Rev Inv Vet Perú 2024; 35(5): e27316
https://doi.org/10.15381/rivep.v35i5.27316

Revisión a profundidad de la tasa de concepción en programas de inseminación artificial a término fijo en el ganado: El caso colombiano

A comprehensive review of conception rate in fixed-time artificial insemination programmes in cattle: The Colombian case

Brahian C. Tuberquia-López[1,2]*, Nathalia M. Correa-Valencia[2]

Resumen

El objetivo del estudio fue recopilar y evaluar la evidencia científica sobre los resultados de la tasa de concepción en hembras bovinas en Colombia en programas de inseminación artificial a término fijo (IATF) durante los últimos 10 años. La revisión se realizó según las directrices PRISMA-ScR. Solo se consideraron artículos originales publicados en revistas indexadas y trabajos de pre- y posgrado que reportaran estudios en ganado bovino colombiano. Se seleccionaron 20 estudios (6 artículos primarios y 14 trabajos de pre y postgrado), que abarcaron 1464 vacas y novillas. Las vacas de doble propósito alcanzaron los porcentajes más altos (53.8%), mientras que las novillas *Bos indicus* registraron los más bajos (37%). Del total de estudios en novillas (30%), 51% se enfocó en vacas de doble propósito, 43% en vacas de cría y 6% en vacas lecheras. El protocolo de sincronización de la ovulación más empleado incluyó el uso de progesterona, estrógenos, prostaglandinas y gonadotropina coriónica equina. Se concluye que la elección de un protocolo de inseminación y su eficacia estarán influenciados por una amplia variedad de factores, por lo que no es prudente definir si hay un protocolo de sincronización superior a los demás. Sin embargo, el empleo de gonadotropina coriónica equina demuestra aumentar la tasa de concepción en el ganado bovino colombiano.

Palabras clave: tasa de concepción, vaca, Colombia, sincronización, inseminación artificial a tiempo fijo

[1] GINVER, Facultad de Medicina Veterinaria, Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia
[2] CENTAURO, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia
** Autor de correspondencia: Brahian C. Tuberquia-López; brahian.tuberquia@uniremington.edu.co*

Recibido:6 de febrero de 2024
Aceptado para publicación: 7 de septiembre de 2024
Publicado: 31 de octubre de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

Abstract

The aim of this study was to collect and evaluate the scientific evidence on the results of the conception rate in female bovine animals in Colombia in fixed-term artificial insemination (FTAI) programmes during the last 10 years. The review was carried out according to PRISMA-ScR guidelines. Only original articles published in indexed journals and undergraduate and graduate thesis works reporting studies on Colombian cattle were considered. Twenty studies were selected (6 primary articles and 14 undergraduate and graduate works), covering 1464 cows and heifers. Dual-purpose cows reached the highest percentages (53.8%), while *Bos indicus* heifers recorded the lowest (37%). Of the total studies on heifers (30%), 51% focused on dual-purpose cows, 43% on breeding cows and 6% on dairy cows. The most used ovulation synchronization protocol included the use of progesterone, oestrogen, prostaglandins and equine chorionic gonadotropin. It is concluded that the choice of an insemination protocol and its effectiveness will be influenced by a wide variety of factors, so it is not prudent to define whether there is a synchronization protocol superior to the others. However, the use of equine chorionic gonadotropin showed to increase the conception rate in Colombian cattle.

Key words: pregnancy rate, cow, Colombia, synchronization, fixed-time artificial insemination

Introducción

La reproducción es un proceso crucial en la ganadería bovina, y para mejorar la eficiencia en la tasa de natalidad de los hatos ganaderos se ha perfeccionado la intervención farmacológica en el control del ciclo estral (Stevenson y Britt, 2017). A pesar de que la inseminación artificial (IA) ha sido ampliamente empleada para replicar la genética más valiosa, factores como la nutrición, el manejo y la eficiencia en la detección del celo afectan su uso generalizado en la mayoría de las operaciones ganaderas (Bó y Baruselli, 2014). La opción más prometedora para aumentar el número de vacas inseminadas es la aplicación de protocolos que permitan la IA sin requerir la detección de celo, comúnmente conocida como inseminación artificial a término fijo (IATF), mediante el manejo hormonal (Cardoso *et al*., 2021).

El manejo hormonal busca homogeneizar el ciclo estral de un lote de hembras bovinas, ya sea para realizar una inseminación simultánea en todos los animales, llevar a cabo la transferencia de embriones o activar la ciclicidad reproductiva en vacas o novillas en anestro (Thatcher y Santos, 2007). Este manejo se divide en sincronización del celo, que implica la aplicación de hormonas reproductivas sin conocer el momento de la ovulación, y sincronización de la ovulación, que simula parte del ciclo estral para controlar el momento exacto de la ovulación y permitir la IATF (Kasimanickam *et al*., 2021). En los protocolos de IATF se emplean combinaciones de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), conocidos como protocolos Ovsynch (sincronización de ovulación, en inglés), así como dispositivos con progesterona (P_4) y estradiol (E_2), denominados control del desarrollo folicular (Martínez *et al*., 2007).

Hasta la fecha no se dispone de información detallada y precisa sobre el uso y los resultados de los protocolos de sincronización del celo y la ovulación implementados en Colombia, ya que estos se conservan como datos anecdóticos o productos exclusivos para

la finca o el profesional que los lleva a cabo. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión de alcance (*scoping review*, en inglés) fue recopilar y evaluar la evidencia científica sobre los resultados de la tasa de concepción en hembras bovinas en Colombia en programas de IATF durante los últimos 10 años, identificando vacíos de conocimiento y ofreciendo recomendaciones basadas en los hallazgos.

Materiales y Métodos

La revisión de alcance fue diseñada, ejecutada y documentada siguiendo las directrices PRISMA-ScR (Tricco *et al*., 2018). Se consideraron exclusivamente artículos originales publicados en revistas indexadas, así como trabajos de pregrado y posgrado que informaran sobre estudios relacionados con el ganado bovino colombiano. Se implementó un protocolo predefinido y previamente validado, el cual abarcó la formulación de la pregunta de investigación, la búsqueda de literatura, los criterios de inclusión/exclusión de estudios, y listas de verificación para llevar a cabo la selección de relevancia, la caracterización, la evaluación metodológica y la extracción de datos relativos a los temas primarios pertinentes. Hasta la fecha, no se ha publicado ninguna revisión sistemática estandarizada sobre este tema en el país.

Estrategia de Búsqueda

La identificación de estudios relevantes se llevó a cabo en base a una pregunta de investigación específica: ¿Cuáles son los resultados de la tasa de concepción en hembras bovinas en Colombia en programas de inseminación artificial a término fijo?

Para establecer la pregunta de revisión, los autores utilizaron la metodología PICO, en la cual se estableció, *P (population):* hembras bovinas en Colombia, *I (intervention):* manejo hormonal, *C (comparison)* no se incluyó, y *O (outcome):* tasa de concepción. El procedimiento de búsqueda se realizó el 1 de diciembre de 2022 y se actualizó el 15 de junio de 2023 en tres plataformas de búsqueda (i.e. Google académico, SciELO Citation Index®, Redalyc®). La pregunta de investigación se dividió en componentes y los términos de búsqueda se utilizaron para detectar citas relevantes en las plataformas, de la siguiente manera: [(«tasa de preñez» OR «tasa de concepción» OR fertilidad) AND («hembra* bovina*» OR vaca* OR novilla*) AND (Colombia) AND («inseminación artificial a término fijo» OR IATF)]. Solo se usaron términos en español.

Criterio de Elegibilidad

Solo se consideraron artículos originales publicados en revistas indexadas y trabajos de pre- y posgrado que informaran sobre estudios en ganado bovino colombiano en los últimos 10 años. La primera fase de selección de citas se basó exclusivamente en la información proporcionada en los títulos, siendo realizada por dos de los autores. Los criterios de exclusión abarcaron: i) temáticas no pertinentes (*e.g.* variables productivas, mejoramiento genético y/o transferencia de embriones); ii) especies diferentes a bovinos (*e.g.* caprinos, ovinos, humanos); iii) no ser un artículo original (*e.g.* reseña, libro, revisión).

Los autores examinaron el texto completo de los estudios seleccionados para identificar y extraer información relevante con el fin de responder a la pregunta de investigación. Cada texto completo fue analizado con especial atención a las secciones de materiales y métodos, así como en resultados. La elegibilidad de los estudios se determinó aplicando los mismos criterios de exclusión mencionados anteriormente, y los desacuerdos fueron resueltos mediante consenso entre los autores.

En la selección de las hembras de los estudios seleccionados se consideró un plan sanitario completo (brucelosis, aftosa, carbón sintomático, carbón bacteriano, desparasitación), y se llevó a cabo un examen clínico general que abarcó aspectos como la tem-

peratura, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, tiempo de llenado capilar, movimientos ruminales, condición corporal e inspección a distancia. Además, se realizó una palpación rectal para confirmar la no gravidez, evidenciando la ausencia de cuerpo lúteo y patologías reproductivas.

Extracción de Datos y Estadística Descriptiva

Luego de recopilar todos los estudios en tablas de Excel, uno de los autores procedió con la extracción de datos, contemplando aspectos como información bibliográfica, grupo etario (vaca, novilla), tipo racial (*Bos taurus*, *Bos indicus*, cruce de estos), tratamiento hormonal utilizado, y tasas de concepción por tratamiento, entre otros detalles relevantes. Posteriormente, un segundo autor revisó minuciosamente los resultados de la extracción de datos.

Resultados

Los resultados combinados de las plataformas de búsqueda arrojaron 1011 materiales elegibles, que incluyen artículos y trabajos de pre y posgrado. Tras aplicar herramientas para eliminar duplicados y excluir estudios no pertinentes, como revisiones, comunicaciones breves y cartas al editor, se eliminaron 460 textos. Posteriormente, durante la revisión de los títulos, se consideró que 410 eran irrelevantes. La cantidad final de citas, basada en la selección de títulos fue de 141. Tras la lectura de los textos completos, se excluyeron 121. Así, se conservaron 6 artículos científicos y 14 trabajos de pre- y posgrados relevantes, de los cuales 11 correspondieron a trabajos de pregrado (medicina veterinaria, zootecnia) y tres a trabajos de posgrado (especialización, maestría). La Figura 1 describe detalladamente el protocolo de revisión y selección.

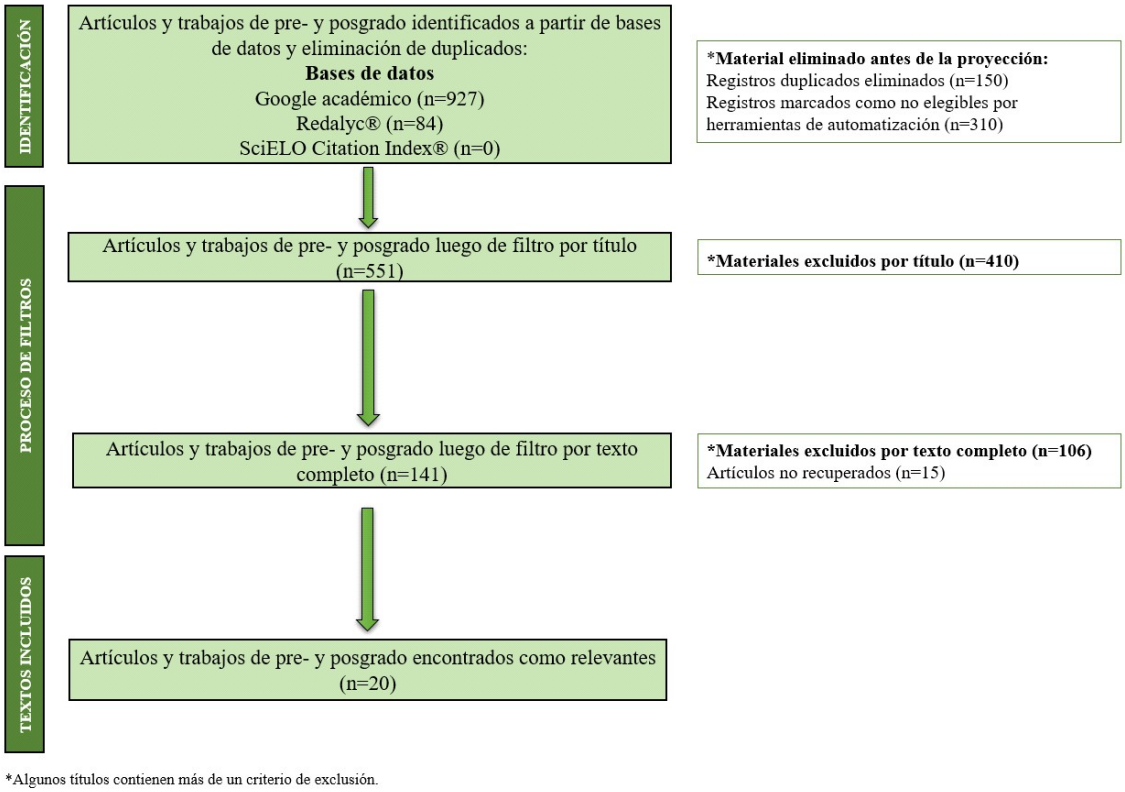

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de identificación y selección de los estudios definitivos, de acuerdo con la metodología PRISMA-ScR (Tricco *et al*., 2018).

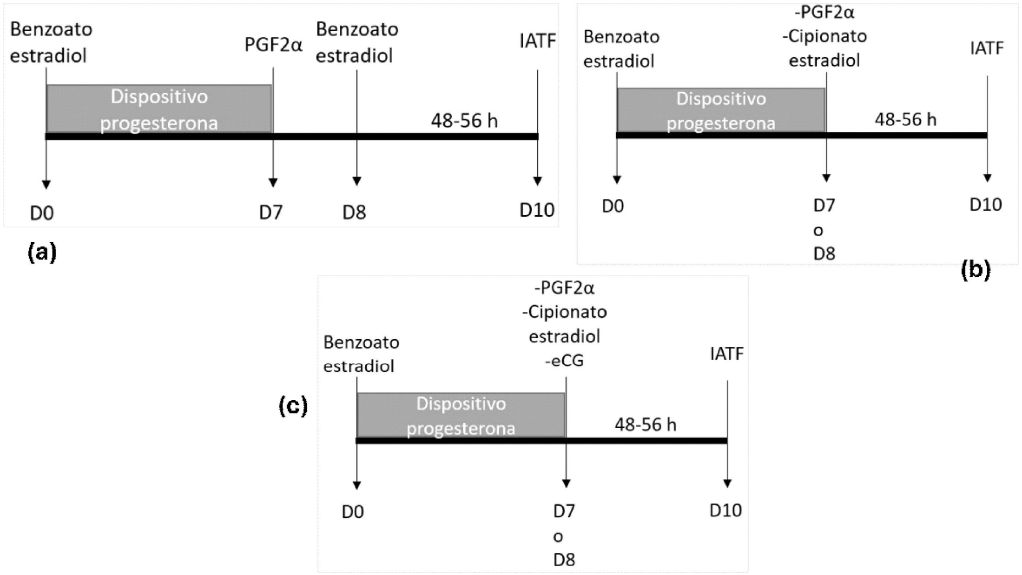

Figura 2. (a) Resultados obtenidos de los 20 estudios relevantes de análisis. (a) Esquema general de sincronización de la ovulación de control de desarrollo folicular usado en Colombia obtenido de los 20 estudios relevantes de análisis. (b) Variación del protocolo de sincronización de la ovulación al modificar el uso de benzoato de estradiol por cipionato de estradiol; (c) Esquema general de sincronización de la ovulación de control de desarrollo folicular con adición de gonadotropina coriónica equina (eCG) y cipionato de estradiol

En total, se identificó que los 20 estudios relevantes evaluaron un total de 1464 animales, incluyendo vacas y novillas, a las cuales se les aplicó un protocolo de sincronización de la ovulación para IATF. El 30% (440/1464) de los estudios se realizaron en novillas. Del total de estudios que involucraron vacas (n=1024 individuos), el 51% (530/1024) se enfocaron en vacas doble propósito, el 43% (438/1024) en vacas de cría y el 6% (56/1024) en vacas lecheras.

El esquema general de sincronización de la ovulación (Figura 2a) de todos los protocolos revisados incluía el uso de P_4, E_2 y cloprostenol (P_4+E_2+$PGF_{2\alpha}$), tanto en novillas como en vacas adultas, usado en 16 de los 20 estudios relevantes, obteniendo un promedio de tasa de concepción de 48.5% (DE=16.5%). Las variaciones de este protocolo incluyeron el retiro del dispositivo intravaginal de progesterona (DIP) el día 7 u 8, el cambio del benzoato de estradiol (BE) por cipionato de estradiol (CE) como inductor de la ovulación (Figura 2b) y la adición de gonadotropina coriónica equina (eCG) el día 7 u 8 (Figura 2c).

En la categoría de novillas se obtuvo un promedio de tasa de concepción de 51.5% (169/328; DE=9.8%) cuando se usaron protocolos con P_4, E_2, cloprostenol y eCG (P_4+E_2+$PGF_{2á}$+eCG). Sin embargo, cuando se usaron protocolos Ovsynch con o sin progesterona se encontró un promedio de tasa de concepción del 25% (28/112). En el Cuadro 1 se muestra los resultados globales de los protocolos usados en novillas.

En la categoría de vacas doble propósito se revisaron ocho estudios (Cuadro 2). El promedio de tasa de concepción fue de 53% (37/70; DE=21.6%) cuando se usó un protocolo P_4+E_2+$PGF_{2á}$, mientras que la tasa de con-

Cuadro 1. Información detallada de los protocolos de sincronización de la ovulación realizados en novillas en Colombia, según información obtenida a partir de 20 estudios (2013-2022)

Referencia	Población (n)	Provincia	Tipo racial	Protocolo	Tasa de concepción	CC
Franco-Jaramillo (2017)	60	Chocó	*Bos indicus*	Grupo 1 (n=20) D0: DIP+GnRH D5: retiro DIP+25 mg DP IATF: 56 h Grupo 2 (n=20) D0: DIP+GnRH D5: retiro DIP+50 mg DP Grupo 3 (n=20) D0: DIP+GnRH D5: retiro DIP+25 mg DP+25 mg DP 6 h del retiro DIP IATF: 56 h	Grupo 1: 25% (5/20 Grupo 2: 15% (3/20) Grupo 3: 5% (1/20)	3-4
Prada *et al*. (2013)	52	Meta	*Bos indicus*	Grupo 1 (n=28) D0: DIP+GnRH D6: 150 µg cloprostenol D8: retiro DIP+0.5 mg CE+200 UI eCG Grupo 2 (n=24) D0: DIP+GnRH D8: retiro DIP+150 µg cloprostenol+0.5 mg CE+200 UI eCG IATF: 48-52 h del retiro del DIP	Grupo 1: 32% (9/28) Grupo 2: 42% (10/24)	No reporta
Ramos-Rodríguez (2013)	58	Cundina-marca	*Bos indicus*	Grupo 1 (n=30) D-12: 50 mg P4+2 mg BE D0: DIP+2 mg BE+75 µg cloprostenol D5: 75 µg cloprostenol D8: retiro DIP+200 UI eCG D9: 1 mg BE Grupo 2 (n=28) D-12: 50 mg P4+2 mg BE D0: DIP+2 mg BE D8: Retiro DIP+200 UI eCG+150 µg cloprostenol D9: 1 mg BE IATF:48 h del retiro del DIP+GnRH	Grupo 1: 43% (13/30) Grupo 2: 39% (11/28)	2.5-3.5
Toro-García (2020)	100	Cesar	*Bos taurus* × *Bos indicus*	Grupo 1 (n=50) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg cloprostenol+150 UI eCG D9: 1 mg BE Grupo 2 (n=50) D0: DIP+2 mg CE D8: retiro DIP+150 µg cloprostenol+150 UI eCG+1 mg CE IATF: 60 h del retiro del DIP	Grupo 1: 36% (18/50) Grupo 2: 54% (27/50)	4.5
Zapata (2021)	170	Antioquia	*Bos taurus*	Grupo 1 (n=170) D0: DIP+2 mg BE D7: retiro DIP+150 µg cloprostenol+400 UI eCG+1 mg CE IATF: 60-4 h del retiro del DIP	Grupo 1: 59% (100/170)	3.25-3.75

BE=benzoato de estradiol; CE=cipionato de estradiol; D=día; DIP=dispositivo intravaginal de progesterona; eCG=gonadotropina coriónica equina; GnRH=hormona liberadora de gonadotropina; DP= Dinoprost; h=horas; IATF=inseminación artificial a término fijo; P_4=progesterona; CC: condición corporal

Cuadro 2. Información detallada de los protocolos de sincronización de la ovulación en vacas doble propósito en Colombia, según información obtenida a partir de 20 estudios (2013-2022)

Ref.	Población (n)	Provincia	Tipo racial	Protocolo	Tasa de concepción	CC
Silva (2014)	40	Caquetá	*Bos indicus* × *Bos taurus*	Grupo 1 (n=20) D0: DIP+2 mg BE D7: retiro DIP+500 µg cloprostenol D8: 1 mg BE Grupo 2 (n=20) D0: DIP+2 mg BE D7: retiro DIP+500 µg cloprostenol+1 mg CE D8: 400 UI eCG IATF: 48-50 h	Grupo 1: 60% (12/20) Grupo 2: 70% (14/20)	3.5 - 4
Salgado-Otero *et al*. (2015)	188	Córdoba	*Bos taurus* × *Bos indicus*	Grupo 1 (n=188) D0: IA 3 mg norgestomet+5 mg VE D9: retiro IA+150 µg cloprostenol+400 UI eCG D10: 1 mg BE IATF: 30-36 h luego aplicación BE	Grupo 1: 66% (124/188)	2.5 - 3.5
Vélez (2021)	34	Antioquia	*Bos taurus* × *Bos indicus*	Grupo 1 (n=34) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+10 mg DP+200 UI eCG D9: 1 mg BE IATF: 52-56 h del retiro del DIP	Grupo 1: 73% (25/34)	2.5 - 3.5
Aguilar-Sánchez (2018)	177	Antioquia	*Bos taurus* × *Bos indicus*	D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg clorprostenol+300 UI eCG+1 mg CE IATF: 50 h del retiro del DIP	44.1% (78/177)	2.5 - 4
Baos-Ortega (2018)	20	Cauca	*Bos taurus* × *Bos indicus*	D0: DIP+2 mg BE D8: 150 µg clorprostenol+400 UI eCG D9: 1 mg BE IATF: 48-52 h del retiro del DIP+2 mL GnRH	65% (13/20)	3.5
Jerez-Flórez (2020)	30	Santander	*Bos taurus* × *Bos indicus*	Grupo 1 (n=15) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+400 UI eCG D9: 1 mg BE Grupo 2 (n=15) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+400 UI eCG+150 µg clorprostenol D9: 1 mg BE IATF: 30-32 h después de aplicación BE	Grupo 1: 60% (9/15) Grupo 2: 73% (11/15)	3.5 - 4
Quijano-Pérez *et al* (2015)	11	Caquetá	*Bos taurus*	Grupo 1 (n=5) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg clorprostenol+200 UI eCG D9: 1 mg BE Grupo 2 (n=6) D0: DIP+2 mg BE D8: Retiro DIP+150 µg clorprostenol+200 UI eCG+1 mg CE IATF: 52-54 h después del retiro del DIP	Grupo 1: 40% (2/5) Grupo 2: 33% (2/6)	3.5
Forero-Soto y Camacho-Cárdenas (2020)	30	Risaralda	*Bos taurus* × *Bos indicus*	Grupo 1 (n=15) a los 40 d posparto D0: DIP+2 mg BE+50 mg P_4 D7: retiro DIP + 150 µg clorprostenol+1 mg BE Grupo 2 (n=15) a los 80 d posparto D0: DIP+2 mg BE+50 mg P_4 D7: retiro DIP+150 µg clorprostenol+1 mg BE IATF: 56 h después del retiro del DIP	Grupo 1: 20% (3/15) Grupo 2: 53% (8/15)	¿?

BE=benzoato de estradiol; CE=cipionato de estradiol; D=día; DIP=dispositivo intravaginal de progesterona; eCG=gonadotropina coriónica equina; GnRH=hormona liberadora de gonadotropina; DP= Dinoprost; h=horas; IA=implante auricular; IATF=inseminación artificial a término fijo; P_4=progesterona; VE=valerato de estradiol

Cuadro 3. Información detallada de los protocolos de sincronización de la ovulación en vacas de cría en Colombia, según información obtenida a partir de 20 estudios (2013-2022)

Ref.	Población (n)	Provincia	Tipo racial	Protocolo	Tasa de concepción	CC
Nivia-Osuna (2019)	32	Meta	*Bos indicus*	D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg cloprostenol+400 UI eCG+1 mg CE IATF: 48 h del retiro del DIP+2.5 mL GnRH	44% (14/32)	3 - 3.5
Narváez-Flórez *et al.* (2015)	36	Cauca	*Bos indicus*	Grupo 1 (n=18) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg clorprostenol D9: 1 mg BE Grupo 2 (18) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg cloprostenol+300 UI eCG D9: 1 mg BE IATF: 54-56 h del retiro del DIP	Grupo 1: 11% (2/18) Grupo 2: 56% (10/18)	2.75 - 3
López (2021)	70	Cesar	*Bos taurus* × *Bos indicus*	Grupo 1 (n=35) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg cloprostenol+150 UI eCG D9: 1 mg BE Grupo 2 (n=35) D0: DIP+2 mg CE D7: retiro DIP+150 µg cloprostenol+200 UI eCG+1 mg CE IATF: 52-56 h del retiro del DIP+GnRH	Grupo 1: 63% (22/35) Grupo 2: 40% (14/35)	2.5 - 3.5
Vallejo-Timarán *et al.* (2017)	240	Cauca	*Bos indicus*	Grupo 1 (n=46) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+500 µg cloprostenol + 500 UI eCG D9: 1 mg BE Grupo 2 (n=46) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+500 µg cloprostenol D9: 1 mg BE Grupo 3 (n=46) Restricción de amamantamiento D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+500 µg cloprostenol+500 UI eCG D9: 1 mg BE Grupo 4 (n=46) Restricción de amamantamiento D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+500 µg cloprostenol D9: 1 mg BE IATF: 54 h del retiro del DIP	Grupo 1: 63% (29/46) Grupo 2: 19.5% (9/46) Grupo 3: 59% (27/46) Grupo 4: 37% (17/46)	2.75
Riveros-Pinilla *et al.* (2018)	60	Meta	*Bos indicus*	Grupo 1 (n=30) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg cloprostenol+300 UI eCG+1 mg CE IATF: 48-50 h del retiro del DIP Grupo 2 (n=30) D0: DIP+GnRH D5: retiro DIP+150 µg cloprostenol D5.5: 150 µg cloprostenol IATF: 72 h del retiro del DIP+GnRH	Grupo 1: 33% (10/30) Grupo 2: 47% (14/30)	3 - 3.5

BE=benzoato de estradiol; CE=cipionato de estradiol; D=día; DIP=dispositivo intravaginal de progesterona; eCG=gonadotropina coriónica equina; GnRH=hormona liberadora de gonadotropina; h=horas; IATF=inseminación artificial a término fijo; P_4=progesterona; CC: condición corporal

Cuadro 4. Información detallada de los protocolos de sincronización de la ovulación en vacas lecheras en Colombia, de acuerdo con la información obtenida a partir de los 20 estudios relevantes de análisis (2013-2022)

Referencia	Población (n)	Provincia	Tipo racial	Protocolo	Tasa de concepción	CC
Barco-Santamaría (2018)	36	Cundinamarca	*Bos taurus*	Grupo 1 (n=36) D0: DIP+2 mg BE D8: retiro DIP+150 µg cloprostenol+200 UI eCG D9: 1 mg BE IATF: 54-56 h del retiro del DIP	Grupo 1: 64% (23/36)	3-4
Villarreal-Benavides (2015)	20	Nariño	*Bos taurus*	Grupo 1 (n=10) D0: DIP+GnRH D7: retiro DIP+150 µg cloprostenol D9: GnRH Grupo 2 (n=10) D0: DIP+GnRH D7: retiro DIP+150 µg cloprostenol D9: GnRH IATF: 16 h del GnRH	Grupo 1: 50% (5/10) Grupo 2: 30% (3/10)	3.5

BE=benzoato de estradiol; D=día; DIP=dispositivo intravaginal de progesterona; GnRH=hormona liberadora de gonadotropina; h=horas; IATF=inseminación artificial a término fijo; CC: condición corporal

cepción fue de 51% (140/272; DE=14.2%) para protocolos P_4+E_2+$PGF_{2á}$+eCG. Solo un estudio evaluó el uso de implante auricular de progesterona junto con valerato de estradiol, obteniendo una tasa de concepción del 66% (124/188).

Cinco estudios utilizaron protocolos de sincronización de la ovulación en vacas de cría (Cuadro 3). La tasa de concepción fue 52% (126/242; DE=11.9%) cuando se usaron protocolos P_4+E_2+$PGF_{2\alpha}$+eCG y del 30% (42/140; DE=14%) con protocolos P_4+E_2+$PGF_{2\alpha}$. En vacas lecheras se revisaron dos estudios (Cuadro 4) obteniendo una tasa de concepción de 48% (24/50) con el protocolo de P_4+E_2+$PGF_{2\alpha}$ + ECG y del 11% (2/18) con el protocolo P_4+E_2+$PGF_{2\alpha}$.

Discusión

Se llevó a cabo la revisión de estudios enfocados en la tasa de concepción en hembras bovinas en programas de IATF en Colombia, utilizando por primera vez un enfoque sistemático específicamente definido para este tema. Más allá de abordar la pregunta central de la revisión, se logró identificar diferencias significativas entre razas y vocaciones productivas. Asimismo, se exploraron las variables asociadas con el éxito en la tasa de concepción en el ganado bovino bajo las condiciones colombianas. Este análisis se llevó a cabo mediante la metodología de revisión de alcance (*scoping review*), con el propósito de mapear los conceptos que sustentan este campo de investigación y destacar las principales fuentes y tipos de evidencia disponibles (Arksey y O'Malley, 2005).

En el contexto colombiano se observa que los programas de IATF se implementan tanto en vacas como en novillas cruzadas (*B. indicus* × *B. taurus*). Los resultados obtenidos indican que los cruces de *B. indicus* × *B. taurus* exhiben una respuesta más favorable al protocolo de sincronización, correlacionándose con una mayor tasa de concepción, como se ha evidenciado en estudios previos (Patterson *et al*., 1989; McKinniss *et al*., 2011). Este hallazgo subraya la preferencia por utilizar estos cruces en programas de transferencia de embriones en el país.

El tipo racial menos empleado en programas de IATF fue el de vacas y novillas *B. taurus*. Este fenómeno se atribuye a la preferencia por implementar la IA a celo detectado, práctica común en la mayoría de las lecherías especializadas en el país (Vásquez-Cano, 2015).

En los 20 estudios se identificó que 698 de 1159 hembras en estudio se encontraban gestantes entre los 25 y 60 días después de la IATF. Aquellas hembras que no lograron la gestación en el primer servicio presentaron un nuevo celo y fueron sometidas a un protocolo de resincronización para ser inseminadas nuevamente o expuestas a un toro. Este aspecto notable de la IATF radica en su capacidad para reiniciar ciclos estrales regulares en hembras que no lograron la concepción en el primer servicio, gracias a la acción hormonal del tratamiento (Cerri *et al*., 2009).

Existen diversos protocolos para la sincronización del celo y la ovulación en todo el mundo. En la revisión realizada, se observó que el protocolo más utilizado, tanto por su practicidad como por su tasa de concepción, implica una revisión pre-servicio, colocación de DIPs e inyección de 2 mg de BE en el día 0, seguido del retiro de DIP y aplicación de 2 ml de $PGF_{2á}$ en el día 7, administración de 1 mg de BE en el día 8 y, finalmente, IATF entre las 52 y 56 h después de retirados los dispositivos (día 9). La fertilidad alcanzada con estos tratamientos puede variar, con porcentajes de concepción que oscilan entre 40 y 55% (Zoccolaro-Oliveira *et al*., 2012); sin embargo, es importante destacar que el protocolo puede variar en el uso o no de gonadotropina coriónica equina en el día 8.

El estudio llevado a cabo en el municipio de Marinilla, provincia de Antioquia (Vélez, 2021) reportó la mayor tasa de concepción. Ese estudio incluyó una muestra de 34 vacas de doble propósito, donde el 73% resultó gestante 60 días después de la IATF. El protocolo utilizado involucró la aplicación de P_4+eCG+$PGF_{2á}$. Se destacó que el dispositivo de P_4 contribuyó a mejorar la tasa de concepción al simular la presencia del cuerpo lúteo durante el tiempo de aplicación. En contraste, la inyección intramuscular de P_4 puede ver afectada su biodisponibilidad al no ser de liberación continua.

Se destacó la importancia de aplicar una dosis de eCG (400 UI) 24 horas después de retirar el DIP para mejorar los porcentajes de concepción. La eCG estimula la maduración final del folículo dominante y la ovulación, aspecto que beneficia la tasa de concepción incluso en animales con cría al pie, donde la respuesta a los tratamientos tiende a ser menor, logrando una concepción de hasta el 62% (Shephard, 2013).

Esta revisión presentó tanto fortalezas como limitaciones. Entre sus fortalezas, se destaca la adhesión a un protocolo fundamentado en una pregunta de investigación claramente formulada y delimitada. La elegibilidad de los estudios pertinentes se basó en criterios de inclusión/exclusión predefinidos y precisos. Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica exhaustiva en diversas bases de datos, abarcando tanto bases de datos de propósito general como revistas y trabajos de grado de los últimos 10 años. La elección de este periodo específico se justificó por el incremento exponencial en la implementación de protocolos de sincronización del celo y la ovulación para mejorar la eficiencia reproductiva a nivel mundial durante la última década (Moore y Hasler, 2017). En cuanto a las limitaciones, cabe mencionar que no se abordó la literatura gris (informes, notas técnicas o documentos gubernamentales o académicos indexados por editoriales comerciales), en parte debido a la dificultad asociada con la localización y validez técnica de muchos de estos documentos.

Conclusiones

- Los 20 estudios incluyeron 1464 vacas y novillas, pudiendo realizar una comparación exhaustiva de las tasas de concepción derivadas de los protocolos de sincronización utilizados en Colombia.

- Las vacas de doble propósito alcanzaron las mayores tasas de concepción (53.8%), mientras que las novillas *Bos indicus* registraron las tasas más bajas (37%).
- Si bien un protocolo de inseminación y su eficacia está influenciado por una amplia variedad de factores, se puede afirmar para las condiciones de Colombia que el uso de gonadotropina coriónica equina, debido a su efecto en la maduración final del folículo, ha demostrado aumentar la tasa de concepción.

Literatura Citada

1. ***Aguilar-Sánchez AJ. 2018.*** Validación de un protocolo de sincronización de celo, con inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en ganado doble propósito en la hacienda Surrambay, Chigorodó, Colombia. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Zamorano: Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 24 p.
2. ***Arksey H, O'Malley L. 2005.*** Scoping studies: towards a methodological framework. Int J Soc Res Method 8: 19-32. doi: 10.1080/1364557032000119616
3. ***Baos-Ortega. 2018.*** Implementación de un programa de mejoramiento genético, mediante el uso de la biotecnología de inseminación artificial a tiempo fijo, en la especie bovina en el municipio de Sucre (Cauca). Tesis de Zootecnista. Popayán, Colombia: Univ. Nacional Abierta y A Distancia (UNAD). 63 p.
4. ***Barco-Santamaría LC. 2018.*** Comparación del porcentaje de preñez y días abiertos en vacas Holstein con inseminación artificial a tiempo fijo vs inseminación artificial a celo detectado. Tesis de Zootecnista. Bogotá, Colombia: Univ. La Salle. 33 p.
5. ***Bó GA, Baruselli PS. 2014.*** Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. Animal 8: 144-1450. doi: 10.1017/S175173111-4000822
6. ***Cardoso-Consentini CE, Wiltbank MC, Sartori R. 2021.*** Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. Animals 11: 301. doi: 10.3390/ani11020301
7. ***Cerri RL, Rutigliano HM, Bruno RG, Santos JE. 2009.*** Progesterone concentration, follicular development and induction of cyclicity in dairy cows receiving intravaginal progesterone inserts. Anim Reprod Sci 110: 56-70. doi: 10.1016/j.anireprosci.2007.12.005
8. ***Forero-Soto LT, Camacho-Cárdenas CG. 2020.*** Efecto de sincronización a los 40 y 80 días postparto, sobre la tasa de preñez en vacas Holstein × Gyr. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista. Pereira, Colombia: Univ. Tecnológica de Pereira. 12 p..
9. ***Franco-Jaramillo OA. 2017.*** Evaluación de la tasa de preñez en un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con variaciones en la dosis y tiempo de aplicación de la prostaglandina en novillas cebú comerciales del trópico bajo colombiano. Tesis de Médico Veterinario. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista. 55 p.
10. ***Jerez-Flórez OA. 2020.*** Evaluación de dos protocolos de sincronización de celo a término fijo en hembras bovinas mestizas. Tesis de Zootecnista. Bucaramanga, Colombia: Univ. Nacional Abierta y A Distancia (UNAD). 62 p.
11. ***Kasimanickam R, Kasimanickam V, Kappes A. 2021.*** Timed artificial insemination strategies with or without short-term natural service and pregnancy success in beef heifers. Theriogenology 166: 97-103. doi: 10.1016/j.theriogenology.2021.02.023
12. ***López SM. 2021.*** Comparación de 2 protocolos de inseminación artificial a término fijo con diferentes inductores de ovulación en vacas Brahman y Senepol. Tesis de Médico Veterinario. Caldas, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista. 32 p.

13. ***Martínez MF, Kastelic JP, Colazo MG, Mapletoft RJ. 2007.*** Effects of estradiol on gonadotrophin release, estrus and ovulation in CIDR-treated beef cattle. Domest Anim Endocrinol 33: 77-90. doi: 10.1016/j.domaniend.2006.04.009
14. ***McKinniss EN, Esterman RD, Woodall SA, Austin BR, Hersom MJ, Thatcher WW, Yelich JV. 2011.*** Evaluation of two progestogen-based estrous synchronization protocols in yearling heifers of *Bos indicus* × *Bos taurus* breeding. Theriogenology 75: 1699-1707. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.01.007
15. ***Moore SG, Hasler JF. 2017.*** A 100-year review: reproductive technologies in dairy science. J Dairy Sci 100: 10314-10331. doi: 10.3168/jds.2017-13138
16. ***Narváez-Flórez J, Cárdenas GA, Meza BA, Vallejo JF. 2015.*** Evaluación de la tasa de preñez en dos periodos posparto diferentes utilizando gonadotrofina coriónica equina (eCG) en mercaderes cauca, Colombia. REVIP 4: 45-50.
17. ***Nivia-Osuna A. 2019.*** Evaluación del porcentaje de preñez en vacas Cebú sometidas a un protocolo de IATF utilizando pajillas de la raza Wagyu. Tesis de Administrador de Empresas Agropecuarias. Bogotá: Univ. Santo Tomás. 19 p.
18. ***Patterson DJ, Corah LR, Kiracofe GH, Stevenson JS, Brethour JR. 1989.*** Conception rate in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred heifers after postweaning energy manipulation and synchronization of estrus with melengestrol acetate and fenprostalene. J Anim Sci 67: 1138-1147. doi: 10.2527/jas1989.675-1138x
19. ***Prada JA, Castro JA, Ardila A, Chacón L. 2013.*** Evaluación de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo con variaciones en los días de aplicada la dosis de prostaglandina en novillas Brahman puras y cruzadas. Rev Cienc Anim 6 :161-175.
20. ***Quijano-Pérez LA, Artunduaga-Romero J, López-Rojas R. 2015.*** Evaluación de dos protocolos de inseminación artificial a término fijo (IATF) con dos inductores de ovulación (benzoato de estradiol y cipionato de estradiol) en vacas raza criollo caqueteño en el departamento del Caquetá. REDVET 16(9). [Internet]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/636/63641-785003.pdf
21. ***Ramos-Rodríguez L. 2013.*** Evaluación de un protocolo de pre-sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con variación en la dosis y el día de aplicación de la prostaglandina, en novillas cebú comercial en dos fincas del municipio de Puerto Salgar (Cundinamarca). Tesis de Maestría. Bogotá, Colombia: Univ. de la Salle. 54 p.
22. ***Riveros-Pinilla DA, Marin-Cossio LC, Parra-Arango JL, Peña-Joya M, Chacón-Jaramillo L, Góngora OA. 2018.*** Comparación de dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas Brahman. MVZ Córdoba 23: 7025-7034.
23. ***Salgado-Otero R, Vergara-Avilez M, Vergara-Garay O. 2015.*** Impacto de la utilización de inseminación artificial con detección de celo e inseminación artificial a término fijo en vacas mestizas manejadas bajo el sistema doble propósito. Rev Cient 25: 57-62.
24. ***Shephard RW. 2013.*** Efficacy of inclusion of equine chorionic gonadotrophin into a treatment protocol for anoestrous dairy cows. New Zeal Vet J 61: 330-336. doi: 10.1080/00480169.-2013.809633
25. ***Silva LJ. 2014.*** Evaluación de dos protocolos para inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) bajo condiciones de trópico amazónico colombiano. Tesis de Especialización en Biotecnología Agraria. Florencia: Univ. Nacional Abierta y A Distancia (UNAD). 65 p.

26. ***Stevenson JS, Britt JH. 2017.*** A 100-year review: practical female reproductive management. J Dairy Sci 100: 10292-10313. doi: 10.3168/jds.2017-12959
27. ***Thatcher WW, Santos JE. 2007.*** Control of ovarian follicular and corpus luteum development for the synchronization of ovulation in cattle. Soc Reprod Fertil 64: 69-81. doi: 10.1530/biosciprocs.6.005
28. ***Toro-García DC. 2020.*** Comparación de dos inductores de la ovulación en un programa de IATF con semen sexado en ganadería de ceba. Tesis de Médico Veterinario. Bucaramanga: Univ. de Santander. 72 p.
29. ***Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, Moher D, et al. 2018.*** PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. Ann Intern Med 169: 467-473. doi: 10.7326/M18-0850
30. ***Vallejo-Timarán DA, Muñoz-Rengifo YA, Chaves-Velásquez CA, Astaíza-Martínez JM, Benavides-Melo CJ. 2017.*** Sincronización de la ovulación en bovinos utilizando gonadotropina coriónica equina con amamantamiento restringido y sin este. Rev Med Vet 35: 83-91.
31. ***Vásquez-Cano JF. 2015.*** Historia de la inseminación artificial bovina en Colombia: 70 años de desarrollo ganadero. Colanta Pecuaria 51: 42-57. [Internet]. Disponible en: https://biblioteca. colanta.-com.co/pmb/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2362
32. ***Vélez C. 2021.*** Resultado de la tasa de preñez alcanzada en vacas doble propósito de pequeños y medianos productores del municipio de Marinilla bajo un protocolo de IATF. Tesis de Médico Veterinario. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista. 42 p.
33. ***Zapata JH. 2021.*** Evaluación de un protocolo de IATF con semen sexado en novillas de dos razas bovinas en el Norte de Antioquia. Tesis de Médico Veterinario. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista. 38 p.
34. ***Zoccolaro-Oliveira L, Martins-Hossepian de Lima V, Slade-Oliveira, Geraldo Alves B, Borges Graff H, dos Santos RM. 2011.*** Fertility rates following fixed-time artificial insemination in dairy heifers in a practical progesterone-based protocol. Acta Sci Vet 39: 1-6.