian, H. y Wang, L. Q. (2018). Effects of altrenogest on reproductive performance of gilts and sows: A meta-analysis. *Animal Reproduction Science*, 197, 10–21. doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.08.035
- Wood, C. M., Kornegay, E. T. y Shipley, C. F. (1992). Efficacy of altrenogest in synchronizing estrus in two swine breeding programs and effects on subsequent reproductive performance of sows. *Journal of Animal Science*, 70(5), 1357–1364. doi.org/10.2527/1992.7051357x