



*Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ciencias Veterinarias
Corrientes- Argentina*

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

-MÓDULO INTENSIFICACIÓN PRÁCTICA-

OPCIÓN: Producción Animal

TEMA: Diagnóstico de gestación en vacas a los 20 días post inseminación con el uso de variables ecográficas oválicas

TUTOR EXTERNO: M.V. Dellavalle, Franco Alejandro

TUTOR INTERNO: M.V. Navarro Krilich, Lía Macarena

RESIDENTE: Pérez, Mauricio Leonardo

e-mail: mauricioleonardoperez@gmail.com

ÍNDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	4
MATERIALES Y MÉTODOS	7
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
CONCLUSIONES	11
BIBLIOGRAFÍA	12

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la metodología de diagnóstico gestacional anticipado mediante diferentes variables ováricas en protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas con cría. El ensayo se llevó a cabo en la EEA INTA Mercedes, con 150 vacas multíparas que presentaban como mínimo 60 días posparto. El servicio en primavera fue con IATF, utilizando un protocolo convencional más gonadotrofina coriónica equina (eCG), siendo la condición corporal promedio de 3,13. Las variables evaluadas a los 20 días post IA incluyeron el estado reproductivo, tamaño del folículo, y características del cuerpo lúteo (CL), que abarcaron tamaño, tipo e irrigación, mediante técnicas de palpación y ultrasonografía, incluyendo el modo B y el modo doppler color, el diagnóstico gestacional definitivo se efectuó a los 28 días. Se realizó prueba de Chi² considerando un alfa del 5%. Además, para las características de CL se hicieron cálculos de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y negativo (VPN). Las vacas consideradas como cíclicas (con cuerpo lúteo; n=124) al día 20, presentaron al día 28 una tasa de preñez significativamente más alta del 3 I^o o que las en anestro, las que tenían folículo dominante alcanzaron un 37% y periovulatorio solo un 4% . Se encontró que las vacas con CL grandes (>20 mm) mostraron tasas de preñez del 54%, superior al 9% de las con CL pequeño. La irrigación del CL se destacó como un indicador clave, cuando fue del 76-100% se logró una tasa del 83%. Además, si se consideran los scores subjetivos de irrigación > 25%, se obtuvo una alta sensibilidad del 92,1% y VPN del 95,2%, lo que indica su eficacia para detectar la ausencia de preñez. Se puede concluir que el diagnóstico anticipado de gestación mediante las variables ováricas evaluadas post 1A en vacas de carne con cría sometidas a un protocolo hormonal de tiempo fijo, se asociaron con la preñez confirmada al día 28 post IA.

Introducción

La producción de carne bovina contribuye al desarrollo económico y social de los países, siendo una parte importante de la nutrición humana (Pighin *et al.*, 2016). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019), se requerirá 50% más de alimento para el año 2050 debido al incremento de la población mundial, por ello es necesario mejorar la productividad de los sistemas (Britt *et al.*, 2018). En Argentina el porcentaje de destete y peso de la res han permanecido relativamente estables en los últimos años, con valores promedio de 60% y 230 kg, respectivamente (MAGyP, 2021).

Uno de los principales factores que contribuyen a mejorar el retorno económico de una explotación ganadera, es la optimización de la eficiencia reproductiva (Bó y Cutaia, 2005a). La inseminación artificial a tiempo fijo (LATF) es la biotecnología más utilizada en el mundo ya que repercute sobre parámetros reproductivos y productivos de la cría bovina (Pérez *et al.*, 2005; Larocca *et al.*, 2005; Palma y Gottfried, 2008; de Nava, 2015; Marizancén y Artunduaga, 2017).

La aplicación de herramientas de sincronización y resincronización de celos, han demostrado ser capaces de reducir el intervalo entre partos (Ferreira *et al.*, 2013), aumentar la cantidad de terneros nacidos (Baruselli *et al.*, 2015), que son más pesados al destete (Cutaia *et al.*, 2003; Bó y Cutaia, 2014), debido al progreso genético generado al usar toros superiores en los programas (Baruselli y Vieira, 2017) y al hecho de obtener alrededor del 50% de vientres preñados en el primer día de servicio (Cutaia *et al.*, 2003; Bó y Cutaia, 2014).

En vacas de carne y leche los métodos más utilizados para el diagnóstico de gestación son la palpación transrectal del tracto reproductivo (Bicalho *et al.*, 2008) y la ultrasonografía (Griffin y Ginther, 1992), con esta la detección temprana puede realizarse correctamente a partir de los 27 días posteriores a la inseminación artificial (IA; Beal *et al.*, 1992; Fricke, 2002).

La ecografía doppler color analiza las ondas sónicas reflejadas (ecos) por el movimiento de las células sanguíneas (Castro *et al.*, 2007), siendo usada para comprender la hemodinamia del sistema reproductivo en animales (Szatmári *et al.*, 2001; Acosta y Miyamoto, 2004; Matsui y Miyamoto, 2009) y la funcionalidad del cuerpo lúteo (CL) en diferentes fases del ciclo estral (Herzog *et al.*, 2010; Bollwein *et al.*, 2016). Luego de la ovulación la vascularización del CL (Kito *et al.*, 1986; Kastelic *et al.*, 1990; Acosta y Miyamoto, 2004; Ginther *et al.*, 2007) aumenta gradualmente acompañando su desarrollo

(Utt *et al.*, 2009; Scully *et al.*, 2014), y es esencial para su mantenimiento (Samir y Kandiel, 2019).

Esta técnica permite el diagnóstico temprano de la gestación, diversos trabajos han reportado diferencias en la irrigación y tamaño del CL en vacas lecheras preñadas respecto a las vacías, entre el día 16 y 21 después de la IA (Herzog *et al.*, 2010; Siqueira *et al.*, 2013; Guimaraes *et al.*, 2015; Siqueira *et al.*, 2019), mostrando una correlación positiva con las concentraciones de progesterona (Utt *et al.*, 2009; Scully *et al.*, 2015). En rodeos de carne el diagnóstico entre los días 20 y 22, logró una precisión superior al 90% (Pugliesi *et al.*, 2014; Pugliesi *et al.*, 2018 y 2019; Andrade *et al.*, 2019; Motta *et al.*, 2020).

Esta alta sensibilidad, cercana al 100%, resulta en pocos falsos negativos (Pugliesi *et al.*, 2014), sin embargo, un 15 a 20% falsos positivos (Siqueira *et al.*, 2013; Pugliesi *et al.*, 2018). Esto puede atribuirse a una ovulación retrasada en respuesta al protocolo de sincronización, ciclos estrales extendidos (> 22 días) o a una mortalidad embrionaria temprana (Pugliesi *et al.*, 2018).

Objetivos

Objetivo general

Evaluuar metodología de diagnóstico gestacional anticipado mediante diferentes variables oválicas en protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas con cría.

Objetivos particulares

Relacionar la preñez al día 28 post inseminación artificial (LA) con:

- El estado reproductivo al día 20
- El tamaño folicular al día 20
- Características del cuerpo lúteo al día 20

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria Mercedes Corrientes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Se trabajó con 150 vacas multíparas con cría que presentaban como mínimo 60 días posparto, las mismas ingresaron en primavera a un servicio con inseminación artificial a tiempo fijo, con una condición corporal promedio de 3,13 (escala 1-9).

El protocolo utilizado fue el siguiente:

Día 0: colocación de dispositivo intravaginal bovino (DIB) con 0,5 g de progesterona + 2mg de benzoato de estradiol (BE)

Día 8: Retiro de DIB + 400 UI de gonadotrofina coriónica equina (ECG) + 1 mg de cipionato de estradiol (CE) + 150 pg de D-Cloprostenol (PGF)

La inseminación se realizó a las 54 h de retirado los dispositivos.

Variables evaluadas

> A los 20 días post LA

Se realizó un examen mediante palpación y ultrasonografía en modo B y modo doppler color, para recolectar diferentes variables ecográficas a nivel ovárico. Para ello se utilizó un ecógrafo Mindray DP30 Vet doppler color con transductor lineal de 7,5 Mhz, empleando un punto focal de 2 cm y una velocidad de 5,0 cm/s para detección de los movimientos de las células sanguíneas a nivel de la irrigación ovárica.

- Estado reproductivo: se determinó las estructuras ováricas predominantes, clasificándolas en cíclicas, anestro superficial o profundo (tabla 1; Erbitti *et al.*, 2018).

Tabla 1. Clasificación del estado reproductivo según las características de ovarios y útero.

Clasificación	Características
cíclica	presencia de cuerpo lúteo (CL) con o sin folículos > a 10 mm, tono uterino alto.
anestro superficial	ausencia de CL con presencia de folículos > a 10 mm, tono uterino medio a bajo.
anestro profundo	ausencia de CL con presencia de folículos < a 10 mm, tono uterino bajo.

- Tamaño folicular: se determinó midiéndose en mm el folículo de mayor tamaño, clasificándolo en folículo preovulatorio (FPO) o dominante (FD) según superen o no los 12mm de diámetro (Bó y Cutaia, 2005b).
- Características del cuerpo lúteo (CL):
 - Tamaño: en 1 (chico) y 2 (grande) según superen o no el límite de 20 mm de diámetro o 3 cm²de área (Pugliesi *et al.*, 2019).
 - Tipo: se utilizó el score subjetivo propuesto por Alkan *et al.* (2020), tabla 2.

<u>Tipo</u>	Características
	distinguible al tacto, consistencia firme, tamaño > a 2 cm de diámetro, con el desarrollo de corona que le da la forma de hongo.
	distinguible al tacto, menor consistencia, tamaño > a 2 cm de diámetro, sin desarrollo de corona que le da la forma de hongo.
	distinguible al tacto, generando una asimetría en el tamaño ovárico, tamaño <a 2 cm de diámetro, incrustado dentro del parénquima ovárico.
	casi imperceptible al tacto, sin asimetría ovárica, determinado ecográficamente, incrustado dentro del parénquima ovárico, en regresión.

-Irrigación: se caracterizó la perfusión vascular del CL, según Andrade *et al.* (2019), tablaS.

Tabla 3. Clasificación de irrigación subjetiva estimadas según pixeles de color dentro del área lútea.

Tipo	Porcentaje (%)
1	0-25
2	26-50
3	51-75
4	76-100

En el diagnóstico temprano se consideraron preñadas aquellas hembras que presentaron las siguientes características de CL, tamaño grande > 20 mm, tipo 1 y 2 e irrigación subjetiva > 25% (score 2 a 4) ((Pugliesi *et al.* 2019; Holton *et al.*, 2020).

> A los 28 días post IA

Se efectuó el diagnóstico gestacional definitivo mediante la observación del concepto (embrión) por ultrasonografía.

Diseño y análisis estadístico

El diseño es de tipo observacional. Para evaluar las posibles asociaciones de las variables oválicas con la preñez realizó prueba de Chi² considerando un alfa del 5º o, con software InfoStat versión estudiantil (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Además, para las características de CL se hicieron cálculos de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y negativo (VPN), según Bravo-Grau y Cruz (2015) y Andrade *et al.* (2019). Las fórmulas utilizadas fueron sensibilidad = $[a/(a + c)] \times 100$; especificidad = $[d/(b + d)] \times 100$; VPP = $[a/(a + b)] \times 100$; VPN = $[d/(c + d)] \times 100$. En tabla 4, se detallan los parámetros considerados los mismos.

Tabla 4. Explicación de la construcción de los parámetros considerados para los cálculos de sensibilidad, especificidad, VPP y VPN, basados en diagnósticos predictivos y definitivo de gestación.

		Diagnóstico de gestación definitivo Total		
		Preñada	Vacía	
Diagnóstico temprano de gestación	Preñada	a	b	(a+b)
	Vacía	c	d	(c+d)
	Total	(a+c)	(b+d)	(a+b+c+d)

a = vacas consideradas preñadas por diagnóstico temprano y definitivo,

b = vacas consideradas preñadas por diagnóstico temprano y vacía en el definitivo,

c = vacas consideradas vacías por el diagnóstico temprano y preñadas en el definitivo.

d = vacas consideradas vacías por el diagnóstico temprano y vacías en el definitivo.

Resultados y Discusión

En el gráfico 1 se presenta la condición fisiológica de los vientres (porcentaje de vientres preñados y vacíos) según estado reproductivo y tipo de folículo. Del total de vientres evaluados (n= 150) (gráfico 1), se encontraban en anestro (n=26, superficial n=9 y profundo n= 17), y n=124 cíclicas (con cuerpo lúteo) de las cuales presentaban folículo dominante n=99 y periovulatorio n=25 (gráfico 2).

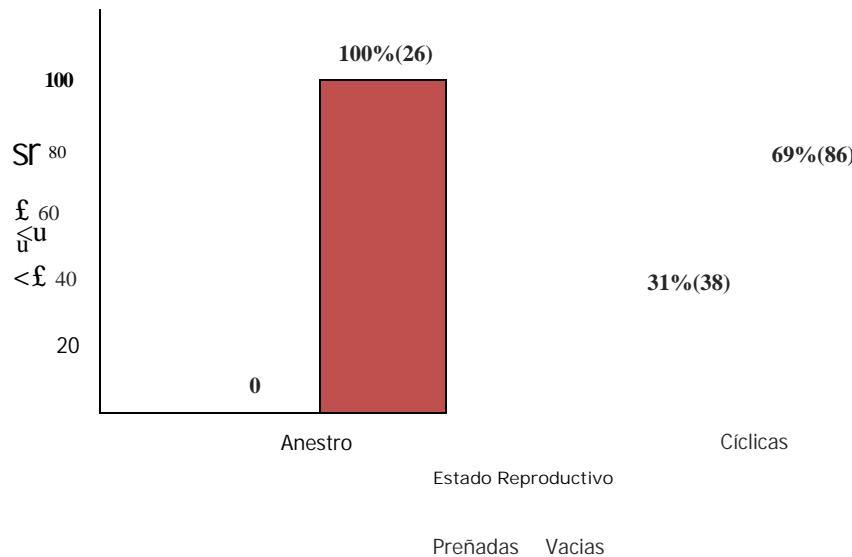


Gráfico 1. Porcentaje y cantidad de vientres preñados y vacíos según estado reproductivo a los 20 días post inseminación artificial.

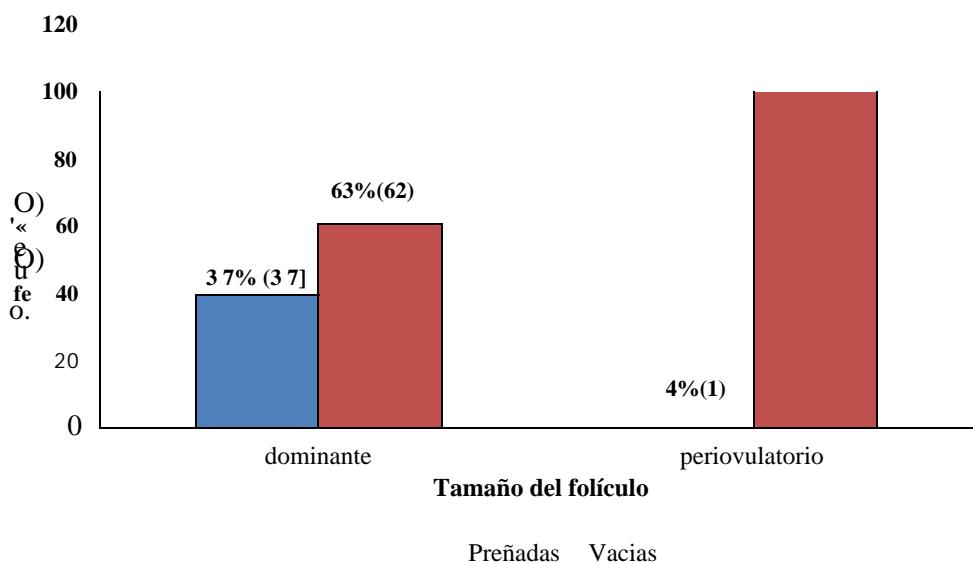


Gráfico 2. Porcentaje y cantidad de vientres preñados y vacíos según tipo de folículo a los 20 días post inseminación artificial.

La prueba de χ^2 mostró asociación entre el estado reproductivo y la preñez ($p=0,0011$). El porcentaje de preñez obtenido en vacas cíclicas es inferior a lo reportado por Dominicis *et al.* (2019), quienes registraron un 47,7% de preñez con un protocolo convencional de 8 días de duración, al igual que Cartagena Catacora (2015) que logró un 68,75%.

Yáñez Avalos *et al.* (2018) en protocolo J-Synch con eCG consiguió 61% y 47% de preñez inseminando a las 60 y 72 h, respectivamente. En vientres en anestro los resultados difieren de lo informado por Bo y Cutaia (2005b), cuya tasa de preñez fue del 36,5% con el mismo protocolo de IATF.

Se encontró asociación ($p=0,0012$) entre el tamaño folicular y la preñez, siendo en vacas con folículo dominante un 33% superior. Henao y Trujillo (2003), observaron que durante la gestación, la emergencia de la primera onda folicular tras el apareamiento desarrolla un folículo dominante de diámetro similar al periovulatorio que va disminuyendo en las ondas subsecuentes, mencionando Taylor y Rajamahendran (1991) que tampoco se altera en los dos primeros meses de gestación.

En vacas de carne y leche el diámetro promedio de los folículos de ovarios recolectados a los 17 días postestro, no fue diferente en preñadas y vacías (Guilbault *et al.*, 1986; Thatcher *et al.*, 1991). Sin embargo, Pierson y Ginther (1986), en vaquillonas Holstein encontraron mayores diámetros en preñadas entre los días 18 y 21.

En la tabla 5 se observa los resultados del desempeño reproductivo de los vientres teniendo en cuenta el tamaño, tipo, score de irrigación del cuerpo lúteo.

Tabla 5. Porcentaje y cantidad de vacas con cría preñadas y vacías a los 20 días post IA, según variables evaluadas del cuerpo lúteo (CL).

Variables	n	Preñadas	Vacías %	p-Valor
		% (n)	(n)	
1 culicillo LL	chico	65	9% (6)	<0,0001
	grande	59	54% (32)	
Tipo CL	1	25	80% (20)	<0,0001
	2	33	36% (12)	
	3	61	10% (6)	
	4	5	0% (0)	
Irrigación CL	1	63	5% (3)	<0,0001
	2	25	40% (10)	
	3	30	67% (20)	
	4	6	83% (5)	

Las hembras que presentaron cuerpo lúteo de mayor tamaño tuvieron un 45% más de preñez respecto a las de menor tamaño. En concordancia diferentes trabajos reportaron mayor área del CL en vaquillonas de carne preñadas, evaluando en distintos momentos

post IA, a los 21 días en *Bos indicus* (Andrade *et al.*, 2019), entre los días 20 y 22 en *taurus* (Holton *et al.*, 2022), e inclusive ya al día 5 (Velho *et al.*, 2022); en vacas lecheras Herzog *et al.* (2011) y Scully *et al.* (2014) entre los 18 a 21 días, y Hassan *et al.* (2019) a partir del día 17.

Assey *et al.* (1993) mencionan que el uso del tamaño de CL como posible indicador de preñez se debe a que sería un buen predictor de la función lútea y, por lo tanto, de las concentraciones de progesterona (P4), en relación a esto, se ha informado una diferencia en el tamaño de CL en vacas con concentraciones <1 ng/mL y >1 ng/mL (Sartori *et al.*, 2004). Sin embargo, algunos estudios que utilizaron ecografía o palpación rectal para predecir la función del CL han concluido que el tamaño del CL por sí solo no es un buen indicador de su estado funcional (Hazen *et al.*, 2000; Bicalho *et al.*, 2008).

Se encontró asociación entre el tipo de CL y el porcentaje de preñez, con mejores índices en CL 1 y 2, que se corresponde con scores subjetivos de mayor calidad. Estudios previos en transferencia embrionaria demostraron que receptoras con CL de mejor calidad tuvieron tasas de preñez más altas (Spell *et al.*, 2001; Alkan *et al.*, 2020), sin embargo, estas diferencias no fueron halladas por Scenna *et al.* (2008).

En este trabajo se evidenciaron diferencias significativas en la tasa de preñez con relación a la irrigación del CL, la que fue del 75% al considerar los tipos 3 y 4. Estudios con resultados similares, han destacado la utilidad de la perfusión vascular del CL en la detección temprana de la preñez entre los 15 y 22 días post IA en vacas y vaquillonas de carne o leche (Herzog *et al.*, 2011; Scully *et al.*, 2014; Pinaffi *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2019; Dubuc *et al.*, 2020)). Estos hallazgos se suman a otras investigaciones como la de Guimarães *et al.* (2015) quienes asignaron puntuaciones basada en signos de color que cubrían al CL siendo 1 (alto), 2 (regular) o 3 (pequeño), y encontraron 55,2% de preñez en las 1 y 2 a los 21 días post LA. Pugliesi *et al.* (2019) clasificando la irrigación como baja ($<40\%$), media (45-50%) y alta ($>55\%$) en receptoras una tasa de preñez del 48,4% en las altas y 0% en las bajas. Además, una publicación reciente respalda lo mencionado ya que con ecografía Doppler color del CL logró detectar exitosamente vaquillonas no preñadas a los 20 y 22 días (Holton *et al.*, 2022).

En la tabla 6 se muestran los resultados de sensibilidad, especificidad y valores predictivos de características de cuerpo lúteo para el diagnóstico temprano de gestación.

Tabla 6. Sensibilidad, especificidad, VPP y VPN de variables del cuerpo lúteo (CL) utilizadas como método de diagnóstico temprano de gestación al día 20 post IA, basado en el confirmatorio al día 28, en vacas con cría.

	<u>Tamaño CL</u>	<u>Tipo CL</u>	<u>Irrigación CL</u>
Sensibilidad	84,2% (32/38)	84,2% (32/36)	92,1% (35/38)
Especificidad	68,6% (59/86)	69,8% (60/86)	69,8% (60/86)
VPP	54,2% (32/59)	55,2% (32/58)	57,4% (35/61)
VPN	90,8% (59/65)	90,9% (60/66)	95,2% (60/63)

VPP: valor predictivo positivo, VPN: valor predictivo negativo

La clasificación de irrigación subjetiva del CL tuvo los mayores porcentajes de sensibilidad y valor predictivo negativo, lo que indicaría un menor número de animales con diagnóstico falso negativo (4,8%). Los valores encontrados se asemejan (89,4 y 87,8%) a los hallados por Scully *et al.* (2014), pero al combinar criterios de tamaño y perfusión de CL.

Andrade *et al.* (2019), en vaquillonas obtuvieron porcentajes superiores de sensibilidad (96,6 y 100%) y VPN (96,9 y 100%), para tamaño y perfusión de CL respectivamente, similar a los encontrados por Dubuc *et al.* (2020). Así como lo encontrado en el estudio Holton *etal.* (2020), pero combinando las predicciones de ambas variables.

En receptoras de embriones Guimarães *et al.* (2015), observaron alta sensibilidad (100%) y moderada especificidad (79,3%) de las puntuaciones flujo sanguíneo CL, para el diagnóstico a los 21 días.

Conclusiones

Con la realización de este trabajo se puede concluir que el diagnóstico anticipado de gestación mediante las variables oválicas evaluadas al día 20 post inseminación artificial en vacas de carne con cría sometidas a un protocolo hormonal de tiempo fijo, se asocia con la preñez confirmada al día 28 post LA.

Se remarca la importancia de conocer el estado reproductivo de los vientres, ya que la condición de anestro repercutió negativamente sobre la preñez, así como la presencia de folículo periovulario.

Las características del cuerpo lúteo (CL), como su tamaño, tipo y clasificación subjetiva de irrigación, demostraron ser indicadores significativos de la preñez. Las vacas con CL más grandes y mayor irrigación exhibieron tasas de preñez más altas. Se destaca que esta última característica del CL es una herramienta valiosa para el diagnóstico temprano de la preñez, con alta sensibilidad y valor predictivo negativo. Esto subraya su eficacia en identificar adecuadamente a las vacas preñadas y reducir los diagnósticos falsos negativos.

La combinación de estos factores puede ser una estrategia efectiva para el diagnóstico anticipado de gestación en sistemas de producción ganadera.

Bibliografía

- Acosta, T.J., Miyamoto, A. (2004). Vascular control of ovarian function: ovulation, Corpus luteum formation and regression. *Animal Reproduction Science*. 82: 127-140.
- Alkan, H., Karaşahin, T., Dursun, §., Satılımçı, F., Erdem, EL, Güler, M. (2020). Evaluation of the factors that affect the pregnancy rates during embryo transfer in beef heifers. *Reproduction in Domestic Animals*. 55(4): 421-428.
- Andrade, J.P.N., Andrade, F.S., Guerson, Y.B., Domingues, R.R., Gomez-León, V.E., Cunha, T.O., Mello, M.R.B. (2019). Early pregnancy diagnosis at 21 days post artificial insemination using corpus luteum vascular perfusión compared to corpus luteum diameter and/or echogenicity in Nelore heifers. *Animal Reproduction Science*. 209(2019): 106144.
- Assey, R.J., Purwantara, B., Greve, T., Hyttel, P., & Schmidt, M.H. (1993). Corpus luteum size and plasma progesterone levels in cattle after cloprostenol-induced luteolysis. *Theriogenology*, 39(6), 1321-1330.
- Baruselli, P.S., Marques, M.O., Vieira, L.M., Konrad, J.L., Crudeli, G.A. (2015). Aplicación de biotecnologías para una mayor producción de terneros. *Revista Veterinaria*. 26(2): 154-159.
- Baruselli, P.S., Vieira L.M. (2017) Programas de inseminación artificial a tiempo fijo seriadas sin el uso de toro. En 45 Jornadas Uruguayas de Buiatría. Organizado por Centro Médico de Paysandú. Paysandú, Uruguay, p 104-109.

- Beal, W.E., Perry, R.C., Corah, L R (1992). The use of ultrasound in monitoring reproductive physiology of beef cattle. *Journal of Animal Science*. 70: 924-929.
- Bicalho, R.C., Galvao, K.N., Guard, C.L., Santos, J.E.P. (2008). Optimizing the accuracy of detecting a functional corpus luteum in dairy cows. *Theriogenology*. 70(2): 199-207.
- Bó, G., Cutaia, L. (2014). Estado del arte en IATF: factores que afectan sus resultados. Instituto de reproducción Animal Córdoba (IRAC)-Universidad Católica de Córdoba. Agencia Ciencia Córdoba. Syntex S.A. pp. 2 - 4 .
- Bó, G.A., Cutaia, L. (2005a). Implementación de programas de inseminación artificial en rodeos de cría. En VI Simposio Internacional de Reproducción Animal. Organizado por el Instituto de Reproducción Animal de Córdoba. Córdoba, Argentina, pp. 326-332.
- Bó, GA, Cutaia, L. (2005b). Estrategias para incrementar la preñez en vacas en anestro. En: González-Stagnaro C, Soto- Bellosio E (ed). Manual de ganadería doble propósito (pp. 464-470). Astro-Data.
- Bollwein, H, Heppelmann, M., Ltittgenau, J. (2016). Ldtrasonographic Doppler use for female reproduction management. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*. 32(1): 149-164.
- Bravo-Grau, S., & Cruz, J. P. (2015). Estudios de exactitud diagnóstica: Herramientas para su Interpretación. *Revista chilena de radiología*, 2/(4), 158-164.
- Britt, J.H., Cushman, R.A , Dechow, C.D., Dobson, H , Humblot, P., Hutjens, M.F. Stevenson, J.S. (2018). Invited review: Learningfrom the future A visión for dairy famas and cows in 2067. *Journal of Dairy Science*. 101(5): 3722-374F
- Cartagena Catacora, J. (2015). Efecto del uso de tres protocolos de sincronización sobre el desarrollo ovárica y la tasa de fertilidad en vacas Brown Swiss [Tesis de doctorado, Universidad Mayor de San Andrés], Repositorio Institucional: RI-UMSA. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/6951>
- Castro, M , Moreno Álvarez, O., Guzmán Huerta, M., Hernández Andrade, E. (2007). Principios físicos, metodología, consistencia y seguridad del ultrasonido Doppler en la evaluación fetoplacentaria. *Ginecología y Obstetricia de México*. 75(10): 621-629

Cutaia, L., Veneranda, G., Tríbulo, R., Baruselli, P.S., Bó, G. (2003). Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. En V Simposio internacional de Reproducción Animal. Organizado por el Instituto de Reproducción Animal de Córdoba. Córdoba, Argentina, pp. 119-132.

de Nava G. (2015). La IATF como tecnología reproductiva en el manejo de los rodeos de cría. En XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Organizado por Centro Médico de Paysandú. Paysandú, Uruguay, pp.1 15-126.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, <http://www.infostat.com.ar>

Dominicis, O., Madero, S., Catalano, R., Cabodevila, J., & Callejas, S. (2019). Efecto del tratamiento J-Synch sobre el porcentaje de preñez en vaquillonas para cría inseminadas a tiempo fijo. Revista Veterinaria, 30(2), 31-35.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-68402019000200031

Dubuc, J., Houle, J., Rousseau, M., Roy, J. P., & Buczinski, S. (2020). Accuracy of Corpus luteum color flow Doppler ultrasonography to diagnose nonpregnancy in dairy cows on day 21 after insemination. Journal of dairy Science, 103(2), 2019-2023.

Erbiti, F., Lissarrague, C, Cabodevila, J., Callejas, S.S. (2018). Efecto de algunas variables sobre la preñez de vaquillonas post-inseminación artificial a tiempo fijo. Revista Veterinaria. 29(1): 35-39.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). How to Feed the World in 2050. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf

Ferreira, M.C.N., Miranda, R., Figueiredo, M.A., Costa, O.M., Palhano, H.B. (2013). Impacto da condi gao corporal sobre a taxa de prenhez de vacas da raga nelore sob regime de pasto em programa de inseminagao artificial em tempo fixo (IATF). Semina: Ciencias Agrárias. 34(4): 1861-1868.

Fricke, P.M. (2002). Scanning the future ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. Journal of Dairy Science. 85(8): 1918-1926.

- Ginther, O.J., Silva, L.A., Araujo, R.R., Beg, M.A. (2007). Temporal associations among pulses of 13, 14-dihydro-15-keto-PGF2alpha, luteal blood flow, and luteolysis in cattle. *Biology of Reproduction*. 76(3): 506-513.
- Griffin, P.G., Ginther, O.J. (1992). Research applications of ultrasonic imaging in reproductive biology. *Journal of Animal Science*. 70(3): 953-972.
- Guilbault, L. A., Dufour, J. J., Thatcher, W. W., Drost, M., & Haibel, G. K. (1986). Ovarian follicular development during early pregnancy in cattle. *Reproduction*, 78(1), 127-135.
- Guimaraes, C.R.B., Oliveira, M.E., Rossi, J.R., Fernandes, C.A.C., Viana, J.H.M., Palhao, M.P. (2015). Corpus luteum blood flow evaluation on Day 21 to improve the management of embryo recipient herds. *Theriogenology*. 84(2): 237-241.
- Hanzen, C.H., Pieterse, M., Scenczi, O., & Drost, M. (2000). Relative accuracy of the identification of ovarian structures in the cow by ultrasonography and palpation perrectum. *The Veterinary Journal*, 159(2), 161-170.
- Hassan, M., Arshad, U., Bilal, M., Sattar, A., Avais, M., Bollwein, H., & Ahmad, N. (2019). Luteal blood flow measured by Doppler ultrasonography during the first three weeks after artificial insemination in pregnant and non-pregnant Bos indicus dairy cows. *Journal of Reproduction and Development*, 65(1), 29-36.
- Henao, G., & Trujillo, L. E. (2003). Dinámica folicular y función lútea durante la gestación temprana. Estudio de un caso en Bos indicus. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 56(1), 1779-1788.
- Herd, D.B., Sprott, L.R. 1986. Body condition, nutrition and reproduction in beef cows. *Bulletin Agricultural Extension Service, Texas A & M University*, N° 1526, 11 p.
- Herzog, K., Brockhan-Lüdemann, M., Kaske, M., Beindorff, N., Paul, V., Niemann, F.L., Bollwein, H. (2010). Luteal blood flow is a more appropriate indicator for luteal function during the bovine estrous cycle than luteal size. *Theriogenology*. 73(5): 691-697.
- Herzog, K., Voss, C., Kastelic, J. P., Beindorff, N., Paul, V., Niemann, H., & Bollwein, H. (2011). Luteal blood flow increases during the first three weeks of pregnancy in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 75(3), 549-554.

Holton, M. P., Dalmaso, G., Dias, N. W., Pancini, S., Lamb, G. C., Pohler, K. G., & Fontes, P. (2022). 5 Early Pregnancy Diagnosis in bos Taurus beef Replacement Heifers Using Color Doppler Ultrasonography. *Journal of Animal Science*, 100(1), 12.

Kastelic, J.P., Pierson, R. A., Ginther, O. J. (1990). Ultrasonic morphology of corpora lutea and central luteal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers. *Theriogenology*. 34(3): 487-498.

Kito, S., Okuda, K., Miyazawa, K., Sato, K. (1986). Study on the appearance of the cavity in the corpus luteum of cows by using ultrasonic scanning. *Theriogenology*. 25(2): 325-333.

Larocca, C., L. Lago., A. Fernández., G. Rosés., R. Lanza., P.U. Armad., J.C.D. Boggio Devincenzi, J.C. 2005. Alternativas para la sincronización del estro en vaquillonas holstein uruguaya. *Revista Científica*, 25 (6): 512-516.

MAGyP. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2021). Faena bovina 2019-2022 Mensual. Tablero de faena bovina, <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bovinos/informacionsectorial/>

MAGyP. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. (2021). Serie stock bovino a diciembre 2007-2021. Serie stock y mapas. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bovinos/informacion_interes/informes/index.php

Marizancén, S., Artunduaga, P. (2017). Genetic improvement in cattle through artificial insemination and artificial insemination at fixed time. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 8(2): 247-259.

Matsui, M., Miyamoto, A. (2009). Evaluation of ovarian blood flow by colour Doppler ultrasound: practical use for reproductive management in the cow. *The Veterinary Journal*. 181(3): 232-240.

Motta, I.G., Rocha, C.C., Bisinotto, D.Z., Meló, G.D., Júnior, G.A., Silva, A.G., Pugliesi, G. (2020). Increased pregnancy rate in beef heifers resynchronized with estradiol at 14 days after TAI. *Theriogenology*. 147(2020): 62-70.

Palma, G.A., Gottfried, B. (2008). Biotecnología de la Reproducción. En Palma G.A, (ed.). *Biotecnología de la reproducción*. 2da edición, (pp. 1-14). Repro biotec

Pérez C, Rodríguez I, Dorado J, Hidalgo M, Corral S, Sanz J. 2005. Archivos de Zootecnia. 53:35-40.

Pierson, R. A., & Ginther, O. J. (1986). Ovarian follicular populations during early pregnancy in heifers. *Theriogenology*, 26(5), 649-659.

Pighin, D., Pazos, A., Chamorro, V., Paschetta, F., Cunzolo, S., Godoy, F. Grigioni, G. (2016). A contribution of beef to human health: A review of the role of the animal production systems. *The Scientific World Journal*. 2016: 1-10.

Pinaffi, F. L., Santos, É. S., Silva, M. G. D., Maturana Filho, M., Madureira, E. H., & Silva, L. A. (2015). Follicle and corpus luteum size and vascularity as predictors of fertility at the time of artificial insemination and embryo transfer in beef cattle. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 35, 470-476.

Pugliesi, G., de Melo, G. D., Silva, J.B., Carvalhéo, A.S., Lopes, E., de Siqueira Filho, E., Binelli, M. (2019). Use of color-Doppler ultrasonography for selection of recipients in timed-embryo transfer programs in beef cattle. *Theriogenology*. 135: 73-79.

Pugliesi, G., de Melo, G.D., Ataíde Jr, G.A., Pellegrino, C.A.G., Silva, J.B., Rocha, C.C., Binelli, M. (2018). Use of Doppler ultrasonography in embryo transfer programs: feasibility and field results. *Animal Reproduction*. 15(3): 239-246.

Pugliesi, G., Miagawa, B.T., Paiva, Y.N., Franca, M.R., Silva, L A. Binelli, M. (2014). Conceptus-induced changes in the gene expression of blood immune cells and the ultrasound-accessed luteal function in beef cattle: how early can we detect pregnancy?. *Biology of Reproduction*. 91(4): 95, 1-12.

Samir, H., Kandiel, M.M.M. (2019). Accuracy of subjective evaluation of luteal blood flow by color Doppler ultrasonography for early diagnosis of pregnancy in Egyptian buffalo. *Animal Reproduction Science*. 208(2019): 106129.

Sartori, R., Bastos, M. R., & Wiltbank, M. C. (2009). Factors affecting fertilisation and early embryo quality in single-and superovulated dairy cattle. *Reproduction, Fertility and Development*, 22(1), 151-158.

Scenna, F. N., Munar, C. J., Mujica, I., Martin, E., Lafarga, P., Rajala-Schultz, P., & Schuenemann, G. M. (2008). 145 factors affecting pregnancy rate following timed

embryo transfer program in cattle under field conditions. *Reproduction, Fertility and Development*, 21(1), 172-172

- Scully, S., Evans, A.C.O., Carter, F., Duffy, P., Lonergan, P., Crowe, M.A. (2015). Ultrasound monitoring of blood flow and echotexture of the Corpus luteum and uterus during early pregnancy of beef heifers. *Theriogenology*. 83(3): 449-458.
- Scully, S., Butler, S.T., Kelly, A.K., Evans, A.C.O., Lonergan, P., Crowe, M. (2014). Early pregnancy diagnosis on days 18 to 21 postinsemination using high-resolution imaging in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97(6): 3542-3557.
- Siqueira, L.G., Arashiro, E.K., Ghetti, A.M., Souza, E.D., Feres, L.F., Pfeifer, L.F., Viana, J.H. (2019). Vascular and morphological features of the Corpus luteum 12 to 20 days after timed artificial insemination in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 102(6): 5612-5622.
- Siqueira, L.G.B., Areas, V.S., Ghetti, A.M., Fonseca, J.F., Palhao, M.P., Femandes, C.A.C., Viana, J.H.M. (2013). Color Doppler flow imaging for the early detection of nonpregnant cattle at 20 days after timed artificial insemination. *Journal of Dairy Science*. 96(10): 6461-6472.
- Spell, A. R., Beal, W. E., Corah, L. R., & Lamb, G. C. (2001). Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology*, 56(2), 287-297.
- Szatmári, V., Sótónyi, P., Vörös, K. (2001). Normal duplex Doppler waveforms of major abdominal blood vessels in dogs: a review. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 42(2): 93-107.
- Taylor, C., & Rajamahendran, R. (1991). Follicular dynamics, Corpus luteum growth and regression in lactating dairy cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 71(1), 61-68.
- Thatcher, W. W., Driancourt, M. A., Terqui, M., & Badinga, L. (1991). Dynamics of ovarian follicular development in cattle following hysterectomy and during early pregnancy. *Domestic Animal Endocrinology*, 8(2), 223-234.

- Utt, M.D., Johnson Iii, G.L., Beal, W.E. (2009). The evaluation of Corpus luteum blood flow using color-flow Doppler ultrasound for early pregnancy diagnosis in bovine embryo recipients. *Theriogenology*. 71(4): 707-715.
- Velho, G. D. S., Rovani, M. T., Ferreira, R., Gasperin, B. G., & Dalto, A. G. C. (2022). Blood perfusión and diameter of bovine corpus luteum as predictors of luteal function in early pregnancy. *Reproduction in Domestic Animáis*, 57(3), 246-252.
- Yáñez-Avalos, D. O., Parra, J. C. L., Tapia, J. C. M., Pozo, R. O. Q., & Marini, P. R. (2018). Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas con proestro prolongado de 60 y 72 horas. *Agronomy Mesoamerican*, 29(2), 363-373.