



**EL USO DE LA LACTOINDUCCIÓN EN GANADO LECHERO COMO
ESTRATEGIA PRODUCTIVA**

KORINA KIM GONZALEZ

JUAN PABLO FLOREZ SANTANA

FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS - MEDICINA VETERINARIA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

**DIPLOMADO DE BIOTECNOLOGÍAS DE LA REPRODUCCIÓN BOVINA Y
EQUINA.**

ROSA ANDREA BARACALDO MARTINEZ

BOGOTA. D.C – 2023

INTRODUCCIÓN

La industria lechera ha intentado optimizar la producción y calidad de la leche para el abastecimiento de la población; pero se ve afectada por distintos factores, uno de ellos es dado por la prioridad de selección a animales de mayor rendimiento lechero, tal criterio ha afectado la fertilidad de los animales, debido a una correlación genética negativa (García, *et al.*, 2020). La infertilidad en hatos lecheros es la causal de mayor importancia para el sacrificio del ganado lechero y además uno de los problemas económicos importantes, ya que los largos periodos de días abiertos ocasionan grandes pérdidas económicas al productor (Sánchez, 2010).

En Colombia se ha registra un 16% de fallas reproductivas en hembras bovinas, donde los problemas que más se presentan con un orden de mayor a menor frecuencia son: síndrome de vaca repetidora, quistes ováricos, infecciones uterinas y abortos (Reinoso & Rodríguez, 2014). Por otro lado, los animales con un mayor rendimiento lechero necesitan demandas metabólicas mucho mayores, las cuales no se compensan en su totalidad, afectando la fertilidad de los animales (García, *et al.*, 2020).

Se han desarrollado algunas técnicas para minimizar estos problemas, una de ellas es la lactoinducción o parto químico, es un proceso donde se emplean hormonas y que es realizado comúnmente en sistemas productivos de leche, como alternativa para animales con problemas reproductivos, fisiológicos o ambientales, no han podido concebir una cría, para asegurar una lactancia adecuada; con esta técnica lo que se busca es aprovechar el potencial productivo de vacas y que se mejore la rentabilidad en los hatos lecheros (Samaniego, 2019).

Las empresas dedicadas a la producción de leche en algún momento se encuentran con algunas problemáticas como lo son pérdidas de lactancias, intervalo entre partos prolongados, celos silenciosos, vacas repetidoras, concepciones nulas, gran número de servicios por concepción; lo que conduce a altos índices de reemplazo, descarte de animales, perdidas productivas y económicas, en ganaderías brasileras, de los motivos por los cuales sacrifican animales, y esto representa un valor en pérdidas para la empresa ganadera (Freitas, *et al.*, 2010).

Por esto es necesario buscar herramientas, para solucionar algunas de estas problemáticas, una de estas es el uso de protocolos de lactoinducción. La inducción de lactancia por medio de hormonas fue desarrollada para reducir la tasa de descarte de animales por problemas reproductivos y prolongar la productividad de los animales, lo cual se ve reflejado en reducción de los costos en lecherías tecnificadas (Aristizábal, 2021).

Este método consiste en simular una lactancia a la que el animal tendría en un caso de un parto natural, iniciando la lactogénesis, que es el inicio de la síntesis y secreción de la leche por las células epiteliales de los alvéolos mamarios (Aristizábal, 2021).

Una vaca promedio puede perder de 0,5 y 1,0 kg de masa corporal al día durante los primeros 60 u 80 días de lactancia natural, lo que indica que la fase de recuperación del animal depende de una ración de materia seca con mayor digestibilidad, valor energético y contenido proteico que pueda satisfacer la demanda de producción de proteína láctea, con un buen manejo en la preparación de la hembra para una lactoinducción se puede evitar la disminución de condición corporal de los animales (Álzate & Cardona, 2019).

Los factores de mayor importancia involucrados en el manejo de la reproducción son la fertilidad, intervalo entre partos, días abiertos, detección de calores y primer servicio después del parto, entre otros (Izquierdo, 2005). Una vaca produce leche en promedio 305 días después del parto (equivalente a 10 meses), lo cual implica que mientras más amplio sea el intervalo entre partos, más tiempo pasará la vaca sin producir leche, o su producción será baja por el tiempo que lleva en producción, adicionalmente durante estos periodos los animales tienen costos en alimentación, manejo y administración (La Torre, 2001).

La actividad ganadera contribuye con la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y el consumo de agua fresca (CA), un día abierto incrementa los costos de producción y la generación de Co₂, NO₂, CH₄ a la atmósfera; el sector ganadero es una fuente importante de ingresos y medios de subsistencia, especialmente para los sectores más pobres del mundo (Berhe et al., 2020). Según un estudio realizado por Benavides, *et al.*, (2016), los parámetros reproductivos como la edad de primer parto y los días abiertos tienen una fuerte influencia sobre la dinámica del animal en el hato, afectando su productividad, emisiones de gases de efecto invernadero y consumo de agua (Benavides, *et al.*, 2016).

Cerca de 500 millones de toneladas métricas/año de metano ingresan a la atmósfera debido a actividades antropogénicas y fenómenos naturales (Carmona, *et al.* 2005). El aumento de la demanda de alimentos de origen animal genera un aumento en el número de animales y la intensificación de la ganadería, esto aumentará la contribución del sector ganadero a las emisiones globales de gases de efecto invernadero. (Berhe, *et al.*, 2020).

Algunos autores mencionan que las emisiones de gas metano por el ganado bovino, están estimadas en 58 millones de toneladas/ año, lo que representa el 73% del total de emisiones (80 millones) de todas las especies domésticas. (Carmona, *et al.* 2005).

OBJETIVO GENERAL

Realizar una revisión bibliográfica actualizada con el propósito de identificar los diversos protocolos de lactoinducción utilizados en ganado de leche, y analizar las ventajas y desventajas asociadas con el uso de esta técnica productiva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar una búsqueda de protocolos de lactoinducción disponibles en la literatura científica y fuentes especializadas.

2. Profundizar en el proceso de mamogénesis y examinar las hormonas implicadas en la lactancia.
3. Determinar la importancia del uso de los protocolos de lactoinducción en vacas problema.
4. Desarrollar una propuesta que contemple los costos asociados a la implementación de la lactoinducción en sistemas de producción lechera

RESUMEN

La producción de leche está influenciada por muchos factores, como los fisiológicos, ambientales, nutricionales y genéticos. Así como la importancia de saber los procesos fisiológicos del animal como lo es la mamogénesis, y como esta lleva a cabo la lactogénesis. Por ende surgió como alternativa para evitar las pérdidas económicas que afectan a la ganadería lechera, la lactoinducción para “vacas problema” o con periodos secos muy largos. La inducción de la lactancia permite simular la lactancia natural y también promueve la producción de leche sin un desgaste significativo del animal, pero para ello es importante conocer las hormonas indicadas en el proceso y la fisiología de la lactogénesis.

ABSTRACT

Milk production is influenced by many factors, such as physiological, environmental, nutritional and genetic factors. As well as the importance of knowing the animal's physiological processes such as mammogenesis, and how it carries out lactogenesis. Therefore, lactoinduction for "problem cows" or cows with very long dry periods has emerged as an alternative to avoid the economic losses that affect dairy farming. Lactation induction allows simulating natural lactation and also promotes milk production without significant wear of the animal, but for this it is important to know the hormones indicated in the process and the physiology of lactogenesis.

Palabras Clave: Lactoinducción, inducción, hormonas, lactancia, ganadería lechera,

METODOLOGIA

Se realizará una exhaustiva búsqueda de protocolos de lactoinducción en vacas, utilizando motores de búsqueda confiables que ofrezcan información verídica y precisa para llevar a cabo esta revisión bibliográfica. Las bases de datos seleccionadas para el desarrollo de esta investigación serán Science Direct, Google Scholar, Wiley Online Library - Reproduction in Domestic Animals, Oxford Academic, y el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional.

Los criterios de inclusión para los artículos, investigaciones y estudios que se utilizarán en esta revisión bibliográfica serán aquellos que contengan información relevante sobre el uso de la lactoinducción, protocolos específicos, historia, técnicas, metodologías, ventajas y desventajas, así como los últimos avances sobre el tema para asegurar la presentación de

información actualizada. Cualquier artículo que no cumpla con estos parámetros será descartado para la realización de esta monografía.

La búsqueda de información se realizará principalmente en inglés, portugués y español. Los términos clave para la elaboración de la investigación son los siguientes:

- **Inducción artificial de la lactancia en bovinos / Artificial induction of lactation in cattle / Indução da lactação em vacas**
- **Protocolos de lactoinducción / Lactation protocols / Protocolos de lactação**

MARCO DE REFERENCIA

La leche es una solución acuosa de lactosa, constituida principalmente por agua, lípidos, azúcar, proteínas, sales orgánicas e inorgánicas, caseínas, lípidos, vitaminas, minerales como calcio, fósforo, selenio entre otros; esta secreción es característica de animales mamíferos, y su función es satisfacer los requerimientos nutricionales del neonato; teniendo en cuenta el aporte nutricional de la leche, esta ha sido un componente fundamental de la alimentación a nivel mundial ya que los humanos han consumido leche de otras especies hace alrededor de 8000 años (Fox, 2008).

La producción láctea se ve afectada por diversos factores, incluyendo aspectos fisiológicos, ambientales, nutricionales y genéticos, la edad y la raza de las vacas también influyen en la producción de leche, ya que a medida que las vacas envejecen, su producción láctea tiende a disminuir (Tančin, 2018), adicionalmente el tipo de raza presentan características genéticas distintas que influyen en la cantidad y calidad de la leche producida. Un ejemplo claro de esto se puede observar en las vacas Holstein, que producen mayores volúmenes de leche con un porcentaje de grasa menor, en contraste con las vacas Jersey, que producen menor cantidad de leche, pero con un mayor porcentaje de grasa (Álzate & Cardona, 2019).

La leche es secretada por la glándula mamaria, la cual está modificada y dividida en cuatro cuartos, cada uno de ellos siendo una unidad funcional independiente que drena la leche a través de su propio canal (Samaniego, 2019). El desarrollo de la glándula mamaria comienza durante el desarrollo embrionario y se alinea a lo largo de la "línea mamaria", que se encuentra paralela a la línea alba (Sánchez, 2010).

El diseño de la glándula mamaria está hecho para producir leche y ofrecerle de una forma fácil al ternero recién nacido (Samaniego, 2019), la anatomía básica de la glándula mamaria está descrita con 4 glándulas separadas, cada una con su pezón respectivo, cisternas y alvéolos (Figura 1); estas tienen tejido conectivo y secretorio, del número de estas células secretoras depende la producción de leche (Sánchez, 2010).

Desarrollo de la glándula mamaria

El desarrollo de la glándula mamaria tiene dos procesos:

Crecimiento de la glándula mamaria: el crecimiento de la glándula mamaria se desarrolla en 5 etapas, las cuales son: fetal, después del nacimiento, pubertad, gestación y lactancia (Tabla 1).

Secreción de la leche: la lactancia normalmente se da después de la preñez por efecto de la oxitocina y prolactina, pero también se puede provocar de manera artificial, en el caso de la lactoinducción, en rumiantes que no están preñados, el crecimiento mamario está dado por los estradiolos ováricos (David, 2007).

Para entender la fisiología de la glándula mamaria de la vaca es indispensable entender la importancia de efectos endocrinos para la producción de leche y el desarrollo de la glándula mamarias o mamogénesis, la lactogénesis o el inicio de la lactancia y el mantenimiento de la misma llamada galactopoyesis (Reinoso & Rodríguez, 2014).

La fisiología de la lactación abarca el desarrollo de la glándula mamaria desde la etapa fetal hasta la edad adulta. El crecimiento de la glándula mamaria es estimulado por la hormona de crecimiento (HC) y la prolactina (PRL), esteroides adrenocorticales, estrógeno y progesterona, gastrina y secretina del sistema gastrointestinal. Una de las características del inicio de la lactancia es aumento del volumen sanguíneo, producción cardiaca, flujo sanguíneo mamario y flujo sanguíneo a través del flujo sanguíneo hepático y gastrointestinal, que proveen a la glándula mamaria con nutrientes y hormonas para la síntesis de leche (Aristizábal, 2021).

MAMOGENESIS

Se define como el desarrollo y crecimiento mamario, para un óptimo desarrollo de la glándula mamaria es indispensable la aparición de factores autocrinos y paracrinos (Reinoso & Rodríguez, 2014). El tejido glandular se puede identificar de forma temprana en el desarrollo embrionario del animal, porque se evidencian agrupaciones celulares que forman las crestas mamarias, que en el futuro serán conductos (Samaniego, 2019), en la gestación existirán cambios significativos para el desarrollo de la glándula mamaria, hasta después del día 180 de gestación, donde el feto tiene una ubre desarrollada en su totalidad, con cuatro glándulas separadas, ligamento medio, pezones y cisternas (Tabla 1) (Sanchez, 2010).

Después del nacimiento el proceso de desarrollo continúa, y es limitado a el crecimiento de células epiteliales mamarias en la almohadilla grasa y la aparición de pequeños conductos glandulares (Samaniego, 2019). Una vez la hembra llegue a la pubertad, existirá un aumento en el tejido glandular, esto por efecto endocrino, en donde participa la prolactina, la hormona del crecimiento, la insulina y los glucocorticoides, que en conjunto del eje hipotalámico – hipofisario – gonadal, inicia a sus primeros ciclos estrales (Reinoso & Rodríguez, 2014).

LACTOGÉNESIS

La lactogénesis es la capacidad de generar lactosa, y está determinada por un periodo de transición en el cual se lleva a cabo la diferenciación funcional de los tejidos mamarios, que inicialmente tienen un estado no lactante (no secretorio) a lactante, (secretorio). Este proceso se divide en dos partes: (Olivera, *et al.*; 2021)

Lactogénesis I

Es la fase en la cual se da la diferenciación celular, y enzimática, que lleva a cabo un estado pre secretorio, y se lleva a cabo la calostrogénesis, que está compuesto por fracciones de la leche e inmunoglobulinas maternas. En el parto, el número y el tamaño de algunas células aumenta (Tabla 2) y aparecen vesículas secretoras (VS) y gotas lipídicas que son liberadas posteriormente al lumen alveolar (Olivera, *et al.*; 2021).

Lactogénesis II

En la cual se lleva a cabo la secreción copiosa de la leche, esta inicia en los últimos cuatro días pre parto y se alarga hasta 2 o 3 días después de este. Al inicio disminuye el nivel plasmático inhibitorio de la progesterona y se incrementan las concentraciones sanguíneas de prolactina, glucocorticoides y estrógenos asociados al parto y se completa el cierre de las uniones estrechas entre los lactocitos (Olivera, *et al.*; 2021).

Hormonas de la lactogénesis

Las principales hormonas que intervienen en la lactogénesis son la progesterona, prolactina, hormona del crecimiento, estradiol y glucocorticoides. Se ha demostrado que los 2 principales reguladores de la diferenciación estructural son la prolactina y los glucocorticoides. La prolactina estaría asociada a la diferenciación y maduración del aparato de Golgi y los glucocorticoides con el desarrollo del retículo endoplásmico (Recabarren, 2002). La P4 (progesterona) tiene elevadas concentraciones en el proceso de gestación, esto ocasiona el aumento de los lactocitos y todo el proceso celular. Cuando la vaca entra al parto, se elevan las concentraciones de glucocorticoides, corticosterona y cortisol. (Olivera, *et al.*, 2021).

Estrógenos

El aumento de estradiol puberal y el de la primera preñez es necesario para que las células epiteliales respondan posteriormente a la PRL y a los glucocorticoides. En la vaca, los estrógenos aumentan lentamente durante la mayor parte de la preñez, con un aumento importante en el periodo pre parto, y seguido a esto con la lactogénesis (Recabarren M, S, 2002).

Durante la preñez, el estradiol se une principalmente a las células epiteliales y al estroma. El rol del estradiol en el inicio de la lactancia ha quedado demostrado en varios estudios donde la administración exógena de pequeñas concentraciones estradiol y progesterona por solo 7 días a vacas no lactantes y no preñadas induce la secreción de leche, con una producción de más del 60% en comparación a grupo control o las lactancias previas (Recabarren M, S, 2002).

Estradiol

Es una hormona producida por las glándulas adrenales de la vaca, se encarga de que durante cada ciclo estral se forme un único oocito maduro, además activa la producción de LH para la ovulación de este, también prepara la zona del endometrio no solo para la implantación del futuro embrión, sino también promueve la entrada y movilidad de espermatozoides reduciendo la viscosidad del moco cervical (Samaniego, 2019).

En la glándula mamaria el estradiol estimula el sistema de conductos mamarios, y en acción sinérgica con la progesterona, desarrolla ductos, lóbulos y alvéolos (tejido secretor), esenciales para la producción y almacenamiento de la leche (Morales, 2018).

Progesterona

Es una hormona esteroidea, producida por el cuerpo lúteo, la placenta y las glándulas adrenales, su secreción es mediada por la LH a nivel del eje hipotalámico hipofisiario en el momento de la ovulación (Sánchez, 2010). La progesterona es una hormona liposoluble esencial para el desarrollo del endometrio y es sintetizada a partir del colesterol sanguíneo (Reinoso & Rodríguez, 2014).

Las funciones principales de la progesterona como su nombre lo dice es mantener la gestación, debido a que inhibe la secreción de FSH Y LH (Reinoso & Rodríguez, 2014); en la glándula mamaria se encarga del desarrollo y proliferación de tejido secretor (alvéolos y lóbulos) (Sánchez, 2010), además es un precursor en la síntesis de andrógenos, estimula el instinto materno y la producción de secreciones uterinas, también es utilizada para la sincronización celo en ganado (Samaniego, 2019).

Dispositivos intravaginales a base de progesterona (CIDR)

Los CIDR (Control Internal Dispositive of Reproduction) son dispositivos hechos a base de progesterona y su forma de aplicación es intravaginal, su función es simular el funcionamiento del cuerpo lúteo y está indicado en protocolos de sincronización en vacas, actual liberando progesterona en la mucosa vaginal donde será absorbida, para inhibir la secreción de FSH Y LH por una retroalimentación negativa a nivel del eje hipotalámico hipofisiario, frenando la ovulación y la aparición del celo (Samaniego, 2019).

Oxitocina

El reflejo de eyección de leche es altamente sensible y puede inhibirse durante situaciones estresantes en la hembra lactante. Después de varios estudios ha sido demostrado el valor del buen estímulo en la rutina de ordeño y el compromiso de la oxitocina. También el pre-estímulo y estímulo táctil durante el ordeño en la vaca lechera (Glauber, 2007).

El vaciamiento de la mama, que como se mencionó anteriormente es fundamental para estimular la producción de leche. Este mecanismo está regulado por varios componentes: capacidad de almacenamiento, capacidad de vaciado y contenido de grasa al inicio y al final del ordeño (Olivera, *et al.*; 2021).

Secreción de oxitocina: La producción de leche se produce a través de impulsos sensoriales o estimulación neurológica provocada por la visualización del ternero, la manipulación o masaje de la ubre, y otros estímulos. Este estímulo es transportado desde el sistema nervioso, y este a su vez libera a la sangre la hormona oxitocina, que actúa sobre las células de la glándula mamaria y estimula el flujo de leche (Aristizabal, 2021).

Glucocorticoides (Dexametasona)

Los glucocorticoides son producto de la capa más externa de las glándulas adrenales (Sánchez, 2010), con un 95% de función de glucocorticoide el principal es el cortisol, este proviene del colesterol y es liberado como respuesta al estrés por influencia de la ACTH en procesos traumáticos, infecciosos, frío, calor, entre otros; Es un excelente antiinflamatorio porque inhibe la producción de prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos, evitando la vasodilatación y extravasación (homeostasis) (Samaniego, 2019).

Aunque es bien sabido que los glucocorticoides en producción tienen una acción negativa, debido a que alteran negativamente en el eje hipotalámico hipofisario adrenal en condiciones de estrés, estos tienen acción directa en la esteroidogénesis y la oogénesis (Samaniego, 2019), además el cortisol es necesario para una buena producción láctea, ya que la captación en la glándula mamaria aumenta el doble en la lactancia, demostrando que son importantes para el proceso de lactogénesis y desarrollo del tejido glandular, algunos glucocorticoides sintéticos, como la dexametasona se han usado en protocolos de lactoinducción ya que se han reportado incrementos en la producción de leche, llegando al 14 a 48 % (Sánchez, 2010).

Somatotropina bovina (rBST)

Es una hormona proteica producida en la neurohipófisis (pituitaria) en pequeñas cantidades, para la regulación de procesos metabólicos como cualquier hormona, en la década de los 70 se sintetizó esta hormona usando tecnología del ADN recombinante, creando la somatotropina recombinante bovina (rBST), se creó con el fin de aumentar la producción de

leche, ya que aumenta la síntesis láctea sin alterar su composición, aumentando el consumo y paso de nutrientes por vía sanguínea, aumenta actividad y número de células secretoras (Rodríguez, 2016).

Con la aplicación de somatotropina exógena se ha visto un incremento en la producción de todas las razas de ganado lechero, alrededor de un 10 a un 15%, sin importar estado de paridad y potencial genético, este mejoramiento (Sánchez, 2010).

Bases fisiológicas del tratamiento inductor

Antes de iniciar un protocolo de lactoinducción es importante tener en cuenta ciertos aspectos como, la selección de los animales que trataremos, lo ideal es escoger animales con un buen mérito genético y una buena condición corporal, ya que el tratamiento suele dar mejores resultados en animales con un nivel óptimo de proteína en su dieta, se prefieren animales repetidores o en anestro con una buena salud de su glándula mamaria (Preeti, *et al.* 2017).

Se deben utilizar vacas infértiles y novillas que deben tener edad y peso para el primer servicio, que por manejo u otra razón no han quedado preñadas. Se buscará replicar el estadio hormonal similar al que se encuentra la vaca en este período, como se ha demostrado previamente (Rodríguez, 2012).

Dentro de los criterios de selección de animales que se deben tener en cuenta para que sean ingresados a un protocolo de lactoinducción, no deben ser animales viejos (> 9 años), debido a que la producción disminuye con la edad y adicionalmente el uso de estas hormonas puede generar deficiencias minerales (calcio), animales con periodos secos de más de 6 meses, debido a que la producción no va a ser la ideal, la células secretoras pueden estar rodeadas de grasa (Rodríguez, 2012).

Lactoinducción

La inducción de la lactancia artificial es una técnica que se logra mediante la administración de hormonas exógenas a las vacas que no logran iniciar una nueva lactancia después de un período seco (González, *et al.*, 2022), está pensada para reducir la tasa de desechos, prolongar la vida productiva de las vacas y reducir los costos de producción (Samaniego, 2019).

La lactoinducción permite simular una lactancia “natural” y además favorece la producción de leche sin que el animal sufra un desgaste significativo. Esta técnica se podría emplear para que la espera de la lactancia sea más corta, los problemas reproductivos que son motivo de preocupación para los ganaderos y para todas las personas que trabajan en este sector, además ayuda a disminuir las pérdidas económicas que traen al hato los problemas reproductivos, infertilidad y sacrificio (Jasrotia, *et al.*, 2022). Desde años atrás se han hecho muchos esfuerzos para eliminar estas enfermedades mediante protocolos de manejo y vacunación, pero no ha sido posible evitar la difusión y hoy en día son los problemas más comunes en la producción bovina. (Álzate & Cardona, 2019)

Generalmente en los protocolos de lactoinducción se hace uso de 2 hormonas, cipionato de estradiol y benzoato de estradiol específicamente, ambas son derivados semisintéticos del Estradiol-17 β de metabolismo lento (Sarmiento, 2013). Existen 2 receptores en el organismo para el Estradiol-17 β , receptor a estrógenos β y receptor a estrógenos α , ambos tienen funciones importantes en el organismo, las funciones más importantes hablando desde un punto de vista productivo las tienen los receptores de estrógenos tipo β , ya que estos se encuentran en la glándula mamaria de la vaca, y desde un punto reproductivo, los receptores a estrógenos tipo α ya que la mayoría de estos se encuentran en el endometrio y en una menor proporción en glándula mamaria de la hembra (Reinoso & Rodríguez, 2014)

Los pioneros en la técnica de lactoinducción fueron Walker y Stanley, quienes en 1941 indujeron la lactancia por medio del uso de E2, con resultados positivos, trascendiendo así los primeros informes sobre lactoinducción. Malpress en 1947 realizó protocolos que duraban alrededor de 9 meses y además usaba altas dosis de hormonas, porque tenía la creencia de que se necesitaban usar los protocolos por largos periodos para un mejor desarrollo de la glándula mamaria, pero, lo que causaba era molestias en los animales y además de un manejo exhaustivo para los animales (Pestano, 2017). Con el objetivo de reducir las pérdidas en reproducción, los primeros estudios fueron desarrollados con el fin de determinar si era posible simular el último tercio de gestación, a través de aplicaciones de hormonas sintéticas, para ello era indispensable tener conocimiento sobre la fisiología de la glándula mamaria, teniendo en cuenta cada etapa del desarrollo y sustancias que actúan en la síntesis del calostro y la leche. (Mendes, et al., 2021)

Agregar la aplicación de dexametasona al protocolo los días 18 y 20 en 1975 por Collier aumentó los niveles de prolactina y aumentó la producción de leche (Mendes et al., 2021). Su estudio fue diseñado para imitar los altos niveles de estos esteroides observados durante los últimos 2 meses de gestación en vacas, ya que es cuando ocurre el mayor desarrollo de la glándula mamaria, lo que sugiere que otros autores han usado progesterona, que está asociada con el estrógeno, la lactancia más cerca de lo normal es posible (Aristizábal, 2021).

Existen otras técnicas, en el caso de dispositivos intravaginales y esponjas impregnadas de hormonas. Davis en 1983, utilizó un dispositivo que contenía 500 mg de estradiol-17 β y 1000 mg de progesterona disueltos en 40 ml de etanol, además de esto las vacas también recibieron inyecciones de dexametasona para aumentar niveles de prolactina y reserpina, para evitar que sea inhibida la prolactina (Pestano, 2017).

Las vacas mostraron llenado de la ubre al día 12, después de haberse instaurado el dispositivo, lo que demuestra que por medio de dispositivos es posible lacto inducir animales, pero no se ha realizado una buena investigación sobre el tema (Mendes, *et al.*, 2021).

Magliaro en 2004 y Macrina en 2011 evaluaron la factibilidad de incorporar somatotropina bovina al protocolo, Magliaro realizó la aplicación en el día 37 ± 20 y Macrina la realizó en

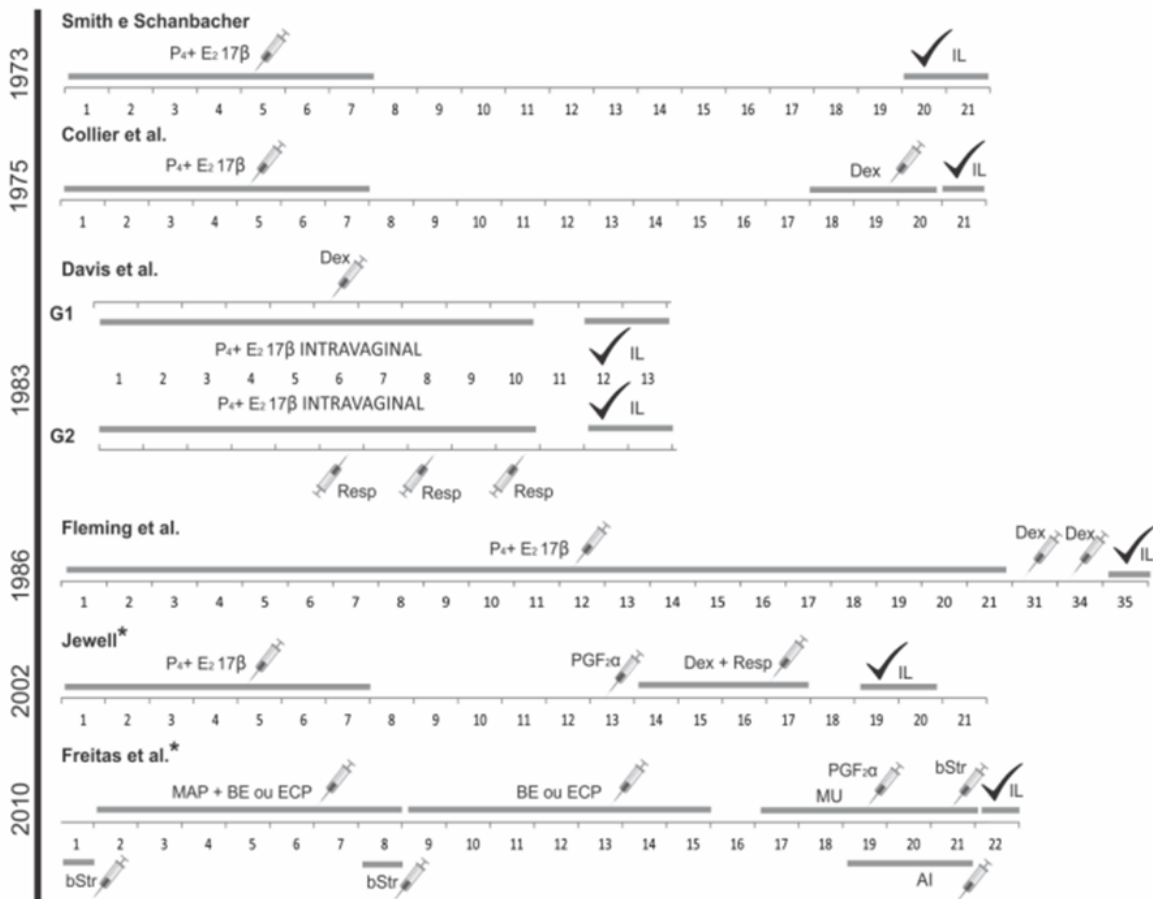
el día 25 ± 7 , ambos en el protocolo de 7 días de Smith y Schanbacher, manteniendo aplicaciones cada 14 días; ambos autores comentan resultados positivos, aunque depende de varios factores como el económico, esto en cuanto a que es más costoso producir leche con este protocolo (Mendes, *et al.*, 2021). Las vacas que recibieron la somatotropina bovina tuvieron un incremento en producción de leche, desde 17.8% al 36%, demostrando que es ventajosa (Pestano, 2017).

Mellado en el 2006 aumentó las dosis de estradiol y progesterona, así como la duración del protocolo, que fue de 21 días. El protocolo incluía dosis de estrógeno, progesterona, flumetasona, prostaglandina y bSTr. (Corradi, *et al.* 2010). Utilizando cipionato de estradiol asociado con progesterona durante los días 2 a 8 del inicio del tratamiento, cipionato de estradiol en los días 9 a 15, somatotropina bovina en los días 1, 8, 15 y 21, prostaglandina el día 16 y flumetasona los días 19 y 21, el resultado de este estudio fue que se pudieron obtener más sólidos totales en leche, asemejándose más a una lactancia natural (Mendes, *et al.*, 2021).

Actualmente el protocolo más utilizado fue realizado por Freitas en el 2010, que realizó el estudio de 2 protocolos de 21 días en 2 grupos de animales, uno para cada grupo, la diferencia que tenían estos protocolos era la cantidad de estradiol y la cantidad de veces que se aplicó; el grupo 1 se le realizó el protocolo con menor cantidad de estradiol (0,075 mg/kg) y menor número de aplicaciones (días 2 a 8), al grupo 2 se le realizó el protocolo con mayor cantidad de estradiol (0.71 mg/kg) y mayor número de aplicaciones (días 2 a 15); el resultado de este estudio demostró que el grupo 2, que obtuvo una mayor cantidad de estradiol, se produce más leche, esto debido que los estrógenos y la progesterona son fundamentales en el desarrollo de los conductos mamarios y el lóbulo alveolar de la glándula mamaria (Mendes, *et al.*, 2021).

Figura 2

Evolución de los protocolos de lactoinducción a lo largo de los años.



Nota: Indução da lactação em vacas: perfil endócrino e de marcadores inflamatórios (Pestano, 2017). P₄: Progesterona; E₂: Estradiol-17β; Dex: Dexametasona; IL: Início de la lactancia; PGF₂α: Prostaglandina F₂α; Resp: Reserpina; bStr: Somatotropina bovina recombinante; MU: Masaje de la ubre; AI: Acetato de isoflupredona; G1 y G2: Grupos 1 y 2.

Mellado en el 2014 demostró que es posible someter 2 veces seguidas a una lactoinducción a una vaca, sin tener repercusiones en la producción del animal y la duración de la lactancia, sin embargo se debe respetar el periodo seco previo de 45 días, con el fin de que se regenere el tejido secretor para la próxima lactancia; luego de lo anterior no se han hecho más investigaciones o estudios acerca de protocolos de lactoinducción; en Brasil comentan realizar un masaje en la ubre por 5 días, esto para que haya liberación prolactina endógena, pero no se ha investigado más a fondo (Pestano, 2017).

En Colombia se han realizado varias prácticas, específicamente en el Centro de Investigación Tibaitatá, en donde se empleó alfa estradiol y progesterona vía intramuscular por 10 días en 8 vacas, además se aplicó dexametasona a 4 de ellas. Finalmente, los animales respondieron bien al protocolo, pero se mejoró la producción significativamente en las hembras que se usaron para la aplicación de dexametasona. Otros protocolos similares se han usado en

Palmira con vacas y novillas Holstein y en la Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales (Álzate & cardona, 2019).

METODOS Y TECNICAS DE TRABAJO

Costos protocolos

En el CIDT de la FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA (Uniagraria), se realizó una investigación del protocolo de lactoinducción utilizado en las vacas de la finca, instaurado por el Dr. Oscar Ospina, se encontró lo siguiente, en primera instancia los materiales utilizados fueron:

- Grafoleon 20 ml (Progesterona): 59.900 COP/15.1 \$US (Ceba, 2023).
- Gestavec 10 ml (Benzoato de estradiol): 14.600 COP/3.70 \$US (Ceba, 2023).
- Decadron 2 ml (Dexametasona): 37.900 COP/9.6 \$US (Cruz verde, 2023).
- Oxitocina 10 ml: 6.800 COP/1.7 \$US (Ceba, 2023).
- Lactotropina 1.4 ml: 26.400 COP/6.6 \$US (Ceba, 2023).

El protocolo de lactoinducción tenía una duración de 23 días. Sin embargo, se propone a criterio el suministro de lactotropina los días 34 y 48. Y se administró de la siguiente manera:

- Al iniciar el protocolo se suministra en el día 1 una dosis de lactotropina vía subcutánea; después, se suministra Grafoleon 2 ml/100 kg y Gestavec 1 ml/100 kg por vía subcutánea durante 10 días consecutivos, de igual forma en el día 10 se administra otra dosis de lactotropina. Seguido a esto, se administran 5 ml de decadron en los días 18, 19 y 20 vía intramuscular, en el día 20 complementando con 1 dosis de lactotropina. Y finalmente se suministra al momento del ordeño en los días 21, 22 y 23 se le suministra al animal 5 ml de oxitocina vía intramuscular.

Tabla 3

Costo promedio de protocolo de lactoinducción por animal

PESO PROMEDIO DE VACA HOLSTEIN: 580KG

PRESENTACION / \$	DOSIS / \$	TOTAL \$	# PRODUCTOS / \$	TOTAL PROTOCOLO (COP/\$US)
<i>Grafoleon</i> <i>20 ml /59.900 COP</i>	11.6 ml / 34.742 COP	347.420 COP	6 frascos / 359.400 COP	843.000 COP / 213.2 \$US
<i>Gestvec</i> <i>10 ml / 14.600 COP</i>	5.8 ml / 8.460 COP	84.600 COP	6 frascos / 87.600 COP	

<i>Decadron</i> 2 ml / 37.900 COP	5 ml / 94.750 COP	284.100 COP	8 ampollas / 303.200 COP
<i>Oxitocina</i> 10 ml / 6.800 COP	5 ml / 3.400 COP	10.200 COP	2 ampollas / 13.600 COP
<i>Lactotropina</i> 1.4 ml / 26.400 COP	1.4 ml / 26.400 COP	79.200 COP	3 dosis / 79.200 COP

Nota: Costos en pesos colombianos (COP) y dólares (\$US) de protocolo de lactoinducción promedio por animal (Ceba, 2023) (Cruz verde, 2023). Presentación/\$: Presentación del producto en mililitros y su precio comercial; Dosis/\$: Dosis necesaria del producto y precio de la dosis; Total \$ dosis: Precio total según las dosis aplicadas en el protocolo; # Productos / \$: Numero de productos necesarios para llevar a cabo el protocolo de lactoinducción y suma total de cada uno.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, es importante saber que existe una alternativa para reducir las pérdidas reproductivas, productivas y económicas en una producción, implementando una técnica llamada lactoinducción que se basa en alcanzar concentraciones hormonales semejantes a las que se presentan en el final de una preñez natural, empleando hormonas como la progesterona, estrógenos, glucocorticoides y oxitocina para lograr un efecto mamogénico y lactopoyético sin que la hembra deba pasar por un proceso de gestación. (Álzate & Cardona, 2019)

Las hormonas involucradas en la inducción de la lactancia son : la oxitocina que genera el descenso de la leche, los estrógenos que son los responsables del desarrollo mamario, promoviendo el crecimiento de ductos y canales (González *et al.*, 2022) , corticoides que estimulan la síntesis de hormonas tales como la oxitocina y la progesterona que tiene como función el crecimiento mamario, sostener la preñez y coordinar los canales alveolares que son los encargados de la producción de leche, y por último la prolactina que estimula el crecimiento mamario, desarrollo alveolar y de los conductos. (Aristizábal, 2021)

La aplicación de hormonas es indispensable en un protocolo de lactoinducción, ya que estas ayudaran en el proceso de desarrollo de tejido secretor de la glándula mamaria de la vaca, existen varias combinaciones para inducir la lactancia en el ganado; P4 + E2 estimularan el desarrollo de alveolos y lóbulos; se pueden agregar glucocorticoides actúan sinérgicamente con la P4 y los E2 para iniciar la galactogénesis, mejorando aún más la producción de leche. (Lakhani, *et al.*, 2017)

Manejo antes y después del tratamiento.

Los problemas reproductivos son la principal causa de desecho de los bovinos, estos provocan la eliminación del 20% de las vacas, un 15% problemas de ubre (mastitis), un 14% a problemas podales y entre un 8 y 10% por problemas respiratorios (Silva, 2003).

La palpación rectal es un factor diagnóstico determinante para saber si están preñadas antes de iniciar el protocolo de lactoinducción. Se deben examinar todos los cuartos de la ubre, con la finalidad de detectar signos de alguna patología. Si se observaran signos de infección o si la vaca tiene historia previa de mastitis, se deberían tratar todos los cuartos con un producto apropiado para vacas secas (Rodríguez, 2012).

Las vacas que entran en el protocolo deben apartarse de otras vacas durante el tiempo que dura el protocolo y 2 a 3 semanas después del mismo. La mayoría de los animales tratados exhibirán un incremento de la conducta estral como resultado de las hormonas y se deberían tomar precauciones para evitar posibles lesiones a los animales tratados, así como a sus compañeras (Silva, 2003).

Revisión sistemática y analítica

Hoy en día la selección genética, la producción de altos volúmenes de leche por animal, el manejo nutricional, ha afectado negativamente la fertilidad de los hatos lecheros, lo que aumenta la depreciación de los animales, la tasa de descarte y reposición, afectando directamente el estado de pérdidas y ganancias (PyG) (Freitas, *et al.*, 2010); una estrategia para reducir este tipo de problemas es el uso de protocolos de lactoinducción, que permiten a la vaca iniciar una lactancia mejorando la rentabilidad y eficiencia económica, cerca del 85% de los animales sometidos a este proceso inician una lactancia, adicionalmente se ha demostrado una mejoría en la fertilidad y tasas de preñez. (Luz, *et al.*, 2020).

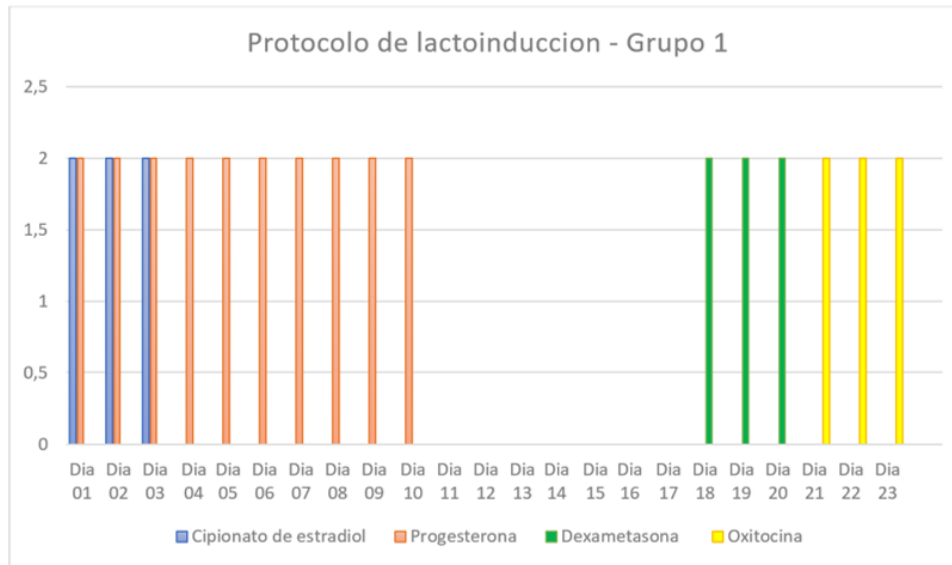
Existen distintos protocolos de lactoinducción para usar en vacas o novillas; en vacas se ha empleado la aplicación de progesterona, estrógenos (cipionato de estradiol) y glucocorticoides (dexametasona), la oxitocina también ha sido usada para favorecer la lactogénesis y somatotropina. Y en cuanto a las novillas se usa benzoato de estradiol, progesterona, dexametasona y oxitocina. Las diferencias existentes entre uno y otro son la dosis y momento de aplicación, aunque suelen ser de 22 días e incluyen el primer día de ordeño, obteniendo hasta un 100% de éxito (Álzate & Cardona, 2019), se ha prestado atención esta técnica ya que además de la producción de leche, ha habido informes de gestaciones en vacas destinadas al sacrificio por infertilidad (García, *et al.* 2020).

Hay varios protocolos de lactoinducción en la literatura, con diferentes hormonas, fármacos, tiempos de aplicación, duración, unos con mejores tasas de éxito y producción de leche que otros, David en el 2007 realizó un estudio con 15 animales (12 vacas y 3 novillas) y puso a prueba 2 protocolos, uno para vacas y otro para novillas, para el grupo 1 (vacas) (Figura 3) se utilizó progesterona, cipionato de estradiol, dexametasona y oxitocina; en cuanto al grupo

2 (novillas) (Figura 4) se utilizó benzoato de estradiol, progesterona, dexametasona y oxitocina.

Figura 3

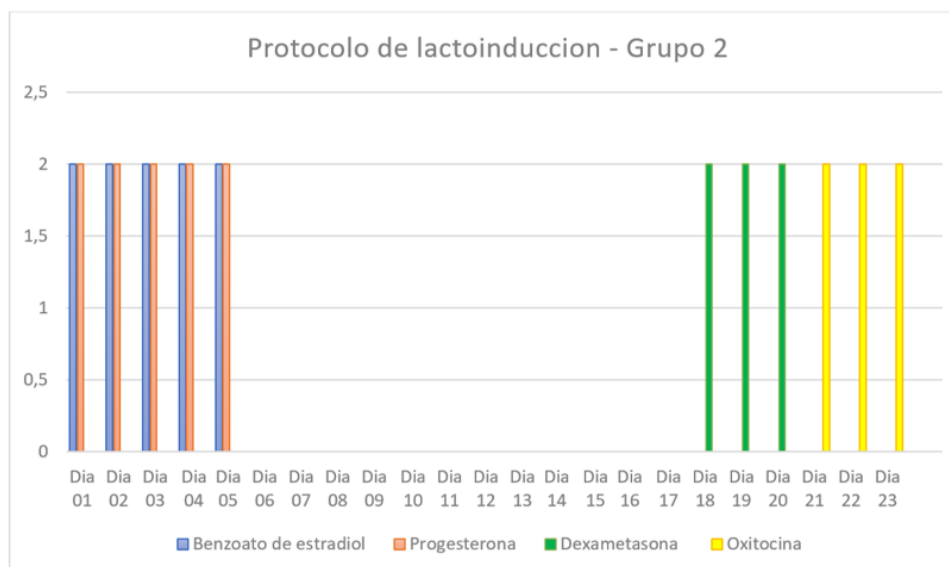
Protocolo de lactoinducción para vacas (grupo 1) de David, 2007



Nota: Adaptado de David, 2007. Dosis utilizadas en su estudio: cipionato de estradiol 20 mg/kg/SID/SC, progesterona 0.30 mg/kg/SID/SC, dexametasona 0.02 mg/kg/SID/IM y oxitocina 50 U.I/SID/IM (David, 2007).

Figura 4

Protocolo de lactoinducción para novillas (grupo 2) de David, 2007



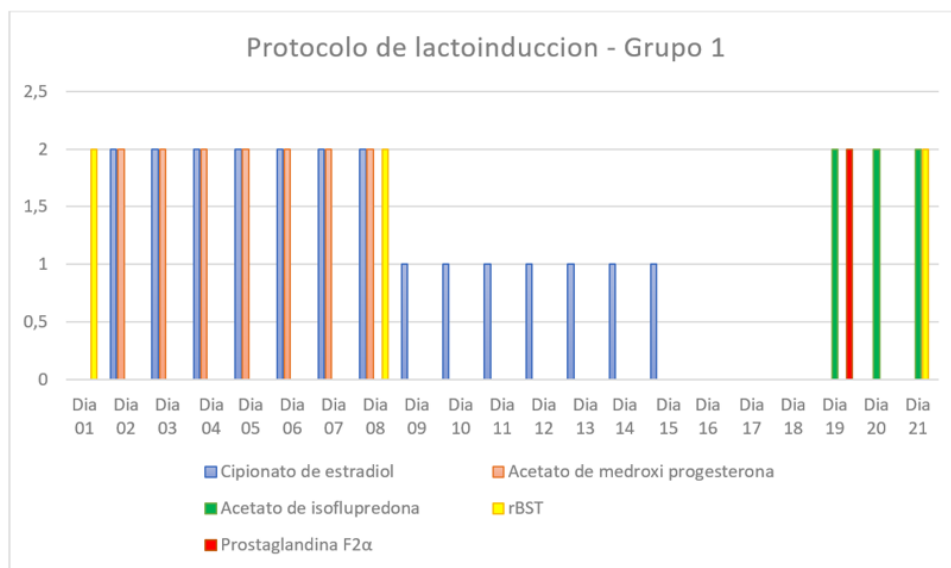
Nota: Adaptado de David, 2007. Dosis utilizadas en su estudio: benzoato de estradiol 0.1 mg/kg/SID/SC, progesterona 0.3 mg/kg/SID/SC, dexametasona 6.6 mg/kg/SID/IM y oxitocina 50 U.I/animal/SID/IM (David, 2007).

Este estudio evidenció una respuesta lactogénica satisfactoria de las vacas (83%) y novillas (100%); por otro lado el estado reproductivo de los animales acabado el protocolo, tuvo una respuesta baja, de las vacas utilizadas solo el 17% y en novillas el 33% quedaron preñadas, esto se asoció a que eran animales de descarte con problemas reproductivos y usados en prácticas de inseminación artificial; por otro lado, la producción de las vacas lacto inducidas fue de un 73% comparada con la lactancia anterior; en cuanto a las novillas, estas se compararon con la producción de las madres, la producción de las novillas lacto inducidas fue de un 103%; concluyendo que las novillas tuvieron una mejor respuesta al protocolo de lactoinducción en comparación con las vacas, y en cuanto a la composición de la leche, en términos de grasa y proteína, se encontraba dentro de los rangos normales (David, 2007).

Corradi en el 2010 comparó la efectividad de 2 protocolos en 40 vacas Holstein que no lograban ser preñadas, las dividió en 2 grupos distintos, en el protocolo del grupo 1 (Figura 5) se utilizó rBST, cipionato de estradiol, acetato de medroxi progesterona, prostaglandina F2 α y acetato de isoflupredona; el protocolo para el grupo 2 (Figura 6) se utilizó rBST, benzoato de estradiol acetato de medroxi progesterona, prostaglandina F2 α y acetato de isoflupredona; a ambos grupos les estimularon las ubres desde el día 17 al 21 durante 5 minutos, esto con la finalidad de producir liberación de prolactina, además, iniciada la lactancia, cada animal se le administró una dosis de rBTS (500 mg/animal/SID/SC) cada 14 días (Corradi, *et al.* 2010).

Figura 5

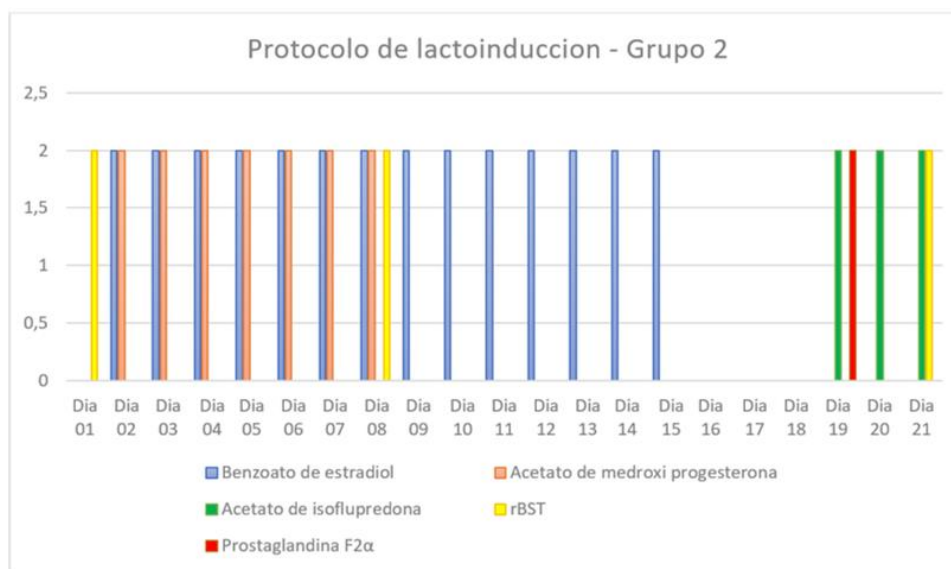
Protocolo de lactoinducción para el grupo 1 de Corradi, et al. 2010



Nota: Adaptado de Corradi, *et al.* 2010. Dosis utilizadas: rBST 500 mg/animal/SID/SC, cipionato de estradiol 0,075 mg/kg/SID/SC (día 2 al 8) y 0,037 mg/kg/SID/SC (día 9 al 15), acetato de medroxiprogesterona 0,25 mg/kg/SC/SID, prostaglandina F2 α 0,530 mg/SID/SC, y acetato de isoflupredona 0,05 mg/kg/SID/IM (Corradi, *et al.* 2010).

Figura 6

Protocolo de lactoinducción para el grupo 2 de Corradi, et al. 2010



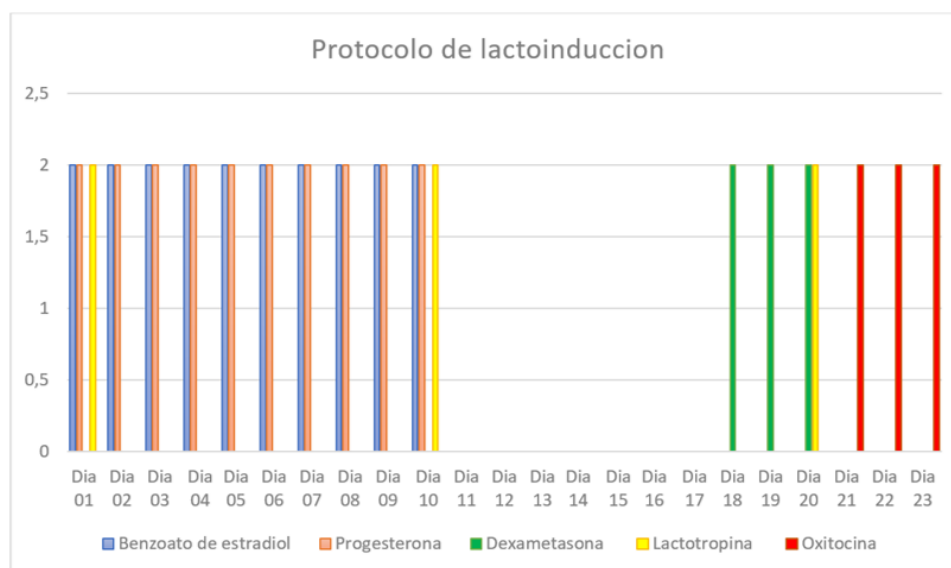
Nota: Adaptado de Corradi, *et al.* 2010. Dosis utilizadas: rBST 500 mg/animal/SID/SC, benzoato de estradiol 0,071 mg/kg/SID/SC (día 2 al 8) y 0,037 mg/kg/SID/SC (día 9 al 15), acetato de medroxiprogesterona 0,25 mg/kg/SC/SID, prostaglandina F2 α 0,530 mg/SID/SC, y acetato de isoflupredona 0,05 mg/kg/SID/IM (Corradi, *et al.* 2010).

El estudio evidenció una tasa de efectividad del 80% para el grupo 1 y del 90% para el grupo 2, por otro lado, la producción de grupo 1 fue de 66,7% y del grupo 2 fue de 77,2%, esto comparado con la lactancia anterior. El pico de producción de leche fue mayor en el grupo 2. Los hallazgos encontrados en el estudio se atribuyeron a las dosis y el estradiol utilizado para cada grupo, los estrógenos son claves en el desarrollo de conductos y estructuras lobulillares y alveolares de la ubre (Corradi, *et al.* 2010).

Álzate en el 2019 utilizó un protocolo en 19 vacas Holstein x Gyr con benzoato de estradiol, progesterona, dexametasona, oxitocina y lactotropina, (Figura 7) para posteriormente comparar la producción con vacas con lactancias naturales.

Figura 7

Protocolo de lactoinducción de Alzate, et al. 2019



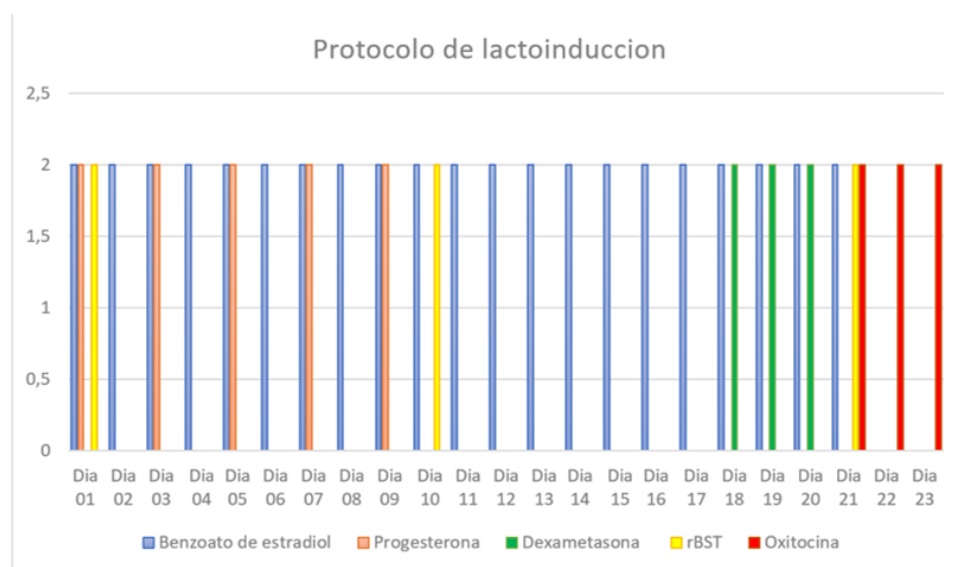
Nota: Adaptado de Alzate, *et al.* 2019. Dosis utilizadas: benzoato de estradiol 2cc x 100 kg, progesterona 1cc x 100 kg, dexametasona 5 ml, oxitocina 1 ml cada ordeño y lactotropina 1 dosis (Alzate, *et al.* 2019).

En este reporte se evidencio que el protocolo cumplió con asemejar una producción de leche de forma natural, debido a que la producción de las vacas lacto inducidas fue de un 86.1% (Figura 8) en comparación con las vacas que no hicieron parte del protocolo (Álzate, *et al.* 2019).

En un reporte realizado por García en el 2020 donde implementó un protocolo de lactoinducción de una duración de 21 días (Figura 8) para 98 vacas Holstein, donde administró benzoato de estradiol, progesterona, dexametasona, somatotropina bovina recombinante (rBST) y oxitocina antes del ordeño; para posteriormente comparar la producción de leche con vacas con lactancias naturales.

Figura 8

Protocolo de lactoinducción de García, et al. 2020



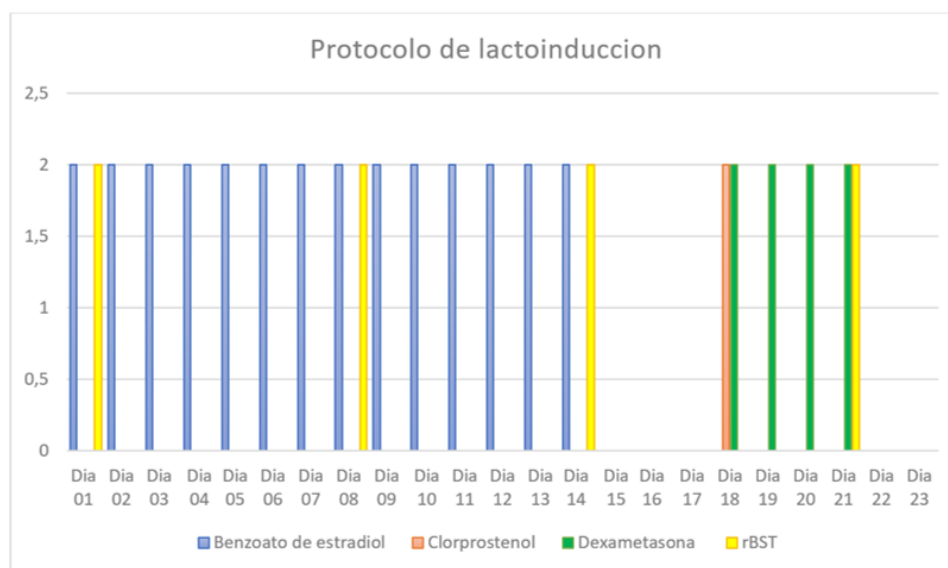
Nota: Adaptado de García, *et al.* 2020. Dosis utilizadas: benzoato de estradiol 0.1 mg/kg/SID/SC, progesterona 0.28 mg/kg/SID/SC, dexametasona 0.03 mg/kg/SID/IM, somato tropina bovina recombinante (rBST) 500 mg/animal/SID/SC, oxitocina a dosis de 10, 5 y 2.5 UI/animal/SID/IM antes del ordeño (García, *et al.* 2020).

Se determinó que el protocolo tuvo una producción del 80% comparada con la producción de leche de forma natural (Tabla 4); adicionalmente se reportó que el 58% de las vacas que hicieron parte del protocolo quedaron preñadas, permitiendo que más de la mitad de las vacas permanezcan en el sistema productivo y no se sacrifiquen (García, *et al.* 2020).

González en el 2022 realizó un protocolo con una duración de 21 días para un grupo de 7 bovinos (3 vacas y 4 novillas) que no se lograban preñar y no eran descartados por su alta genética; donde utilizó rBST, benzoato de estradiol, clorprostenol y dexametasona (Figura 9), suspendiendo la progesterona exógena usada habitualmente en protocolos de lactoinducción, también se estimuló la ubre de los animales en un periodo de 1 a 2 minutos tanto en la mañana como en la tarde desde el día 16 al 20 y se ordeñaron por primera vez el día 22 (González, *et al.* 2022).

Figura 9

Protocolo de lactoinducción de González, et al. 2022



Nota: Adaptado de González, et al. 2022. Dosis utilizadas: benzoato de estradiol 7,5 mg/kg/SID/SC, clorprostenol 500 µg/animal/BID, dexametasona 5 mg/kg/SID/IM y rBST 500 mg/animal/SID/SC (González, et al. 2022).

Luego se modificó la dosis del benzoato de estradiol, los animales se separaron en 4 grupos, al grupo 1 se le administró una dosis de 3mg/kg/día, al grupo 2 se le administró una dosis de 5mg/kg/día, al grupo 3 se le administró una dosis de 7.5mg/kg/día y finalmente al grupo 4 se le administró una dosis de 10mg/kg/día, con el fin de determinar las tasas de producción dependientes de la dosis de estradiol. El estudio demostró que el grupo 4 tuvo una tasa de producción de $18,36 \pm 0,72$ kg/día menor que el grupo 2 (20.06 ± 0.73 kg/día) y 3 (19.54 ± 0.71 kg/día), los cuales no tienen diferencia significativa en cuanto a producción de leche (González, et al. 2022).

El estudio evidencio que es posible lacto inducir vacas con el uso de dosis bajas de estrógenos y sin el uso de progesterona exógena, esto se explica ya que, en vacas gestantes, los folículos y cuerpos lúteos son las principales fuentes de estradiol y progesterona, por lo tanto, podemos manipular de forma endógena la producción de estos, favoreciendo el desarrollo de la glándula mamaria de forma eficiente durante un protocolo. Por otro lado, las dosis de benzoato de estradiol desde 3 a 10 mg/kg son efectivas y logran inducir la lactancia en vacas, aunque, las dosis de 3 a 7.5 mg muestran una mejor tasa productiva. (González, et al. 2022).

El uso de la lactoinducción conlleva ventajas y desventajas, dentro de las ventajas la más significativa es que esta permite lactar a un animal en ausencia de una gestación, manteniendo animales de alto valor genético en el sistema productivo sin la necesidad de introducir nuevos

animales, aumentando la productividad del hato (Mendes, *et al.* 2021), además que el uso de esta técnica no trae repercusiones negativas a la reproducción el animal, permitiendo que puedan reproducirse de forma normal, en la literatura se reporta que vacas repetidoras o problema con patologías reproductivas, quedaron preñadas luego de que les hubieran realizado un protocolo de lactoinducción (Pestano, 2017), Gonzales en el 2022 reportó que 29 animales que presentaba problemas reproductivos y fueron sometidos a un protocolo de lactoinducción, 12 quedaron preñadas y 8 de estas lograron llevar la gestación a término y empezaron una nueva lactancia, por lo que la inducción de la lactancia en una vaca problema significa que su periodo de permanencia en el sistema productivo sea más prolongado, evitando ser descartada y al mismo tiempo evitando pérdidas económicas; por otro lado, tenemos que es un método simple y económico, en la actualidad se pueden realizar protocolos de lactoinducción sin la necesidad de utilizar progesterona exógena y con dosis reducidas de estradiol, lo que favorece al ganadero económicamente (González, *et al.* 2022); es un procedimiento con altas tasas de éxito en cuanto a cantidad y duración de producción de leche, además que es apta para el consumo del hombre (Preeti, *et al.* 2017), se ha demostrado en algunos estudios que la leche de vacas lacto inducidas pueden llegar a tener concentraciones de grasa y proteína mayores que las de vacas de lactancia natural (Pestano, 2017).

Una publicación realizada en Brasil, donde se utilizaron 29 vacas Holstein con problemas reproductivos que se sometieron a un protocolo de lactoinducción, 12 de esas vacas quedaron preñadas al término de su tratamiento, aunque solo 8 vacas llevaron su gestación a término; en otro estudio realizado por Jewell en el 2002, donde se utilizaron 32 vacas repetidoras, para someterse a un protocolo de lactoinducción, culminado este, 21 se reportaron preñadas; se cree que las vacas con problemas reproductivos al estar expuestas a estrógenos en un periodo prolongado favorecen la recuperación del endometrio por la generación de mecanismos de defensa uterinos (Pestano, 2017), también en casos de inducción de lactancia se ha evidenciado regresión folicular completa, donde habrá una renovación de la población de folículos antrales y por consiguiente presentando ciclos, aunque solo de manera especulativa (Mendes, *et al.* 2021).

Un factor influyente en la tasa de éxito del protocolo es el tipo de estradiol utilizado en el protocolo y de la misma forma su dosis, según Corradi en el 2010, el benzoato de estradiol provoca que las vacas tengan una mejor tasa de éxito y producción, en comparación con las vacas tratadas con el cipionato de estradiol, y una mayor dosis probablemente genera una mejor sinergia con la progesterona, dando como resultado un mejor desarrollo de la glándula mamaria (Corradi, *et al.* 2010).

En cuanto a las desventajas encontramos que debido a que en la lactoinducción se realiza un manejo hormonal para la producción de leche, esta no debe destinarse al consumo del hombre durante los primeros 30 días desde el inicio de la terapia, ya que pueden haber presencia de

trasas de estrógenos en leche hasta durante los 8 primeros días post protocolo (González, *et al.* 2022), además las vacas tratadas se deben alojar en un sitio separado del hato, debido a que puede presentar signología de celo, otra desventaja importante es la variabilidad o la tasa de producción que pueda presentar la vaca o el hato en cuestión, en la literatura se encuentran reportes de diferentes tasas de éxito, que varían dependiendo el protocolo, animales o razas utilizadas. (Pestano, 2017)

Por otro lado, las altas dosis de hormonas utilizadas durante la lactoinducción puede presentar algunos efectos adversos, como la disminución en la ingesta de alimento y presentación de celos prolongados durante el tratamiento y hasta después de iniciada la lactancia (Mendes, *et al.* 2021), aunque actualmente se sabe que la signología de celo como efecto adverso del protocolo no se presenta en todos los casos, Gonzales en el 2022 reportó que durante el periodo experimental de su estudio, los animales no manifestaron signos de celo (González, *et al.* 2022), la disminución en ingesta de alimento afecta de manera negativa la producción el desempeño productivo y puede predisponer a fracturas pélvicas, además de torsiones tendinosas y relajación de ligamentos vertebrales, parálisis trasera que conlleva al sacrificio del animal. (Pestano, 2017)

Aunque la producción de leche de forma natural es mucho más beneficiosa, en términos de leche/día, la lactoinducción es una muy buena alternativa para evitar el sacrificio y seguir generando ingresos. (Álzate, *et al.* 2019)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La lactoinducción es una alternativa para que vacas de alto rendimiento productivo con problemas de fertilidad eviten el sacrificio, mediante el uso de hormonas, se busca reducir las pérdidas por sacrificio y aumentar las ganancias en los rebaños. Esto solo debe hacerse si el animal se ha vuelto estéril y todos los esfuerzos para corregir el trastorno/anormalidad reproductiva han fallado. Durante el proceso de lactancia, los animales entrarán en celo y algunos animales quedarán preñados, lo que no solo hace que los animales produzcan leche, sino que también mejorarán la eficiencia reproductiva. La leche producida por esta técnica tiene una composición similar a la leche producida después de un parto normal y, en la mayoría de los casos, es apta para el consumo humano después de una semana.

El uso de protocolos de lactoinducción en los sistemas de producción de leche es una excelente opción, especialmente cuando se trata de su aplicación en alto rendimiento y genética animal. Es necesario comprender todos los principios que rodean esta práctica, como aspectos de fisiología animal, efectos de medicamentos, costos de protocolo, etc. La evolución del protocolo es bastante evidente, y en muchos casos los beneficios son claros. Sin embargo, aún se necesita más investigación para tratar de reducir los efectos de las hormonas. Dosificar y administrar tanto como sea necesario sin efectos secundarios y al mismo tiempo lograr resultados satisfactorios.

BIBLIOGRAFIA

Aristizábal Aguilar, J. (2021). *Parámetros reproductivos que se ven afectados con el proceso de lacto inducción en las fincas: agro ganadería Vista Hermosa y Málaga Ganadería* (Doctoral dissertation, Unilasallista Corporación Universitaria). Obtenido de: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/3072/1/20132135.pdf>

Álzate Moreno, M., & Cardona Londoño, V. (2019). Efecto de la lactoinducción sobre la capacidad productiva en una hacienda de Pereira. Obtenido de: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ea457c32-4262-46da-881d-20360cda3509/content>

Benavides, R. A. M., Guerrero, H. S., Ceballos, J. R. U., & Atzori, A. S. (2016). Effect of age at first calving and days open in a dual-purpose cattle on water and carbon footprint. *Journal of Agricultural and Environmental Research*, 7(2), 107-119.

Berhe, A., Bariagabre, S. A., & Balehegn, M. (2020). Estimation of greenhouse gas emissions from three livestock production systems in Ethiopia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(5), 669-685.

Carmona, J. C., Bolívar, D. M., & Giraldo, L. A. (2005). The gas methane in the cattle production and alternative to measure its emissions and to lessen its impact at environmental and productive level. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49-63.

Ceba. (2023). Grafoleon, Gestvec, Lactotropina, Oxitocina. Recuperado de: <https://ceba.com.co/products>

Corradi, P., Gesteira, S., Rabelo, E., Quintao, A., Torres, M., Mattana, H. (2010). Artificial induction of lactation in cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/qqDfVHKjYcRS7w43zpC5m4t/?lang=en>

Cruz verde. (2023). Decadron. Recuperado de: https://www.cruzverde.com.co/decadron-8mg2ml-solucion-inyectable-x-1-ampolla-x-2ml/COCV_35702.html

David, K. (2007). Inducción de lactancia con hormonas en vacas y vaquillas con problemas reproductivos. Zamorano, Honduras. Recuperado de: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/791&ved=2ahUKEwivt4uE49v4AhVifTABHW2GDYQQFnoECAUQAQ&usg=AOvVaw3h-eUgSuL7V7JGAScxQvgI>

García, C., Aguilar, C., Falcón, N., & Delgado, A. (2020). Desempeño productivo y reproductivo de vacas Holstein sometidas a lacto-inducción. *Revista de Investigaciones*

Veterinarias del Perú, 31(2). Obtenido de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172020000200026&script=sci_arttext&tlng=pt

Fox, P. F. (2008). Milk: an overview. Milk proteins, 1-54.

Freitas, P. R. C., Coelho, S. G., Rabelo, E., Lana, Â. M. Q., Artunduaga, M. A. T., & Saturnino, H. M. (2010). Artificial induction of lactation in cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 2268-2272.

Glauber, Claudio E. (2007). FISIOLÓGIA DE LA LACTACIÓN EN LA VACA LECHERA. *Veterinaria Argentina*, 24(234):274-281

Gonzalez, J., Rangel, R., Ramírez, G., Gallegos, J., Beunabad, L., Antillón, J. (2022). Induced lactation in Holstein cattle with no exogenous progesterone supplementation and with reduced doses of estradiol benzoate. *Rev Mex Cienc Pecu* 2022;13(2):549-558. Recuperado de: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/5819>

Izquierdo, A. C., Jiménez, M. S. C., Jiménez, C. A. C., & Gutiérrez, J. F. P. (2005). Comportamiento reproductivo de ganado lechero. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(7), 1-4.

Jasrotia, N., Kujur, A., Sanjana, P. C., & Gupta, S. (2022). Popular Article Artificial Induction of Lactation in Bovine.

La Torre, W. (2001). Métodos de reducción de los días abiertos en bovinos lecheros. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 12(2), 179-184.

Lakhani, P., Thakur, A., Kumar, S., Singh, P. (2017). Artificial Induction of Lactation in Bovines - Scope and Limitations. *International Journal of Livestock Research* eISSN : 2277-1964. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/316230842_Artificial_Induction_of_Lactation_in_Bovines_Scope_and_Limitations

Luz, G. B., Maffi, A. S., Xavier, E. G., Correa, M. N., Gasperin, B. G., & Brauner, C. C. (2020). Induction of lactation in dairy heifers: milk production, inflammatory and metabolic aspects. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72, 371-378. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/CmkCVCJfPBdGBzKjTnrLGdc/?lang=en&format=pdf>

Mendes, A., Dias, F., Nascimento, J., Rogana, L., Andrade, L., Lima, H., Cunha, A., Lima, L. (2021). EVOLUTION OF PROTOCOLS TO INDUCE LACTATION OF DAIRY COWS:

A REVIEW. Recuperado de:
<https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/40388/pdf>

Morales, K. (2018). LACTOINDUCCION POR MEDIO DE HORMONAS, EN VACAS HOLSTEIN CON PROBLEMAS REPRODUCTIVOS EN LA HACIENDA “LOS ARRAYANES” UBICADA EN EL CANTÓN MONTÚFAR PROVINCIA DE CARCHI. Recuperado de: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9889/1/UDLA-EC-TMVZ-2018-62.pdf>

Olivera-Angel, M., & Vargas, K. (2021). La lactancia vista desde múltiples enfoques. Segunda parte: métodos, interpretación de resultados y costos de producción de leche. :(Libro Completo). *Fondo Editorial Biogénesis*, 128-128. Obtenido de: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/345370>

Pestano, H. (2017). Indução da lactação em vacas: perfil endócrino e de marcadores inflamatórios. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, Faculdade de Veterinária Programa de Pós-Graduação em Veterinária, tesis de maestría. recuperado de: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/4635>

Reinoso, E., Rodríguez, E. (2014). Comparación de tres protocolos de lactoinducción en hembras bovinas en la finca prividencia en San Francisco de sales. Universidad de la Salle. Recuperado de: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article%3D1374%26context%3Dmedicina_veterinaria&ved=2ahUK EwiT6ePa4tv4AhWdsIQIHY6GCi4QFnoECA4QAQ&usg=AOvVaw3D-zbw0Zqm8oUiDOK6Fnkq

Recabarren, S. E. (2002). Apuntes: Fisiología de la Lactancia.

Rodríguez, J. (2016). Somatotropina recombinante bovina: usos, efectos y consecuencias reproductivas. Recuperado de: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/8553/1/2016_somatotropina_recombinante_bovina.pdf

Rodríguez Pérez, J. O. (2012). Inducción de lactancia con hormonas en vacas holstein.

Samaniego Chamorro, A. J. (2019). *Evaluación de dos Protocolos de Lactoinducción Hormonal en Vacas del Barrio Santa Rosa de la Parroquia Presidente Urbina del cantón Santiago de Pillaro* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). Obtenido de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6043/6/PC-000761.pdf>

Sánchez, I. (2010). Lactoinducción hormonal en el ganado holstein mediante el uso de clortalidona y dispositivo vaginal (CIDR). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Recuperado de:

https://www.academia.edu/4758503/LACTOINDUCCI%C3%93N_HORMONAL_EN_EL_GANADO_HOLSTIEN_MEDIANTE_EL_USO_DE_CLORTALIDONA_Y_DISPOSITIVO_VAGINAL_CIDR_LACTOINDUCCI%C3%93N_HORMONAL_EN_EL_GANADO_HOLSTIEN_MEDIANTE_EL_USO_DE_CLORTALIDONA_Y_DISPOSITIVO_VAGINAL_CIDR

Silva, D. G. 2003. Inducción de la lactación en vaquillas y vacas infértiles y secas. Resúmenes del II Congreso Nacional de Producción Lechera – PERULACTEA.

Tančin, V., Mikláš, Š., & Mačuhová, L. (2018). Possible physiological and environmental factors affecting milk production and udder health of dairy cows: a review. *Slovak journal of animal science*, 51(1), 32-40.

ANEXOS

Figura 1

Anatomía de la glándula mamaria de la vaca.



Nota: Lactoinducción hormonal en el ganado holstein mediante el uso de clortalidona y dispositivo vaginal (CIDR) (Sánchez, 2010).

Tabla 1*Etapas del desarrollo de la glándula mamaria.*

Desarrollo de la glándula mamaria				
Fetal	Nacimiento	Pubertad	Gestación	Lactancia
Día 30: Acumulo de células cuboidales en la región inguinal.	A medida que el animal crece, con este crece también el tejido conjuntivo con depósito de grasa.	Con el inicio del ciclo, inicia producción hormonal y así mismo el desarrollo de la GM.	Mayor parte de crecimiento glandular.	Desarrollo adicional de la glándula mamaria.
Día 35: Formación de líneas mamaria			Desarrollo de conductos.	
Día 60: Formación de dos botones mamarios en cada línea, (Cuartos anteriores y posteriores)			5 meses: Lóbulos bien formados.	
Día 180: Ubre y ligamento medio desarrollado en su totalidad.			6 a 7 meses: Crecimiento lóbulo alveolar.	
			Al finalizar la gestación se reemplaza TA por TS y comienza una ligera secreción.	

Notas: Adaptado de Sánchez, 2010. **GM:** Glándula mamaria, **TA:** Tejido adiposo, **TS:** Tejido secretorio.

Tabla 2*Diferenciación celular durante la Lactogénesis I y II.*

Lactocito parto	Lactocito lactante
Núcleo grande, irregular y disperso	Núcleo mediano, redondeado ubicación basal
Retículo endoplásmico liso pequeño	Hipertrofia
Escasas mitocondrias y gotas lipídicas	Aumento de gotas lipídicas, Numerosas vesículas secretoras
Aparato de Golgi pequeño	Incremento de microvellosidades
Escasas micelas de caseína	Aumento en las micelas de caseína
Escasas microvellosidades	Aumento del número de mitocondrias

Nota: La lactancia vista desde múltiples enfoques (Olivera, et al.; 2021).**Tabla 3***Comparación de la producción de leche de animales lacto inducidos y no lacto inducidos.*

Grupo	Número de datos	Media	Desviación estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo
Lactoinducción	19	4691.26	1240.94	284.69	2345	6792
No lactoinducción	42	5448.60	1263.39	194.94	2353	8740

Nota: Parámetros reproductivos que se ven afectados con el proceso de lacto inducción en las fincas: agro ganadería Vista Hermosa y Málaga Ganadería (Alzate, et al. 2019).**Tabla 4***Comparación de la producción de leche de vacas lacto inducidas y vacas con lactancias naturales.*

	Lactación natural (n =191)		Lacto-inducción (n = 98)	
	Media	DE	Media	DE
Producción total (kg)	8103.9 ^a	2370.4	7546.0 ^a	2769.1
Producción corregida a 305 días (kg)	65745.6 ^a	1337.9	6641.1 ^a	1714.3

Nota: Desempeño productivo y reproductivo de vacas Holstein sometidas a lacto-inducción (García, *et al.* 2020).