

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 1 de 17</b>

16.

<b>FECHA</b>	jueves, 6 de octubre de 2022
--------------	------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Seccional Ubatè
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Zootecnia

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Inguilan Colimba	Genny Milena	1074189626
Rodríguez Rodríguez	Danna Carolina	1076666077

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Monroy González	Marbel Yulieth
Cortés Cortés	Javier Eduardo

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 2 de 17</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

Efecto de la sincronización del estro, de la ovulación y de la expresión del celo natural sobre el diámetro del folículo ovulatorio, duración del estro y estado reproductivo en vacas Holstein en Simijaca, Cundinamarca.

### SUBTÍTULO

**(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)**

Efecto de la sincronización del estro, de la ovulación y de la expresión del celo natural sobre el diámetro del folículo ovulatorio, duración del estro y estado reproductivo en vacas Holstein en Simijaca, Cundinamarca.

### EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN

INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
27/09/2022	61


### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Reproducción	Reproduction
2. inseminación	insemination
3. protocolo	protocol
4. prostaglandina	prostaglandin
5. estro	estrus
6. ovsynch	ovsynch


### FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)

ABS Global. (2010). Consideraciones fundamentales para la implementación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo. [http://www.bioreproduccionesas.com.co/articulos\\_tecnicos/Consideraciones\\_fundamentales\\_para\\_la\\_implementación\\_de\\_programas\\_de\\_iatf.pdf](http://www.bioreproduccionesas.com.co/articulos_tecnicos/Consideraciones_fundamentales_para_la_implementación_de_programas_de_iatf.pdf)

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 3 de 17</b>

- Álvarez, A. A. (2015). Evaluación de la relación del tamaño del folículo dominante al momento de la inseminación artificial con la tasa de concepción en vacas Holstein de alta producción. Unilasallista.
- Atkins JA, Smith MF, MacNeil MD, Jinks EM, Abreu FM, Alexander LJ, et al. (2013) Establishment and maintenance of pregnancy in cattle. *J Anim Sci*, 91, págs. 722 – 733.
- Aristizábal, F. (19 de octubre de 2016). La importancia de calcular la tasa de preñez en el hato ganadero. Obtenido de *CONtexto Ganadero*: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-importancia-de-calculer-la-tasa-de-prenez-en-el-hato-ganadero>
- Ayala, D., & Castillo, O. (2010). Efecto de la aplicación de GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras implantadas con dispositivos intravaginales. *ZAMORANO CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/02bc8ca5-59b1-4d21-a7d2-833742408c59/content>
- Ballesteros J A, Benítez J A, Gómez A & Moreno L A. (2017). Inseminación Artificial Animal: Historia Y Evolución (Gisela Juliet Estrada Illán (ed.); 1st ed.). UTP. <http://tecnocientifica.com.mx/libros/40-Inseminación-artificial-animal.pdf>
- Barco Santamaría, L. C. (2018). Comparación del porcentaje de preñez y días abiertos en vacas holstein con inseminación artificial a tiempo fijo vs inseminación artificial a celo detectado. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/359>
- Basto García David. (2019). General aspects of fixed time artificial insemination (FTAI) in Bovine. [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12916/1/2019\\_generalidades\\_inseminacion\\_artificial.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12916/1/2019_generalidades_inseminacion_artificial.pdf)
- Bernardo, M. C., Casaro, G., & Daglio, M. C. (2017). Cuantificación de pérdidas de gestación entre los días 35-100 en vacas de tambo de la Cuenca Mar y Sierras. UNCPBA, Facultad de Ciencias Veterinarias, 1-27. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1534/MIGUEL%20CATALINO%2C%20BERNARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 4 de 17</b>

Bryan MA, Bó G, Mapletoft RJ, Emslie FR. (2013). The use of equine chorionic gonadotropin in the treatment of anestrus dairy cows in gonadotropin-releasing hormone/progesterone protocols of 6 or 7 days. *J. Dairy Sci.* 2013; 96:122–131.

Carvajal, A. M., & Martínez, E. M. (2020). El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INFORMATIVO N° 246*, 3-7. [https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/\\_5f739ec4a0051.pdf](https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5f739ec4a0051.pdf)

Diskin M. G., Sreenan J. M. (2000) "Expression and detection of oestrus in cattle". *Reprod. Nutr. Dev.* 40 (2000) 481-491, EDP Sciences. [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00900404/document#:~:text=An%20ideal%20sys%2D%20tem%20for,and%20\(5\)%20high%20accuracy%20and](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00900404/document#:~:text=An%20ideal%20sys%2D%20tem%20for,and%20(5)%20high%20accuracy%20and)

Duica Amaya, A. (2010). Efecto Del Diámetro Del Folículo Ovulatorio, Tamaño Del Cuerpo Lúteo Y Perfiles De Progesterona Sobre La Tasa De Preñez En La Hembra Receptora De Embriones Bovinos. Universidad Nacional De Colombia, 190. <https://core.ac.uk/download/pdf/11053882.pdf>


Fedegan. (2020). Producción. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>

Ferreira De Souza Evandro. (2016). La Importancia De La Progesterona. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Foot, R.H. 1979. Time of artificial insemination and fertility in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 62:355-358.

Fortuna M. Jo, J. (2003) Changes in oxytocin receptor in bovine preovulatory follicles between the gonadotropin surge and ovulation. *Mol Cell Endocrinol*, (2003), págs. 31 – 43. <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosproxy.com/science/article/pii/S0303720702004185>

Franco, J., & Uribe Velásquez Luis Fernando. (2012). Hormonas Reproductivas De Importancia Veterinaria En Hembras Domésticas Rumiantes. 11(1), 41–56. <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v11n1/v11n1a06.pdf>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 5 de 17

Galvis, R., Múnera, E., & Marín, A. (2007). Influencia del mérito genético para la producción de leche en un hato holstein sobre el balance energético, indicadores del metabolismo energético y la reactivación ovárica posparto. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*.

Gasque Gómez, Ramón. (2016). Reproducción Bovina. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

García Julián Esteban. (2019). Actualización de protocolo de inseminación a tiempo fijo (IATF).  
[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13067/2/2019\\_actualizacion\\_protocolo\\_inseminacion.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13067/2/2019_actualizacion_protocolo_inseminacion.pdf)

García-Vázquez, F., Gadea, J., Matás, C., & Holt, W. (2016). Importance of sperm morphology during sperm transport and fertilization in mammals. *Asian Journal of Andrology*, 18(6), 844–850.  
<https://doi.org/10.4103/1008-682X.186880>


González, L.V., Fuquay, J.W., Bearden, H.J. 1995. Insemination management for one-injection PGF2a synchronization regimen. 1. One daily insemination versus use of the AMIPM rule. *Theriogenology* 24:495. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16726104/>

Hafez, E.S.E. (1996). Reproducción e Inseminación Artificial en animales. Mexico, Ed. Interamericana, McGraw-Hill.  
<https://www.worldcat.org/title/reproduccion-e-inseminacion-artificial-en-animales/oclc/636400205#borrow>

Herlihy, M.A. Crowe, M.G. Diskin, S.T. Butler. (2012). Effects of synchronization treatments on ovarian follicular dynamics, corpus luteum growth, and circulating steroid hormone concentrations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 95, pp. 743-754.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030212000276>

Holmann, F., Rivas, L., Carulla, J., Rivera, B., Giraldo, L., Guzmán, S., . . . Farrow, A. (2004). Producción de Leche y su Relación con los Mercados: Caso Colombiano. Bogotá D.C: CIAT.  
[http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/tropileche/books/Produccion\\_leche\\_relacion\\_mercados\\_caso\\_Colombia.pdf](http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tropileche/books/Produccion_leche_relacion_mercados_caso_Colombia.pdf)

ICA. Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). Censo nacional bovino 2020. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia->

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 6 de 17</b>

veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx

Iglesias, C. 2002. Aplicación posparto de GnRH y PGF2 $\alpha$  para estimular la reactivación ovárica y la fertilidad en ganado lechero. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. 23 p.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5b93b5b4-4bae-4867-b22f-d8c2272b3027/content>

Jiménez, A. (2016). MANEJO HORMONAL DEL CICLO ESTRAL. Entorno Ganadero, 1-5. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/251-Manejo\\_hormonal.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/251-Manejo_hormonal.pdf)

Kenna, A., Bergonzelli, P., & Dick, A. (2018). Sincronización con doble dosis de prostaglandinas y utilización de semen sexado hembra en vaquillonas Holando Argentina. UNCPBA.

King GJ (1990) Sexual behaviour in cattle. En Studies of reproductive efficiency of cattle using RIA techniques. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. pp. 59-66.

[https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/22/008/22008580.pdf?r=1](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/22/008/22008580.pdf?r=1)

López Barbella, S. (2001). Capítulo XVIII prostaglandina F 2= y la reproducción de los bovinos. Retrieved December 14, 2021, from [http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/libro\\_reproduccionbovina/cap18.PDF](http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/libro_reproduccionbovina/cap18.PDF)

López FJ (2006). Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. Facultad de ciencias agropecuarias 4 (1): 77-86.

<http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol4/9.pdf>

López H, Satter LD, Wiltbank MC. (2004). Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. Anim Reprod Sci 81:209–23. <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0378432003002185>

LUCY, M.C. 2006. Estrus: Basic Biology and Improving Estrous Detection. Proc. Dairy Cattle Reproductive Conference. Pag. 29-37.


Lucy, M. C., Savio, J. D., Badinga, L., De La Sota, R. L., & Thatcher, W. W.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 7 de 17</b>

(1992). Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. In *Journal of animal science* (Vol. 70, Issue 11, pp. 3615–3626). <https://doi.org/10.2527/1992.70113615x>

Lynch, C. O., Kenny, D. a., Childs, S., & Diskin, M. G. (2010). The relationship between perovulatory endocrine and follicular activity on corpus luteum size, function, and subsequent embryo survival. *Theriogenology*, 73(2), 190–198. <http://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.08.012>

Marques P, Skorupskaite K, George JT, Anderson RA. (2000). Physiology of GnRH and gonadotropin secretion. MDTText.com, Inc. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK279070/>

Mendonça LG, Dewey ST, Lopes G, Rivera FA, Guagnini FS, Fetrow JP, *et al.* (2012). Effects of resynchronization strategies for lactating Holstein cows on reinsemination pattern, fertility and economic outcome. *Theriogenology*. pp. 1151 – 1158.

Mercado Barreto Jesús Antonio. (2015). Efecto Del Estradiol Y El Factor Liberador De Gonadotropinas Sobre La Dinámica Folicular De Vacas Holstein.


Molina, J. (S.F.). Compendio de Reproducción Animal. Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/libros\\_on\\_line/64-compendio\\_reproduccion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/64-compendio_reproduccion.pdf)

Mokhtari, A., Kafi, M., Zamiri, M. J., & Akbari, R. (1 de marzo de 2016). Factors affecting the size of ovulatory follicles and conception rate in high-yielding dairy cows. *Theriogenology*, 85, 747-753. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.020>

Monroy González Marbel, Claudia Jiménez, E., & Aureliano Hernández, V. (2018). Follicular and luteal morphometry, progesterone concentration and early gestation in Holstein cows (*Bos Taurus*) at high altitude in the tropics (Colombia). *Revista MVZ Cordoba*, 23(2), 6681–6695. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1342>

Moscoso, Z. 2001. Evaluación de la terapia con GnRH en vacas repetidoras de servicio en Zamorano. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. p. 6. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fa84558f->




	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 8 de 17</b>

6499-40e2-b374-fd8df4f590e7/content

- Mussard, C.R. Burke, E.J. Behlke, C.L. Gasser, M.L. Day. (2007). Influence of premature induction of a luteinizing hormone surge with gonadotropin-releasing hormone on ovulation, luteal function, and fertility in cattle. *J Anim Sci*, 85, pp. 937-943. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/85/4/937/4788837>
- Nebel, R.L., Dransrtd, M,B.G., Dalton, J.C. Bame, J.H., Saacke, R.G. 2000. Timing of AI - Have we been wrong all. these years? *Advances in Dairy Technology* 12:195-209.
- Nebel RL, Walker WL, Mcgilliard ML, Allen CH, Heckman GS (1994) Timing of insemination of dairy cows: fixed once daily versus morning and afternoon. *J. Dairy Sci.* 77: 3185-3191. <https://www.sciencedirect.com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030294772611>
- Palomares R. A., Graves W. M.,. (2017). Programas de Sincronización de Hatos. (B 1227-SP). <http://extension.uga.edu/publications/detail.cfm?number=B1227-SP>
- Peña Lugo Maximiliano. (2017). Protocolos de inseminación a tiempo fijo, su importancia en la fertilidad. [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42584/MAXIMILIANO LUGO PEÑA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perea, F.; González, R.; Cruz, R.; Soto, E.; Rincón, E.; González, C. y Villamediana, P. (1998). Evaluación ultrasonográfica de la dinámica folicular en vacas y en novillas mestizas. *Revista Científica FCV-LUZ*, 8 (1), 14- 24.
- Pueyo, D. (2017). EFECTIVIDAD DE CUATRO MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN DE CELO EN VACUNO DE CARNE . *Universidad Zaragoza*. [https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017\\_493.pdf](https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017_493.pdf)
- Pursley J.R., Mee M.O., Wiltbank M.C. (1995). "Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 $\alpha$  and GnRH". *Theriogenology* 44:915-923. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0093691X9500279H>



	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PÁGINA: 9 de 17</b>

Rodríguez-Martínez H., Hultgren J., Båge R., Bergqvist A.-S., Svensson C., Bergsten C., Lidfors L., Gunnarsson S., Algers B., Emanuelson U., Berglund B., Andersson G., Håård M., Lindhé B., Stålhammar H. and Gustafsson H. (2020). La eficiencia reproductiva en vacas lecheras de alta producción: ¿Es sostenible con las prácticas de manejo actuales? IVIS. <https://www.ivis.org/library/reviews-veterinary-medicine/la-eficiencia-reproductiva-en-vacas-lecheras-de-alta-produccion>

Sakaguchi, M., Sasamoto, Y., Suzuki, T., Takahashi, Y., & Yamada, Y. (2004). Postpartum Ovarian Follicular Dynamics and Estrous Activity in Lactating Dairy Cows. In J. Dairy Sci (Vol. 87). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70030-2)

San Pedro, J. (2012). Manejo reproductivo en las explotaciones lecheras.


Sepúlveda, Néstor & Rodero, Evangelina. (2003). Comportamiento Sexual Durante El Estro En Vacas Lecheras. Vol.28, N.9, Pp.500-503. ISSN 0378-1844. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003000900002](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000900002)

Swensson T, Andersson U (1980) The influence of heat symptoms and the time of insemination of cattle on the early and late returns. Nord. Vet. Med. 32: 457-463. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7232131/>

Van Eerdenburg, F.J.C.M. (2006). "Estrus detection in Dairy Cattle: How to be beat the bull". Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift 75:61-69. [https://www.researchgate.net/publication/46676830\\_Estrus\\_detection\\_in\\_dairy\\_cattle\\_How\\_to\\_beat\\_the\\_bull](https://www.researchgate.net/publication/46676830_Estrus_detection_in_dairy_cattle_How_to_beat_the_bull)

Vélez, M; Hincapié, J.J y Matamorros, I. 2006. Producción de ganado lechero en el trópico. 5a ed. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. p. 175-176. [https://www.researchgate.net/publication/310856111\\_Ganado\\_lechero\\_en\\_tropico\\_bajo](https://www.researchgate.net/publication/310856111_Ganado_lechero_en_tropico_bajo)

Walker WL, Nebel RL, Mcgilliard ML (1996). Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. J. Dairy Sc. 79: 1555-1561. <https://www-sciencedirect->


	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 10 de 17</b>

com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S022030296765177

Wiltbank, M., Lopez, H, Sartori, R., S., angsritavong, S., & Gümen, A. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*, 65(1), 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.003>

Wiltbank, M.C.(1), Sartori, R.(1), Pursley, J.R.(2) y Vasconcelos, J.L.M.(3). 2002. *Taurus, Bs.As.*, 4(16):15-23. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/33-momento\\_optimo\\_inseminar.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/33-momento_optimo_inseminar.pdf)

Yaneline Hidalgo, V., Carlomagno Velásquez, V., Néstor Chagray, A., Nidia Llapapasca, G., & Alfredo Delgado, C. (2018). Relationship between two methods of heat detection and reproductive efficiency in Holstein cows. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 29(4), 1364–1371. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15388>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 11 de 17

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS


(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

### ESPAÑOL

Como objetivo de este estudio se evaluó la sincronización al estro con aplicación de prostaglandina (PGF<sub>2α</sub>), un protocolo de inducción a la ovulación Ovsynch (OVS) y la expresión natural del estro (CON), sobre el diámetro del folículo preovulatorio (DFPO), la duración del estro (DE) y el estado reproductivo (ER). El estudio fue realizado en Simijaca Cundinamarca. Se utilizaron 15 vacas Holstein, con un promedio de 5,6±0,9 años, 92,2±39,9 días en leche, clínicamente sanas, cíclicas y con condición corporal mayor a 2.5. La detección del estro se realizó mediante observación visual, la Inseminación artificial se realizó utilizando la regla am pm y la medición del DFPO se realizó mediante ultrasonografía. La confirmación de la preñez se realizó entre los días 30-60 postinseminación. Resultados. Fue diferente significativamente la DE (p=0,002), siendo mayor en el tratamiento OVS (20,25 h) comparado con el CON (11,60 h) y la PGF<sub>2α</sub> (13,20 h), también se encontró diferencias significativas en el ER (p=0,02), el tratamiento CON tuvo un 100% de preñez, el OVS, 50% y la PGF<sub>2α</sub> 20% de preñez. Se encontró que no existe una correlación entre la DE y el DFPO (r<sub>CON</sub>= -0.49; r<sub>OVS</sub>= -0.16 y r<sub>PGF2α</sub> = 0,72) y DE y PPL (r<sub>CON</sub>= -0.05; r<sub>OVS</sub>= 0.22 y r<sub>PGF2α</sub> = -0.55). En este estudio se obtuvo mayor porcentaje de preñez en el tratamiento CON; mayor DE en el tratamiento OVS y no se encontró relación entre la DE y el DFPO. Los valores reportados en esta investigación pueden servir de referencia para futuras investigaciones.

### INGLÉS

The objective of this study was to evaluate estrus synchronization with prostaglandin application (PGF<sub>2α</sub>), an Ovsynch ovulation induction protocol (OVS) and natural estrus expression (CON), on the diameter of the preovulatory follicle (PFPO), the duration of estrus (ED) and the reproductive state (ER). The study was conducted in Simijaca Cundinamarca. We used 15 Holstein cows, with an average of 5.6±0.9 years, 92.2±39.9 days in milk, clinically healthy, cyclical and with

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 12 de 17</b>


body condition greater than 2.5. Estrus detection was performed by visual observation, artificial insemination was performed using the am pm rule and DFPO measurement was performed by ultrasonography. The confirmation of pregnancy was made between days 30-60 post-insemination. Results. The SD ( $p = 0.002$ ) was significantly different, being higher in the OVS treatment (20.25 h) compared to the CON (11.60 h) and the PGF 2 $\alpha$  (13.20 h), significant differences were also found in the ER ( $p = 0.02$ ), the CON treatment had a 100% pregnancy, the OVS, 50% and the PGF2 $\alpha$  20% of pregnancy. It was found that there is no correlation between SD and PFD ( $r_{CON} = -0.49$ ;  $r_{OVS} = -0.16$  and  $r_{PGF2\alpha} = 0.72$ ) and DE and PPL ( $r_{CON} = -0.05$ ;  $r_{OVS} = 0.22$  and  $r_{PGF2\alpha} = -0.55$ ). In this study, a higher percentage of pregnancy was obtained in the CON treatment; higher SD in OVS treatment and no relationship was found between ED and PFPO. The values reported in this research can serve as a reference for future research.

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 13 de 17</b>


3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 14 de 17</b>

está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI** \_\_\_ **NO** X.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2



	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 15 de 17</b>

Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
---	---


 <b>UDECA</b> UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 16 de 17</b>

1. Efecto de la sincronización del estro, de la ovulación y de la expresión del celo natural sobre el diámetro del folículo ovulatorio, duración del estro y estado reproductivo en vacas Holstein en Simijaca, Cundinamarca.	PDF
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
Inguilan Colimba Genny Milena	
Rodríguez Rodríguez Danna Carolina	
Monroy Gonzáles Marbel Yulieth	
Cortés Cortés Javier Eduardo	

21.1-51.20.

 <b>UDEC</b> UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 6</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2021-09-14</b>
		<b>PAGINA: 17 de 17</b>

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



**Efecto de la sincronización del estro, de la ovulación y de la expresión del celo natural sobre el diámetro del folículo preovulatorio, duración del estro y estado reproductivo en vacas Holstein en Simijaca, Cundinamarca.**

**Genny Milena Inguilan Colimba**

**Danna Carolina Rodríguez Rodríguez**

**Universidad de Cundinamarca**

**Facultad de Ciencia Agropecuarias- Zootecnia**

**Ubaté, Cundinamarca.**

**2022**

**Efecto de la sincronización del estro, de la ovulación y de la expresión del celo natural sobre el diámetro del folículo preovulatorio, duración del estro y estado reproductivo en vacas Holstein en Simijaca, Cundinamarca.**

**Genny Milena Inguilan Colimba  
Danna Carolina Rodríguez Rodríguez**

**Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
Zootecnista**

**Directora:**

**Marbel Yulieth Monroy González, MVZ, MSc.**

**Codirector:**

**Javier Eduardo Cortés Cortés, Zootecnista, MSc.**

**Universidad de Cundinamarca  
Facultad de Ciencia Agropecuarias- Zootecnia  
Ubaté, Cundinamarca.**

**2022**

## **Nota De Aceptación**



Dedicamos este trabajo a nuestros padres,  
siempre fueron nuestra motivación  
para seguir adelante, nos brindaron su apoyo  
incondicional durante nuestra carrera profesional  
así como en la vida, todo lo que hoy somos y  
hemos logrado es gracias a ustedes.

## **Agradecimientos**

Agradecemos principalmente a Dios por darnos la vida y la oportunidad de estudiar esta bella profesión llamada Zootecnia, de igual manera a nuestros padres: Gustavo Rodríguez y Luz Miryam Rodríguez, Abraham Inguilan y Carmen Alicia Colimba, por su apoyo, dedicación, afecto y constancia, gracias a todas las personas que hicieron posible la culminación de este proyecto, en primer lugar a nuestros directores, los docentes Marbel Yulieth Monroy González y Javier Eduardo Cortés Cortés, a los hermanos Camacho Borda y sus hijos, los médicos veterinarios Juan Camilo y Nicolás Camacho por permitirnos el ingreso a las instalaciones de su finca, sitio donde se llevó a cabo el presente proyecto; también agradecemos inmensamente por su ayuda al Médico veterinario Camilo Cabra, quien estuvo encargado de los chequeos reproductivos del hato estudiado y finalmente, agradecimientos a todo el equipo de trabajo de la finca La Isla quienes nos colaboraron de manera directa durante todo este proceso, especialmente a la familia Rodríguez Rincón.

**Tabla de contenido**

Lista de figuras	8
Lista de tablas	9
Lista de Símbolos y abreviaturas	10
Resumen ejecutivo	11
Abstract	12
Introducción	13
Objetivo general y específicos	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
Marco teórico	17
Dinámica folicular	18
La progesterona (P4)	20
Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH)	21
Prostaglandina	21
Estro	22
Detección visual del estro	24
Ovulación	25
Inseminación artificial	26
Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)	27

Protocolo de aplicación de prostaglandina después de palpación transrectal o ultrasonografía	28
Protocolo Ovsynch	29
Ultrasonografía	31
Diseño Metodológico	33
Resultados	39
Discusión	46
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Bibliografía	56

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Dinámica de onda folicular (3 ondas) en bovino.	18
<b>Figura 2</b> Protocolo de aplicación de prostaglandina después de palpación transrectal o ultrasonografía	28
<b>Figura 3</b> Protocolo de sincronización de celo Ovsynch.	29
<b>Figura 4</b> Georreferenciación de la finca la Isla.	33
<b>Figura 5</b> Signos de presentación de celo en vacas Holstein en la Finca La Isla (Simijaca, Cundinamarca)	34
<b>Figura 6</b> Línea del tiempo de cada uno de los tratamientos.	36
<b>Figura 7</b> Medición del diámetro del folículo preovulatorio mediante ultrasonografía en vacas Holstein en la finca La Isla, Simijaca, Cundinamarca.	37
<b>Figura 8</b> Duración del estro en vacas con celo natural (CON) y dos métodos uno de inducción de la ovulación (OVS) y uno de sincronización al estro (PGF2 $\alpha$ ) de la finca La Isla en Simijaca, Cundinamarca **.	40
<b>Figura 9</b> Diámetro del Folículo Preovulatorio en vacas con celo natural (CON) y dos métodos uno de inducción de la ovulación (OVS) y uno de sincronización al estro (PGF2 $\alpha$ ) de la Finca la Isla en Simijaca, Cundinamarca.**	40
<b>Figura 10</b> Índice de preñez en vacas con celo natural (CON) y dos métodos uno de inducción de la ovulación (OVS) y uno de sincronización al estro (PGF2 $\alpha$ ) de la Finca la Isla en Simijaca, Cundinamarca	41
<b>Figura 11</b> Promedio semanal de producción de leche y producción promedio en vacas con celo natural (CON) y dos métodos uno de inducción de la ovulación (OVS) y uno de sincronización al estro (PGF2 $\alpha$ ) de la finca La Isla en Simijaca, Cundinamarca.	42

**Lista de tablas**

<b>Tabla 2</b> Características fisiológicas y funcionales de diferentes clases de diámetro de folículos ováricos bovinos.	19
<b>Tabla 3</b> Protocolo Ovsynch finca La Isla.	30
<b>Tabla 4.</b> Detección con ultrasonografía de las características del embrión bovino Curran et al., (1986).	31
<b>Tabla 5</b> Valores promedio y desviación estándar de los criterios de inclusión de las vacas Holstein para cada tratamiento y en total **.	39
<b>Tabla 6</b> Significancia de los contrastes control vs y entre OVS vs $PGF_{2\alpha}$ para las variables respuesta.	43
<b>Tabla 7</b> Coeficientes de correlación de las variables diámetro del folículo preovulatorio (DFPO) y duración del estro (DE) para cada uno de los tratamientos.	44
<b>Tabla 8</b> Coeficientes de correlación de las variables duración del estro (DE) y promedio de producción de leche (PPL) para cada uno de los tratamientos.	45



**Lista de Símbolos y abreviaturas**

<b>CE</b>	Ciclo estral
<b>CL</b>	Cuerpo Lúteo
<b>CON</b>	Tratamiento Control (celo natural)
<b>DE</b>	Duración del estro
<b>ER</b>	Estado Reproductivo (porcentaje de preñez)
<b>FD</b>	Folículo dominante
<b>FPO</b>	Folículo preovulatorio
<b>FSH</b>	Hormona Foliculoestimulante
<b>GNRH</b>	Hormona liberadora de gonadotropinas
<b>IA</b>	Inseminación artificial
<b>IATF</b>	Inseminación artificial a tiempo fijo
<b>LH</b>	Hormona Luteinizante
<b>M</b>	Media
<b>Me</b>	Mediana
<b>OVS</b>	Tratamiento 1 protocolo Ovsynch
<b>P<sub>4</sub></b>	Progesterona
<b>PGF<sub>2α</sub></b>	Prostaglandina
<b>PGF<sub>2α</sub></b>	Tratamiento 2 protocolo aplicación única de prostaglandina
<b>PPL</b>	promedio produccion de leche
<b>RC</b>	Retorno al celo

## Resumen ejecutivo

El presente estudio se realizó con el fin de contribuir al conocimiento de la fisiología reproductiva en vacas de lechería especializada. Como objetivo se evaluó la sincronización al estro con aplicación de prostaglandina ( $\text{PGF}_{2\alpha}$ ), un protocolo de inducción a la ovulación Ovsynch (OVS) y la expresión natural del estro (CON), sobre el diámetro del folículo preovulatorio (DFPO), la duración del estro (DE) y el estado reproductivo (ER). El estudio fue realizado en Simijaca Cundinamarca en la Finca La Isla. Se utilizaron 15 vacas Holstein, con un promedio de  $5,6 \pm 0,9$  años,  $92,2 \pm 39,9$  días en leche, clínicamente sanas, cíclicas y con condición corporal mayor a 2.5. La detección del estro se realizó mediante observación visual, la Inseminación artificial se realizó utilizando la regla am pm y la medición del DFPO se realizó mediante ultrasonografía. La confirmación de la preñez se realizó entre los días 30-60 postinseminación. Resultados. Fue diferente significativamente la DE ( $p=0,002$ ), siendo mayor en el tratamiento OVS (20,25 h) comparado con el CON (11,60 h) y la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  (13,20 h), también se encontró diferencias significativas en el ER ( $p=0,02$ ), el tratamiento CON tuvo un 100% de preñez, el OVS, 50% y la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  20% de preñez. Se encontró que no existe una correlación entre la DE y el DFPO ( $r_{\text{CON}} = -0.49$ ;  $r_{\text{OVS}} = -0.16$  y  $r_{\text{PGF}_{2\alpha}} = 0,72$ ) y DE y PPL ( $r_{\text{CON}} = -0.05$ ;  $r_{\text{OVS}} = 0.22$  y  $r_{\text{PGF}_{2\alpha}} = -0.55$ ). En este estudio se obtuvo mayor porcentaje de preñez en el tratamiento CON; mayor DE en el tratamiento OVS y no se encontró relación entre la DE y el DFPO. Los valores reportados en esta investigación pueden servir de referencia para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** Reproducción, inseminación, protocolo, prostaglandina, estro, ovsynch.

## Abstract

The present study was carried out in order to contribute to the knowledge of reproductive physiology in specialized dairy cows. As an objective, the synchronization to estrus with the application of prostaglandin ( $\text{PGF}_{2\alpha}$ ), an Ovsynch ovulation induction protocol (OVS) and the natural expression of estrus (CON), on the diameter of the preovulatory follicle (DFPO), the duration of estrus (DE) and the reproductive state (ER) were evaluated. The study was conducted in Simijaca Cundinamarca at Finca La Isla. We used 15 Holstein cows, with an average of  $5.6 \pm 0.9$  years,  $92.2 \pm 39.9$  days in milk, clinically healthy, cyclical and with body condition greater than 2.5. The detection of estrus was performed by visual observation, artificial insemination was performed using the am pm rule and dfpo measurement was performed by ultrasonography. Confirmation of pregnancy was performed between 30-60 days post-insemination. Results. The DE ( $p=0.002$ ) was significantly different, being higher in the OVS treatment (20.25 h) compared to the CON (11.60 h) and the  $\text{PGF}_{2\alpha}$  (13.20 h), significant differences were also found in the ER ( $p=0.02$ ), the CON treatment had 100% pregnancy, the OVS, 50% and the  $\text{PGF}_{2\alpha}$  20% of pregnancy. It was found that there is no correlation between DE and DFPO ( $r_{\text{CON}} = -0.49$ ;  $r_{\text{OVS}} = -0.16$  and  $r_{\text{PGF}_{2\alpha}} = 0.72$ ) and DE and PPL ( $r_{\text{CON}} = -0.05$ ;  $r_{\text{OVS}} = 0.22$  and  $r_{\text{PGF}_{2\alpha}} = -0.55$ ). In this study, a higher percentage of pregnancy was obtained in the CON treatment; higher DE in OVS treatment and no relationship was found between ED and DFPO. The values reported in this research can serve as a reference for future research.

**Keywords:** Reproduction, insemination, protocol, prostaglandin, estrus, ovsynch.

## Introducción

Los sistemas especializados en producción de leche bovina constituyen un componente importante de la actividad socioeconómica de la población del trópico alto colombiano, donde, predominan las razas puras o con alto porcentaje de genes provenientes de razas europeas *Bos taurus*, principalmente la raza Holstein (Holmann et al., 2004). Debido a su gran dinámica, el sector lácteo bovino en Colombia se ha destacado durante los últimos años, pues se ha visto reflejado en elevadas tasas de expansión de la producción (FEDEGAN, 2020).

Según la Federación Colombiana de Ganaderos (2020), la producción a nivel nacional para el año 2016, fue de 6.391 millones de litros de leche y durante el primer trimestre de 2020 alcanzó los 7.393 millones de litros de leche, lo que significa que hubo un incremento de la producción de un 7,2%, lo cual es positivo para el sector socioeconómico del país y para la seguridad alimentaria de sus habitantes. Sin embargo, también se presentan pérdidas económicas y según López (2004) menciona que gran parte de estas son causadas por los índices de deficiencia reproductiva tales como: bajas tasas de concepción, amplio intervalo entre partos, baja detección de celos, entre otros.

Según Aristizábal (2016), la reproducción en los hatos lecheros se establece como uno de los eventos más importantes para alcanzar una mayor producción de leche, ya que, el número de lactancias se relaciona directamente con el número de partos obtenidos de los vientres que conforman el hato (Barco, 2018), alcanzando su máxima eficiencia productiva cuando se obtiene un intervalo entre partos de 365 días; pero para satisfacer esta meta, la concepción debe ocurrir antes de los 85 días después del parto (San Pedro, 2012). Aunque otro factor a tener en cuenta es la pérdida de la preñez, que se da entre los 30 y 60 días post servicio, siendo uno de los problemas económicos más comunes y de mayor impacto que enfrentan los establecimientos de la producción lechera (Bernardo, Casaro & Daglio, 2017).

En la gran mayoría de las lecherías especializadas ya se ha implementado la inseminación artificial (IA), dado que es la herramienta más asequible, si lo que se quiere es mejorar la calidad genética del hato, la técnica de la IA no es eficiente si, el responsable de realizarla puede no tener la experiencia para ejecutar el procedimiento y el manejo adecuado el semen congelado, por otro lado y con igual relevancia que lo anterior, es que no se hace una buena detección del celo, por esta razón se ha recurrido a la implementación de la inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF), con la cual se puede asegurar en mayor proporción la efectividad de la I.A (García, 2019).

En la actualidad el manejo hormonal para el control del ciclo estral es parte integral de las prácticas reproductivas comúnmente llevadas a cabo en las producciones lecheras; donde su objetivo no sólo busca tener a los animales en grupos más homogéneos en cuanto a la presentación del celo y así poder implementar programas de inseminación artificial (IA), sino también aumentar la fertilidad por medio de la sincronización de desarrollo folicular (Jiménez, 2016). Se ha demostrado en estudios como el de López, Satter & Wiltbank, (2004) que el tamaño del folículo ovulatorio es uno de los factores más importantes que influyen en el resultado de la reproducción, particularmente en los sistemas de producción lechera que aplican programas de sincronización del celo (Mokhtari et al., 2016)

Ahora bien, la provincia de la Villa de San Diego de Ubaté está conformada por diez municipios y en conjunto con la región de Chiquinquirá representan una de las principales cuencas lecheras del país, pues de acuerdo con el censo nacional bovino (ICA, 2020) la provincia de Ubaté contó en el año 2019 con una población de 142.901 bovinos, de los cuales 69.122 son hembras en edad productiva, distribuidas en 10.982 predios, de los cuales en su gran mayoría son pequeños productores que poseen entre 1 a 50 bovinos, representando el 97% de la producción pecuaria.

Al tratarse de una región ganadera es oportuno que el presente estudio tenga como objetivo evaluar el efecto de la sincronización del celo, de la ovulación y expresión del celo natural, sobre el tamaño del folículo ovulatorio, duración del estro y estado reproductivo en vacas Holstein de una lechería especializada.



## **Objetivo general y específicos**

### ***Objetivo general***

Evaluar el efecto de la sincronización del celo, de la ovulación y la expresión del celo natural, sobre el diámetro del folículo preovulatorio, duración del estro y estado reproductivo en vacas Holstein de una lechería especializada.

### ***Objetivos específicos***

- Evaluar la relación del diámetro del folículo preovulatorio y duración del estro en vacas sincronizadas y con expresión de celo natural.
- Determinar la relación que existe entre la duración del celo y la producción de leche en cada tratamiento.
- Comparar la tasa de preñez en hembras sincronizadas y con expresión de celo natural.

## Marco teórico

En la producción de leche bovina hay un trabajo sinérgico entre diversos factores importantes como la reproducción, la nutrición, la sanidad, el manejo y la genética. De acuerdo con estudios realizados enfocados en la reproducción de las vacas lecheras, es la relación de que a mayor producción menor fertilidad (Wiltbank et al., 2006), afectando los índices reproductivos, ya que una mayor cantidad de días abiertos, es decir, más de los 120 días post parto o intervalos entre partos más largos sobrepasando los 430 días, dificulta el cumplimiento de la premisa de tener una cría/vaca/año, disminuyendo así la eficiencia productiva de los hatos.

La hembra bovina está clasificada como poliéstrica típica, puesto que no hay un efecto de la estación del año sobre la actividad de su ciclo, después de alcanzar su pubertad se presentan ciclos estrales a intervalos regulares, de acuerdo con Carvajal y Martínez (2020) el ciclo estral en la hembra bovina dura aproximadamente 21 días, pero normalmente puede variar de 17 a 25 días; a este lo componen cuatro fases, estro (día cero), metaestro (día 2 al 13), diestro o fase luteal (día 13 al 15) y proestro o fase folicular (día 15 a 19).

Durante el proestro, la hembra se encuentra bajo la influencia de hormonas hipofisarias como la FSH (hormona foliculoestimulante) y LH (hormona luteinizante), mientras que el folículo crece y madura se secreta estrógenos (E2) que actúan en el hipotálamo de la vaca para generar los signos característicos del estro; adicionalmente también actúan en el tracto reproductivo dando origen a inflamación vulvar, expulsión de moco cervical e incremento del tono uterino. Según Gasque Gómez R. (2016) las altas concentraciones de E2 causan un incremento de LH generando la ovulación al final del estro; posteriormente, el folículo se transforma en un cuerpo lúteo (CL) el cual estará secretando progesterona (P4) que propicia la preparación del tracto reproductivo para una gestación, en caso de una preñez el CL seguirá secretando P4 hasta pocos días antes del parto.

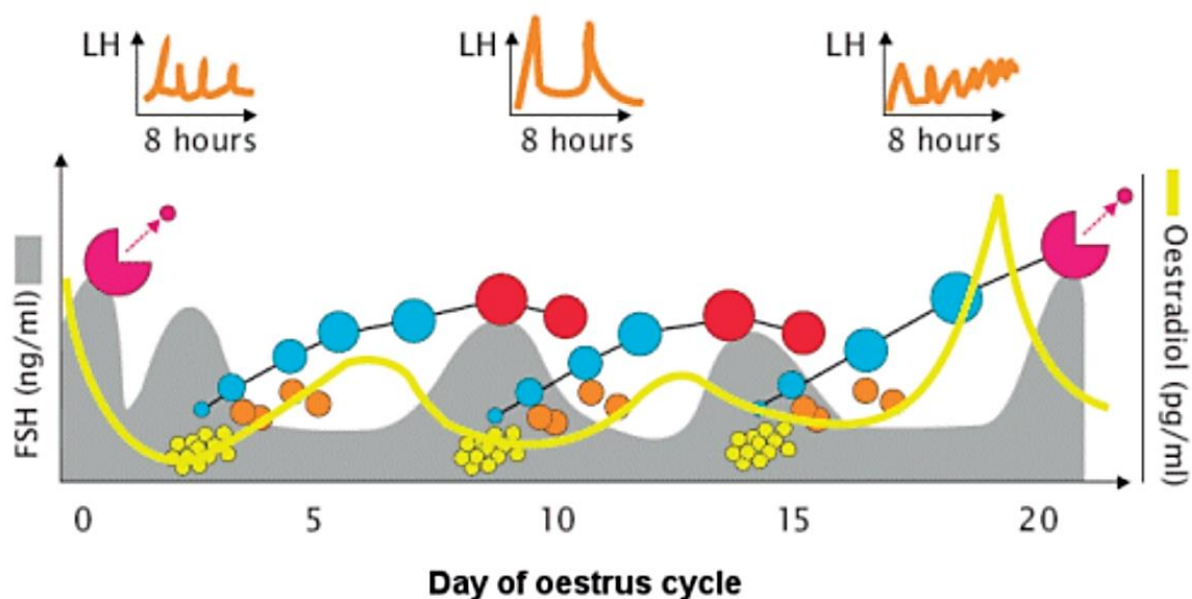
En cuanto al desarrollo del ovocito, gracias a la influencia de la FSH, este crece dentro de una cavidad llena de líquido denominada folículo, en las ondas foliculares sólo uno de ellos se convierte en dominante, gracias a su mayor crecimiento y en definitiva es el que será liberado; en el ciclo estral se pueden presentar de 2 a 3 ondas foliculares, sin embargo, este factor depende de cada individuo, pues de acuerdo con Monroy, Jimenez y Hernandez (2018), el 47,36 % (9/19) de las vacas presentaron 2 ondas de crecimiento folicular, de las cuales 66,6% (6/9) tuvo una duración del ciclo estral de 21 días y el 33,3% (3/9) de 22 días, y de acuerdo con Sakaguchi et al., (2004), las vacas de 3 ondas foliculares presentaron mayores tasas de preñez comparadas con las de dos ondas foliculares.

### ***Dinámica folicular***

Como lo manifiestan Lucy et al. (1992), la dinámica folicular “es el proceso de crecimiento continuo y de regresión de folículos antrales que conduce al desarrollo del folículo preovulatorio y se refiere al crecimiento de dichas estructuras en oleadas o grupos. Durante un ciclo estral pueden ocurrir una o más oleadas”. (Mercado, 2015) en su texto indica que:

Independientemente de la especie y del número de oleadas Armstrong y Webb (1997), cada una tiene tres fases: 1) reclutamiento, donde un grupo de folículos adquiere la habilidad para responder a las gonadotropinas y empiezan a crecer rápidamente, la figura 1 muestra cada una de las fases de la dinámica folicular, el reclutamiento está representado por círculos de color amarillo, 2) selección, en la que uno o un grupo de folículos es escogido para escapar del proceso de atresia y continuar creciendo y se representa por círculos color naranja y 3) dominancia, en la que un folículo se desarrolla de forma más rápida que el resto, suprimiendo el crecimiento de los subordinados e impidiendo el reclutamiento de un nuevo grupo de estructuras foliculares, y está representada por el círculo color fucsia.

**Figura 1** *Dinámica de onda folicular (3 ondas) en bovino.*



*Nota.* El gráfico representa el efecto del estradiol y el factor liberador de gonadotropinas sobre la dinámica folicular de vacas Holstein. Fuente: Mercado Barreto J., (2015).

El folículo que alcanza la dominancia requiere de un pulso de LH para terminar su desarrollo folicular, para pasar a depender de la LH, continuar su crecimiento y sintetizar el estradiol y posteriormente la P4. De acuerdo con Mercado Barreto J. (2015) el folículo preovulatorio posee mayor cantidad de receptores para LH aumentando sus niveles hasta que el folículo dominante ovule, aproximadamente teniendo un diámetro de 15mm-23mm. En la tabla 1 se pueden observar los tipos de clases de diámetro de folículos ováricos bovinos.

**Tabla 1** Características fisiológicas y funcionales de diferentes clases de diámetro de folículos ováricos bovinos.

Diámetro	Función dentro de la onda folicular	Fisiología y bioquímica
<b>Clase 1</b>		
<b>3 a 5 mm</b>	Grupo reclutado de folículos pequeños	Por debajo del diámetro mínimo para la ovulación después de la luteolisis (Matton et al., 1981)
<b>Clase 2</b>		

<b>6 a 9 mm</b>	Folículos reclutados y folículos seleccionados	Puede ser un folículo ovulatorio potencial en la luteolisis. Las células de la granulosa carecen de receptores de LH (Irlanda y Roche, 1982)
<b>Clase 3</b>		
<b>10 a 15 mm</b>	Folículo dominante	Las células de la granulosa tienen receptores de LH (Irlanda y Roche, 1982) y son capaces de ovular.
<b>Clase 4</b>		
<b>&gt;15 mm</b>	Folículo dominante grande	Folículo preovulatorio o dominante maduro

*Nota.* Tabla adaptada de factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. Fuente: Lucy et al., (1992).

### ***La progesterona (P4)***

La P4 es una hormona esteroidea que desempeña un papel fundamental en los eventos reproductivos asociados con el establecimiento y mantenimiento de la gestación; el crecimiento y desarrollo del conceptus requiere la acción de la P4 en el útero para regular la función endometrial. Se han realizado varias investigaciones con el fin de encontrar asociación entre los niveles séricos de P4 los primeros días del ciclo y la gestación temprana; en algunas de ellas se concluye acerca de la existencia de asociación entre estos dos factores, otros refutan la existencia de la misma (Monroy, Jimenez y Hernandez, 2018).

La progesterona es una hormona esteroidea la cual es secretada por el CL y por la placenta, se caracteriza por jugar un papel importante en eventos reproductivos, establecimiento y mantenimiento de la gestación. Con base en el texto de (Ferreira De Souza (2016) se indica lo siguiente:

La concentración de progesterona en la circulación es determinada por un equilibrio entre su producción y el metabolismo, cuyo órgano responsable es el hígado. Así, la tasa de metabolismo de P4 generalmente es determinada por el flujo sanguíneo hepático y puede tener importancia crítica en la determinación de la concentración de esta hormona en la circulación, especialmente en vacas de leche de alta producción. Bisinotto et al. (2010) demostraron la importancia de los altos niveles de progesterona durante el crecimiento de la onda folicular, demostrando que hubo una

mayor tasa de concepción de vacas que iniciaron el protocolo de IATF con elevada P4 endógena que animales con baja concentración de esta hormona (43,0% y 31,3%, respectivamente). Por otro lado, la luteolisis inadecuada puede resultar en niveles mínimos de P4 próximo a la IA provocando una reducción en la fertilidad (Vasconcelos et al., 2013).

### ***Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH)***

La hormona liberadora de hormona gonadotropina (GnRH) es el regulador clave del eje reproductivo. Su secreción pulsátil determina el patrón de secreción de las gonadotropinas hormona estimulante del folículo y hormona luteinizante, que luego regulan tanto la función endocrina como la maduración de los gametos en las gónadas. (Marques et al., 2000). Es producida por el hipotálamo ubicado en la base del cerebro; ésta envía una señal a la glándula pituitaria para que libere Gonadotropinas la FSH Hormona Folículo Estimulante que produce el desarrollo del folículo y la LH Hormona Luteinizante la cual hace que inicie el proceso de ovulación (Vélez et al. 2006).

La GnRH se ha implementado como protocolo de tratamiento para aumentar la tasa de concepción después de la inseminación y en el tratamiento de quistes ováricos foliculares (Ayala & Castillo, 2010). En el estudio realizado por Iglesias (2002) se utilizó la aplicación de GnRH a los 12 días postinseminación artificial y han demostrado reducir el total de servicios por concepción mejorando así el porcentaje de preñez. En otro estudio realizado por Moscoso (2001) se comprobó que la aplicación de GnRH al momento de la detección de celo resultó en una mayor tasa de concepción que el control y de igual manera el porcentaje de concepción fue mayor al momento de la inseminación que el control.

### ***Prostaglandina***

De acuerdo con López (2001), la prostaglandina F2 alfa ( $\text{PGF}_{2\alpha}$ ) es una hormona que se almacena y es sintetizado por las glándulas uterinas durante la fase en la que el cuerpo amarillo tiene una mayor actividad funcional. La  $\text{PGF}_{2\alpha}$  actúa en varios tejidos del organismo, en el ovario, por ejemplo, actúa donde se limita el flujo sanguíneo, para de esta forma permitir al cuerpo lúteo ser funcional, y de igual manera interrumpe la esteroidogénesis provocando la destrucción del mismo, lo que se conoce como luteólisis.

Se estima que durante los primeros 5 días después de la ovulación la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  no es tan efectiva en la luteólisis del cuerpo amarillo, es a partir del día sexto del ciclo estral en adelante cuando se da un aumento en la proporción de las células de mayor diámetro en el cuerpo amarillo, quienes van a propiciar un medio adecuado para que la  $\text{PGF}_2$  alfa logre ejercer su acción (López, 2001).

La  $\text{PGF}_{2\alpha}$  se puede utilizar para inducir la luteolisis o la regresión del cuerpo lúteo (CL) en el ganado, en base a esto Lauderdale et al., (1981) citado por Pueyo (2017), fueron de los primeros en demostrar el efecto luteolítico de la prostaglandina, en su estudio evaluaron la administración simple o doble de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ . Como resultados encontraron que el porcentaje de novillas de carne detectadas en celo durante los siguientes 5 días tras la última inyección  $\text{PGF}_{2\alpha}$  fue significativamente mayor tras la doble inyección (64% vs. 17%, respectivamente). En novillas lecheras se observó un resultado similar (73% vs 12%). Una limitación del uso de la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  para la sincronización del estro es que su eficacia depende exclusivamente de la presencia de un CL.

### ***Estro***

El estro o celo es un conjunto de signos fisiológicos y de comportamiento que tiene lugar antes de la ovulación. En la literatura se pueden encontrar diferentes formas de medir la duración

del estro. Existe una coincidencia entre los investigadores en que el signo más seguro de una vaca en estro se produce cuando ésta queda quieta al ser montada (Sepúlveda & Rodero, 2003). Dado lo anterior autores como King (1990) define el ‘período de receptividad sexual’ como el tiempo durante el cual la vaca permanece quieta al ser montada, estableciendo que la duración de la receptividad es igual a la duración del estro y de igual forma a Shearer (2003) citado por Mercado (2015), quien también define el estro como el “período de receptividad sexual de la hembra, en el cual se observan signos como el dejarse montar por otras vacas, inquietud, inflamación de la vulva, secreción de moco claro y transparente que sale de la vulva”. Según Gasque Gómez (2016) este período de tiempo puede durar de 4 a 27 horas, siendo el promedio 18 horas. Por otro lado el autor Mercado (2015) cita a la autora Lucy (2006) quien menciona que la duración del celo es variable, considerándose un tiempo promedio de  $16 \pm 14$  horas.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, la detección del estro en bovinos es una técnica de gran importancia en los programas de inseminación artificial, ya que una mala detección provoca importantes pérdidas económicas debido a que se reduce la tasa de concepción y por tanto se alarga el intervalo entre partos (Pueyo, 2017). Aunque no todos los autores coinciden, la mayoría de ellos apuntan a que el comienzo del celo se suele producir durante la noche o a primera hora de la mañana (Galina y Arthur, 1990; Van Vliet y Van Eerdenburg, 1996; Castellanos et al., 1997 como se citó en Sepúlveda & Rodero, 2003). Al igual que Foote, (1979) en su estudio, hubo un 72,5 % de las vacas y vaquillas que fueron observadas en celo por primera vez a la mañana (AM) y 27,5 % observadas por primera vez en celo a la tarde (PM). Estos resultados sugieren que la detección de celo debería hacerse con mayor intensidad en la mañana, debido a que el inicio del estro está distribuido al azar a lo largo del día cuando se emplea un método de monitoreo continuo.



Sepúlveda & Rodero, (2003) en su artículo describen que los signos característicos de estro en el bovino pueden incluir las siguientes manifestaciones:

- *Incremento de la actividad:* La vaca se observa inquieta, el pastoreo y la alimentación quedan muchas veces interrumpidos, el tiempo de rumia se reduce y la producción de leche disminuye.
- *Mugido:* La vaca en estro muge más de lo normal.
- *Tumefacción vulvar:* Es posible observar tumefacción de la vulva y la producción de una mucosidad clara que puede quedar adherida a la cola o caer sobre el suelo. También suele observarse que la cola queda levantada y aumenta el número de veces que orina, no observándose tal incremento en el número de defecaciones.
- *Incremento de acicalamiento:* Se incrementan las actividades de acicalamiento mutuo en forma de lamidos a otros animales. La vaca en celo suele olfatear cerca de la cola a otras vacas y empujarlas, Tras los olfateos puede manifestar el reflejo Flehmen o levantamiento del labio superior.
- *Monta:* Al iniciar el estro las vacas se montan unas a otras, siendo difícil para el observador identificar cuál vaca del grupo se encuentra en estro. Pero cuando un animal en particular queda quieto al ser montado por otros, está en estro.

### ***Detección visual del estro***

La observación visual es el método tradicional para detectar celos. El éxito de este método depende de tres factores: el tiempo de observación, la capacidad del técnico de identificar los signos y la capacidad de la vaca para expresar los signos de celo. La detección suele depender de la observación de una respuesta postural a ser montada (Pueyo, 2017). Según

Hafez, (1996) se requiere una rutina regular de al menos tres observaciones de 20-30 minutos en el transcurso de 24 horas, que pueden ser en momentos en los que lo animales no son molestados; mientras que Diskin et al. (2000) recomiendan 5 observaciones diarias para una buena identificación de celos. Por otro lado, Van Eerdenburg (2006) creo un sistema en el que no solo se tiene en cuenta cuando una vaca es montada, sino que se evalúan otros signos como la descarga de moco, la mayor actividad o el comportamiento social hacia otras vacas. Todos estos factores reciben una puntuación y cuando supera los 50 puntos, la vaca se considera en celo.

### ***Ovulación***

La ovulación se da por pulsos de LH, una vez que se libera el óvulo, este cae a la fimbria en la trompa de Falopio para iniciar su recorrido por el cuerno uterino para encontrarse en la unión istmo-ampular con el espermatozoide para generar la fertilización, de darse este proceso 96 horas más tarde el cigoto llega al cuerpo del útero para seguir con la gestación. Después de la ovulación, comienza la fase luteal, que representa el 80% del ciclo estral, aquí lo que ocurre es la disminución de la concentración de E2, generado por la liberación de LH, de forma que, al llegar a su pico, va a luteinizar las células de la teca y la granulosa para darle paso a la formación del CL. Ahora bien, según Franco y Uribe (2012) es importante resaltar que “la concentración plasmática de P4 depende de la cantidad de tejido esteroideogénico y su capacidad de biosíntesis, lo cual está relacionado con el CL”.

Según Sepúlveda & Roderó (2003) la ovulación ocurre en promedio a las  $27.6 \pm 5.4$  h después de iniciado el estro, no dándose diferencias entre ovulaciones espontáneas o inducidas por hormonas exógenas. Walker, Nebel & McGilliard, (1996) estimaron un tiempo de 9.5 h desde que se produce la primera monta hasta que éstas terminan, por lo que las mayores tasas de concepción se consiguen con IA realizadas 5 a 6 h después del primer evento de estro. Hallazgos

similares fueron reportados por Swensson & Andersson (1980) quienes encontraron mayores tasas de concepción (71%) cuando la IA se práctica en el mismo día de la detección del celo en relación al segundo o tercer día. Por otro lado, Nebel et al., (1994) no encontraron diferencias en las tasas de concepción cuando la IA se practica a tiempo fijo en el primer día o mediante el protocolo AM-PM.

### ***Inseminación artificial***

Es la técnica por medio de la cual se logra la fertilización del óvulo utilizando herramientas biotecnológicas, este proceso consiste en depositar los espermatozoides obtenidos del macho en el tracto genital de la hembra, para favorecer su unión y darle inicio al desarrollo de un nuevo ser, de acuerdo con Ballesteros et al. (2017) la inseminación artificial (IA) fue la primera biotecnología aplicada en pro del mejoramiento de la reproducción y genética de los animales de interés zootécnico, dicha técnica ha demostrado un gran aporte al mejoramiento genético de la ganadería lechera además de eliminar costos por mantenimiento de ejemplares bovinos aptos para llevar a cabo la monta natural. Según Gasque Gómez R. (2016) con la IA, la eyaculación de un toro se puede usar para servir de 400 a 500 vacas y, por lo tanto, puede producir suficiente semen para más de 50,000 vacas por año, por ende se puede tener acceso a varios ejemplares y de paso controlar también muchas de las enfermedades infecciosas bovinas.

De acuerdo con García et al., (2016) los espermatozoides después de ser depositados en el aparato reproductor de la hembra bovina, aproximadamente demoran 6 horas en adquirir la habilidad para llegar al punto de encuentro donde se da la fecundación del óvulo, por ello generalmente se procede a realizar la inseminación artificial en la segunda mitad del celo, de esta forma, las vacas que entran en celo en la mañana se inseminan en la tarde, si el celo inicia en la tarde, se insemina en la mañana siguiente.

Wiltbank et al., (2002) menciona que el momento óptimo para realizar la IA ha sido discutido desde los inicios de la utilización comercial de la técnica y que la mayoría de los estudios han sido realizados considerando el momento de inseminación en función de la detección de celo, sin embargo, también se han efectuado investigaciones recientes en base a diferentes momentos de IA en relación a ovulaciones sincronizadas.

Nebel et al., (2000) comunicaron que las tasas de no retorno de vacas inseminadas una vez por día y de vacas inseminadas según la regla AM/PM (60 días: 64.6% y 65.6%), no tuvo efecto significativo del programa de IA sobre la tasa de concepción. González Fuquay & Bearden (1995) también encontraron que los resultados obtenidos inseminando sólo a la mañana fueron similares a los logrados con la regla AM/PM (62.9% y 62%). Inseminar dos veces tampoco parece mejorar la tasa de preñez. Los resultados obtenidos con una única IA al inicio del celo fueron similares a aquellos logrados inseminando al inicio y 12 hs más tarde.

Aunque en las tasas de concepción podrían mejorarse utilizando la regla AM/PM, existe ahora un acuerdo general en que las inseminaciones realizadas una vez por día logran casi idénticas tasas de concepción. Esto podría deberse a que las observaciones de celo infrecuentes en las condiciones de campo producirían una sustancial discrepancia entre el momento en que el celo es detectado y el inicio real del mismo (Wiltbank et al., 2002).

### ***Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)***

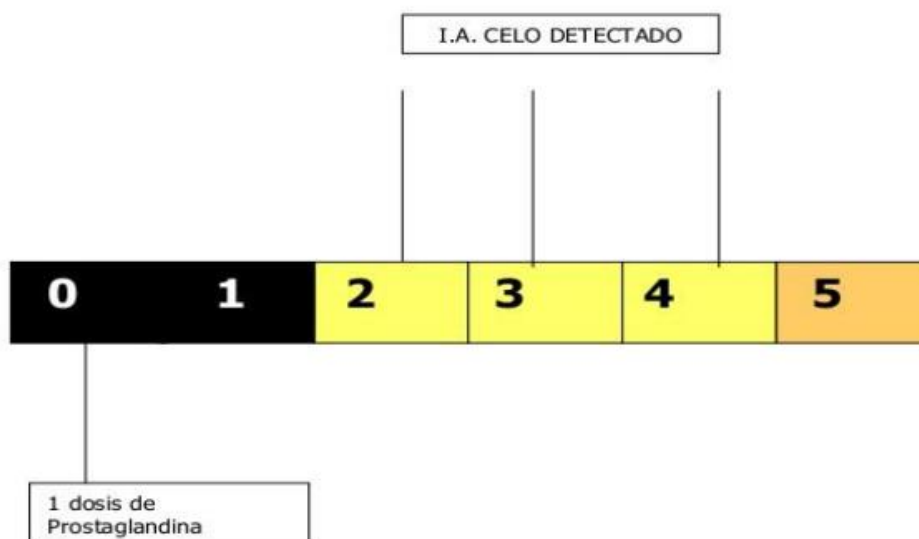
La IATF es una técnica que permite sincronizar los celos y ovulaciones de los bovinos, haciendo uso de hormonas análogas a las producidas por las vacas, este proceso facilita la inseminación la mayor cantidad de animales en un período corto de tiempo (Basto, 2019). Inicialmente sólo se empleaban prostaglandinas, lo cual solo permitía agrupar celos, pero no sincronizarlos, por lo que más adelante se desarrollaron dispositivos intravaginales impregnados

con P4. Existen diferentes protocolos de sincronización, algunos muy simples donde se utilizan inyecciones periódicas con P4 y otros un poco más complejos debido a que usan GnRH o dispositivos con P4.

***Protocolo de aplicación de prostaglandina después de palpación transrectal o ultrasonografía***

Se basa en la aplicación de  $PGF_{2\alpha}$  sólo a aquellas vacas que se encuentran con un cuerpo lúteo (CL) funcional tras realizar la palpación transrectal o ultrasonografía. Es un protocolo que se adapta mejor para inseminar con detección de celos, puesto que una vez aplicada la  $PGF_{2\alpha}$ , las vacas comenzaran a expresar celo en las próximas 48 horas; sin embargo, las tasas de celos también pueden llegar a ser menores con este protocolo, debido a los errores en la palpación (Kenna, Bergonzelli & Dick, 2018).

**Figura 2** *Protocolo de aplicación de prostaglandina después de palpación transrectal o ultrasonografía*

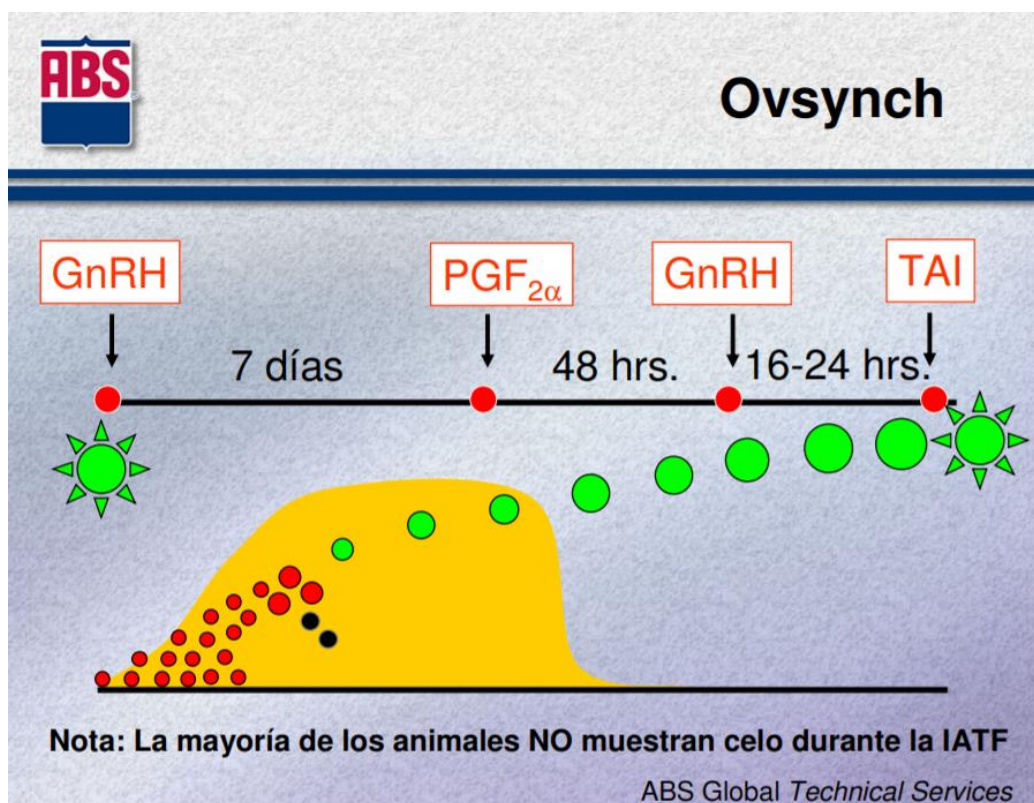


Nota. La figura representa la línea de tiempo del efecto de la sincronización de celo por medio del protocolo de aplicación de prostaglandina después de palpación transrectal o ultrasonografía. Fuente: Kenna, Bergonzelli y Dick, (2018).

### ***Protocolo Ovsynch***

Es uno de los protocolos de inducción a la ovulación que se pueden encontrar, básicamente se implementa para inseminar vacas sin necesidad de que se detecte el celo, este protocolo usa GnRH para estimular la LH endógena, la liberación de esta da paso a la ovulación y posteriormente a la formación del CL. De acuerdo con Peña (2017) una vez ocurrida la ovulación, el ovario comienza a madurar un nuevo folículo dominante, después de 7 días se aplica una inyección con prostaglandina F2 Alfa que en efecto va a provocar la regresión del CL, permitiendo la maduración del folículo dominante sincronizado. En las 48 horas posteriores se aplica la segunda inyección de GnRH para sincronizar la ovulación del folículo dominante, evento que se da 28 horas después. En la figura 2 se observa el desarrollo del protocolo ovsynch, las hormonas y horas que se emplean.

**Figura 3** *Protocolo de sincronización de celo Ovsynch.*



*Nota.* La figura representa la línea de tiempo, junto con la aplicación de hormonas y dinámica folicular del efecto de la sincronización de celo por medio del protocolo ovsynch. Figura tomada de consideraciones fundamentales para la implementación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo. Fuente: ABS Global, (2010)

Estudios como el de Pursley, Mee & Wiltbank (1995) han demostrado que el protocolo Ovsynch produce tasas de preñez similares a las que se obtienen en las vacas que fueron sincronizadas con PGF<sub>2α</sub> e inseminadas 12 h después de detectado el celo. De igual manera ha determinado que el protocolo OVS ha resultado en una fertilidad aceptable en vacas lecheras que están ciclando, sin embargo, los porcentajes de preñez han sido bajos en novillas y muy variables en vacas con cría, sobre todo debido a los bajos porcentajes de concepción que se obtienen en vacas en anestro (Pursley, Mee & Wiltbank, 1995).

**Tabla 2** Protocolo Ovsynch finca La Isla.

DÍA	HORMONA	CANT (ml)	HORA
0	GnRH	3	7:00 a.m.

7	D-cloprostenol	2	7:00 a.m.
8	D-cloprostenol	2	7:00 a.m.
9	GnRH	3	3:00 p.m.
10	Inseminación		7:00 a.m.
35	GnRH	3	7:00 a.m.
42	ECO +	Ok	7:00 a.m.
42	(ECO -) D-cloprostenol	2	7:00 a.m.
43	D-cloprostenol	2	7:00 a.m.
44	GnRH	3	3:00 p.m.
45	Inseminación		7:00 a.m.

*Nota.* En la tabla se representa el manejo del Protocolo Ovsynch implementado en la finca La Isla.

### ***Ultrasonografía***

En la reproducción del ganado lechero una de las herramientas aliadas del productor es la ultrasonografía transrectal empleada para el diagnóstico más temprano de la preñez, puesto que lo ideal después del tiempo del puerperio es disminuir el intervalo de días abiertos, por lo que con un diagnóstico temprano se pueden tomar la decisión que permitan aumentar la tasa de concepción y la natalidad, aspectos que están directamente relacionados con una mejor eficiencia productiva de la ganadería. De acuerdo con el texto de (Mercado, 2015):

El diagnóstico de gestación se puede realizar con rapidez y precisión mediante ultrasonografía, pasados los 26 días post inseminación (Kastelic et al., 1991; Filteau y Descoteaux, 1998), con el 4,8% de sensibilidad y 82,3% de especificidad, y se puede llevar a cabo entre los días 21 y 25 post inseminación, pero aumentó a 97,7 y 87,7%, respectivamente, cuando se realizó entre los días 26 y 33 post inseminación artificial (Pieterse et al., 1990a), en la tabla 2 (Ver tabla 3) se puede observar los rangos de tiempo y las estructuras de la gestación que pueden ser identificadas.

**Tabla 3.** *Detección con ultrasonografía de las características del embrión bovino Curran et al., (1986).*

Características	Primeros días de detección	
	Promedio	Rango
Embrión	20,3	19 a 24
Latidos del corazón	20,9	19 a 24



Alantoides	23,2	22 a 25
Medula espinal	29,1	26 a 33
Botones del miembro anterior	29,1	28 a 31
Amnios	29,5	28 a 33
Orbita ocular	30,2	29 a 33
Botones del miembro inferior	31,2	30 a 33
Placentomas	35,2	33 a 38
División de pezúñas	44,6	42 a 49
Movimiento fetal	44,8	42 a 50
Costillas	52,8	51 a 55

---

*Nota.* Tabla con las principales características del embrión bovino, rango y promedio de cada una de estas, adaptado del efecto del estradiol y el factor liberador de gonadotropinas sobre la dinámica folicular de vacas Holstein. Fuente: Mercado Barreto J., (2015).

## Diseño Metodológico

### *Lugar de la investigación*

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el Municipio de Simijaca Cundinamarca, en la Finca La Isla, la cual se encuentra ubicada a 135 Km de Bogotá, a 41 Km de Ubaté y a 3 km de la vía principal de Simijaca Cundinamarca- San Miguel de Sema, Boyacá, con una altitud de 2559 m.s.n.m., una temperatura media anual de 14 °C y una precipitación media aproximada de 768 mm.

**Figura 4** Georreferenciación de la finca la Isla.



*Nota.* La presente figura representa la georreferenciación de la Finca la Isla de los Camacho. Simijaca, Cundinamarca. Google Earth (2021).

### *Diseño experimental*

Se utilizaron vacas de la raza Holstein, las cuales nutricionalmente se encontraban bajo las mismas condiciones de pastoreo rotacional con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Ray-Grass (*Lolium multiflorum*) suplementadas con silo de maíz y alimento concentrado. Estas vacas fueron seleccionadas en general de una población del hato constituida por 157 animales, a medida que se observó su primer celo después de cumplido el período voluntario de espera (60

días postparto), y que cumplieran con las siguientes características: I) Cíclicas y multíparas. II) no tenían patologías clínicas reproductivas y retención de placenta, distocia, endometritis, entre otros. Esto lo determinó el doctor Camilo Cabra González (M.V. MSc Unal), profesional encargado de la reproducción del hato, a través de un examen ginecológico. III) vacas multíparas con un rango de 3 a 6 partos. VI) vacas con un máximo de 150 días abiertos (sin preñez) postparto. V) tener una condición corporal  $\geq 2.5$ , donde se consideró 1 muy delgada y 5 en estado de obesidad. Estas fueron marcada con marcador rojo en la frente. Finalmente, de las vacas obtenidas, se seleccionaron al azar un número a conveniencia de 15 animales, de los cuales 5 se incluyeron en el tratamiento control (CON) vacas que presentaron celo natural; 5 al tratamiento 1 (OVS) vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch y 5 al tratamiento 2 ( $\text{PGF}_{2\alpha}$ ) vacas sincronizadas al estro con prostaglandina.

### ***Detección del estro***

Cumplido el período voluntario de espera se tuvo en cuenta el primer celo detectado para realizar la IA, este celo fue identificado por medio de la observación visual durante un periodo de una hora y 4 veces al día (6:00 a.m. a 7:00 a.m., 9:00 a.m. a 10:00 a.m., 1:00 p.m. a 2:00 p. m. y de 3:00 p. m. a 4:00 p.m.), donde se hizo presencia en el hato y se tuvo en cuenta para esta observación los signos característicos del estro (Figura 5), como inquietud, reflejo de permanencia, micción frecuente, enrojecimiento y edema vulvar, además se evaluó visualmente el moco vaginal, el cual debió ser cristalino y en ausencia de pus.

**Figura 5** *Signos de presentación de celo en vacas Holstein en la Finca La Isla (Simijaca, Cundinamarca)*



Intento de monta

Reflejo de permanencia

Olfateo de órganos genitales

Inquietud

*Nota.* Elaboración propia (2021).

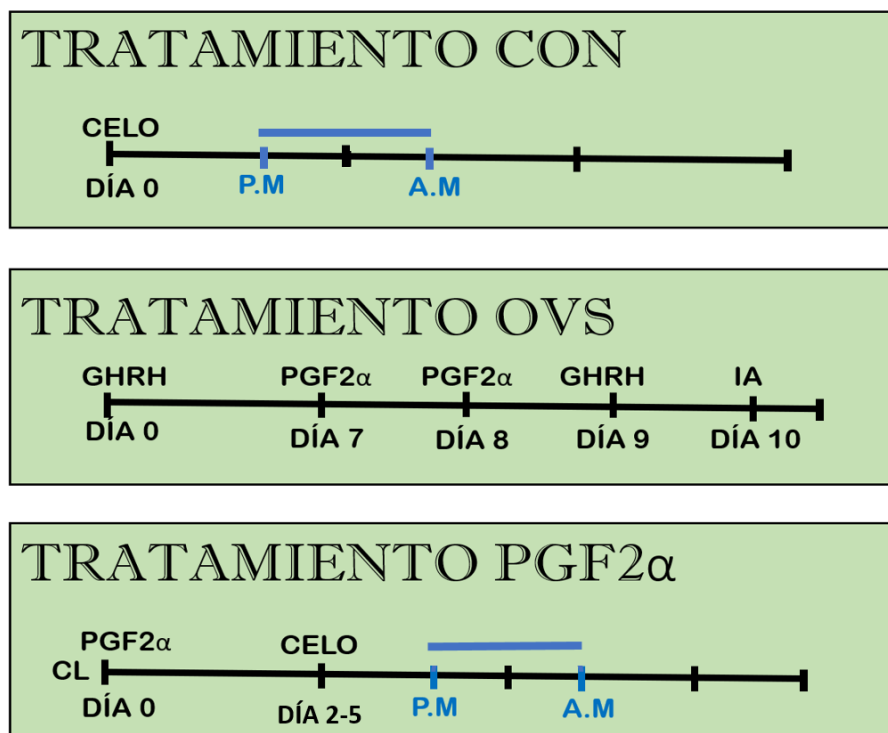
### ***Inseminación artificial***

Para todos los tratamientos la IA se efectuó, según la hora en la que se presentó el celo, si fue en la mañana, la IA se efectuó en la tarde; si se presentó en la tarde la IA fue en la mañana del siguiente día. Se utilizó semen congelado para la IA de las vacas, y esta fue realizada por el mismo operario.

El tratamiento CON inició con la presentación del celo natural que correspondió al día cero, una vez detectado este celo se realizó la IA; En el tratamiento OVS después del chequeo reproductivo, donde se programaron vacas para inicio de protocolo, el día cero inició con la aplicación de la hormona GnRH, el día 7 se aplicó  $\text{PGF}_{2\alpha}$ , el día 8 se aplicó  $\text{PGF}_{2\alpha}$ , el día 9 GnRH y el día 10 se efectuó la IA; finalmente el tratamiento  $\text{PGF}_{2\alpha}$  inicio el día en el que se realizó el chequeo reproductivo, en el cual a las vacas con CL, se les aplicó la hormona  $\text{PGF}_{2\alpha}$ ,

correspondiendo al día cero. Estas vacas en el día tres presentaron celo, una vez detectado se realizó la IA (Figura 6).

**Figura 6** Línea del tiempo de cada uno de los tratamientos.



*Nota.* CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS: tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch. PGF<sub>2α</sub> PGF<sub>2α</sub>: tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina. Elaboración propia (2021).

### ***Ultrasonografía***

Enseguida de haber realizado la IA, se llevó a cabo la ultrasonografía transrectal para la medición del diámetro del folículo preovulatorio. En cada animal se evaluaron los folículos presentes en los dos ovarios (primero el derecho y luego el izquierdo), para determinar el diámetro (en milímetros) de los folículos detectados, como se muestra en la figura 7. El folículo con mayor diámetro fue establecido como el folículo preovulatorio, de acuerdo a lo descrito por Perea et al. (1998).



**Figura 7** *Medición del diámetro del folículo preovulatorio mediante ultrasonografía en vacas Holstein en la finca La Isla, Simijaca, Cundinamarca.*



*Nota.* Elaboración propia (2021).

### ***Estado reproductivo***

La gestación de las vacas fue diagnosticada a través de ultrasonografía entre los días 35 y 60 posteriores a la IA, se consideró gestante cuando se observó presencia de líquido amniótico y un embrión con latido cardiaco (Lynch et al., 2010).

Para hallar el valor del porcentaje de preñez en las vacas del estudio se aplicó la fórmula:

$$\% \text{ de preñez} = \frac{\text{vacas preñadas}}{\text{vacas servidas}} \times 100$$

### ***Medición de la producción de leche***

El promedio de producción de leche (PPL) se obtuvo a partir de la medición de la producción que se realiza normalmente, una vez por semana, estos datos se tomaron desde el parto hasta la confirmación de la preñez.

### *Análisis estadístico*

La información obtenida de cada una de las variables (Duración del estro, Diámetro del folículo preovulatorio, Estado reproductivo -porcentaje de preñez- y producción de leche) bajo un diseño completamente al azar, se analizó utilizando un análisis de varianza (ANAVA) y en los casos necesarios se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey.

El modelo del diseño estadístico fue el siguiente:

$$Y_i = \mu + \tau_i + \varepsilon_i$$

Se realizó una comparación usando contrastes entre celo natural contra dos métodos uno de inducción de la ovulación (Ovsynch) y uno de sincronización al estro (PGF<sub>2α</sub>). Finalmente, para establecer la relación entre el diámetro del folículo preovulatorio y la duración del estro, y el promedio de la producción de leche y la duración del estro en vacas sincronizadas y con expresión de celo natural se determinó el coeficiente de correlación de Pearson. Todos los análisis se realizaron mediante el proceso PROC GLM de SAS, donde todo valor  $p < 0.05$  fue considerado significativo.

Todos los procedimientos se analizaron mediante el programa SAS University Edition (SAS® OnDemand for Academics).

## Resultados

Inicialmente se detectaron 25 vacas Holstein en celo. De las cuales, 10 expresaron celo natural, 11 a través del protocolo de aplicación única de prostaglandina y 5 por medio de protocolo ovsynch para luego realizar la selección al azar. Estas vacas en general presentaron una condición corporal al parto en promedio de  $2,6 \pm 0,16$ , una edad promedio  $5,6 \pm 0,90$  años, un promedio de  $92,2 \pm 39,95$  días en leche y finalmente un promedio de  $3,9 \pm 0,80$  partos durante su vida (Tabla 4).

**Tabla 4** Valores promedio y desviación estándar de los criterios de inclusión de las vacas Holstein para cada tratamiento y en total \*\*.

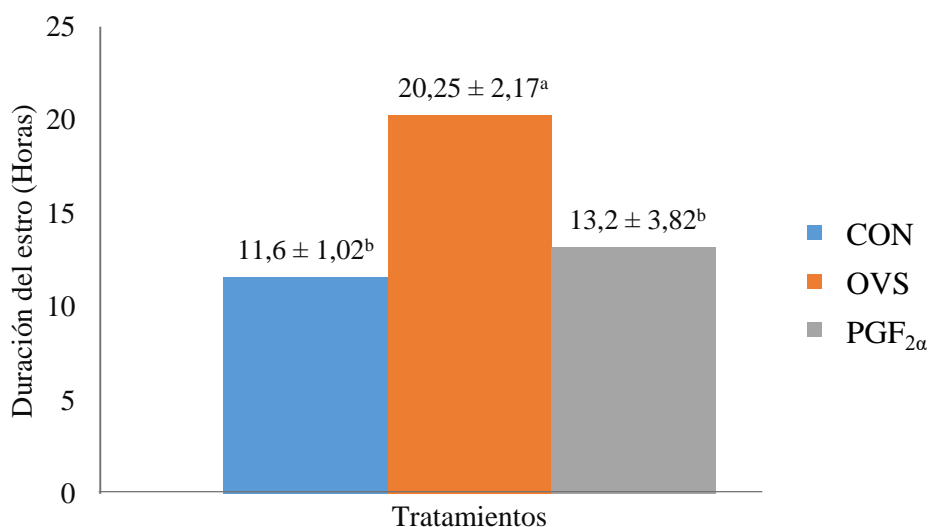
TRATAMIENTOS	EDAD (años)	CC	Nº PARTOS	Nº DÍAS EN LECHE
CON	$5,8 \pm 0,40$	$2,6 \pm 0,15$	$4 \pm 0,63$	$129 \pm 38,70$
OVS	$5,5 \pm 1,12$	$2,5 \pm 0$	$3,8 \pm 1,09$	$84 \pm 27,66$
PGF <sub>2α</sub>	$5,4 \pm 1,02$	$2,5 \pm 0,20$	$4 \pm 0,63$	$62 \pm 7,56$
<b>Total</b>	$5,6 \pm 0,90$	$2,6 \pm 0,16$	$3,9 \pm 0,80$	$92,2 \pm 39,95$

*Nota.* CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS: tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch. PGF<sub>2α</sub>: tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina. CC: condición corporal. Elaboración propia. \*\* Los valores reportados corresponden al promedio  $\pm$  la desviación estándar.

Para la duración del celo, se logró evidenciar que un 60% de las vacas del estudio presentaron celo durante las horas de la mañana, el 40% restante en el transcurso del medio día o la tarde. Se observó que el tratamiento OVS presentó una duración del celo mayor ( $p < 0,05$ ) a la de los tratamientos CON con una diferencia del 74.6% (8,65 h) y PGF<sub>2α</sub> con una diferencia del 53,4% (7,05 h), respectivamente (Figura 8). De otra parte, los tratamientos CON y PGF<sub>2α</sub> no presentaron diferencia en la duración del estro ( $p < 0,05$ ).



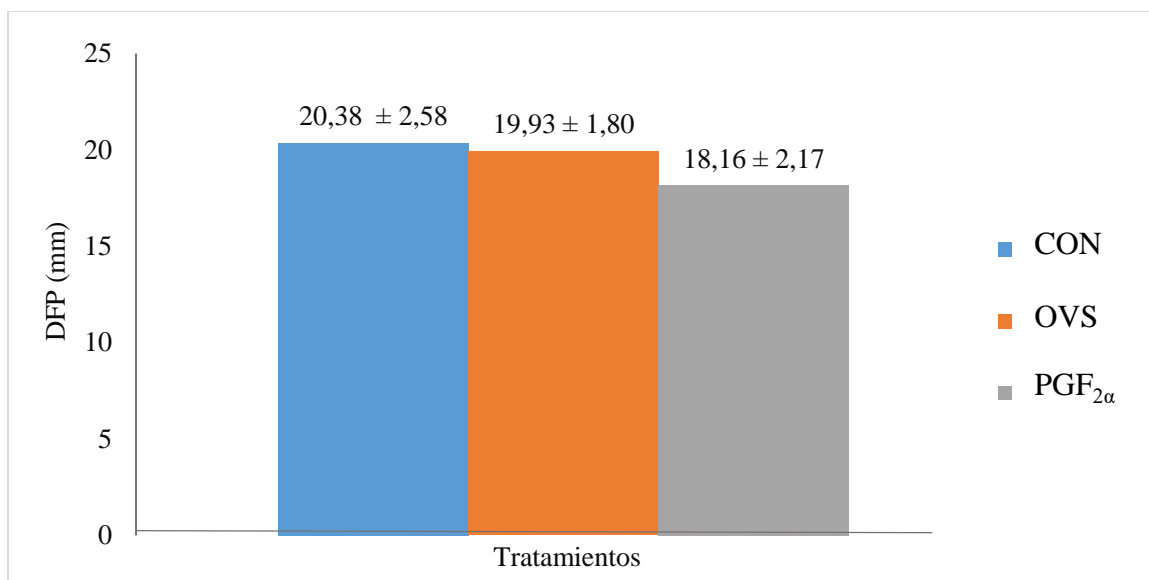
**Figura 8** Duración del estro en vacas con celo natural (CON) y dos métodos uno de inducción a la ovulación (OVS) y uno de sincronización al estro (PGF<sub>2α</sub>) de la finca La Isla en Simijaca, Cundinamarca \*\*.



*Nota.* CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS: tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch. PGF<sub>2α</sub>: tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina. \*\* Los valores reportados corresponden al promedio ± la desviación estándar. <sup>a,b</sup>: superíndices con letra diferente indican diferencias estadísticas (p<0.05).

En el diámetro del folículo preovulatorio no se encontraron diferencias entre los tratamientos (p>0.05) (Figura 9).

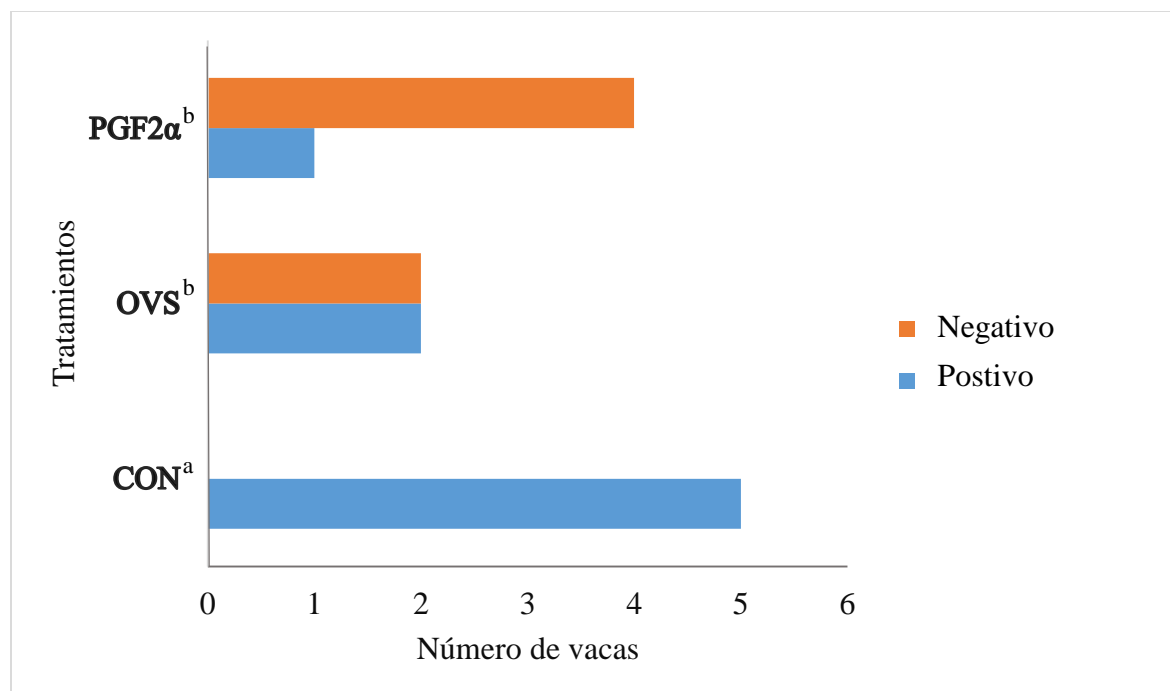
**Figura 9** Diámetro del Folículo Preovulatorio en vacas con celo natural (CON) y dos métodos uno de inducción a la ovulación (OVS) y uno de sincronización al estro (PGF<sub>2α</sub>) de la Finca la Isla en Simijaca, Cundinamarca. \*\*



*Nota.* CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS: tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch. PGF<sub>2α</sub>: tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina \*\* Los valores reportados corresponden al promedio ± la desviación estándar.

En la Figura 10 se aprecian los resultados del Estado reproductivo encontrado para cada uno de los tratamientos. Se observó que el tratamiento CON (100%, 5 de 5) presentó una tasa de preñez mayor ( $p > 0.05$ ) a la de los tratamientos, siendo el doble de la observada con el protocolo OVS (50%, 2 de 4) y cinco veces la observada con el protocolo PGF<sub>2α</sub> (20% 2 de 5).

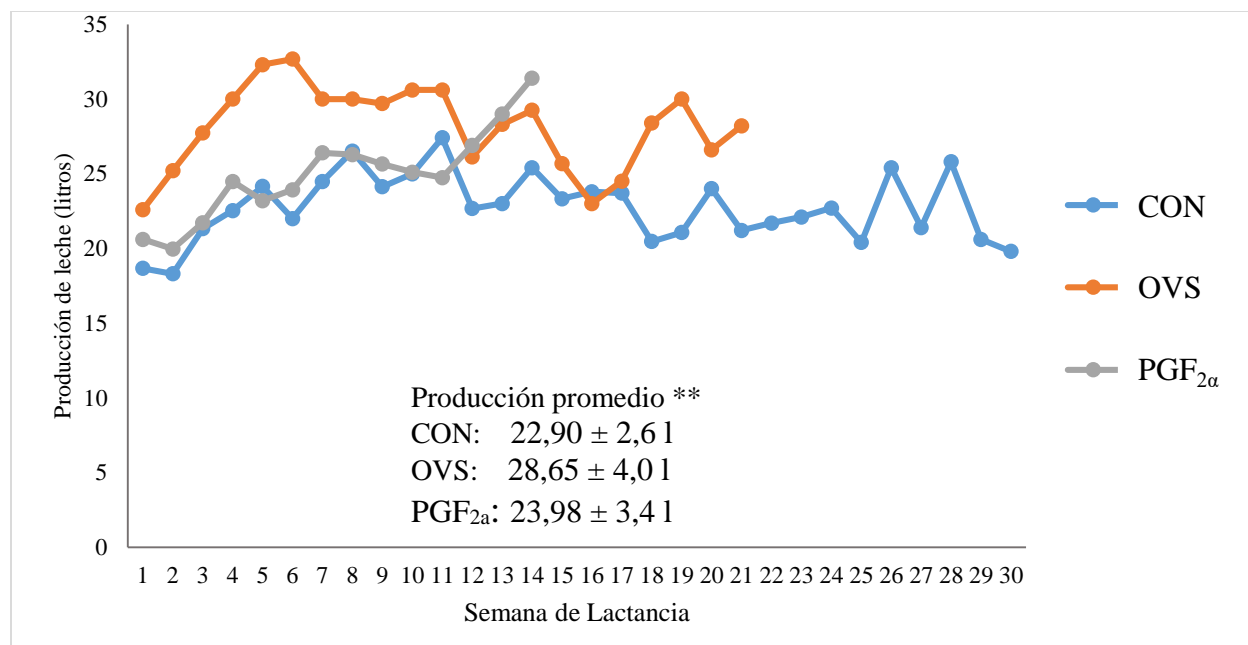
**Figura 10** Índice de preñez en vacas con celo natural (CON) y dos métodos uno de inducción a la ovulación (OVS) y uno de sincronización al estro (PGF<sub>2α</sub>) de la Finca la Isla en Simijaca, Cundinamarca.



*Nota.* CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch. PGF<sub>2α</sub>: tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina. <sup>a</sup><sup>b</sup>: superíndices con letra diferente indican diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ).

El promedio de producción de leche registrado semanalmente y el promedio de producción para cada tratamiento se muestra en la Figura 11, donde se puede observar una variación de la producción normal a través de las semanas. De otra parte, el promedio de producción durante los días en lactancia no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), a pesar que numéricamente las vacas del tratamiento OVS produjeron un 25.1% más que el control y un 19.5% más que el tratamiento PGF<sub>2α</sub>.

**Figura 11** Promedio semanal de producción de leche y producción promedio en vacas con celo natural (CON) y dos métodos uno de inducción a la ovulación (OVS) y uno de sincronización al estro (PGF<sub>2α</sub>) de la finca La Isla en Simijaca, Cundinamarca.



*Nota.* CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch. PGF<sub>2α</sub>: tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina. \*\* Los valores reportados corresponden al promedio ± la desviación estándar.

En la tabla 6 se observa que para la DE y la ER existieron diferencias significativas en la comparación CON versus OVS y PGF<sub>2α</sub>; mientras que en la comparación de los dos métodos de inducción de la ovulación (OVS) y de sincronización al estro (PGF<sub>2α</sub>) se observaron diferencias significativas para la DE y una tendencia a presentar diferencias significativas ( $p < 0.1$ ) para la producción de leche.

**Tabla 5** Significancia de los contrastes control vs y entre OVS vs PGF<sub>2α</sub> para las variables respuesta.

CONTRASTES	VARIABLES			
	DE	DFPO	ER	PPL
CON vs OVS, PGF <sub>2α</sub>	0.01	0.36	0.01	0.13
OVS vs PGF <sub>2α</sub>	0.004	0.31	0.29	0.09

*Nota.* CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch. PGF<sub>2α</sub>: tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina. DE: duración del estro. DFPO: Diámetro del folículo ovulatorio. ER: Estado

reproductivo. PPL: Promedio de producción de leche. Para todo valor de  $p < 0.05$  se consideró a la comparación como estadísticamente diferente.

En la tabla 7 se presentan los coeficientes de correlación para las variables DE y DFPO, en los que se observa que para el tratamiento CON hubo una correlación negativa moderada, en el tratamiento OVS una correlación negativa con una tendencia muy baja; mientras que para el tratamiento  $\text{PGF}_{2\alpha}$  la correlación lineal fue alta y de manera contraria a los otros tratamientos, positiva.

**Tabla 6** *Coefficientes de correlación de las variables diámetro del folículo preovulatorio (DFPO) y duración del estro (DE) para cada uno de los tratamientos.*

TRATAMIENTOS	DFPO- DE (r)	Valor P
CON	-0.49	0.39
OVS	-0.16	0.83
$\text{PGF}_{2\alpha}$	0.72	0.16

*Nota.* r: coeficiente de correlación de Pearson. CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS: tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch.  $\text{PGF}_{2\alpha}$ : tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina. Todo valor  $p < 0.05$  se consideró como estadísticamente significativo.

En la tabla 8 se presentan los coeficientes de correlación para las variables DE y PPL, en los que se observa que para el tratamiento CON hubo una tendencia de correlación negativa nula, en el tratamiento OVS una tendencia de correlación positiva baja, finalmente para el tratamiento  $\text{PGF}_{2\alpha}$  hubo una tendencia de correlación negativa.

**Tabla 7** Coeficientes de correlación de las variables duración del estro (DE) y promedio de producción de leche (PPL) para cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	DE-PPL (r)	Valor P
CON	-0.05	0.92
OVS	0.22	0.77
PGF <sub>2α</sub>	-0.55	0.33

*Nota.* r: coeficiente de correlación de Pearson. CON: tratamiento control, vacas que presentaron celo natural. OVS: tratamiento 1, vacas inducidas a la ovulación con protocolo ovsynch. PGF<sub>2α</sub>: tratamiento 2, vacas sincronizadas al estro con prostaglandina. Todo valor  $p < 0.05$  se consideró como estadísticamente significativo.

## Discusión

La detección visual del estro sigue siendo uno de los métodos de manejo reproductivo más comunes para determinar el momento óptimo para la inseminación de vacas lactantes en granjas lecheras; sin embargo, este método no es del todo eficiente, pues Hidalgo et al., (2018) cita a Carmona y Arroyo (2009), quienes mencionan que en la detección del estro la observación está afectada por cortos períodos donde la hembra bovina se encuentra receptiva a la monta, una baja intensidad de actividad, la habilidad del operario para reconocer los signos de celo, .

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, López, Satter y Wiltbank (2004) describen que la duración del estro cada vez es más corta y los signos más leves, debido a que la eficiencia reproductiva en vacas de lechería especializada ha ido disminuyendo posiblemente porque ha cambiado su fisiología reproductiva, debido a su metabolismo acelerado y disminución en la producción de hormonas esferoidales; en la presente investigación se encontró diferencia significativa para la DE pero no para la producción de leche, probablemente por la dispersión que presentaron los datos de producción en donde las vacas del tratamiento CON presentaron una producción de leche menor ( $M_e$  24.1 L.  $M$  22.9 L.), a comparación de los tratamientos OVS ( $M_e$  27.2 L.  $M$  28,65 L.) con la mayor producción y el tratamiento  $PGF_{2\alpha}$  ( $M_e$  25 L. y una  $M$  23.9 L.), también teniendo en cuenta que dos de las vacas pertenecientes al tratamiento CON estaban iniciando su segundo tercio de lactancia (187 y 148 días en leche), además, en cuanto a su estado reproductivo, las vacas del tratamiento control todas estaban preñadas, por el contrario, en las vacas de  $PGF_{2\alpha}$  solo una de ellas estaba preñada, basándonos en lo anterior el tratamiento OVS fue el que obtuvo una producción de leche mayor y una significancia  $p < 0.05$  en la duración del estro. Contrario a nuestros hallazgos López, Satter y Wiltbank (2004) obtuvieron resultados

donde la duración del estro fue menor para las vacas de mayor producción de leche comparado con las de menor producción ( $6.2 \pm 0.5$  h versus  $10.9 \pm 0.7$  h).

Las vacas que iniciaron el protocolo Ovsynch (tratamiento OVS) presentaron mayor producción de leche ( $M_e$  27.2 L.  $M$  28,65 L.), por tanto, una razón más para ser vacas que tuvieron dificultad en quedar gestantes, y según Galvis, Munerá y Marín, (2007) a nivel metabólico las vacas de alta producción por lo general sufren un balance energético negativo (BEN) en las primeras semanas de su lactancia afectando directamente su fertilidad. Ahora bien, no necesariamente el factor producción es el que siempre va a interferir en la fertilidad, hay diversas patologías que evitan que las hembras ciclen, tales como las cojeras, mastitis, retención de placenta, existen más, pero las mencionadas son las más comunes en campo (Molina, S.F.).

En estudios se ha confirmado que el FDPO influye sobre el éxito de la gestación, según Duica (2010), en su estudio determinó que el DFPO afecta de manera directa el subsecuente diámetro del CL, que entre mayor sea su diámetro, mayor será la concentración plasmática de la P4, entonces, al haber una mayor producción de esta, se esperaría generar unas condiciones uterinas más favorables para el desarrollo embrionario temprano; sin embargo, habría que realizar un estudio del comportamiento hormonal sobre las estructuras ováricas. Por otro lado, Mokhtari et al. (2016) describen que el FPO es uno de los factores más importantes, puesto que afecta el desarrollo del embrión y la tasa de concepción cuando la ovulación es sincronizada o inducida por tratamientos hormonales en vacas lecheras. De forma similar Álvarez (2015) encontró que a medida que aumenta el tamaño del folículo dominante también aumenta el porcentaje de los servicios efectivos, asimismo este estudio expone otro factor interesante en el desempeño reproductivo, pues tuvieron en cuenta la condición corporal de las vacas incluidas en el estudio, donde a mayor condición corporal el porcentaje de servicio efectivo se disminuye,



debido a que las vacas obesas, que por lo general han sido sobrealimentadas llegan a padecer problemas metabólicos que afectan directamente la reproducción, cabe aclarar que en el presente estudio se tuvo como criterio de inclusión la condición corporal, asegurando que esta no fuera diferente entre los tratamientos.

En los resultados obtenidos en el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a el DFPO, a comparación de los resultados de los estudios realizados por Mokhtari et al. (2016) y Herlihy et al. (2012) en vacas Holstein, donde hallaron folículos ovulatorios de mayor diámetro en vacas con estro natural, en comparación con la inducción de la ovulación utilizando los protocolos ovsynch y aplicación de GnRH mediante distintos protocolos. También Mussard et al., (2007) observaron que la inducción de la ovulación con GnRH (administrada 2-3 días después de la  $PGF_{2\alpha}$ ) resultó en el desarrollo de folículos ovulatorios más pequeños en comparación con el celo natural. Tomando en consideración nuestros hallazgos junto con los de los autores mencionados anteriormente, se podría recomendar según las posibilidades de cada finca, pues no todas las fincas funcionan igual, tener un mayor control de los eventos ovulatorios mediante la ultrasonografía, especialmente en vacas lecheras de alta producción.

La utilización de protocolos se ha implementado con el objetivo de mejorar la eficiencia reproductiva en los hatos lecheros. En este experimento las vacas con sincronización al estro con tratamiento  $PGF_{2\alpha}$  obtuvo una fertilidad menor con el 20%; La  $PGF_{2\alpha}$  provoca una serie de cambios en el CL que llevan a la lisis del mismo, esto provocado por una vasoconstricción de los vasos que proveen el flujo sanguíneo al cuerpo lúteo y este hace regresión por isquemia, que, en consecuencia, se produce la regresión funcional la cual se caracteriza por una disminución en la producción de  $P_4$  (Kenna, Bergonzelli & Dick, 2018). Esta se utiliza con el objetivo de formar

grupos de animales para que puedan entrar al mismo tiempo en celo, por lo que es importante tener una detección de celo eficiente para que el programa sea exitoso (Palomares et al., 2017) por lo que el principal problema radica en no detectar los celos a tiempo. Las vacas inducidas a la ovulación con tratamiento OVS tuvieron una fertilidad del 50% posiblemente la baja fertilidad a este tratamiento se deba a que según Mendonça et al., (2012) el objetivo de iniciar Ovsynch es inducir la ovulación para formar un CL e iniciar una nueva onda folicular; Sin embargo, el aumento de LH inducido por GnRH en el tratamiento puede comprometer la expresión del estro en vacas previamente inseminadas que no están preñadas debido a la ovulación y formación de un nuevo CL. Finalmente las vacas del tratamiento CON tuvieron un 100% en su tasa de preñez, esta efectividad pudo haberse dado al buen manejo de los animales en la finca, la alimentación, eran animales clínicamente sanos y con buena condición corporal. Cabe aclarar que esta solamente se realizó evaluando gestaciones tempranas (60 días) y con animales que mantuvieron similares condiciones de salud y bienestar, quizá uno de los interrogantes futuros puede ser el porcentaje de las gestaciones que sí llegan a término, puesto que en la reproducción de una ganadería el primer gran reto son los servicios efectivos, pero también se espera que el período de gestación transcurra y llegue a término, por supuesto, se debe considerar que ningún animal está exento de sufrir cualquier otro evento ajeno al tema reproductivo, pero que sí lo afecta directamente, por ello es indispensable comprender la importancia del manejo de los animales, solamente el hecho de permitir que una hembra bovina sufra sed, puede afectar su gestación, por ende se pierde también el trabajo realizado desde el inicio del protocolo de sincronización del estro, lo que genera finalmente pérdida en la rentabilidad de la finca.

Aunque ninguno de los protocolos de sincronización mejoró el rendimiento reproductivo de los animales en estudio, los resultados pueden indicar que en ese hato se podría permitir que

las vacas entren a su ciclo estral de manera natural, sin una inyección de PGF<sub>2α</sub> o uso del protocolo Ovsynch; sin embargo, estas observaciones implican que puede existir cierto grado de flexibilidad en el uso de GnRH y PGF<sub>2α</sub> para sincronizar previamente el desarrollo folicular para una respuesta óptima, pues Bryan, Mepletotoft y Emslye (2013) indican que el uso de la GnRH tiene efecto sobre el desarrollo y madurez del folículo y la ovulación, lo que explicaría una mejora en el desempeño reproductivo, al propiciar mejores concentraciones de P4 en la sangre, lo que optimizaría la tasa de concentración de la hormona y la supervivencia de un desarrollo embrionario temprano.

Si se habla de la duración del celo, este puede ser otro de los limitantes en la reproducción bovina, ya que depende de la raza, el ambiente y el comportamiento del animal en su entorno, todas las ganaderías son distintas, donde quien se encarga del cuidado de los animales generalmente aprende a conocerlos, logrando identificar las características particulares y momentos oportunos para realizar la inseminación artificial a cada una de las vacas. En los resultados de este estudio, la duración del celo fue de  $11.6 \pm 1.02$  horas para el tratamiento CON (celo natural), lo cual es un tiempo muy conveniente para implementar la regla de A.M. – P.M. y realizar la inseminación. Se rescata este dato, debido a que el celo natural es el más empleado en las fincas ganaderas donde aún no implementa la IATF.

Los resultados de significancia de los contrastes de los tratamientos CON versus OVS y PGF<sub>2α</sub> fueron significativos solamente para las variables DE y ER, donde el tratamiento control es el que mejores resultados obtiene ante estas dos variables, esto probablemente, porque según Fortune (2003), en su estudio resalta que existe un aspecto negativo en el tratamiento con hormonas para la inducción de la ovulación, puesto que en los hatos habría un riesgo superior de detección de estros, ya que es probable que se produzca una expresión reducida de este, debido a

que la ovulación inducida por hormonas especialmente la GnRH utilizada en OVS genera concentraciones reducidas de estradiol, hormona responsable de desencadenar el estro conductual. Por otro lado, Makhtaria et al., (2016) en su estudio obtuvo una disminución de la tasa de preñez y un aumento de muerte embrionaria temprana en las vacas tratadas con protocolo OVS, esto ocasionado por las más bajas concentraciones séricas de  $P_4$ , que se producían en el día 7 después de la IA, en comparación con las vacas tratadas con protocolo Heatsynch y ovulación espontánea.

Los resultados de correlación entre las variables DE y DFPO, para el tratamiento CON, muestran una tendencia baja a una correlación negativa, lo que significa que hay una relación inversa, a diferencia de los resultados encontrados por López, Satter y Wiltbank, (2004) en vacas lecheras de alta producción, con estro natural, donde se encontró una correlación positiva bastante baja y significativa ( $r = -0,29$ ;  $P = 0,01$ ) para las variables; en el tratamiento OVS, se encontró que no hubo una correlación, igualmente esta no fue significativa; el tratamiento  $PGF_{2a}$ , muestra una tendencia media a correlacionarse positivamente, lo que significa que hay una relación directa pero esta tampoco fue significativa. Dado lo mencionado anteriormente son muy pocos los estudios realizados donde se correlaciona la DE y DFPO, especialmente su interacción mediante el uso de aplicación de hormonas para la inducción de la ovulación, por tal motivo este estudio permite abrir las puertas para nuevas investigaciones, debido a que el tamaño del folículo ovulatorio es uno de los factores más importantes que afectan el desarrollo del embrión y la tasa de preñez cuando la ovulación es sincronizada o inducida por tratamientos hormonales en vacas lecheras (Atkins et al 2013) de igual forma la duración del estro que se ha venido viendo afectada por la baja producción de hormonas circundantes esteroideas (López, Satter & Wiltbank, 2004).

Finalmente los resultados de correlación entre las variables DE y PPL estas se correlacionaron para OVS positivamente y para el tratamiento  $\text{PGF}_{2\alpha}$  negativamente, adicional esto no fue significativo, por otra parte el tratamiento CON la correlación fue nula; Mientras que los hallazgos encontrados por López, Satter & Wiltbank, (2004) en vacas con estro natural la producción de leche fue correlacionada negativamente con la duración del estro y adicionalmente las vacas de alta producción tenían menos concentraciones de estradiol comparadas con las de baja producción ( $6.8 \pm 0.5$  versus  $8.6 \pm 0.5$  pg/ml).

## Conclusiones

- No se observó una relación entre la duración del estro y el diámetro del folículo preovulatorio en vacas con manifestación natural del celo, celo inducido y sincronización de la ovulación.
- No se encontró diferencias significativas en el diámetro del folículo preovulatorio en vacas con manifestación natural del celo, celo inducido y sincronización de la ovulación.
- La duración del estro fue diferente significativamente en el tratamiento control comparado con el tratamiento 1 y 2; sin embargo, las hembras del tratamiento 2 ovsynch fueron las que presentaron significativamente mayor duración del estro.
- Independientemente del protocolo de IA que se esté usando en una finca es importante tener una buena detección de celo, para detectar e inseminar aquellas vacas que no queden gestantes de los protocolos de sincronización o IATF, y de esta manera al aumentar la detección de celo y de inseminaciones se generan más preñeces.
- En vacas cíclicas se pueden tener altos porcentajes de preñez, inseminando hembras de expresión natural del celo, sin embargo, esto representa aumentar los días abiertos por las falencias de los métodos de detección de celo, por lo tanto, sería más rentable iniciar con protocolos de sincronización una vez terminado el tiempo voluntario de espera de los hatos.
- Teniendo en cuenta el tamaño de la muestra de este estudio, los resultados y las conclusiones solamente son válidas para esta población “vacas cíclicas”, y no para la raza Holstein y hatos en general.

## Recomendaciones

- Aunque en este estudio las vacas del tratamiento CON, que son aquellas que manifestaron celo natural obtuvieron un 100% de preñez confirmada, se puede recomendar mejorar la detección del estro en el hato y preferir un celo natural, pues cabe aclarar que durante el estudio hubo constancia en la observación para la detección del celo, pero en las fincas donde no hay una persona específicamente encargada de esta labor, posiblemente serán muchos los celos que no van a ser detectados y menos si son hatos con gran cantidad de animales; quizá el uso de celo natural sigue siendo una buena opción para hatos pequeños, menor a 40 animales, pues generalmente es en las lecherías especializadas donde si resulta eficiente y rentable llevar a cabo protocolos de sincronización del estro.
- Realizar trabajos de investigación que determinen el efecto del uso de las hormonas para la sincronización sobre las estructuras ováricas y si la hora de inseminación artificial influye sobre la tasa de preñez.
- Es importante evitar cualquier tipo de estrés a los animales durante el tratamiento ya que estos afectan significativamente los resultados, debido a las grandes cantidades de cortisol secretadas.
- Evaluar los niveles hormonales en la sangre antes y después de realizar la sincronización de celo para determinar cómo interactúan las hormonas durante estos eventos reproductivos.
- Es realmente importante que en todas las fincas ganaderas dedicadas a la producción de leche se lleven registros de la mayor cantidad de información, para poder tomar las

decisiones más acertadas al momento de querer mejorar algunos de los parámetros productivos del hato.



## Bibliografía

- ABS Global. (2010). Consideraciones fundamentales para la implementación de programas de inseminación artificial a tiempo fijo. .  
[http://www.bioreproduccionesas.com.co/articulos\\_tecnicos/Consideraciones\\_fundamentales\\_para\\_la\\_implementacion\\_de\\_programas\\_de\\_iatf.pdf](http://www.bioreproduccionesas.com.co/articulos_tecnicos/Consideraciones_fundamentales_para_la_implementacion_de_programas_de_iatf.pdf)
- Álvarez, A. A. (2015). Evaluación de la relación del tamaño del folículo dominante al momento de la inseminación artificial con la tasa de concepción en vacas Holstein de alta producción. Unilasallista.
- Atkins JA, Smith MF, MacNeil MD, Jinks EM, Abreu FM, Alexander LJ, et al. (2013) Establishment and maintenance of pregnancy in cattle. *J Anim Sci*, 91, págs. 722 – 733.
- Aristizábal, F. (19 de octubre de 2016). La importancia de calcular la tasa de preñez en el hato ganadero. Obtenido de CONtexto Ganadero:  
<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-importancia-de-calculer-la-tasa-de-prenez-en-el-hato-ganadero>
- Ayala, D., & Castillo, O. (2010). Efecto de la aplicación de GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras implantadas con dispositivos intravaginales. *ZAMORANO CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA*.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/02bc8ca5-59b1-4d21-a7d2-833742408c59/content>
- Ballesteros J A, Benítez J A, Gómez A & Moreno L A. (2017). Inseminación Artificial Animal: Historia Y Evolución (Gisela Juliet Estrada Illán (ed.); 1st ed.). UTP.  
<http://tecnocientifica.com.mx/libros/40-Inseminación-artificial-animal.pdf>
- Barco Santamaría, L. C. (2018). Comparación del porcentaje de preñez y días abiertos en vacas holstein con inseminación artificial a tiempo fijo vs inseminación artificial a celo detectado. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/359>
- Basto García David. (2019). General aspects of fixed time artificial insemination (FTAI) in Bovine.  
[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12916/1/2019\\_generalidades\\_inseminacion\\_artificial.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12916/1/2019_generalidades_inseminacion_artificial.pdf)
- Bernardo, M. C., Casaro, G., & Daglio, M. C. (2017). Cuantificación de pérdidas de gestación entre los días 35-100 en vacas de tambo de la Cuenca Mar y Sierras. UNCPBA, Facultad de Ciencias Veterinarias, 1-27.  
<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1534/MIGUEL%20CATALINO%2C%20BERNARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bryan MA, Bó G, Mapletoft RJ, Emslie FR. (2013). The use of equine chorionic gonadotropin in the treatment of anestrus dairy cows in gonadotropin-releasing hormone/progesterone protocols of 6 or 7 days. *J. Dairy Sci.* 2013; 96:122–131.

- Carvajal, A. M., & Martínez, E. M. (2020). El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INFORMATIVO N° 246, 3-7.  
[https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/\\_5f739ec4a0051.pdf](https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5f739ec4a0051.pdf)
- Diskin M. G., Sreenan J. M. (2000) “Expression and detection of oestrus in cattle”. *Reprod. Nutr. Dev.* 40 (2000) 481-491, EDP Sciences. [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00900404/document#:~:text=An%20ideal%20sys%2D%20tem%20for,and%20\(5\)%20hi gh%20accuracy%20and](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00900404/document#:~:text=An%20ideal%20sys%2D%20tem%20for,and%20(5)%20hi gh%20accuracy%20and)
- Duica Amaya, A. (2010). Efecto Del Diámetro Del Folículo Ovulatorio, Tamaño Del Cuerpo Lúteo Y Perfiles De Progesterona Sobre La Tasa De Preñez En La Hembra Receptora De Embriones Bovinos. Universidad Nacional De Colombia, 190.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/11053882.pdf>
- Fedegan. (2020). Producción. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/produccion-0>
- Ferreira De Souza Evandro. (2016). La Importancia De La Progesterona. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Foot, R.H. 1979. Time of artificial insemination and fertility in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 62:355-358.
- Fortuna M. Jo, J. (2003) Changes in oxytocin receptor in bovine preovulatory follicles between the gonadotropin surge and ovulation. *Mol Cell Endocrinol*, (2003), págs. 31 – 43.  
<https://www.sciencedirect.com/ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0303720702004185>
- Franco, J., & Uribe Velásquez Luis Fernando. (2012). Hormonas Reproductivas De Importancia Veterinaria En Hembras Domésticas Rumiantes. 11(1), 41–56.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v11n1/v11n1a06.pdf>
- Galvis, R., Múnera, E., & Marín, A. (2007). Influencia del mérito genético para la producción de leche en un hato holstein sobre el balance energético, indicadores del metabolismo energético y la reactivación ovárica posparto. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*.
- Gasque Gómez, Ramón. (2016). Reproducción Bovina. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- García Julián Esteban. (2019). Actualización de protocolo de inseminación a tiempo fijo (IATF). [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13067/2/2019\\_actualizacion\\_protocolo\\_inseminacion.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13067/2/2019_actualizacion_protocolo_inseminacion.pdf)
- García-Vázquez, F., Gadea, J., Matás, C., & Holt, W. (2016). Importance of sperm morphology during sperm transport and fertilization in mammals. *Asian Journal of Andrology*, 18(6), 844–850. <https://doi.org/10.4103/1008-682X.186880>

- González, L.V., Fuquay, J.W., Bearden, H.J. 1995. Insemination management for one-injection PGF2a synchronization regimen. 1. One daily insemination versus use of the AMIPM rule. *Theriogenology* 24:495. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16726104/>
- Hafez, E.S.E. (1996). *Reproducción e Inseminación Artificial en animales*. Mexico, Ed. Interamericana, McGraw-Hill. <https://www.worldcat.org/title/reproduccion-e-inseminacion-artificial-en-animales/oclc/636400205#borrow>
- Herlihy, M.A. Crowe, M.G. Diskin, S.T. Butler. (2012). Effects of synchronization treatments on ovarian follicular dynamics, corpus luteum growth, and circulating steroid hormone concentrations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 95, pp. 743-754. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030212000276>
- Holmann, F., Rivas, L., Carulla, J., Rivera, B., Giraldo, L., Guzmán, S., . . . Farrow, A. (2004). *Producción de Leche y su Relación con los Mercados: Caso Colombiano*. Bogotá D.C: CIAT. [http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/tropileche/books/Produccion\\_leche\\_relacion\\_mercados\\_caso\\_Colombia.pdf](http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tropileche/books/Produccion_leche_relacion_mercados_caso_Colombia.pdf)
- ICA. Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). Censo nacional bovino 2020. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>
- Iglesias, C. 2002. Aplicación posparto de GnRH y PGF2 $\alpha$  para estimular la reactivación ovárica y la fertilidad en ganado lechero. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. 23 p. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5b93b5b4-4bae-4867-b22f-d8c2272b3027/content>
- Jiménez, A. (2016). MANEJO HORMONAL DEL CICLO ESTRAL. *Entorno Ganadero*, 1-5. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/251-Manejo\\_hormonal.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/251-Manejo_hormonal.pdf)
- Kenna, A., Bergonzelli, P., & Dick, A. (2018). Sincronización con doble dosis de prostaglandinas y utilización de semen sexado hembra en vaquillonas Holando Argentina. UNCPBA.
- King GJ (1990) Sexual behaviour in cattle. En *Studies of reproductive efficiency of cattle using RIA techniques*. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. pp. 59-66. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/22/008/22008580.pdf?r=1](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/22/008/22008580.pdf?r=1)
- López Barbella, S. (2001). Capítulo XVIII prostaglandina F 2= y la reproducción de los bovinos. Retrieved December 14, 2021, from [http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/libro\\_reproduccionbovina/cap18.PDF](http://avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/libro_reproduccionbovina/cap18.PDF)
- López FJ (2006). Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Facultad de ciencias agropecuarias* 4 (1): 77-86. <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol4/9.pdf>

- López H, Satter LD, Wiltbank MC. (2004). Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci* 81:209–23. <https://www.sciencedirect.com/ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0378432003002185>
- LUCY, M.C. 2006. Estrus: Basic Biology and Improving Estrous Detection. *Proc. Dairy Cattle Reproductive Conference*. Pag. 29-37.
- Lucy, M. C., Savio, J. D., Badinga, L., De La Sota, R. L., & Thatcher, W. W. (1992). Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. In *Journal of animal science* (Vol. 70, Issue 11, pp. 3615–3626). <https://doi.org/10.2527/1992.70113615x>
- Lynch, C. O., Kenny, D. a., Childs, S., & Diskin, M. G. (2010). The relationship between perovulatory endocrine and follicular activity on corpus luteum size, function, and subsequent embryo survival. *Theriogenology*, 73(2), 190–198. <http://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.08.012>
- Marques P, Skorupskaite K, George JT, Anderson RA. (2000). Physiology of GNRH and gonadotropin secretion. MDText.com, Inc. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK279070/>
- Mendonça LG, Dewey ST, Lopes G, Rivera FA, Guagnini FS, Fetrow JP, *et al.* (2012). Effects of resynchronization strategies for lactating Holstein cows on reinsemination pattern, fertility and economic outcome. *Theriogenology*. pp. 1151 – 1158.
- Mercado Barreto Jesús Antonio. (2015). Efecto Del Estradiol Y El Factor Liberador De Gonadotropinas Sobre La Dinámica Folicular De Vacas Holstein.
- Mussard, C.R. Burke, E.J. Behlke, C.L. Gasser, M.L. Day. (2007). Influence of premature induction of a luteinizing hormone surge with gonadotropin-releasing hormone on ovulation, luteal function, and fertility in cattle. *J Anim Sci*, 85, pp. 937-943. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/85/4/937/4788837>
- Molina, J. (S.F.). Compendio de Reproducción Animal. Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/libros\\_on\\_line/64-compendio\\_reproduccion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/64-compendio_reproduccion.pdf)
- Mokhtari, A., Kafi, M., Zamiri, M. J., & Akbari, R. (1 de marzo de 2016). Factors affecting the size of ovulatory follicles and conception rate in high-yielding dairy cows. *Theriogenology*, 85, 747-753. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.020>
- Monroy González Marbel, Claudia Jiménez, E., & Aureliano Hernández, V. (2018). Follicular and luteal morphometry, progesterone concentration and early gestation in Holstein cows (*Bos Taurus*) at high altitude in the tropics (Colombia). *Revista MVZ Cordoba*, 23(2), 6681–6695. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1342>

- Moscoso, Z. 2001. Evaluación de la terapia con GnRH en vacas repetidoras de servicio en Zamorano. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. p. 6. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fa84558f-6499-40e2-b374-fd8df4f590e7/content>
- Nebel, R.L., Dransrteid, M.B.G., Dalton, J.C. Bame, J.H., Saacke, R.G. 2000. Timing of AI - Have we been wrong all. these years? *Advances in Dairy Technology* 12:195-209.
- Nebel RL, Walker WL, Mcgilliard ML, Allen CH, Heckman GS (1994) Timing of insemination of dairy cows: fixed once daily versus morning and afternoon. *J. Dairy Sci.* 77: 3185-3191. <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basededatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030294772611>
- Palomares R. A., Graves W. M., (2017). Programas de Sincronización de Hatos. (B 1227-SP). <http://extension.uga.edu/publications/detail.cfm?number=B1227-SP>
- Peña Lugo Maximiliano. (2017). Protocolos de inseminación a tiempo fijo, su importancia en la fertilidad. [Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42584/MAXIMILIANO LUGO PEÑA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perea, F.; González, R.; Cruz, R.; Soto, E.; Rincón, E.; González, C. y Villamediana, P. (1998). Evaluación ultrasonográfica de la dinámica folicular en vacas y en novillas mestizas. *Revista Científica FCV-LUZ*, 8 (1), 14- 24.
- Pueyo, D. (2017). EFECTIVIDAD DE CUATRO MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN DE CELO EN VACUNO DE CARNE . *Universidad Zaragoza*. [https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017\\_493.pdf](https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/3955/1/2017_493.pdf)
- Pursley J.R., Mee M.O., Wiltbank M.C. (1995). “Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF $2\alpha$  and GnRH”. *Theriogenology* 44:915-923. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0093691X9500279H>
- Rodríguez-Martínez H., Hultgren J., Båge R., Bergqvist A.-S., Svensson C., Bergsten C., Lidfors L., Gunnarsson S., Algers B., Emanuelson U., Berglund B., Andersson G., Håård M., Lindhé B., Stålhammar H. and Gustafsson H. (2020). La eficiencia reproductiva en vacas lecheras de alta producción: ¿Es sostenible con las prácticas de manejo actuales? *IVIS*. <https://www.ivis.org/library/reviews-veterinary-medicine/la-eficiencia-reproductiva-en-vacas-lecheras-de-alta-producci%C3%B3n>
- Sakaguchi, M., Sasamoto, Y., Suzuki, T., Takahashi, Y., & Yamada, Y. (2004). Postpartum Ovarian Follicular Dynamics and Estrous Activity in Lactating Dairy Cows. In *J. Dairy Sci* (Vol. 87). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70030-2)
- San Pedro, J. (2012). Manejo reproductivo en las explotaciones lecheras.
- Sepúlveda, Néstor & Rodero, Evangelina. (2003). Comportamiento Sexual Durante El Estro En Vacas Lecheras. Vol.28, N.9, Pp.500-503. ISSN 0378-1844. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003000900002](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000900002)

- Swensson T, Andersson U (1980) The influence of heat symptoms and the time of insemination of cattle on the early and late returns. *Nord. Vet. Med.* 32: 457-463.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7232131/>
- Van Eerdenburg, F.J.C.M. (2006). “Estrus detection in Dairy Cattle: How to be beat the bull”. *Vlaams Diergeneeskunding Tijdschrift* 75:61-69.  
[https://www.researchgate.net/publication/46676830\\_Estrus\\_detection\\_in\\_dairy\\_cattle\\_How\\_to\\_beat\\_the\\_bull](https://www.researchgate.net/publication/46676830_Estrus_detection_in_dairy_cattle_How_to_beat_the_bull)
- Vélez, M; Hincapié, J.J y Matamorros, I. 2006. Producción de ganado lechero en el trópico. 5a ed. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. p. 175-176.  
[https://www.researchgate.net/publication/310856111\\_Ganado\\_lechero\\_en\\_tropico\\_bajo](https://www.researchgate.net/publication/310856111_Ganado_lechero_en_tropico_bajo)
- Walker WL, Nebel RL, Mcgilliard ML (1996). Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. *J. Dairy Sc.* 79: 1555-1561. <https://www-sciencedirect-com.ucundinamarca.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0022030296765177>
- Wiltbank, M., Lopez, HSartori, R., S., angsritavong, S., & Gümen, A. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*, 65(1), 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.003>
- Wiltbank, M.C.(1), Sartori, R.(1), Pursley, J.R.(2) y Vasconcelos, J.L.M.(3). 2002. *Taurus, Bs.As.*, 4(16):15-23. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/33-momento\\_optimo\\_inseminar.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/33-momento_optimo_inseminar.pdf)
- Yaneline Hidalgo, V., Carlomagno Velásquez, V., Néstor Chagray, A., Nidia Llapapasca, G., & Alfredo Delgado, C. (2018). Relationship between two methods of heat detection and reproductive efficiency in Holstein cows. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 29(4), 1364–1371. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15388>