

**Efecto de la sincronización de celo con DIB[®]
sobre la composición físico-química de la leche en
vacas Holstein**

**Alex Mauricio Doylet Muñoz
Daniela María Zamora Briceño**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de la sincronización de celo con DIB[®] sobre la composición físico-química de la leche en vacas Holstein

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Alex Mauricio Doylet Muñoz
Daniela María Zamora Briceño

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Efecto de la sincronización de celo con DIB[®] sobre la composición físico-química de la leche en vacas Holstein

Presentado por:

Alex Mauricio Doylet Muñoz
Daniela María Zamora Briceño

Aprobado:



Marielena Moncada (Nov 5, 2020 08:01 CST)

Marielena Moncada, Ph.D.
Asesora Principal



Rogel Castillo, M.Sc.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria



John Jairo Hincapie (Nov 5, 2020 08:15 CST)

John Jairo Hincapie, D.Sc.
Asesor



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

Efecto de la sincronización de celo con DIB[®] sobre la composición físico-química de la leche en vacas Holstein

**Alex Mauricio Doylet Muñoz
Daniela Maria Zamora Briceño**

Resumen. El objetivo de este estudio fue evaluar la composición físico-química de la leche en vacas Holstein y sus encastes, bajo el tratamiento de sincronización de celo con el protocolo DIB[®] 1g Progesterona. Se aplicó el protocolo de sincronización con DIB[®], benzoato de estradiol (Gonadiol[®]), D-Cloprostenol (Ciclase DL[®]) y gonadotropina coriónica equina (Novormón[®]). Se utilizaron 21 vacas Holstein y sus encastes sometidas a diferentes parámetros de inclusión. Se evaluó índice de reductasa, acidez expresada como ácido láctico (ATECAL) y porcentaje de grasa, en tres tiempos: antes de que las vacas fueran sometidas a la sincronización (control negativo), el día en que las vacas fueron sometidas al tratamiento y por último el día en que las vacas presentaron celo. Los resultados indican que no hubo efecto de la sincronización de celo con DIB[®] 1g Progesterona ($P > 0.05$) en el índice de reductasa de la leche cruda. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre los tres tiempos de muestreo en la variable de ATECAL. El porcentaje de grasa presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tres tiempos muestreados mostrando un mayor porcentaje cuando presentó celo (4.36%), cuando se aplicó el implante (3.84%) y por el último el control (3.67%).

Palabras clave: Acidez, grasa, hormonas, leche cruda, reductasa.

Abstract. The objective of this study was to evaluate the physicochemical composition of the milk in Holstein cows and its crossbreeds that were under heat synchronization treatment with the DIB[®] 1g Progesterone protocol. The synchronization protocol was applied with DIB[®], estradiol benzoate (Gonadiol[®]), D-Cloprostenol (Ciclase DL[®]), equine chorionic gonadotropin (Novormón[®]). Twenty-one cows were included for the experiment. Reductase index, titratable acidity and fat percentage were the variables evaluated, in three samples: before the cows were under synchronization (negative control), the day the cows were last treated, and the day the cows were in heat. The results indicate that there was no effect of heat synchronization with DIB[®] 1g Progesterone ($P > 0.05$) on the reductase index of raw milk. No significant differences ($P > 0.05$) were found between the three sampling times in the titratable acidity variable. Fat percentage presented a difference ($P \leq 0.05$) between the three times sampled, showing a higher percentage when the cows were under heat (4.36%), when the implant was applied (3.84%) and finally, the control (3.67%).

Key words: Acidity, fat, hormones, raw milk, reductase.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros, Figura y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	10
5. RECOMENDACIONES.....	11
6. LITERATURA CITADA	12
7. ANEXOS	15

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Protocolo de sincronización de celo con DIB [®] 1g Progesterona.....	4
2. Consideraciones para la clasificación de la leche cruda por su índice de reductasa con la prueba de azul de metileno.....	5
3. Efecto de la sincronización de celo con DIB [®] 1g Progesterona en el porcentaje de acidez de la leche cruda.....	8
4. Efecto de la sincronización de celo con DIB [®] 1g Progesterona en el porcentaje de grasa de la leche cruda	9

Figura	Página
1. Efecto de la sincronización de celo con DIB [®] 1g Progesterona en el porcentaje de muestras con clasificación A (< 100,000 UFC) y B (100,000 - 500,000 UFC) del índice de reductasa, para los tres tiempos de muestreo	7

Anexos	Página
1. Frecuencias teóricas de los datos obtenidos en la evaluación del índice de reductasa	15
2. Relación valor esperado – grados de libertad para conocer grado de significancia del índice de reductasa	15

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina es uno de los rubros agrícolas más conocidos por su antigüedad y compensación económica, dando como resultado el crecimiento de hatos lecheros de pequeños y grandes productores. Cada establo tiene sus objetivos establecidos, sin embargo, todos buscan mejorar la producción. Una de las prácticas que hoy en día es común encontrar, es la implementación de la sincronización de celo. Esta tecnología nace como una solución para el cumplimiento del principal objetivo de cada lechería, reducir el intervalo entre partos con el fin de garantizar mejores retornos económicos. La sincronización de celo se ha convertido en una herramienta útil para la inseminación artificial (Huanca 2001). Existen diferentes maneras de realizar esta práctica, desde el uso de progestágenos exógenos hasta su combinación con prostaglandina F_{2α}, cada vez creando nuevos métodos que facilitan su detección (Lugo Peña 2017).

El celo o estro es el periodo en que la hembra se encuentra receptiva sexualmente, este periodo se repite cada 21 días de 10 a 16 horas en promedio. Al sincronizar las vacas se pretende evitar dejar celos sin ser identificados, siendo la pasividad a la monta el principal indicador. La correcta detección es indispensable para mejorar la exactitud reproductiva en un hato (Guastavino 2007).

El ciclo estral esta definido por la participación de hormonas producidas principalmente en el útero, ovarios y el eje hipotálamo-hipófisis. Este da inicio en la fase folicular, donde ocurre la regresión del cuerpo luteo del ciclo pasado. Seguidamente se presenta el estro con la presencia de celo en la hembra y se puede detectar debido a la presencia de estrógenos, lo que provoca un descenso en los niveles de progesterona (Rippe 2009).

La sincronización de celo implica que las vacas presentarán celo en un tiempo ya definido uniformemente. Existen diferentes métodos para sincronizar, los dos más usados son el tratamiento con prostaglandinas y el tratamiento con progesterona (García Trejo 2010). Después de un parto se debe tomar en cuenta el periodo de espera voluntario. Este considera el tiempo necesario para que la vaca realice el proceso de involución uterina, reinicie su actividad ovárica y pueda nuevamente volver a gestar. Lo más recomendable es esperar mínimo 40 días para que la vaca se recupere y pueda ser sometida a algún protocolo de sincronización (Carvalho Bicalho 2013).

El protocolo con Dispositivos Intravaginales Bovinos (DIB[®]) 1g Progesterona, comprende la aplicación de un dispositivo intravaginal impregnado de progesterona, esta es producida naturalmente en los ovarios y se encarga de prevenir la completa maduración de los folículos y la ovulación (Ortega Sánchez *et al.* 2010). Se aplica también una dosis de Prostaglandina F_{2α} y de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG), la primera es de origen uterino y acelera la regresión del cuerpo lúteo y la segunda provoca la inducción y sincronización de celo (Murillo 2016). Para finalizar el protocolo se debe hacer una aplicación de estradiol, esta se encarga de inducir los cambios de conducta asociados al celo (Atuesta y Gonella Diaza 2011).

La sincronización de celo es una práctica que con el paso del tiempo se ha convertido en un factor indispensable para las ganaderías y mucho más para las que utilizan inseminación artificial. Sin embargo, la aplicación de hormonas exógenas incluidas en el protocolo (DIB[®] 1g Progesterona)

para la sincronización de celo pueden provocar efectos sobre las características físico-químicas de la leche (Bazán Arce 2018).

La leche de vaca es un producto de consumo humano, por lo tanto debe ser de buena calidad y cumplir con los rangos aceptables con respecto a su composición físico-química (Izurieta 2019). La grasa, acidez y cantidad de microorganismos son los aspectos a considerar para esta investigación debido a que estos muestran generalmente cómo estará la leche con respecto a su calidad.

Las prácticas agropecuarias actuales facilitan el manejo. Sin embargo, también pueden tener contradicciones, como puede ser el uso de hormonas para adelantar los procesos reproductivos. Cada animal puede presentar reacciones distintas en cada etapa del proceso, es la razón por la que se debe monitorear cuando la vaca se encuentra libre de tratamiento, el día que se sincroniza y el día que presenta celo.

La detección de celo es la mayor limitante, ya que al estar usando un protocolo que no es a tiempo fijo, se debe estar pendiente los tres posibles días que la vaca va a presentar celo para sacar la muestra de leche correctamente. También se debe tomar en cuenta que no todas las vacas presentarán celo por el porcentaje de variación del tratamiento (Mejía Espinoza 2011). Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Evaluar el efecto de la aplicación de DIB® 1g Progesterona en la composición físico-química de la leche, tomando en cuenta las variables índice de reductasa, grasa (%) y acidez (ATECAL), en vacas Holstein y sus encastes.
- Determinar diferencias entre los tres tiempos de muestreo de leche, días previos a la aplicación, día de la introducción del dispositivo intravaginal y el día que presentaron celo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, en la Unidad de Ganado Lechero, ubicada a una altitud de 783 msnm. El estudio se desarrolló entre octubre y diciembre de 2019 con una temperatura promedio de 22.3 °C y una precipitación anual de 1,100 mm. Las pruebas y análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de la planta de lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana.

Selección de los animales y criterios de inclusión

Se utilizaron 30 vacas Holstein y sus encastes, de las cuales solo 21 llegaron a la etapa final del estudio. Todas las vacas que formaron parte del control negativo y el tratamiento cumplieron con los siguientes parámetros de inclusión: encontrarse entre su segunda y quinta lactancia, entre 70 a 100 días de su periodo de lactancia y con una condición corporal (CC) de 2.75 a 3.5. La selección se llevó a cabo con ayuda del libro de registros de la Unidad de Ganado Lechero y el programa de registro lechero VAMMP Bovino 3.0[©].

La condición corporal fue registrada por la misma persona con el fin de evitar la variabilidad o sesgo. Se utilizó el sistema “Body Condition Scoring” (BCS) el cual, según Bastin y Gengler (2013) “Es una medida subjetiva de la cantidad de energía metabolizable almacenada en un animal vivo, cambios en BCS de vacas lecheras se considera un indicador del alcance y la duración del balance energético negativo posparto”. Esta herramienta cuenta con una escala del uno a cinco, siendo uno la escala más baja y cinco la más alta. Semanalmente se trabajó con grupos de cinco a ocho vacas para someterlas a tratamiento, estos grupos se identificaron con cuerdas de diferente color para poder diferenciarlas.

Recolección de las muestras

Se recolectaron muestras de leche de 50 mL como mínimo, en vasos de polipropileno de alta densidad que son parte de la máquina de ordeño y se acoplan a los contenedores de transporte de la leche cruda. Una vez recolectada la muestra fue colocada en recipientes previamente desinfectados y rotulados con el número de la vaca, fecha y hora de ordeño. Las muestras tienen un tiempo de duración de 48 horas a temperatura de 4 a 10 °C por lo tanto fueron remitidas al laboratorio en un lapso no mayor a 12 horas, después del segundo muestreo (FAO 2020). Se realizaron muestreos dos veces al día, uno en cada ordeño ya que la composición de la leche varía en cada uno, sin embargo, se hizo una mezcla para poder analizar una muestra homogénea y estandarizada.

Control negativo

Se establecieron como control negativo aquellas muestras de leche que se tomaron previo a que las vacas fueran sometidas al tratamiento (DIB[®]). Estas muestras se tomaron tres o cuatro días antes de que fueran sujetas a la sincronización, y se analizaron en el Laboratorio de la Planta de Lácteos de la Escuela Agrícola Panamericana donde se realizaron las siguientes pruebas: índice de

reductasa (azul de metileno), acidez titulable como ácido láctico y porcentaje de grasa, al día siguiente.

Tratamiento

El tratamiento consistió en evaluar las muestras de leche de las vacas que fueron sometidas con el protocolo de sincronización de celo con DIB[®] 1g Progesterona. Se evaluaron las muestras el día en el que se introdujo el dispositivo y el día en que las vacas presentaron celo.

Protocolo DIB[®] 1g Progesterona

Para la aplicación del Dispositivo Intravaginal Bovino, se utiliza un dispositivo impregnado de progesterona, benzoato de estradiol (Gonadiol[®]) vía intramuscular, D-Cloprostenol (Ciclase DL[®]) y gonadotropina coriónica equina (Novormón[®]) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Protocolo de sincronización de celo con DIB[®] 1g Progesterona.

Día	Protocolo / Procedimiento
0	Progesterona 1g (DIB [®]) + 2 mg BE (Gonadiol [®])
8	Retirar DIB [®] + 500 µg D- Cloprostenol (Ciclase [®]) + 400 UI eCG (Novormon [®]) + 1mg BE (Gonadiol [®])
8-10	Revisar celos

BE: Benzoato de Estradiol; eCG: Gonadotropina Coriónica Equina.

Frecuencia de muestreo

Para el experimento se determinó realizar dos muestreos para analizar la significancia de las variables; ambas recolecciones en dos ordeños igualmente homogenizadas.

- Primer muestreo: el día que se hizo la aplicación del dispositivo (DIB).
- Segundo muestreo: se hizo el día que presentó celo la vaca, entre los ocho y 10 días después de haber colocado el dispositivo (DIB) aproximadamente.

Detección de Celos

Para detectar celo se designó una persona encargada exclusivamente para monitorear las vacas que se encontraban entre los días ocho y 10 del tratamiento. Fue en esta parte donde se descartaron vacas por no presentar celo.

Variabes analizadas

Se analizaron tres variables para analizar las muestras del control negativo y el tratamiento, y comparar el efecto de la aplicación de (DIB[®]). Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de la Planta de Productos Lácteos de Zamorano:

Índice de Reductasa. Para determinar el índice de reductasa se realizó la prueba “azul de metileno” usando la escala A-B proporcionada por la Escuela Agrícola Panamericana. Este análisis es un indicador de la contaminación producida por el contenido de bacterias en la leche. Esta prueba se realizó 24 horas después del primer ordeño (muestreo) manteniendo las muestras en refrigeración a 4 °C. La mayoría de los gérmenes de la leche cuando se multiplican elaboran enzimas como la reductasa que modifican el potencial de óxido-reducción de esta. Para demostrar ese fenómeno basta añadir a la leche una sustancia que se decolore al pasar de la forma oxidada a la forma reducida (Cuadro 2).

Cuadro 2. Consideraciones para la clasificación de la leche cruda por su índice de reductasa con la prueba de azul de metileno.

Clasificación	UFC	Tiempo de reducción (horas)
A	< 100,000	> 5
B	100,000- 500,000	< 5

UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

García (2014) establece que “la rapidez con que cambia de color está en función de la población bacteriana y, por ello, puede ser un índice del grado de contaminación de la leche”. Con esto se puede concluir que, según el grado de contaminación bacteriana, mientras más rápido cambia de color después de aplicar el colorante, mayor va a ser el contenido de bacterias de esa muestra de leche y de menor calidad.

Protocolo para la prueba de azul de metileno:

- Se agitó la leche y se agregó 10 mL de leche a un tubo de ensayo. Se realizaron dos ensayos simultáneos para cada muestra de leche.
- Se añadió 0.5 mL de la solución de azul de metileno en cada tubo y se homogenizó la muestra.
- Una vez se prepararon los tubos, se taparon y fueron introducidos en baño maría a 37 °C junto con un tubo patrón. Cuando la temperatura de la muestra alcanzó 37 °C se mezcló el contenido de los tubos por inversión donde se obtuvo una perfecta homogeneización del colorante y la leche.
- Se revisó a las cinco horas y los tubos que se mostraron completamente blancos fueron clasificaron clase B y los que tardaron más tiempo clase A.

Acidez Titulable Como Ácido Láctico (ATECAL). El análisis de acidez se realizó con el método de ATECAL conocido como Acidez Titulable expresado como ácido láctico (AOAC 920.124). Este análisis se realizó 24 horas después del primer ordeño (muestreo) manteniendo en refrigeración las muestras.

Protocolo para el análisis de acidez:

- Se tomaron 9 mL de leche cruda con la ayuda de una pipeta y se colocaron dentro de un beaker de plástico color blanco.
- Se agregaron tres gotas de fenolftaleína y se agitaron.

- Se aseguró que el titulador estuviera lleno de hidróxido de sodio (NaOH) hasta el nivel cero.
- Se realizó la titulación con NaOH gota por gota y se agitó constante hasta que la leche se torne de color rosado claro.
- La cantidad de NaOH titulada fue la acidez de la leche, por lo regular oscila entre 0.14 – 0.17.

Porcentaje de grasa (%). El contenido de grasa se analizó por el método de Babcock (AOAC 933.05). Este análisis se realizó 24 horas después del primer ordeño (muestreo) manteniendo en refrigeración las muestras. Con este procedimiento la grasa, por densidad se suspende, y la escala graduada mostrará el contenido de esta en porcentaje.

Protocolo para el análisis de contenido de porcentaje de grasa (%):

- Usando un butirómetro, con escala de 0-8%, se adicionó 17.6 mL de leche.
- Se agregó 10 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y se colocó el butirómetro en un agitador por un minuto.
- Se colocó el butirómetro dentro de una centrífuga por 5 minutos.
- Se detuvo la centrífuga y se agregó dentro del butirómetro agua a 60 °C hasta el cuello del butirómetro.
- Se centrifugó por 2 minutos.
- Nuevamente se detuvo la centrífuga y se agregó agua a 60 °C hasta el nivel 8 marcado en el butirómetro.
- Se centrifugó por un minuto, se notó que la grasa de color amarillento se desplazó hacia arriba. La lectura abarcó el espacio comprendido entre la parte superior y la parte inferior de los meniscos de la columna. La escala ya graduada indicó la medida en porcentaje (%) de grasa de la leche.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), utilizando como tratamiento la aplicación de DIB[®] 1g Progesterona para las muestras tomadas el día de la aplicación y el día de retiro. Incluyendo el control negativo, se evaluaron 21 unidades experimentales con el fin de determinar cambios en las características físico- químicas en la leche.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si se presentan diferencias significativas entre las muestras. Se realizó una prueba de comparación de medias con t de Student donde se encontró diferencias entre tratamientos, tomando valores de significancia de $P \leq 0.05$. Los resultados fueron analizados con el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4[®]).

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Índice de reductasa

No hubo efecto ($P > 0.05$) de la sincronización de celo con DIB[®] 1g Progesterona en el índice de reductasa de la leche cruda, medido como el tiempo de reducción del azul de metileno (Figura 1). De acuerdo con los muestreos realizados se puede observar que ambas calificaciones A y B presentan un cambio inversamente proporcional en el tiempo.

MacFaddin (2000) explica que el tiempo necesario para que la reducción del azul de metileno ocurra se relaciona de manera directa a la cantidad de bacterias presentes, cuando más denso sea el inóculo de un microorganismo, el tiempo necesario para la reducción disminuye. Lo ideal para leche cruda, destinada a procesamiento industrial es un tiempo máximo de cuatro horas; esto tendrá intervención en su comercialización (Universidad de Zulia 2003).

El estudio realizado concuerda con Echeverri Zuluaga *et al.* (2010), quienes establecieron que la producción y la calidad de la leche no dependen de una hormona en particular. Los factores que pueden afectar el tiempo de reducción del azul de metileno en leche cruda son: el tipo de microorganismos, número de células somáticas, periodo de exposición a luz y la cantidad de oxígeno disuelto (García Martínez *et al.* 2014).

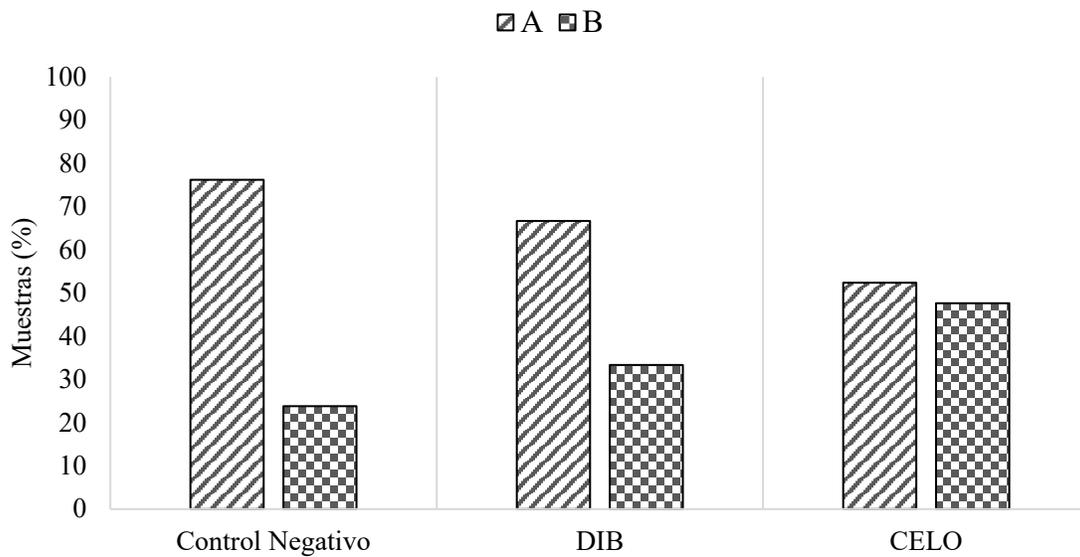


Figura 1. Efecto de la sincronización de celo con DIB[®] 1g Progesterona en el porcentaje de muestras con clasificación A (< 100,000 UFC) y B (100,000 - 500,000 UFC) del índice de reductasa, para los tres tiempos de muestreo.

* $P > 0.05$, Valor esperado = 2.92, con dos grados de libertad. Chi cuadrado = 2.65

Acidez Titulable como Ácido Láctico (ATECAL)

No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tres tiempos de muestreo (Cuadro 3). La acidez permite la resistencia a tratamientos térmicos, entre más bajo, la estabilidad y el tiempo de almacenamiento serán mejores (Valdivia Calixto 2017). Según el Organismo Hondureño de Normalización (2018), los valores aceptables de acidez en leche cruda para consumo humano pueden estar en un rango de 0.13-0.16%. Por lo tanto, la sincronización de celo con DIB[®] 1g Progesterona no afecta la composición requerida.

Los resultados obtenidos sustentan lo reportado por Negri (2005), quien menciona que los principales factores que pueden afectar los niveles de acidez titulable en leche fresca son los periodos de lactancia y problemas higiénicos sanitarios. Las modificaciones en este parámetro ocurren especialmente a través de un proceso de fermentación que se les atribuye principalmente a los microorganismos del grupo *Streptococcus* lácticos, estos se encargan de formar el ácido láctico a partir de la lactosa (Chacón Villalobos 2006).

En un estudio realizado en la Universidad Nacional de Cajamarca donde se usó el mismo protocolo de sincronización, encontraron diferencias en el pH de la leche con una tendencia alcalina, debido a la influencia de las hormonas en las secreciones de la glándula mamaria (Bazán Arce 2018). Sin embargo, el pH solo representa la acidez actual de la leche, en comparación a la acidez titulable que involucra acidez actual y potencial (Negri 2005).

Cuadro 3. Efecto de la sincronización de celo con DIB[®] 1g Progesterona en el porcentaje de acidez de la leche cruda.

Tratamientos	Control Negativo	DIB [®]	CELO
ATECAL (%) ^(n.s.)	0.14	0.14	0.13
CV (%)	13.11	12.36	12.45

^{n.s.}= No existe diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$).

CV= Coeficiente de Variación.

Porcentaje de Grasa

Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en el porcentaje de grasa entre los tres tiempos muestreados (Cuadro 4), mostrando un mayor porcentaje el día en que la vaca presentó celo, seguido del día de aplicación del implante y por último el control negativo. Farris (1954) menciona que el aumento de la actividad asociada con la presencia de celo puede afectar la cantidad y calidad de la leche, a menos que una vaca esté estabulada.

Este factor es muy importante evaluar ya que la leche en Honduras se paga por su contenido de sólidos, principalmente la grasa. Según Hurley (2015) la concentración de los diversos componentes de la leche como son grasa, proteína y lactosa determinan su calidad y le aportan las características organolépticas específicas. Según el Organismo Hondureño de Normalización (2018), el valor mínimo establecido que debe cumplir la materia grasa en leche cruda es de 3.5% por lo tanto el protocolo de sincronización de celo con DIB[®] 1g de progesterona no afecta la composición de requerida.

La cantidad de la grasa que puede contener la leche varía según la raza, edad y estado nutricional de la vaca. Otros factores tales como: ambiente ecológico, época del año, momento del ordeño, periodo de lactancia, influyen tanto en calidad como en cantidad del contenido de grasa (Barberis 2002). Las hormonas relacionadas al celo como la progesterona tienen incidencia en la secreción láctea, facilitando el desarrollo de las glándulas mamarias y reduciendo la descarga de gonadotropinas (Botana Lopez *et al.* 2002). Esto concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación donde se observa un cambio provocado por acción de hormonas exógenas.

Konyali *et al.* (2010) estudiaron el efecto hormonal sobre la calidad de la leche en cabras, donde explica que las hormonas reproductivas exógenas pueden producir variaciones en la leche, encontrando que la aplicación intravaginal de norgestomet a base de progesterona tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de grasa. Por lo tanto, ya que norgestomet de nombre comercial es un progestágeno coincide con lo realizado en este estudio con la aplicación de DIB® 1g de Progesterona afectando de igual manera en el cambio del porcentaje de grasa de la leche.

En un estudio realizado por Rathbone *et al.* (2002), sobre reingeniería de dispositivos intravaginales uterinos demuestra que el contenido residual de progesterona después de un periodo de inserción de siete días, usando un protocolo con dispositivos “Controlled Internal Drug Release” (CIDR) con 1.38 g de progesterona, se ha reportado como de 0.72 g de progesterona, es decir que aún se encuentra la presencia de la hormona progesterona en la fisiología de la vaca. Esto concuerda con los datos encontrados en este estudio, presentando mayores porcentajes de grasa los días que se insertó el dispositivo y ocho a diez días después, cuando presenta celo la vaca.

Cuadro 4. Efecto de la sincronización de celo con DIB® 1g Progesterona en el porcentaje de grasa de la leche cruda.

Tratamientos	Control Negativo	DIB®	CELO
Grasa (%)	3.67 ^c	3.84 ^b	4.36 ^a
CV (%)	17.99	18.48	17.44

CV= Coeficiente de Variación

^{abc} Medias seguidas por letras distintas dentro de cada fila indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

4. CONCLUSIONES

- El índice de reductasa y el porcentaje de acidez titulable no presentaron diferencias entre los tres tiempos de muestreo con la aplicación de DIB[®] 1g Progesterona.
- Se encontró un aumento en el porcentaje de grasa entre los tres periodos evaluados con el protocolo de sincronización DIB[®] 1g Progesterona, siendo el día que presenta celo el que mostró un porcentaje superior.

5. RECOMENDACIONES

- Desarrollar el mismo estudio evaluando el efecto de la sincronización de celo con DIB[®] 1g de Progesterona en la producción de leche, pH y densidad.
- Evaluar el efecto de la sincronización de celo con DIB[®] 1g de Progesterona en otras razas lecheras.
- Realizar un estudio de las características físico- químicas de la leche en vacas que entren en celo naturalmente y compararlos con el presente estudio.

6. LITERATURA CITADA

- Atuesta JE, Gonella Diaza AM. 2011. Control hormonal del ciclo estral en bovinos y ovinos. *Revista Spei Domus*, 7(14): 15-25.
- Barberis S. 2002. *Bromatología de la Leche*. 1ª ed. Argentina: Editorial Hemisferio Sur. ISBN 9505045654, 228 p.
- Bastin C, Gengler N. 2013. Genetics of body condition score as an indicator of dairy cattle fertility: a review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17(1): 64-75.
- Bazán Arce JB. 2018. Efecto de las hormonas reproductivas exógenas: Norgestomet, Cloprostenol, Gonadotropina Coriónica Equina y Valerato de Estradiol; en la calidad de la leche de vaca en la campiña de Cajamarca [Tesis]. Universidad Nacional de Cajamarca-Perú. 74 p.
- Botana Lopez LM, Landoni MF, Jimenez TM. 2002. *Farmacología y Terapéutica Veterinaria*. 1ª ed. España: Editorial McGraw Hill Interamericana. 713 p. ISBN: 9788448604714
- Carvalho Bicalho R. 2013. Manejo reproductivo de la vaca lechera moderna. *Jornadas Uruguayas de Buiatría*, XLI: 125-127. [consultado el 13 de may de 2020]. https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/823/JB2013_125-127.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chacón Villalobos A. 2006. Comparación de la titulación de la acidez de la leche caprina y bovina con hidróxido de sodio y cal común saturada. *Agronomía Mesoamericana*, 17(1): 55-61.
- Echeverri Zuluaga JJ, Vásquez Araque NA, Gallo Garcia YM. 2010. Polimorfismo del gen de la Somatotropina Bovina y su asociación con características de importancia en la producción lechera. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(1): 58-65.
- FAO, Food and Agriculture Organization. 2020. Portal lácteo: Conservación de la leche. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; [consultado el 28 de may de 2020]. <http://www.fao.org/dairy-production-products/processing/milk-preservation/es/>
- Farris EJ. 1954. Activity of dairy cows during estrus. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 125(929): 117-120.
- García E. 2014. Determinación de la calidad higiénica de la leche mediante la medición indirecta del tiempo de reducción del azul de metileno o prueba de la reductasa microbiana. Universidad Politécnica de Valencia; [consultado el 8 de jul de 2020]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38380/Eva%20Garc%20C3%ADa.%20Calidad%20leche-2014.pdf>

- García Martínez E, Fuentes López A, Fernández Segovia I. 2014. Determinación de la calidad higiénica de la leche mediante la medición indirecta del tiempo de reducción del azul de metileno o prueba de la reductasa microbiana. España: Universidad Politécnica de Valencia; [consultado el 8 de jul de 2020]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38380/Eva%20Garc%20C3%ADa.%20Calidad%20leche-2014.pdf>
- García Trejo L. 2010. Reproducción, Características del ciclo estral. México: Engormix; [consultado el 26 de nov de 2019]. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/reproduccion-caracteristicas-ciclo-estral-t28254.htm>
- Guastavino E. 2007. Detección de celos en bovinos. Engormix. [consultado 2019 nov 26]. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/deteccion-celos-bovinos-t27010.htm>
- Huanca W. 2001. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 12(2): 161-163.
- Hurley WL. 2015. Composition of sow colostrum and milk. En: Farmer C editor. The gestating and lactating sow. Holanda: Wageningen Academic Publishers. p. 193-230. ISBN: 978-90-8686-253-5
- Izurieta GM. 2019. Importancia de la calidad en el proceso de producción lechera. México: Engormix; [consultado el 26 de nov de 2019]. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/importancia-calidad-proceso-produccion-t42285.htm>
- Konyali A, Sitki Ayag B, Yurdabak S. 2010. Effect of estrus synchronization on dairy goat milk composition. African Journal of Agricultural Research, 5(8): 681-684.
- Lugo Peña M. 2017. Protocolos de inseminación a tiempo fijo, su importancia en la fertilidad [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón-México. 36 p.
- MacFaddin JF. 2000. Pruebas Bioquímicas para la Identificación de Bacterias de Importancia Clínica. 3ª ed. EEUU: Lippincott Williams & Wilkins, Inc. 839 p.
- Mejía Espinoza LM. 2011. Evaluación de la eficacia de dispositivos intravaginales de progesterona nuevos y de segundo uso para la utilización en inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos doble propósito [Tesis]. Universidad CES, Medellín-Colombia. 10 p.
- Murillo F. 2016. Inducción y sincronización del estro y la ovulación en las hembras domésticas de producción. USA: Data Science; [consultado el 29 de nov de 2019]. <https://botplusweb.portalfarma.com/Documentos/panorama%20documentos%20multimedia/PAM251%20VETERINARIA%20INDUCCION%20DEL%20ESTRO.pdf>

- Negri LM. 2005. El pH y la acidez de la leche. In: Taverna M ed. Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 2ª ed. Argentina: INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria). p. 155-161.
- OHN, Organismo Hondureño de Normalización. 2018. Leche Cruda de vaca- Requisitos. Norma Hondureña OHN 18. Honduras: Organismos Hondureño de Normalización; [consultado el 7 de jul de 2020]. http://ohn.hondurasalidad.org/index.php/producto/ohn_18-20
- Ortega Sánchez JL, Favela Reyes JE, Hernandez Salgado JE, Pawoli Gomez CB. 2010. Efecto de la Aplicación de un Dispositivo de Progesterona en Vacas Repetidoras Holstein-Friesian en la Comarca Lagunera, México. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 10(1): 73-78.
- Rathbone MJ, Bunt CR, Ogle CR, Burggraaf S, Macmillan KL, Burke CR, Pickering KL. 2002. Reengineering of a commercially available bovine intravaginal insert (CIDR insert) containing progesterone. Journal of Controlled Release, 85(1-3): 105-115.
- Rippe CA. 2009. El ciclo estral. The Dairy Cattle Reproduction Conference; [consultado el 26 de nov de 2019]. https://www.researchgate.net/profile/Christian_Rippe2/publication/265116863_EL_CICLO_ESTRAL/links/55143dd70cf2eda0df308475/EL-CICLO-ESTRAL.pdf
- Universidad de Zulia. 2003. Introducción al control de calidad de la leche cruda: Guía práctica. In: Cátedra de Ciencia y Tecnología de la Leche. 16; [consultado 2020 jul 08]. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/materialdeapoyoparapruebasdeplataforma_1693.pdf
- Valdivia Calixto JA. 2017. Cambios físicoquímicos, sensoriales y nutricionales, debido a la evaporación de la leche fresca entera [Tesis]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 59 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Frecuencias teóricas de los datos obtenidos en la evaluación del índice de reductasa.

Frecuencia	
ft: 16	13.67
ft: 5	7.33
ft: 14	13.67
ft: 7	7.33
ft: 11	13.67
ft: 10	7.33
CHI CUADRADO	2.65

Anexo 2. Relación valor esperado- grados de libertad para conocer grado de significancia del índice de reductasa.

Grado de libertad	2
Probabilidad $t < 0$	0.05
Valor Esperado	2.92
CHI CUADRADO	2.65

* Chi cuadrado < Valor esperado= No existen diferencias significativas.