

Indicadores reproductivos en cohortes bovinas que beben como única fuente agua tratada proveniente de la producción del petróleo, en diferentes diluciones con agua de pozo profundo

Reproductive indicators in bovine cohorts that drink treated water that comes from oil production as the only source in different dilutions with deep-well water

José Guillermo Velásquez-Penagos,^{1*} Jorge Luis Parra-Arango,² José Henry Velásquez-Penagos,³ Sonia Lucía Gutiérrez-Parrado,⁴ Diana Patricia Barajas-Pardo,⁵ Eliana Neira-Rivera,⁶ Ciro Ortiz-Valdés⁷

¹ Investigador PhD, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), CI La Libertad. Villavicencio, Colombia. Correo: jvelasquez@agrosavia.org.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8023-1367>

² Investigador-docente, Universidad de Los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Villavicencio, Colombia. Correo: jlparra@unillanos.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5270-4259>

³ Investigador MSc, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), CI La Libertad. Villavicencio, Colombia. Correo: jvelasquezp@agrosavia.org.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7617-6588>

⁴ Profesional de Apoyo a la Investigación, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), CI La Libertad. Villavicencio, Colombia. Correo: slgutierrez@agrosavia.org.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8329-8302>

⁵ Investigador Docente, Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Villavicencio, Colombia. Correo: dianap.barajas@campusucc.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7604-4734>

⁶ Profesional de Apoyo a la Investigación. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), CI La Libertad. Villavicencio, Colombia. Correo: eneira@agrosavia.org.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8940-5885>

⁷ Profesional de Apoyo a la Investigación. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), CI La Libertad. Villavicencio, Colombia. Correo: cortizv@agrosavia.org.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4538-9083>

Editor temático: Sonia Daryuby Ospina Hernández (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Fecha de recepción: 18/03/2019

Fecha de aprobación: 12/09/2019

Para citar este artículo: Velásquez-Penagos, J. G., Parra-Arango, J. L., Velásquez-Penagos, J. H., Gutiérrez-Parrado, S. L., Barajas-Pardo, D. P., Neira-Rivera, E., & Ortiz-Valdés, C. (2020). Indicadores reproductivos en cohortes bovinas que beben como única fuente agua tratada proveniente de la producción del petróleo, en diferentes diluciones con agua de pozo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), e1372

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1372



Esta licencia permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de la obra de modo no comercial, siempre y cuando se dé el crédito y se licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), CI La Libertad. Kilómetro 17, vía Puerto López, Meta, Colombia.

Resumen

En el presente artículo se estudió el efecto del consumo de agua tratada proveniente de la producción del petróleo sobre indicadores reproductivos de la hembra bovina de doble propósito. Este se desarrolló en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia. Los animales seleccionados fueron 24 vacas F1, Cebú × Holstein Friesian, distribuidos al azar en cuatro tratamientos, cada uno con disposición permanente de toro reproductor previamente probado y que consumieron agua a voluntad de producción tratada utilizada bajo condiciones de pastoreo, así: 1) 100 % de agua de producción tratada, 2) mezcla de 50 % de agua de producción tratada y 50 % de agua de pozo profundo (PP), 3) mezcla de 25 % de agua de producción tratada y 75 % de agua PP, y 4) 100 % de agua PP (control). Las variables evaluadas en cada animal fueron las siguientes:

la edad al primer parto (EPP), la edad a la primera concepción (EPC), el intervalo entre parto (IEP), el intervalo parto concepción (IPC), número de terneros/vaca año o tasa de natalidad. El análisis estadístico comprendió prueba de normalidad, Shapiro-Wilk, análisis de varianza de una vía y prueba de Kruskal-Wallis; además, se empleó el *software* SPSS-22. Los resultados encontrados indicaron para EPC y EPP entre tratamientos medias que oscilaron 20,8 y 25,1 meses y 30,2 a 34,5 meses, respectivamente, sin diferencias significativas ($p > 0,05$). Las variables IEP, IPC y tasas de natalidad estuvieron entre 339 a 466 días, 57 a 184 días, y 0,78 a 1,08, respectivamente. No se encontraron diferencias entre los animales que consumieron y no consumieron agua de producción tratada.

Palabras clave: comportamiento reproductivo, doble propósito, edad al primer parto, ganado bovino, intervalo entre parto

Abstract

The effect of consuming treated water from oil production on the reproductive indicators of dual-purpose bovine females was assessed. The study was carried out at the municipality of Villavicencio, department of Meta, Colombia. Twenty-four F1 Cebu x Holstein Friesian cows were selected and randomly distributed in four treatments, each treatment with the permanent disposition of a previously tested reproductive bull. The selected groups consumed water at will of treated production under grazing conditions, as follows: 1. 100% treated production water, 2. mixture of 50% of treated production water and 50% of deep-well water (DWW), 3. mixture of 25% of treated production water and 75% of DWW, and 4. 100% of DWW (Control). The variables evaluated in each animal were: age at first birth (AFB), age at first conception

(AFC), interval between births (IBB), birth-conception interval (BCI), and the number of calves/cow per year or birth rate. The statistical analysis included Shapiro-Wilk and normality tests, one-way analysis of variance, and the Kruskal-Wallis test, employing the SPSS-22 software to carry out the analyses. The results found indicated for AFB and AFC between treatments, means that ranged from 20.8 and 25.1 months and 30.2 to 34.5 months, respectively, without significant differences ($p > 0.05$). The variables IBB, BCI, and birth rates showed means between 339 to 466 days, 57 to 184 days, and 0.78 to 1.08, respectively. No significant differences were found between the animals that consumed and did not consume treated production water.

Keywords: age at first birth, cattle, dual purpose, interval between births, reproductive behavior

Introducción

El petróleo que se obtiene en Colombia viene mezclado con aguas que se conocen como “aguas de producción”, y hacen parte de los fluidos naturales de los yacimientos. En Colombia, por cada barril de petróleo extraído se producen, en promedio, 13 barriles de agua. Las aguas de producción pueden ser tratadas y reinyectadas en la misma formación para mantener la presión de los yacimientos y aumentar el “factor de recobro”, también pueden ser tratadas y vertidas a cuerpos de agua superficiales o al suelo, o ser reinyectadas en los yacimientos como alternativa de disposición final (Almansa, Velásquez, & Yzquierdo, 2018).

Cuando las aguas de producción no son tratadas adecuadamente, pueden generar impactos al medio ambiente, contaminando las aguas superficiales y profundas (Al Hashemi, Maraqa, Rao, & Hossain, 2014). La composición y las características químicas de las aguas asociadas de producción de hidrocarburos están relacionadas con las condiciones geológicas de cada reservorio. Dicha composición es compleja y puede comprender varios miles de compuestos que varían en concentración entre los yacimientos (Bakke, Klungsøyr, & Sanni, 2013). Los efectos en la salud de aguas de producción no tratadas en bovinos pueden ir desde problemas neurológicos, reproductivos, gastrointestinales y hepáticos (American Petroleum Institute, 2004).

Los estudios en bovinos de sistemas doble propósito (DP), sobre consumo de agua de producción tratada y proveniente de la extracción de petróleo en la producción y salud realizados por Almansa et al. (2018), no reportaron cambios que muestren alteraciones en los indicadores productivos y en las evaluaciones macro y microscópicas de los órganos y tejidos de los animales experimentales.

El sistema de producción bovino DP en Colombia está ubicado en todos los pisos térmicos y en mayor grado en las laderas de las cordilleras y los valles de la región Andina, la Costa Atlántica y la Orinoquia, entre 0 y 1.500 m s. n. m., con predominio de cruces entre especies *Bos indicus* y *Bos taurus* (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2015).

El inventario del hato DP se estima en 8.216.258 de cabezas, siendo el 35% del hato nacional (Federación Colombiana de Ganaderos [Fedegán], 2016), de la población bovina nacional, 23.475.022 cabezas (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2017).

El sistema DP usualmente presenta baja eficiencia productiva y reproductiva (Vergara, Botero, & Martínez, 2009), y el indicador más crítico es el intervalo parto-concepción (Salgado et al., 2003). El aumento en la producción de leche y el mantenimiento de la lactancia se asocian con la disminución en la eficiencia reproductiva (Niozas et al., 2018; Rodríguez, & Martínez, 2010). Se ha demostrado una asociación entre el aumento de la producción de leche y la mayor incidencia de ciclos ováricos anormales con fases lúteas prolongadas (Kafi et al., 2012, citado por Remnant, Green, Huxley, & Hudson, 2015).

En el sistema DP, el ternero permanece con la vaca entre 5 y 8 horas después del ordeño, según lo indicaron Pérez et al. (2001), basados en el estudio de Escobar et al. (1984, citado por Pérez et al., 2001), lo que puede en algunos casos ocasionar anestro temporal en el posparto y el incremento en los días abiertos.

La edad al primer parto (EPP) en hatos del sistema doble propósito ha sido reportada entre 38 y 41 meses (Arellano et al., 2006; Cipagauta, Ossa, & Hernández, 2001; Navarrete et al., 1995; Vergara et al., 2009), y depende del manejo y la nutrición ofrecida durante el periodo de crecimiento (Granja, Cerquera, & Fernández, 2012). Su expresión temprana está asociada con el mayor número de terneros y cantidad de leche durante su vida productiva (Vergara et al., 2009). El intervalo entre parto (IEP) para algunos autores es alcanzado a los 16,9 meses (López, Arellano, Briones, & Velasco, 2015), 15,6 meses (Vergara et al., 2009), 15,8 meses (Arellano et al., 2006) y 15,4 meses (Cipagauta et al., 2001). El propósito de este trabajo fue evaluar el efecto del consumo de agua de producción tratada de la extracción de hidrocarburos, sobre la reproducción de hembras bovinas del sistema de doble propósito.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación La Libertad, localizado en la subregión del piedemonte llanero colombiano, a una altura de 336 m s. n. m., con temperatura promedio de 26 °C, precipitación promedio anual de 2.950 mm³, humedad relativa del 75-78%, y brillo solar 4-7 horas. El agua de producción tratada se obtuvo del campo petrolero Apiay de Ecopetrol. Se dispusieron cuatro tratamientos con agua tratada de extracción del petróleo autorizada para su vertimiento por el Ministerio del Medio Ambiente, bajo el marco de uso regulatorio del decreto 1594 de 1984, denominada *agua de producción*, y un control como única fuente de agua para los animales experimentales, así: agua de producción del campo Apiay, antes de ser vertida a las corrientes de agua natural y dos mezclas de esta agua 50% y 25%, que se ajustaron con agua del tratamiento control procedente de pozo profundo y empleada para el consumo animal. Diariamente se abasteció del agua de producción tratada del campo Apiay.

Se seleccionaron 24 vacas gestantes de 4 a 5 años de edad, de cruces Cebú × Holstein Friesian del sistema DP, distribuidas al azar en cuatro tratamientos, a cada uno de los cuales se le asignó un toro reproductor, previo espermograma satisfactorio y cambio cada 3 años en un área de 7 ha con pastos *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae), con acceso a voluntad del agua del tratamiento. Estos espacios fueron igualmente ampliados sin cambiar sus condiciones con el crecimiento de los grupos.

El diseño correspondió a un estudio completo al azar longitudinal prospectivo. Las vacas que iniciaron las cohortes (cuatro en total) ingresaron al experimento el 16 de mayo de 2007, con una edad promedio de 4 años, y se mantuvieron hasta el 30 de junio de 2015; el periodo de observación comprendió 2.967 días. De los animales que nacían al destete los machos se extraían de la cohorte al destete y las hembras continuaban y se incorporaban a la cohorte materna. Durante la época de lactancia, el día anterior al ordeño, los terneros eran separados

de sus madres a potreros independientes, con disponibilidad de agua.

Los indicadores reproductivos calculados fueron los siguientes: edad al primer parto (EPP) en meses, que correspondió a hembras nacidas dentro de las cohortes de cada tratamiento, y el intervalo entre partos en días (IEP), para las vacas introducidas al inicio de los tratamientos y las nacidas dentro de cada cohorte.

$$\begin{aligned} \text{Edad al primer parto en meses} &= \\ &= (\text{fecha primer parto} - \text{fecha de nacimiento}) / 30 \\ \text{IEP} &= \text{Día transcurridos, entre dos partos} \\ &\text{consecutivos.} \\ \text{Edad primera concepción (meses)} &= \\ &= (\text{EPP en días} - 282 \text{ días de gestación}) / 30 \\ \text{Tasa de natalidad: } &= (1/\text{IEP}) \times 365 = \\ &\text{terneros/vaca-año} \\ \text{Intervalo parto-concepción} &= I \\ &= \text{EP} - 282 \text{ días de gestación} \end{aligned}$$

El análisis estadístico comprendió prueba de normalidad, Shapiro-Wilk, para EPP e IEP, si la distribución era normal se corrió análisis de varianza de una vía y en la no normalidad, prueba de Kruskal-Wallis; se empleó el *software* SPSS-22.

Resultados y discusión

Los resultados indican que la edad al primer parto no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$) (tabla 1), respuesta que sigue el mismo comportamiento para la variable derivada *edad a la primera concepción*.

La media general para edad a la primera concepción y al primer parto fue de 22,2 y 31,6 meses, respectivamente, y entre tratamientos indican valores máximos para las dos variables de (25,1 y 34,5 meses), respectivamente. En el tratamiento de consumo de agua de producción al 25% y valores promedios mínimos (20,8 y 30,2 meses) en el tratamiento de consumo de agua de producción al 100% (tabla 2), tiempos menores a los 27 meses para edad promedio a la primera monta reportado por Fedegán (2012) y

lo reportado para EPP por Arellano et al. (2006), Cipagauta et al. (2001), Navarrete et al. (1995) y Vergara et al. (2009). Si se asume la edad a la primera

concepción de forma calculada de la revisión realizada, el resultado obtenido en este estudio para esta variable sería menor que el referenciado.

Tabla 1. Análisis de varianza para edad al primer parto por porcentajes de agua de producción tratada del campo de Apiay, Agrosavia, CI La Libertad

| Indicador | Fuente de variación | Suma de cuadrados | GL | Cuadrado medio | F | Sig. |
|------------------------------|------------------------|-------------------|----|----------------|-------|-------|
| Edad al primer parto (meses) | Entre tratamientos | 57,940 | 3 | 19,313 | | |
| | Dentro de tratamientos | 273,770 | 17 | 14457,46 | 1,201 | 0,340 |
| | Total | 331,710 | 20 | | | |

GL: grados de libertad; Sig.: Significancia.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Promedios de edad a la primera concepción y al primer parto en vacas nacidas en las cohortes, por tratamiento

| Tratamiento | N | Edad a la primera concepción (meses) | | | Edad al primer parto (meses) | | |
|--------------------------|----|--------------------------------------|---------------|------|------------------------------|---------------|------|
| | | Media | IC media 95 % | | Media | IC media 95 % | |
| | | | LI | LS | | LI | LS |
| Agua control | 7 | 21,5 | 19,9 | 23,1 | 30,9 | 29,3 | 32,5 |
| 25 % agua de producción | 5 | 25,1 | 16,6 | 36,6 | 34,5 | 26,0 | 43,0 |
| 50 % agua de producción | 5 | 21,2 | 16,8 | 25,5 | 30,6 | 26,2 | 35,0 |
| 100 % agua de producción | 4 | 20,8 | 16,9 | 24,9 | 30,2 | 26,1 | 34,3 |
| Total | 21 | 22,2 | 20,3 | 24,0 | 31,6 | 29,7 | 33,4 |

LI: límite inferior; LS: Límite superior
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Prueba de Kruskal-Wallis para intervalo entre partos por tratamientos, vacas introducidas y nacidas en el experimento y número del parto

| Fuente de variación | H de Kruskal-Wallis | GL | Significancia |
|---|---------------------|----|---------------|
| Niveles de agua de producción tratada | 4,137 | 3 | 0,247 |
| Vaca introducida o nacida en la cohorte | 0,056 | 1 | 0,812 |
| Número del parto | 3,528 | 4 | 0,474 |

GL: grados de libertad

Fuente: Elaboración propia

El intervalo entre partos no presentó diferencias significativas entre tratamientos de consumo de agua de producción tratada del campo de Apiay ($p > 0,05$), ni entre vacas nacidas o introducidas en las cohortes ni por número del parto (tabla 3).

La tasa de natalidad o terneros/vaca/año y el IPC, como son variables derivadas del IEP, son suficientes para inferir que tampoco hubo diferencias significativas ($p > 0,05$).

Las medianas generales del IEP, IPC y número de terneros por vaca al año fue de 422 días (14,07 meses), 140 días (4,67 meses) y 0,87 terneros (87 % natalidad), respectivamente. La respuesta obtenida entre tratamientos no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$). El tratamiento con menor valor de medianas para IEP (339 días) fue el del 25 % agua de producción, respuesta que estaría entre los valores óptimos esperados en un sistema de producción bovina DP; los demás resultados fueron los tratamientos testigo, 50 % y 100 % de agua de producción con 414, 399 y 466 días, respectivamente. Estas respuestas están por debajo de los 16 meses y son comparables con los que describen Cipagauta et al.

(2001) e inferiores a lo reportado por Arellano et al. (2006), López et al. (2015) y Vergara et al. (2009). El IPC señala cambios entre tratamientos que varían entre 57 y 184 días cuyo comportamiento, al ser derivado del IEP, es similar ($p > 0,05$). Para los tratamientos agua de control, 25 % y 50 % agua de producción, también se observan respuestas con valores de medianas por debajo de los 120 días abiertos y, para el tratamiento (100 % agua de producción), respuesta de 184 días, similar a los promedios calculados de los intervalos entre partos reportados por Cipagauta et al. (2001) e inferiores a las reportadas por Arellano et al. (2006), López et al. (2015) y Vergara et al. (2009). La variable terneros/vaca/año o tasa de natalidad señala valores de medianas entre tratamientos de 0,78 a 1,08, resultados superiores a los 0,53 que reporta Fedegán (2011) (tabla 4).

Cuando el análisis se realiza considerando el origen de las vacas, nacidas o introducidas, no se visualizan cambios significativos y sus respuestas son muy similares 426 y 418 días para IEP, 144 y 136 días para IPC, y 0,86 y 0,87 para natalidad.

Tabla 4. Medianas de IEP, IPC y tasa de natalidad por niveles de agua del petróleo y vacas nacidas o introducidas en las cohortes

| Tratamientos | N | IEP días mediana | IPC días mediana | Terneros/vaca-año Mediana |
|------------------------------------|----|------------------|------------------|---------------------------|
| Agua control | 16 | 414a | 132 | 0,88 |
| 25 % agua de producción | 7 | 339a | 57 | 1,08 |
| 50 % agua de producción | 19 | 399a | 117 | 0,92 |
| 100 % agua de producción | 23 | 466a | 184 | 0,78 |
| Vacas nacidas o introducidas | N | IEP días mediana | IPC días mediana | Terneros/vaca-año Mediana |
| Vacas introducidas en las cohortes | 9 | 426a | 144 | 0,86 |
| Vacas nacidas en las cohortes | 56 | 418a | 136 | 0,87 |
| General | 65 | 422 | 140 | 0,87 |

IEP: intervalo entre partos; IPC: Intervalo parto-concepción.

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento para el IEP y sus derivadas IPC y natalidad, en las secuencias sucesivas de parto (1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6), analizadas mediante la prueba de Kruskal-Wallis corrida para muestras independientes, por cada mezcla de agua de producción, no muestra cambios que permitan definir diferencias significativas ($p > 0,05$) para porcentajes de agua de producción por número de parto, por filas y columnas (tabla 5). El comportamiento de las medianas del IEP se muestra de forma irregular entre las secuencias de parto, respuesta que posiblemente se da por el fraccionamiento del (n) por la

secuencia de partos, a diferencia de lo que reportan Arellano et al. (2006), que muestra un comportamiento descendente a través del tiempo. Sin embargo, los tratamientos control y 100 % de agua de producción muestran las respuestas contiguas para la mayor parte de las series evaluadas (1-2 [415-499 días], 3-4 [369-427 días], 4-5 [463-457 días] y 5-6 [445-479 días]) y a nivel general (414-422 días), respuestas que podrían estar explicando la no asociación del comportamiento de esta variable con el consumo de agua de producción tratada.

Tabla 5. Medianas de intervalo entre partos, intervalo parto-concepción y tasa de natalidad por tratamiento y número del parto para las cohortes que consumieron diferentes mezclas de agua de producción tratada en Agrosavia, CI La Libertad

| Partos sucesivos | Indicador | N | Agua control | 25 % agua de producción | 50 % agua de producción | 100 % agua de producción | General |
|------------------|-------------------|----|--------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------|
| 1-2 | IEP días | 21 | 415 | 519 | 399 | 499 | 422 |
| | IPC días | | 133 | 237 | 117 | 217 | 140 |
| | Terneros/vaca-año | | 0,88 | 0,70 | 0,91 | 0,73 | 0,86 |
| 2-3 | IEP días | 18 | 356 | 339 | 426 | 466 | 386 |
| | IPC días | | 74 | 57 | 144 | 184 | 104 |
| | Terneros/vaca-año | | 1,03 | 1,08 | 0,86 | 0,78 | 0,95 |
| 3-4 | IEP días | 12 | 369 | 338 | 570 | 427 | 452 |
| | IPC días | | 87 | 56 | 288 | 145 | 170 |
| | Terneros/vaca-año | | 0,99 | 1,08 | 0,64 | 0,85 | 0,81 |
| 4-5 | IEP días | 9 | 463 | 494 | 353 | 457 | 413 |
| | IPC días | | 181 | 212 | 71 | 175 | 131 |
| | Terneros/vaca-año | | 0,79 | 0,74 | 1,03 | 0,80 | 0,88 |
| 5-6 | IEP días | 5 | 445 | 325 | 351 | 479 | 393 |
| | IPC días | | 163 | 43 | 69 | 197 | 111 |
| | Terneros/vaca-año | | 0,82 | 1,12 | 1,04 | 0,76 | 0,93 |
| General | IEP días | 65 | 414 | 339 | 399 | 466 | 422 |
| | IPC días | | 132 | 57 | 117 | 184 | 140 |
| | Terneros/vaca-año | | 0,88 | 1,08 | 0,91 | 0,78 | 0,86 |

IEP: Intervalo entre partos; IEP: intervalo-parto-concepción; Terneros/vaca-año = Tasa natalidad.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Bajo el escenario en que se desarrolló la presente investigación, se puede concluir que los indicadores de reproducción evaluados: edad al primer parto, edad a la primera concepción, intervalo entre parto, intervalo parto concepción y tasa natalidad, no se vieron afectados por el consumo de agua de producción tratada asociada a la extracción del petróleo del campo Apiay del piedemonte del Meta. Los valores obtenidos son comparables a los reportados en la literatura en condiciones normales.

Referencias

- American Petroleum Institute. (2004). *Risk-based screening levels for the protection of livestock exposed to petroleum hydrocarbons*. Recuperado de https://www.api.org/environment-healthand-safety/environmentalperformance/~/~~/media/files/ehs/environmental_performance/final_as_published_4733.ashx.
- Al Hashemi, W., Maraqa, M. A., Rao, M. V., & Hossain, M. (2014). Characterization and Removal of Phenolic Compounds from Condensate-Oil Refinery Wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 54(3), 660-671. doi:10.1080/19443994.2014.884472.
- Almansa, E., Velásquez, J. G., & Yzquierdo, G. A. (2018). Efecto del uso de aguas provenientes de la producción petrolera en actividades agrícolas y pecuarias. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(2), 403-420. doi:10.21930/rcta.vol19_num2_art:1016.
- Arellano, S., Martínez, J., Romero, E., Briones, F., Domínguez, M., & De la Garza, F. (2006). Factores genético-ambientales que afectan el intervalo entre partos y días a primer parto en ganado de doble propósito en el norte de Veracruz. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*, 10(1), 43-53.
- Bakke, T., Klungsoyr, J., & Sanni, S. (2013). Environmental Impacts of Produced Water and Drilling Waste Discharges from the Norwegian Offshore Petroleum Industry. *Marine Environmental Research*, 92, 154-169. doi:10.1016/j.marenvres.2013.09.012.
- Cipagauta, M., Ossa, G., & Hernández, C. (2001). *Comportamiento productivo de cruces Bos taurus x Bos indicus en un proceso de mejoramiento genéticos con bovinos doble propósito del piedemonte Caqueteño*. Boletín Técnico. Florencia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Agradecimientos

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y a Ecopetrol por la financiación de los recursos para el desarrollo de la investigación en el marco del convenio Agrosavia-Ecopetrol número 5211320.

Descargos de responsabilidad

Los autores partícipes de esta publicación realizaron aportes significativos al manuscrito, están de acuerdo y expresan que no existen conflictos de intereses en este estudio.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2015). *Insumos y factores asociados a la producción Agropecuaria*. Boletín mensual. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos31_abr_2015.pdf.
- Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán). (2012). *Foro de empresarización y competitividad ganadera: Costos y los indicadores de productividad en la ganadería colombiana*. Recuperado de <https://www.fedegan.org.co>.
- Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán). (2016). *Cifras referenciales del sector ganadero colombiano*. Recuperado de <https://estadisticas.fedegan.org.co>.
- Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán). (2011). *Oficina de Investigaciones Económicas Consensos ganaderos*. Recuperado de <http://www.fabegan.org/upload/publicaciones/Proyecciones%20de%20la%20ganaderia%20Colombiana.pdf>.
- Granja, Y. T., Cerquera, J., & Fernández, O. (2012). Factores nutricionales que interfieren en el desempeño reproductivo de la hembra bovina. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(2), 458-472. doi:10.24188/recia.v4.n2.2012.227.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2017). *Censo Pecuario Nacional*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/Areas/Pecuaria/Servicios/Epidemiologia-Veterinaria/Censos-2016/Censo-2017.aspx>.
- López, C. B. I., Arellano, S., Briones, F., & Velasco, R. (2015). Intervalo entre parto en ganado suizo por cebú en el norte de Veracruz. J. M. Gochicoa Matienzo (Presidente), *Memorias Congreso Mundial de Ganadería Tropical*. Recuperado de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/intervalo-entre-partos-ganado-t32003.htm>.
- Navarrete, M., Abuabara, Y., Mendoza, G., Martínez, G., Corredor, G., Serrano, G., & Dueñas, G. (1995). Evaluación de la reproducción en ganaderías de doble propósito en Córdoba. *Boletín Avances en Monitoreo Ganadero*, 2(1995).

- Niozas, G., Tsousis, G., Steinhofel, I., Brozos, C., Romer, A., Wiedemann, S., & Kashe, M. (2018). Extended Lactation in High-Yielding Dairy Cows. Effects on Reproductive Measurements. *American Dairy Science Association*, 102(1), 1-12.
- Pérez, H. P., Becerril, C. M., Lamothe, C., Torres, G., López, S., & Gallegos, S. (2001). Efecto del amamantamiento retrasado en la actividad postparto de las vacas y en los becerros de doble propósito. *Interciencia*, 31(10), 748-752.
- Remnant, J. G., Green, M. J., Huxley, J. N., & Hudson, C. D. (2015). Variation in the Interservice Intervals of Dairy Cows in the United Kingdom. *American Dairy Science Association*, 98(2), 889-897. doi:10.3168/jds.2014-8366.
- Rodríguez, Y., & Martínez, G. (2010). Efecto de la edad al primer parto, grupo racial y algunos factores ambientales sobre la producción de leche y el primer intervalo entre partos en vacas doble propósito. *Revista Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV*, 51(2), 79-91.
- Salgado, R., Álvarez, J., Bertel, M., González, M., Maza, L., & Torregrosa, L. (2003). Efecto de la época del parto y del sistema de amamantamiento sobre la eficiencia reproductiva de vacas del sistema doble propósito. *Revista MVZ Córdoba*, 8(2), 323-328. doi:10.21897/rmvz.511.
- Vergara, O., Botero, L. M., & Martínez, C. (2009). Factores ambientales que afectan la edad al primer parto y primer intervalo de partos en vacas del sistema doble propósito. *Revista MVZ Córdoba*, 14(1), 1594-1601. doi:10.21897/rmvz.368.