

REVISTA

ISSN L 2644-3856

INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ | FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Vol. 5 No. 1 Diciembre 2022 - Mayo 2023

Publicación Semestral

https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias



Ciencias Agropecuarias

#YoSoyFCA

REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

REVISTA CIENTÍFICA ESPECIALIZADA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS,
SERIADA, ARBITRADA EN LÍNEA E INDEXADA DE LA UNIVERSIDAD DE
PANAMÁ

ISSN L 2644-3856

VOLUMEN 5, N° 1
DICIEMBRE 2022 - MAYO 2023

PUBLICACIÓN SEMESTRAL

PANAMÁ



REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Especializada en Ciencias Agropecuarias
Publicación Semestral
Universidad de Panamá
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Dirección de Investigación y Postgrado
Panamá

Volumen 5, Número 1
Diciembre 2022 - Mayo 2023

ISSN L 2644-3856

Diseño de Portada. Licda. Noris Miranda
noris.miranda@up.ac.pa

Organización, Revisión, Diagramación y Diseño
Mgter. Carmen C. Rovira C.
carmen.rovira@up.ac.pa

Indexada en:



Site: https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias

Para la versión electrónica adopta la Licencia de Creative Commons:
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)



Información de contacto:

Dr. Juan Miguel Osorio R., Editor de la Revista Investigaciones Agropecuarias (RIA), Universidad de Panamá. Panamá. E-mail: editor_riafca@up.ac.pa Tel.: 523-3912

Dr. M.V. Reinaldo De Armas PhD. – Panamá
Director de la Revista Investigaciones Agropecuarias
reinaldo.dearmas@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0003-2488-0113>

Ing. Juan Miguel Osorio PhD. – Panamá
Editor de la Revista Investigaciones Agropecuarias
juan.osorio@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0002-6859-5763>

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Dr. Eduardo Flores Castro
RECTOR

Dr. Jaime Javier Gutiérrez
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

Dr. José Emilio Moreno
VICERRECTOR ACADÉMICO

Mgter. Arnold Muñoz
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Mgter. Mayanín Rodríguez
VICERRECTOR DE ASUNTOS ESTUDIANTILES

Prof. Ricardo Him
VICERRECTOR DE EXTENSIÓN

Prof. José Luis Solís
DIRECTOR GENERAL DE CENTROS REGIONALES UNIVERSITARIOS Y EXTENSIONES
DOCENTES

Prof. Ricardo Parker
SECRETARIA GENERAL

Mgter Eldis Barnes Molinar
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTACIÓN

La *Revista Investigaciones Agropecuarias* presenta su volumen 5 número 1, correspondiente a Diciembre 2022 – Mayo 2023, es una divulgación científica de publicaciones especializadas en línea, arbitrada y seriada en el campo de las Ciencias Agropecuarias. Bajo la responsabilidad de la Dirección de Investigación y Postgrado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, cuyo objetivo principal es de contribuir al desarrollo de la investigación, generación de conocimientos científicos e innovación de tecnologías en esta área de conocimiento.

Su publicación en línea inició en diciembre de 2018, con una periodicidad semestral, correspondiente a un volumen anual, dividido en dos números (Diciembre–Mayo y Junio–Noviembre), presentando una colección de artículos científicos originales e inéditos, compilaciones científicas y notas cortas.

Esta revista se encuentra indexada en Latindex, el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina (AMELICA) y en el Índice de Revistas Científicas de Panamá (Panindex) se publica bajo la modalidad de arbitraje por pares *doblo ciego*.

OBJETIVOS

- Divulgar resultados de investigaciones originales e inéditos, en Ciencias Agropecuarias y aumentar la visibilidad del conocimiento científico en las áreas agropecuarias a nivel internacional.
- Fomentar la participación de investigadores, profesionales y estudiantes de las Ciencias Agropecuarias y áreas afines a nivel nacional e internacional.
- Lograr su indexación en agencias de alto impacto tales como Redalyc, Scielo y Scopus.

- Contribuir con la seguridad agroalimentaria, desarrollo rural y la preservación del medio ambiente. Así como el desarrollo de tecnologías emergentes en el Sector Agropecuario.

INDICE

ARTÍCULOS EN ESTE NÚMERO	Págs.
VARIACIÓN INTERRACIAL E INDIVIDUAL EN NOVILLAS DONANTES DE OVOCITOS RECOLECTADOS EMPLEANDO ASPIRACIÓN FOLICULAR TRANSVAGINAL <i>Alex Solís-Corrales, Cesar Vigil y Reinaldo De Armas</i>	8 - 17
DAILY TEMPERATURE VARIATIONS AND ITS IMPACT ON HIGH ALTITUDE DAIRY PRODUCTION <i>María Camila Londoño Mendez, Alexander Navas Panadero, Juan David Corrales Alvarez, Arturo Yovany Fuentes Castillo and Carolina Bepalhok Jacometo</i>	18 - 25
ESTUDIO DE FRECUENCIA DE CORTE SOBRE LA PRODUCCIÓN FORRAJERA Y RELACIÓN HOJA-TALLO DEL PASTO <i>Urochloa brizantha</i> cv. PAIAGUÁS <i>Edgar Alexis Polo Ledezma y Sebastián Urieta</i>	26 - 39
DAÑOS AMBIENTALES Y SU RELACIÓN CON EL INVENTARIO DE GANADO BOVINO - PANAMÁ, PERIODO 2016 - 2020 <i>Edwin Pile, Andrés Chang y Euribiades Chang</i>	40 - 49
MONITORES AUTOMÁTICOS DE ACTIVIDAD COMO ALTERNATIVA PARA EL MANEJO REPRODUCTIVO DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO <i>Efraín Quintero Chanis, Reynaldo Vargas, Alex Ríos-Moreno y Joseph Grajales-Cedeño</i>	50 - 60
CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS DE USO DE SUELO EN LAS LAGUNAS, BUGABA <i>Felicita González, Richard José Ortega Justavino y Eva S. Moreno</i>	61 - 73
INFLUENCIA DE LA RAZA Y EL NÚMERO DE LACTANCIA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LECHE EN CABRAS (<i>Capra hircus</i>) BAJO CONDICIONES TROPICALES <i>Héctor Cedeño, Berenice Rivas1, Katherine Montes, Miguel Espinosa, Tamara Pimente, Roberto Saavedra, Mario Arjona, Reggie Guerra y Gabriel Remy</i>	74 -84
INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN AGROECOSISTEMAS HORTÍCOLAS EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ <i>Rubén D. Collantes González, Rito Herrera, Martín A. Caballero Espinosa y Javier E. Pittí Caballero</i>	85 -92

VARIACIÓN INTERRACIAL E INDIVIDUAL EN NOVILLAS DONANTES DE OVOCITOS RECOLECTADOS EMPLEANDO ASPIRACIÓN FOLICULAR TRANSVAGINAL

VARIATION BETWEEN AND WITHIN BREEDS IN DONORS HEIFERS OF OOCYTES COLLECTED BY TRANSVAGINAL OVUM PICK-UP

Alex Solís-Corrales¹, Cesar Vigil¹ y Reinaldo De Armas¹*

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia, Centro de Investigaciones en Biotecnología Agropecuaria (CIBA). Chiriquí, Panamá. (alex.solis@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-1764-2654>, cesar.vigil@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-7793-275X>, reinaldo.dearmas@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2488-0113>)

*Correo de Correspondencia: alex.solis@up.ac.pa

Recibido: 16/05/2022

Aceptado: 28/08/2022

RESUMEN. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la variación interracial e individual entre donantes de ovocitos recolectados por Aspiración Folicular Transvaginal (AFT). Las variables evaluadas fueron número total de ovocitos recuperados y número de ovocitos viables para Producción *In Vitro* de Embriones (PIVE). Se emplearon ocho novillas de la raza Gyr y ocho novillas de la raza Fleckvieh. Las condiciones ambientales fueron similares dentro de raza y variadas entre raza. Los datos fueron analizados mediante un Diseño de Bloques Aleatorizado. Se empleó el test de Duncan para realizar las comparaciones de medias entre los tratamientos. No se encontró diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) para en el número de ovocitos totales recolectados entre las hembras Gyr (9.81 EE 1.04) y Fleckvieh (9.00 EE 1.04). Tampoco se encontró diferencias ($P>0.05$) en cuanto al número de ovocitos viables (Gyr: 5.94 EE 0.76 vs Fleckvieh: 6.63 EE 0.76). Se encontró variación individual estadísticamente significativa ($P<0.05$) dentro de las dos razas evaluadas, tanto para total de ovocitos como para el número de ovocitos viables recolectados. El número de ovocitos viables recolectados fue la variable con el mayor porcentaje de variación individual. Se concluye que la superioridad demostrada en múltiples investigaciones por animales *Bos Indicus* como los de raza Gyr sobre animales *Bos Taurus* como los de raza Fleckvieh, en cuanto al número de ovocitos recolectados por AFT, puede ser alterada por las condiciones ambientales. Existe variación individual para el número total de ovocitos recolectados y número de ovocitos viables para PIVE obtenidos por AFT entre individuos con condiciones similares de raza, edad, peso, etapa biológica, condición corporal, estatus reproductivo y ambiente.

PALABRAS CLAVE: Fleckvieh, folículos, Gyr, OPU, respuesta individual, Simmental.

ABSTRACT. This research was aimed to evaluate the individual variation among oocyte donors, collected by Transvaginal Ovum Pick-Up (OPU). The variables evaluated were the total number of collected oocytes and the amount of viables for *In Vitro* Embryo Production (IVEP). Eight Gyr heifers and eight Fleckvieh heifers were used in the study. Environmental conditions were similar within breed and varied between breed. Data were analyzed using a Randomized Block Design and Duncan's test was employed to compare means between treatments. No statistical differences ($P>0.05$) were found in the number of total collected oocytes between females Gyr (9.81 SE 1.04) and Fleckvieh (9.00 SE 1.04). No differences were found ($P>0.05$) in terms of number of viable oocytes (Gyr: 5.94 SE 0.76 vs Fleckvieh: 6.63 SE 0.76). Significant statistically individual variation ($P<0.05$) was found within the two evaluated breeds, both for total number of oocytes and viable ones. However, the number of viable collected oocytes was the variable with the highest percentage of individual variation. It is concluded that the superiority shown in multiple investigations by *Bos indicus* animals such as those of the Gyr breed over *Bos taurus* animals such as those of the Fleckvieh breed, in terms of the number of oocytes collected by OPU, can be altered by environmental conditions. There is individual variation for the total number of oocytes collected by OPU and viable ones selected for IVEP, obtained from donors with similar conditions of breed, age, weight, biological stage, body condition, reproductive status and environment.

KEYWORDS: Fleckvieh, follicles, Gyr, OPU, individual response, Simmental.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes biotecnologías reproductivas que se encaminan a reproducir a gran escala animales genéticamente superiores. Actualmente se conoce que la Producción *In Vitro* de Embriones Bovinos (PIVE), a partir de ovocitos obtenidos por medio de la técnica de aspiración folicular transvaginal (AFT), ostenta los mejores resultados en este sentido.

Se estima que solo entre un 50 y 70 por ciento de los ovocitos obtenidos mediante AFT son aptos para fertilización *in vitro*; alrededor del 72.2% de estos logran clivar, pero solo un aproximado de 27.8 por ciento alcanzan el estadio de blastocito (Watanabe *et al.*, 2017). Es por esto que obtener el mayor número posible de ovocitos aptos para la fertilización *in vitro*, representa una ventaja para la técnica, pues permite obtener mejores resultados.

El número, así como la calidad de los ovocitos recolectados, la cual se traduce fundamentalmente en la mayor presencia de células del cumulo que rodean al mismo, se ve influenciada según Grajales *et al.*, (2018), por diferentes factores, entre los cuales se mencionan los de carácter biológico y los de carácter técnico. Los aspectos técnicos son controlados por el operador del equipo de AFT. No así, los aspectos biológicos que se encuentran vinculados a la biología del animal, como la raza, edad, fertilidad, categoría, estado fisiológico y condición corporal de la donante.

Un aspecto biológico que ha sido considerado de gran importancia en la reproducción animal es la variación en la respuesta. La raza juega un rol importante en este sentido. Los animales de la raza Nelore, o las vacas en general cebuínas normalmente tienen un mayor número de folículos reclutados, en comparación con las vacas de razas europeas (Seneda *et al.*, 2002, Baruselli *et al.*, 2012). Sin embargo, autores como Seneda *et al.* (2002), señalan que, a pesar del potencial similar entre los individuos de la misma raza, la variabilidad entre las distintas donantes para producir una población viable de folículos puede influir en los resultados de la AFT.

Del mismo modo, los factores ambientales como localidad, alimentación y manejo en general pueden jugar un rol determinante en los resultados de la AFT, en nuestra experiencia hemos encontrado en distintas localidades animales *Bos indicus* con pobres resultados y animales *Bos taurus* ostentando buenos resultados. En la especie bovina se sabe que la cantidad de folículos primordiales se desarrolla durante la vida fetal (Aerts y Bols, 2010) y tiene una fuerte correlación con el estado nutricional de la madre, sobre todo en el primer tercio de la gestación (Evans *et al.*, 2010). Por lo tanto, las vacas que sufrieron alguna restricción alimentaria durante la preñez producen hijas con una población folicular menor, comparado con hijas de vacas que no sufrieron ninguna deficiencia en la alimentación en dicha etapa (Evans *et al.*, 2010).

Estos factores de variación no han sido tomados en cuenta en muchas de las investigaciones sobre AFT-PIVE, lo cual supone un error experimental en los resultados de los estudios realizados. Del mismo modo, una respuesta individual significativa en este estudio sugeriría considerar la misma como criterio de selección de hembras donantes de ovocitos en los sistemas de producción *in vitro* de embriones. Es por ello que esta investigación tuvo como objetivo evaluar la variación interracial

e individual entre novillas donantes de ovocitos recolectados por AFT de las razas Gyr y Fleckvieh sometidas a distintas condiciones ambientales.

METODOLOGÍA

Ubicación Geográfica

Se realizó AFT de novillas Fleckvieh en el Centro de Investigaciones en Biotecnología Agropecuarias (CIBA) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, República de Panamá; ubicado en el corregimiento de Chiriquí, Provincia de Chiriquí; localizado a los 8°23'15,12'' de latitud norte y 82°19'47.48'' de longitud oeste, con una elevación de 26 msnm. Paralelamente, se realizó AFT de novillas Gyr en la Hacienda Agua Fría en el Distrito de Penonomé provincia de Coclé, localizada a los 8° 24` 58`` de latitud norte y 80° 20` 51`` de longitud oeste, con una elevación de 29 msnm.

Sujetos Experimentales

En esta investigación se emplearon un total de 16 novillas, ocho (8) de la raza Fleckvieh y ocho (8) de la raza Gyr, las cuales fueron sometidas a AFT. Dentro de cada raza, las novillas eran homogéneas entre sí para las siguientes variables:

- Raza: Fleckvieh y Gyr
- Etapa biológica: Novillas
- Edad: 18 a 26 meses
- Peso: 330 a 375 kg.
- Condición corporal: 3 a 3.75 en escala de 1 a 5
- Estatus reproductivo: Cíclicas
- Alimentación: Sal mineral ad libitum

Entre razas las mismas eran heterogéneas en las siguientes variables:

- Manejo
- Alimentación
- Condiciones climáticas

Aspiración Folicular Transvaginal

Previo al inicio de la recolecta de ovocitos, la onda folicular de las novillas fue sincronizada empleando el método de ablación de folículos mayores a 10 mm con AFT. Esto permitió el desarrollo armónico de los folículos en todas las novillas utilizadas. Cuatro días después de efectuada la ablación de los folículos se realizó la primera sesión de aspiración a todos los animales y una segunda sesión cuatro días después de la primera.

Para el desarrollo del procedimiento de AFT, las hembras fueron anestesiadas de forma regional con Lidocaína al 2% (3 a 5 mL/vaca, vía epidural), lo cual evitó las contracciones rectales y facilitó la manipulación de los ovarios.

Se empleó un ultrasonido marca SIUI®, el cual consta de un transductor convexo de 6.5 MHz, acoplado a un sistema de guía de agujas marca WTA®. El sistema de guía de agujas fue equipado con agujas de 20G x 2" unidas a líneas para aspiración folicular (mangueras de silicona), y estas a su vez a un tubo cónico de 50 mL (tubo de recolecta), mediante un tapón metálico para aspiración folicular marca WTA®. El tapón metálico se une a una bomba de vacío (Pioneer® pro pump) mediante una manguera de silicona de 8 mm de diámetro.

A cada tubo cónico empleado en el procedimiento le fue adicionado aproximadamente 5 mL de solución salina más heparina a razón de 10000 UI de heparina por cada 100 mL de solución salina. El transductor acoplado al sistema de guía de agujas se introdujo por vía transvaginal en dirección dorso-craneal hasta localizar el cuello del útero.

Los ovarios fueron manipulados con la mano libre del operador por vía transrectal, de forma tal que se colocaron contra el transductor, permitiendo así visualizar los folículos en la pantalla del ultrasonido. Con la aguja se atravesó la pared vaginal hasta llegar a los ovarios, aspirando de esta forma todos los folículos visibles ($\varnothing \geq 5\text{mm}$).

Se aplicó una presión de vacío aproximada de 80 mmHg (previamente calibrada a 26 mL de agua/min), de manera que el licor folicular junto con el medio y los ovocitos llegaron hasta el tubo cónico, que fue llevado hasta el laboratorio para realizar la búsqueda y selección de los ovocitos.

Clasificación de los ovocitos recolectados por AFT

El contenido del tubo cónico de recolecta fue depositado en filtros para embriones EmCon™ con maya de 75 μm . Seguidamente se adicionó solución salina dejando pasar líquido a través del filtro, hasta aclarar el contenido y facilitar la búsqueda de los ovocitos, la cual fue realizada bajo visión estereoscópica en placas Petri de búsqueda ($\varnothing = 100 \times 100 \text{ mm}$).

Los ovocitos recolectados en cada sesión de aspiración fueron contabilizados, evaluados morfológicamente y clasificados, tomando como referencia los criterios propuestos por De Loos *et al.* (1989), donde los ovocitos de grado 1: se consideraron como excelentes, grado 2: buenos, grado 3: regulares y grado 4: malos.

Los ovocitos de grado 1, 2 y 3 son considerados viables para PIVE, en tanto que los ovocitos grado 4 son considerados no viables. Dicha escala de clasificación se describe a continuación en la tabla uno.

Tabla 1. Clasificación de los ovocitos recolectados por AFT.

Grado 1 <ul style="list-style-type: none">• Cúmulos con capas múltiples (entre 3 y 5)• Cúmulus compacto• La totalidad del cúmulus es clara y transparente• Citoplasma homogéneo
Grado 2 <ul style="list-style-type: none">• Cúmulus como en el grado uno o algo más oscuro y menos transparente.• Citoplasma con granulación más gruesa y más oscura en la periferia que en grado uno.
Grado 3 <ul style="list-style-type: none">• Cúmulus menos compacto (menos de 3 capas de células), más oscuro que en uno o dos.
Grado 4 <ul style="list-style-type: none">• Sin cúmulus o con cúmulus expandido.

Adaptada de De Loos *et. al.*, (1989).

Análisis Estadístico

Las hembras empleadas fueron los tratamientos (16 tratamientos). Cada hembra fue aspirada dos veces (dos replicas por tratamiento) lo que dio un total de 32 observaciones.

Los datos fueron evaluados empleando un Diseño de Bloques Aleatorizado (DBA) tomando como criterio de bloque la raza de las hembras empleadas. Se trabajó con un nivel de significancia de α : 0.05 y un nivel de confianza de 95%. Se empleó el test de Duncan para realizar las comparaciones de medias entre los tratamientos. Los datos fueron analizados empleando el software estadístico Infostat versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En contraposición con múltiples investigaciones que sustentan que las razas cebuinas suelen tener mayor número de folículos reclutados por onda, por tanto, disponibles para AFT en comparación con las razas europeas (Seneda *et al.*, 2002; Blaschi *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2008; Sartori y Barros 2011; Baruselli *et al.*, 2012; Gimenes *et al.*, 2015), en esta investigación no encontramos diferencia estadísticas significativas ($P>0.05$) para en el número de ovocitos colectados, entre las hembras Fleckvieh y Gyr como se aprecia en la tabla dos.

Tabla 2. Promedios de ovocitos colectados en las razas evaluadas.

Raza	n	Promedio de Ovocitos Viables	Promedio Total de Ovocitos
Gyr	16	5.94 ^a EE0.76	9.81 ^a EE1.04
Fleckvieh	16	6.63 ^a EE0.76	9.00 ^a EE1.04

Columnas con letras distintas difieren significativamente

Silva-Santos *et al.* (2011), no encontraron diferencias significativas en el número de folículos pre-antrales (primordiales, primarios o secundarios) en ovarios de fetos de novillas *Bos taurus* o *Bos indicus*, y sugirieron que el número superior de folículos y mayor rendimiento en los programas OPU de los animales cebuínos, puede estar asociado a una tasa de atresia folicular inferior en los mismos. Como hemos señalado, en este ensayo, las razas evaluadas se encontraban en distintas localidades, razón por la cual nuestros resultados sugieren que dicha tasa de atresia folicular, además de estar asociada a factores genéticos diferenciados entre subespecies o entre razas, también está influenciada por factores ambientales como la localidad, alimentación y manejo en general.

Cuando se analizó la variable número de ovocitos totales colectados por AFT en hembras de la raza Gyr, se encontró que un animal manifestó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) con respecto al resto, como se aprecia en la figura uno, en cambio, al analizar el número de ovocitos viables colectados por AFT se encontró mayores diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los animales empleados en el estudio, cómo se aprecia en la figura dos.

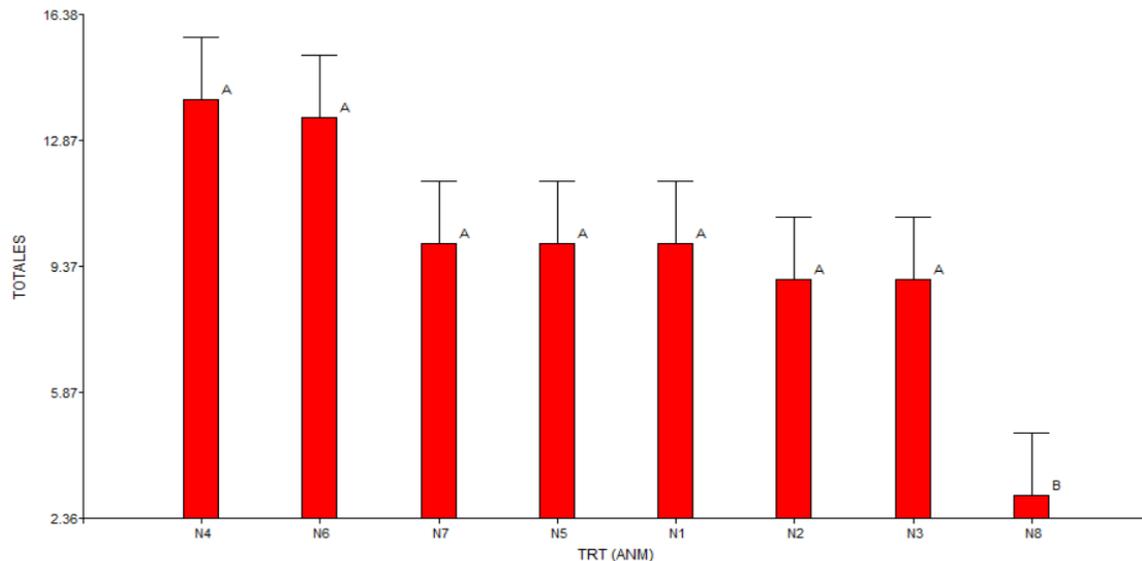


Figura 1. Promedios de ovocitos totales colectados por AFT en las novillas Gyr.

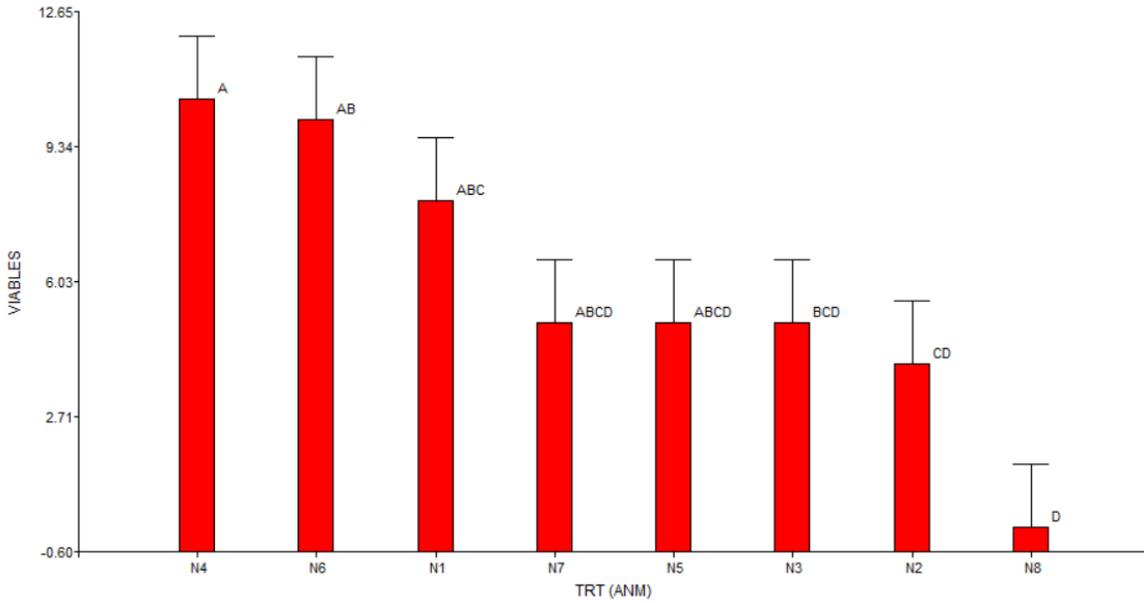


Figura 2. Promedios de ovocitos viables para PIVE colectados por AFT en novillas Gyr.

Al estudiar los resultados ostentados por las novillas Fleckvieh se encontró diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las hembras evaluadas, tanto para el número total de ovocitos colectados como para el número de ovocitos viables para PIVE, como se aprecia en las figuras tres y cuatro.

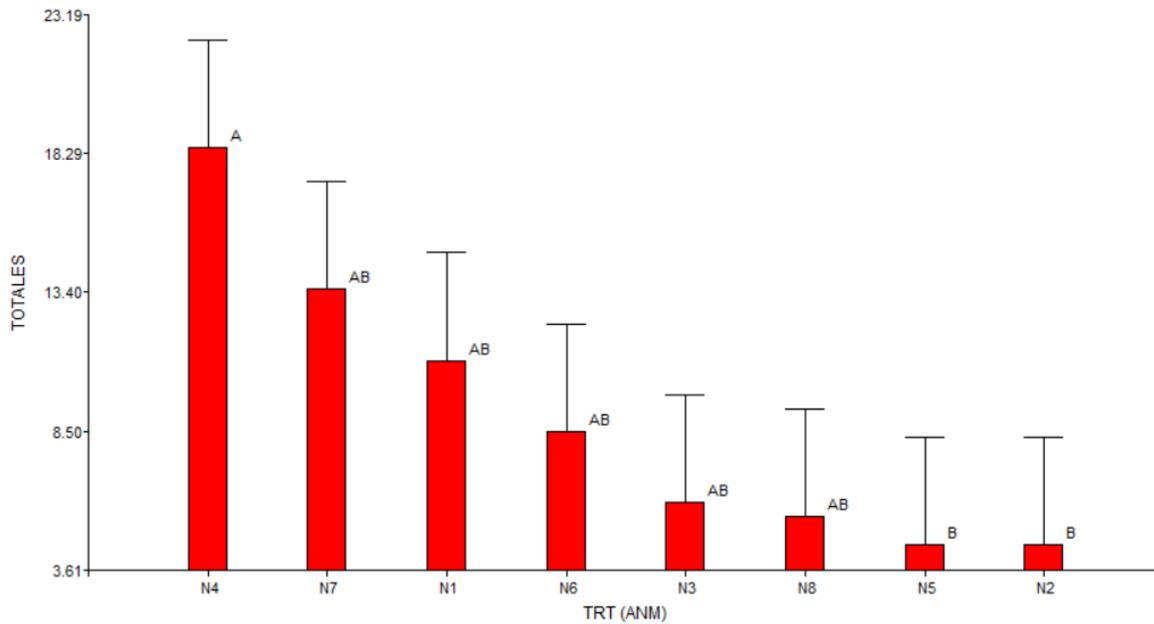


Figura 3. Promedios de ovocitos totales colectados por AFT en las novillas Fleckvieh.

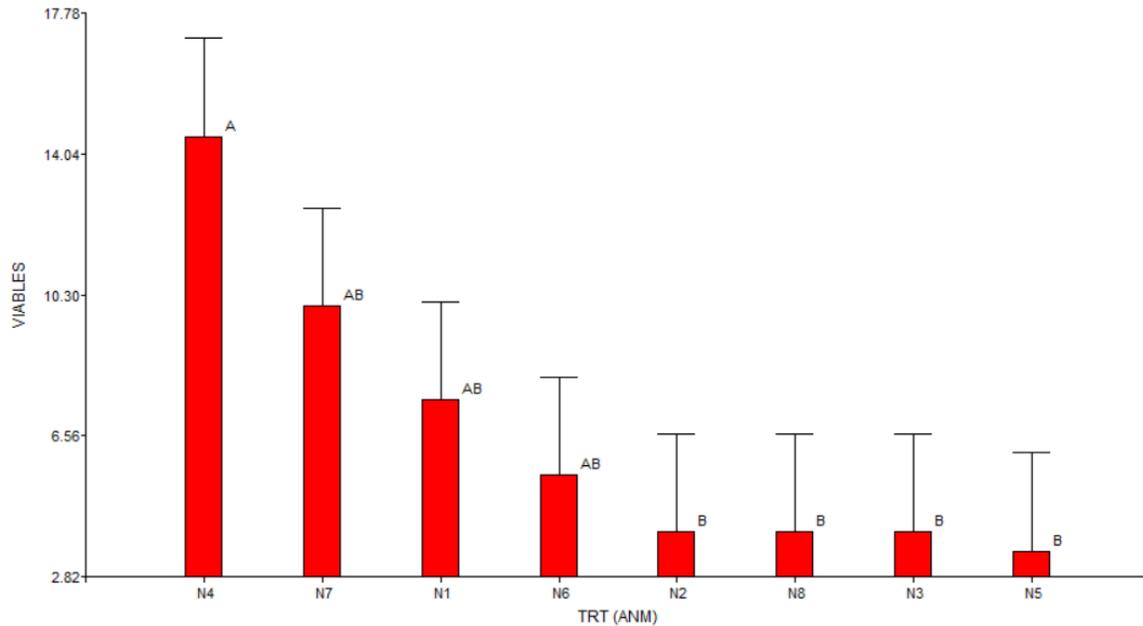


Figura 4. Promedios de ovocitos viables para PIVE colectados por AFT en novillas Fleckvieh.

Los resultados ostentados en las figuras uno, dos, tres y cuatro sugieren que existe variabilidad individual para el número y viabilidad de ovocitos recolectados por AFT dentro de las hembras Gyr y Fleckvieh, incluso cuando son homogéneas en variables como la edad, la etapa biológica, condición corporal, peso, estatus reproductivo y condiciones ambientales. Estos resultados son coincidentes con las apreciaciones de Seneda *et al.*, (2002), quienes indicaron que, a pesar del potencial similar entre los individuos de la misma raza, la variabilidad entre las distintas donantes para producir una población viable de folículos puede influir en los resultados de la AFT.

Dentro de cada grupo racial se encontró mayor variabilidad en la viabilidad que en el número total de ovocitos recolectados. Respaldo una vez más las apreciaciones de Silva-Santos *et al.* (2011), es preciso señalar que este fenómeno puede estar influenciado por la tasa de atresia de los folículos antrales, que como señala Fernández (2003), está mediada por algunos factores que tienen efecto de retroalimentación negativa sobre la secreción de gonadotrofinas, entre los que destacan la inhibina, folistatina (Fernández, 2003) y el estradiol (Bó 2002) y por las proteínas ligadoras de calcio (IGFBP) que secuestran los Factores de Crecimiento Similar a la Insulina (IGF) responsables en gran medida por el desarrollo ovocitario.

CONCLUSIONES

No se encontró diferencias entre las razas evaluadas por lo cual concluimos que la superioridad demostrada en múltiples investigaciones por animales *Bos Indicus* como los de raza Gyr sobre animales *Bos Taurus* como los de raza Fleckvieh, en cuanto al número de ovocitos recolectados por AFT, puede ser alterada por las condiciones ambientales.

Existe variación individual para el número total de ovocitos colectados y número de ovocitos viables para PIVE obtenidos por AFT entre individuos con condiciones similares de raza, edad, peso, etapa biológica, condición corporal, estatus reproductivo y ambiente.

AGRADECIMIENTO

A la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (**SENACYT**) de la República de Panamá, por su valioso aporte financiero, administrativo e intelectual para desarrollo de la presente investigación. A los propietarios de la Finca Aguas Frías por permitirnos el empleo de sus valiosos animales de la raza Gyr.

REFERENCIAS

- Aerts, J. M. J., & Bols, P. E. J. (2010). Ovarian follicular dynamics. A review with emphasis on the bovine species. Part II: Antral development, exogenous influence and future prospects. *Reproduction in domestic animals*, 45(1), 180-187.
- Baruselli, P. S., Sá Filho, M. F. D., Ferreira, R. M., Sales, J. N. S., Gimenes, L. U., Vieira, L. M; ... & Bó, G. A. (2012). Manipulation of follicle development to ensure optimal oocyte quality and conception rates in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 47, 134-141.
- Blaschi, W., Andrade, E. R., Nonato Junior, I., Pontes, J. H. F., Ereno Junior, J. C., Uvo, S., & Seneda, M.M. (2008). Utilização prévia do Pluset na aspiração follicular: impacto na produção *in vitro* de embriões em vacas *Bos indicus*. *Acta Scientiae Veterinariae*, 32, 186.
- Bó, G. A. (2002). Dinámica folicular y tratamientos hormonales para sincronizar la ovulación en el ganado bovino. XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Valera, Venezuela.
- Carvalho, J. B. P. D., Carvalho, N. A. T. D., Reis, E. L., Nichi, M., Souza, A. H. D., & Baruselli, P. S. (2008). Effect of early luteolysis in progesterone-based timed AI protocols in *Bos indicus*, *Bos indicus* × *Bos taurus*, and *Bos taurus* heifers. *Theriogenology*, 69(2), 167-175.
- De Loos, F., Van Vliet, C., Van Maurik, P., & Kruij, T. A M. (1989). Morphology of immature bovine oocytes. *Gamete Research*, 24, 197-204.
- Evans, A. C. O., Mossa, T. F., Lonergan, P., Smith, G. W., Jimenez-Krassel, F., Folger, J. K., Ireland, J. L. H., & Ireland, J. J. (2010). Variation in the number of ovarian follicles in cattle: possible causes and consequences. *Reproduction in Domestic Ruminants*, 67(1), 421-9.

- Fernández, A. T. (2003). Dinámica folicular: funcionamiento y regulación (en línea). Departamento de reproducción animal. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Montevideo–Uruguay. Consultado 26 de nov. 2010. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/23-ondas_foliculares.htm
- Gimenes, L. U., Ferraz, M. L., Fantinato-Neto, P., Chiaratti, M. R., Mesquita, L. G., Sá Filho, M. F., & Baruselli, P. S. (2015). The interval between the emergence of pharmacologically synchronized ovarian follicular waves and ovum pickup does not significantly affect *in vitro* embryo production in *Bos indicus*, *Bos taurus*, and *Bubalus bubalis*. *Theriogenology*, 83(3), 385-393.
- Grajales, J., De Armas, R., & Solís, A. (2018). Efecto de factores técnicos y biológicos sobre la tasa de recuperación y calidad de ovocitos obtenidos por aspiración folicular en bovinos. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343050604_Effect_of_some_technical_and_biological_factors_on_the_recuperation_rate_and_oocyte_quality_obtained_by_follicular_aspiration
- Sartori, R., & Barros, C. M. (2011). Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 124(3), 244-250.
- Seneda, M. M., Esper, C. R., García, J. M., & Andrade, E. R. (2002). Aspectos técnicos e biológicos da obtenção oócitos bovinos: Revisão de literatura. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 23(1), 101-110.
- Silva-Santos, K. C., Santos, G. M. G., Siloto, L. S., Hertel, M. F., Andrade, E. R., Rubin, M. I. B., Sturion, L., Melo-Sterza, F. A., & Seneda, M. M. (2011). Estimate of the population of preantral follicles in the ovaries of *Bos taurus indicus* and *Bos taurus taurus* cattle. *Theriogenology*, 76, 1051–1057.
- Watanabe, Y. F., de Souza, A. H., Mingoti, R. D., Ferreira, R. M., Batista, E. O. S., Dayan, A., ... & Baruselli, P. S. (2017). Number of oocytes retrieved per donor during OPU and its relationship with *in vitro* embryo production and field fertility following embryo transfer. *Animal Reproduction (AR)*, 14(3), 635-644.

DAILY TEMPERATURE VARIATIONS AND ITS IMPACT ON HIGH ALTITUDE DAIRY PRODUCTION

VARIACIONES DIARIAS DE TEMPERATURA Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN ALTURA

María Camila Londoño Mendez¹, Alexander Navas Panadero¹, Juan David Corrales Alvarez¹, Arturo Yovany Fuentes Castillo^{2,3} and Carolina Bespalhok Jacometo^{1}*

¹Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Bogotá DC, Colombia.

² Universidad de La Salle, Doctorado en Agrociencias, Bogotá DC, Colombia.

³ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá.

(mcardozo23@unisalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-2884-6035>; anavas@unisalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-8975-2601> ;

jcorrales@lasalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-5994-4637>; afuentes13@unisalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-4126-0779> ;

cbspalhok@unisalle.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-5384-407X>)

*Correo de Correspondencia: cbspalhok@unisalle.edu.co

Recibido: 10/06/2022

Aceptado: 05/09/2022

ABSTRACT. Extensive dairy productions are exposed to weather variations, and when the temperature and humidity are extreme, animals can experience thermal stress. The aim of this work was to evaluate the impact of a daily variation on temperature-humidity index (THI) on circulating cortisol levels, milk yield and composition of dairy cows. Ten Holstein cows in the first third of lactation were evaluated, during morning and afternoon milking, for milk yield, milk composition and blood cortisol. Climatic variables were recorded daily. During the experimental period, the daily temperature variations were around 15°C (range between maximum and minimum), however THI indicated animals were in a thermoneutral zone. Milk composition and blood cortisol concentrations were not different between morning and afternoon milking and blood cortisol concentration had a weak positive correlation with milk yield and negative with milk protein, fat and non-fat solids content. In conclusion, Holstein cows located in regions of high altitude do not show a significant level of relationship between blood cortisol and production and milk components, which may indicate the adaptation of these animals to this environmental condition.

KEYWORDS: cortisol, milk production, temperature-humidity index.

RESUMEN. Los sistemas ganaderos extensivos están expuestos a las variaciones climáticas, y cuando la temperatura y humedad son extremas, los animales pueden enfrentar estrés térmico. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de la variación diaria de la temperatura y el índice temperatura y humedad (ITH) sobre las concentraciones sanguíneas de cortisol, producción y composición de leche en vacas Holstein. Diez vacas fueron seleccionadas, evaluadas en el primer tercio de lactancia, durante los ordeños de la mañana y tarde, para analizar concentraciones sanguíneas de cortisol, producción y composición de leche. Las variables climáticas fueron reportadas diariamente. Durante el periodo experimental, la variación diaria de temperatura estuvo al redor de 15°C (rango entre máxima y mínima), pero el ITH indicó que los animales estaban en una zona termoneutral. La composición de la leche y la concentración sanguínea de cortisol no fue diferente entre los ordeños de la mañana y tarde y el cortisol sanguíneo tuvo una correlación baja, positiva con producción de leche y negativa con la concentración de proteína, grasa y sólidos de la leche. En conclusión, vacas Holstein ubicadas en regiones de alta altitud no evidencian un nivel significativo de relación entre cortisol sanguíneo con la producción y componentes de la leche, lo que puede indicar adaptación de estos animales a esta condición ambiental.

PALABRAS CLAVE: cortisol, índice de temperatura y humedad, producción de leche.

INTRODUCCIÓN

Extreme weather conditions play a significant adverse effect in production systems, especially on large-scale productions such as livestock. The increase in temperature and humidity index (THI) is the climatic condition that most induces stress (Kekana, Nherera-Chokuda, Muya, Manyama, & Lehloenya, 2018). Short-term heat stress in dairy cows requires energy to dissipate it, which results in an increase in the basal temperature and a decrease in dry matter intake, reducing the lactation performance during 24 to 48 hours after the thermal stress (Gantner et al., 2015; Gaughan et al., 2010; Pragna et al., 2017).

High altitude regions have a specific characteristic, which is a significant temperature variation within 24 hours, with high temperatures in the afternoon compared with very low temperatures in the morning. Physiological processes are affected by the circadian rhythm, which includes the eating pattern of dairy cows (Devries & Von Keyserlingk, 2005), as well as, the environmental temperature, reported as an increase in night feeding during warmer periods (Niu & Harvatine, 2018a).

The impact of high temperatures on cattle is reflected in a decreased feed consumption, digestion and absorption of nutrients, increased blood flow to the body periphery and reduced nutrients flow to the udder, affecting milk yield and composition and the immune system (Moretti, Biffani, Chessa, & Bozzi, 2017; Summer, Lora, Formaggioni, & Gottardo, 2019; Tao & Dahl, 2013). Meanwhile, the hypothalamic-pituitary-adrenal axis (HPA) promotes the increase of glucocorticoids in the cortex of the adrenal gland such as cortisol, which contributes to hyperglycemia through stimulation of hepatic gluconeogenesis, inhibition of peripheral glucose utilization and the uptake and metabolism of glucose necessary for milk production (Lefcourt, Bitman, Kahl, & Wood, 1993). Cortisol is released by stressful stimuli, using other metabolic pathways such as proteolysis and lipolysis aiming to regulate the metabolism (Rees, Fischer-Tenhagen, & Heuwieser, 2016), and has a negative effect on milk composition (Fukasawa, Tsukada, Kosako, & Yamada, 2008; Liu et al., 2017).

This study aimed to evaluate the impact of a daily temperature variation on circulating cortisol levels, milk yield and composition of dairy cows on a high-altitude environment.

MATERIALS AND METHODS

This study included ten multiparous Holstein cows in the first third of lactation (54 \pm 33 DIM, 14 Kg/d average production in previous lactation) from a production system owned by La Salle University. The farm is located at the municipality of Sopo, Cundinamarca, Colombia, at 2,587 m of altitude. The evaluations were performed during the dry season, when the average temperature was 13.3 °C (minimum: 2.8 °C; maximum: 23.1 °C); humidity 83.6 % (minimum: 35.4 %; maximum: 98 %); THI: 56 (minimum: 40; maximum: 66) and average precipitation of 116 mm. These parameters were obtained from a weather station (Vantage Pro2, Davis instruments, country) placed at the farm.

Animals were kept in a pasture-based system (mainly *Cenchrus clandestinus*, *Lolium* sp. and *Trifolium pratense*), with regular rotations and supplemented twice a day at milking with a commercial concentrate (19 % CP; 4.4 Mcal/Kg ME in a ration of 1 kg of supplement for each 5 L of milk production), mineral mix supplementation and 2 kg of corn silage (8 % CP; 4.2 Mcal/Kg ME).

Samples were taken in four different days, twice during AM milking (3:00 AM) and twice during PM milking (3:00 PM). On each day milk yield was recorded and milk samples were collected directly from the milking line and immediately refrigerated at 4°C until analyzed. Milk components (protein, fat and non-

fat solids percentage) were measured using an automatic system (LactoStar® milk analyzer, Funke Gerber, country). Blood samples were obtained from the vein-artery coccygeal complex in 5-mL vacuum tubes containing EDTA. After collection, tubes with blood samples were placed on ice and then centrifugated at 1,800 xg for 20 minutes, plasma was harvested and stored at -80°C until further analysis. Blood cortisol was analyzed with a commercial kit (Cortisol AccuBind® ELISA, Monobind Inc, country) in duplicate, using a SQ2800 spectrophotometer (Mindray, MR-96A, country).

The temperature-humidity index (THI) was calculated every 6h, using the equation proposed by Kibler (1964): “ $THI = 1.8T_a - (1 - RH)(T_a - 14.3) + 32$ ”, where: T_a - measured ambient temperature in °C and RH - relative humidity as a fraction of the unit.

Statistical analysis was performed with an ANOVA procedure of SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC). The fixed effect in the model was the time of sampling (AM or PM), and cows were selected randomly. Least squares mean separation was performed using the t-test. Also, the relation between blood cortisol concentration and milk variables was evaluated with a Spearman correlation test. Statistical significance was declared at $P \leq 0.05$, and tendency as $0.05 \leq P \leq 0.10$.

RESULTS AND DISCUSSION

Minimum and maximum temperature and THI were calculated in the day before each bleeding (Table 1). Results indicated that cows were not experiencing heat stress, according to literature that establish the threshold of THI higher than 72 to indicate heat stress for Holstein breed (Kekana, Nherera-Chokuda, Muya, Manyama, & Lehloenya, 2018). However, it was possible to identify important temperature variations in the same day as its possible to see on day 3, when the minimum temperature was 6.05°C and the maximum temperature 21.41°C, a 15.36°C of variation, which is common to observe in high altitude locations of tropical regions. Additionally, thermal sensation in high altitude areas is greater. Temperature variation leads animals to experience stress and requires a greater energy investment for homeostasis, alters the rhythm of hormonal secretion, modifies the metabolic rates, decreases feed intake, and induces changes in behavior, which limits their productive capacity (Leliveld et al., 2022).

Table 1. THI, minimum and maximum temperature during the experimental period calculated each 6 h in de previous day of sampling.

Day	Hour interval	THI	Temperature, °C	
			min	max
1	12 am – 6 am	51.0	9.86	11.2
	7 am – 11 am	56.9	10.4	17.3
	12 pm – 6 pm	60.6	12.7	19.3
	7 pm – 11 pm	52.8	10.6	12.4
2	12 am – 6 am	51.8	9.89	11.5
	7 am – 11 am	56.8	11.4	16.1
	12 pm – 6 pm	61.7	15.8	17.6
	7 pm – 11 pm	53.8	10.9	14.3
3	12 am – 6 am	44.5	6.05	8.40
	7 am – 11 am	56.4	7.14	19.5
	12 pm – 6 pm	65.4	17.8	21.4
	7 pm – 11 pm	52.4	7.55	15.3

4	12 am – 6 am	45.7	6.81	8.00
	7 am – 11 am	55.0	6.74	19.8
	12 pm – 6 pm	65.8	18.0	22.1
	7 pm – 11 pm	53.4	7.68	16.3

As expected, AM milk yield was higher than PM milk ($P = 0.004$ Table 2). It could be explained due to the availability of blood glucose, lower activity during the night shift and circadian rhythm, which has important elements closely related to energy metabolism regulation in mammals (Peek, Ramsey, Marcheva, & Bass, 2012; Teng et al., 2021). Regarding milk components, there was no difference between AM and PM milking, as well as blood cortisol concentrations for all parameters ($P > 0.05$; Table 2). It's important to highlight that blood cortisol concentration up to 10 ng/mL is considered physiological to dairy cows (Mormède et al., 2007), which indicates all evaluated animals were not exposed to a stressful situation.

It should be considered that the circadian rhythm could be related to a higher cortisol concentration during the morning, since it is necessary to have blood glucose available to supply the energy requirements for basal and metabolic activity (Kendall, Tucker, Dalley, Clark, & Webster, 2008; Niu & Harvatine, 2018b). However, the existence of an adaptability response in cattle can support the lack of cortisol variation observed in this study, which can be explained at a metabolic and molecular level, involving adaptations in the heart, kidney, liver, lung, skeletal muscle, and spleen (Kong et al., 2021; Ma et al., 2022). Taken together, this information suggest that the dairy cows evaluated in this study were adapted to this specific high altitude environmental condition.

Table 2. Milk yield, components and blood cortisol observed at the AM milking (3:00 AM) and at PM milking (3:00 PM).

Variable	AM milking	PM milking	<i>P</i> value
Milk yield (L/d)	10.6 ± 0.67	9.00 ± 0.67	0.004
Milk protein (%)	2.97 ± 0.08	2.88 ± 0.08	0.173
Milk fat (%)	3.76 ± 0.28	3.41 ± 0.28	0.293
Non-fat solids (%)	8.81 ± 0.21	8.68 ± 0.21	0.399
Blood cortisol (ng/mL)	2.70 ± 0.27	2.42 ± 0.27	0.168

In high altitude regions, it is common to see great temperature variation on the same day, which can affect milk yield, fat and protein components. Also, Negrão & Marnet (2006) and Kadzere, Murphy, Silanikove, & Maltz (2002) mention that increased milk production is related to higher cortisol concentration, (as expected in a physiological condition), due to the metabolic requirement. The understanding of cattle adaptation to climate changes is multi-dimensional, dairy cows exposed to heat stress decrease dry matter intake and consequently reduce milk production, rather with a delay (24 to 48 h) (Gauly & Ammer, 2020). Regarding milk components, literature reports have higher variation, however, protein and fat are the most negatively affected in Holstein cows under moderate and severe heat stress (Smith, Smith, Rude, & Ward, 2013).

Spearman correlation test (Table 3) showed that blood cortisol had a weak positive correlation with milk yield, but a negative correlation with milk components. Depending on the feeding regimen, which is highly impacted by environmental characteristics in grazing systems, the

mammary gland will adapt milk yield and composition, in cases of stress due to an increase in THI, cortisol level will induce insulin resistance, dropping glucose availability, consequently, solid concentration in milk is decreased (Hill & Wall, 2014, 2017; Weber et al., 2016).

Table 3. Spearman correlations between the evaluated parameters (cortisol, milk yield, milk protein, milk fat and non-fat solids).

	Milk yield, L/d	Milk protein, %	Milk fat, %	Non-fat solids, %	Blood cortisol, ng/mL
Milk yield, L/d	*****	0.028	-0.047	-0.010	0.175
Milk protein, %	0.028	*****	0.442	0.964	-0.273
Milk fat, %	-0.047	0.442	*****	0.346	-0.032
Non-fat solids, %	-0.010	0.964	0.346	*****	-0.271
Blood cortisol, ng/mL	0.175	-0.273	-0.032	-0.271	*****

This study did not demonstrate the impact of high daily temperature variations on blood cortisol, and consequently its effects on milk yield and composition. Some aspects to be considered could be the THI, which did not indicate thermal stress on these animals; the adaptation that the Holstein breed undergoes to high-altitude environmental conditions; the experimental design with a greater subset of animal, regarding the sampling time points with different days; are some examples.

Blood cortisol is a useful tool to determine stress of dairy cows exposed to thermal stress, however there are limitations when evaluating this hormone, as its physiological high variation can affect results (Trevisi & Bertoni, 2009). Therefore, other stress biomarkers could be evaluated simultaneously to correlate stress levels in future investigations, such as progesterone, plasma albumin, urea, globulin, haptoglobin, fibrinogen, the accumulated cell volume, leukocyte count, thermal shock proteins, concentrations of β -hydroxybutyrate and reduction in the groups containing short and medium chain fatty acids (Liu et al., 2017; Sporer et al., 2008).

CONCLUSION

Even though the daily temperature variations were high, the temperature-humidity index did not indicate animals were under thermal stress. The milk yield was greater in AM milking; however, milk composition and blood cortisol concentrations were not different between morning and afternoon milking. Also, blood cortisol concentration had a weak positive correlation with milk yield and a weak negative correlation with milk protein, fat and non-fat solids content, indicating that the evaluated Holstein cows may be adapted to high altitude environmental conditions.

REFERENCES

- Devries, T. J., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2005). Time of Feed Delivery Affects the Feeding and Lying Patterns of Dairy Cows. *In J. Dairy Sci* (Vol. 88). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72726-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72726-0)
- Fukasawa, M., Tsukada, H., Kosako, T., & Yamada, A. (2008). Effect of lactation stage, season and parity on milk cortisol concentration in Holstein cows. *Livestock Science*, 113(2–3), 280–284. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.05.020>
- Gantner, V., Mijić, P., Kuterovac, K., Barać, Z., & Potočnik, K. (2015). Heat stress and milk production in the first parity Holsteins – threshold determination in Eastern Croatia. *Poljoprivreda*, 21(1), 97–100. <https://doi.org/10.18047/poljo.21.1.sup.22>
- Gaughan, J. B., Mader, T. L., Holt, S. M., Sullivan, M. L., & Hahn, G. L. (2010). Assessing the heat tolerance of 17 beef cattle genotypes. *International Journal of Biometeorology*, 54(6), 617–627. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0233-4>
- Gauly, M., & Ammer, S. (2020). Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes. *Animal*, 14(S1), S196–S203. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003239>
- Hill, D. L., & Wall, E. (2014). Dairy cattle in a temperate climate: the effects of weather on milk yield and composition depend on management. *Animal*, 9(01), 138–149. <https://doi.org/10.1017/s1751731114002456>
- Hill, D. L., & Wall, E. (2017). Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 2240–2257. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11047>
- Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., & Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestock Production Science*, 77(1), 59–91. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)
- Kekana, T. W., Nherera-Chokuda, F. V., Muya, M. C., Manyama, K. M., & Lehloenya, K. C. (2018). Milk production and blood metabolites of dairy cattle as influenced by thermal-humidity index. *Tropical Animal Health and Production*, 50(4), 921–924. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1513-y>
- Kendall, P. E., Tucker, C. B., Dalley, D. E., Clark, D. A., & Webster, J. R. (2008). Milking frequency affects the circadian body temperature rhythm in dairy cows. *Livestock Science*, 117(2–3), 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.12.009>
- Kong, Z., Li, B., Zhou, C., He, Q., Zheng, Y., & Tan, Z. (2021). Comparative Analysis of Metabolic Differences of Jersey Cattle in Different High-Altitude Areas. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 713913. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.713913>

- Lefcourt, A. M., Bitman, J., Kahl, S., & Wood, D. L. (1993). Circadian and Ultradian Rhythms of Peripheral Cortisol Concentrations in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 76(9), 2607–2612. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77595-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77595-5)
- Leliveld, L. M. C., Riva, E., Mattachini, G., Finzi, A., Lovarelli, D., & Provolo, G. (2022). Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/ANI12040512>
- Liu, Z., Ezernieks, V., Wang, J., Wann Arachchillage, N., Garner, J. B., Wales, W. J., ... Rochfort, S. (2017). Heat Stress in Dairy Cattle Alters Lipid Composition of Milk. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01120-9>
- Ma, J., Zhang, T., Wang, W., Chen, Y., Cai, W., Zhu, B., ... Xue Gao, caascn. (2022). Comparative Transcriptome Analyses of Gayal (*Bos frontalis*), Yak (*Bos grunniens*), and Cattle (*Bos taurus*). *Reveal the High-Altitude Adaptation*. 12, 778788. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.778788>
- Moretti, R., Biffani, S., Chessa, S., & Bozzi, R. (2017). Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. *Animal*, 11(12), 2320–2325. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001173>
- Mormède, P., Andanson, S., Aupérin, B., Beerda, B., Guémené, D., Malmkvist, J., ... Veissier, I. (2007). Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology and Behavior*, 92(3), 317–339. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSBEH.2006.12.003>
- Negrão, J. A., & Marnet, P.-G. (2006). Milk yield, residual milk, oxytocin and cortisol release during machine milking in Gir, Gir × Holstein and Holstein cows. *Reproduction Nutrition Development*, 46, 77–85. <https://doi.org/10.1051/rnd:2005068>
- Niu, M., & Harvatine, K. (2018a). Short communication: The effects of morning compared with evening feed delivery in lactating dairy cows during the summer. *Journal of Dairy Science*, 101, 396–400. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13635>
- Niu, M., & Harvatine, K. (2018b). The effects of feeding a partial mixed ration plus a top-dress before feeding on milk production and the daily rhythm of feed intake and plasma hormones and metabolites in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 164–171. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13482>
- Peek, C. B., Ramsey, K. M., Marcheua, B., & Bass, J. (2012). Nutrient sensing and the circadian clock. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 23(7), 312–318. <https://doi.org/10.1016/J.TEM.2012.02.003>

- Pragna, P., Archana, P. R., Aleena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., ... Bhatta, R. (2017). Heat stress and dairy cow: Impact on both milk yield and composition. *International Journal of Dairy Science*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.3923/ijds.2017.1.11>
- Rees, A., Fischer-Tenhagen, C., & Heuwieser, W. (2016). Effect of Heat Stress on Concentrations of Faecal Cortisol Metabolites in Dairy Cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 51(3), 392–399. <https://doi.org/10.1111/rda.12691>
- Smith, D. L., Smith, T., Rude, B. J., & Ward, S. H. (2013). Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science*, 96(5), 3028–3033. <https://doi.org/10.3168/JDS.2012-5737>
- Sporer, K. R. B., Xiao, L., Tempelman, R. J., Burton, J. L., Earley, B., & Crowe, M. A. (2008). Transportation stress alters the circulating steroid environment and neutrophil gene expression in beef bulls. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 121(3–4), 300–320. <https://doi.org/10.1016/J.VETIMM.2007.10.010>
- Summer, A., Lora, I., Formaggioni, P., & Gottardo, F. (2019). Impact of heat stress on milk and meat production. *Animal Frontiers*, 9(1), 39–46. <https://doi.org/10.1093/af/vfy026>
- Tao, S., & Dahl, G. E. (2013). Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4079–4093. <https://doi.org/10.3168/JDS.2012-6278>
- Teng, Z., Yang, G., Wang, L., Fu, T., Lian, H., Sun, Y., ... Gao, T. (2021). Effects of the circadian rhythm on milk composition in dairy cows: Does day milk differ from night milk? *Journal of Dairy Science*, 104(7), 8301–8313. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19679>
- Trevisi, E., & Bertoni, G. (2009). Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 8(SUPPL. 1), 265–286. <https://doi.org/10.4081/IJAS.2009.S1.265>
- Weber, C., Schäff, C., Kautzsch, U., Börner, S., Erdmann, S., Görs, S., ... Hammon, H. (2016). Insulin-dependent glucose metabolism in dairy cows with variable fat mobilization around calving. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6665–6679. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11022>

ESTUDIO DE FRECUENCIA DE CORTE SOBRE LA PRODUCCIÓN FORRAJERA Y RELACIÓN HOJA-TALLO DEL PASTO *Urochloa brizantha* cv. PAIAGUÁS

CUTTING FREQUENCY STUDY ON FORAGE PRODUCTION AND LEAF-STEM RELATIONSHIP OF PASTURE *Urochloa brizantha* cv. PAIAGUÁS

Edgar Alexis Polo Ledezma¹ y Sebastián Urieta¹

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá (epolo61@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1246-2355>, suv208@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8949-5414>)

*Correo de Correspondencia: epolo61@hotmail.com

Recibido: 16/06/2022

Aceptado: 14/09/2022

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue evaluar abono orgánico (estiércol de aves) en la producción y calidad nutritiva del pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás durante la temporada lluviosa en Panamá Este. Fueron realizados cuatro, tres y dos cortes cada 30, 40 y 50 días, aplicados con una sola fertilización de urea, al pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás, en un diseño experimental de Bloques completos al azar en parcelas divididas con cuatro repeticiones para evaluar el comportamiento y rendimiento, relación hoja-tallo de la *U. brizantha* cv. Paiaguás. Las frecuencias de corte no afectaron significativamente el contenido de materia seca del pasto *Brachiaria brizantha* cv. Paiaguás tanto en la porción hoja como tallo. Para la porción hoja y tallo los rendimientos de materia seca no difirieron significativamente, sin embargo, aumentaron a medida que se incrementaban los intervalos de corte. En el rendimiento de materia seca (kg/ha) según días de corte en las diferentes frecuencias de corte solo se presentó diferencias significativas cuando se realizaron cortes a los 30 días. La proteína bruta en ambas porciones no detectó diferencias significativas como resultado de las tres frecuencias de corte. En la porción hoja y tallo los mayores contenidos de proteína cruda fueron encontrados en las menores frecuencias de cortes estudiadas. El efecto de las frecuencias de corte de 30, 40 y 50 días sobre el contenido de fósforo no mostró diferencias significativas en las porciones hojas y tallos. Para la porción hoja en los contenidos de calcio se pudo observar que no hubo diferencias significativas por efecto de las frecuencias de cortes. En la porción tallo se presentó diferencia significativa en los intervalos de cortes evaluados. No hubo efecto significativo entre las frecuencias de cortes a los 30, 40 y 50 días tanto en la porción hoja como tallo en la variable contenido de potasio (%).

PALABRAS CLAVE: Altura de corte, frecuencia de corte, pasto Paiaguás, relación hoja-tallo, rendimiento de materia seca.

ABSTRACT. The objective of this work was to evaluate organic fertilizer (bird manure) in the production and nutritional quality of grass *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás during the rainy season in East Panama. Four, three and two cuts were made every 30, 40 and 50 days, applied with a single urea fertilization, to the grass *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás, in a randomized complete block experimental design in divided plots with four replications to evaluate behavior and yield, leaf-stem ratio of *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Cutting frequencies did not significantly affect the dry matter content of *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás both in the leaf and stem portion. For the leaf and stem portion, the dry matter yields did not differ significantly, however, they increased as the cutting intervals increased. In the yield of dry matter (kg/ha) according to days of cutting in the different cutting frequencies, significant differences were only presented when cuts were made at 30 days. Crude protein in both portions did not detect significant differences as a result of the three cutoff frequencies. In the leaf and stem portion, the highest crude protein contents were found in the lowest cut frequencies studied. The effect of cutting frequencies of 30, 40 and 50 days on phosphorus content did not show significant differences in the leaf and stem portions. For the leaf portion in the calcium content, it was observed that there were no significant differences due to the effect of the cutting frequencies. In the stem portion there was a significant difference in the intervals of evaluated cuts. There was no significant effect between the frequencies of cuts at 30, 40 and 50 days in both the leaf and stem portions in the variable potassium content (%).

KEYWORDS: Cutting height, cutting frequency, Paiaguás grass, leaf-stem ratio, dry matter yield.

INTRODUCCIÓN

Fruto de un largo trabajo, (fueron necesario 10 años de estudio antes de su lanzamiento) se logró cultivar Paiaguás, el cual se deriva de las poblaciones de *Brachiaria brizantha*, importada de África. Es la primera especie forrajera seleccionada para los sistemas integrados de producción, especialmente en la modalidad de agrícola pecuaria, siendo de fácil utilización con el maíz. Según la coordinadora del Programa de Mejoramiento Genético Vegetal de EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria) de Brasil Cacilda Borges do Valle, el nuevo cultivar fue desarrollado para mitigar los problemas del verano, cuando la disponibilidad de hojas y consecuentemente el valor nutritivo en el pasto disminuye. (Embrapa, 2014).

El pasto Paiaguás es una excelente opción para la diversificación de los pastos en suelos de mediana fertilidad. Fue seleccionado por la EMBRAPA en base a su productividad, vigor, la productividad de la semilla y pese a no presentar resistencia al mión de los pastos brasileño (salivero) (*Deois flavopicta*). Tiene un alto valor en la producción animal en el periodo seco, alto contenido de fibra y un buen valor nutricional. (Embrapa, 2014). Paiaguás como el nuevo cultivar tiene valor pues, crece y se desarrolla en tiempos desfavorables, donde la falta de lluvia es una dura realidad en el campo.

La gran ventaja de Paiaguás cuando se compara con otros cultivares como Piatá y Marandú es que reduce al mínimo el problema de la alimentación del ganado en el período seco. Mientras que otros sufren de una falta de agua, el Paiaguás tiene una mayor acumulación de forraje con alto contenido de la hoja y un buen valor nutricional en este periodo. (Costa, 2013). BRS Paiaguás también ha demostrado ser una excelente opción para la diversificación de suelo de mediana fertilidad. Además de proporcionar rendimiento de los animales en los períodos seco superiores a los cultivares de *Urochloa* disponibles, sino que también se destaca por su alta producción de hojas, el vigor, la cubierta, la distribución del suelo y la producción durante todo el año, especialmente en invierno. (Costa, 2013). El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento (hoja-tallo) y la calidad nutritiva de la *U. brizantha* cv. Paiguás sometido a distintas frecuencias de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo experimental se realizó en las instalaciones del Instituto Profesional y Técnico México-Panamá, ubicado en la localidad de Tanara, distrito de Chepo, provincia de Panamá. La ubicación geográfica corresponde a los 09°08' Latitud Norte y 79°12' Longitud Oeste. La pluviosidad anual promedio de la región es de 2.180.9 mm anuales. Durante la realización del ensayo la precipitación registrada se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1. *Tabla de precipitaciones registradas en el 2019.*

Meses	Precipitación (mm)
Noviembre	287.6
Diciembre	0.6
Enero	0.4
Febrero	0.0
Marzo	0.0
Promedio Total*	57.72

Fuente: Autoridad Nacional del Ambiente, 2019.

Los suelos del área experimental eran de textura franco arcilla arenosa, con un porcentaje de arena de 45%, 21% de limo y 34% de arcilla, con un porcentaje de Materia orgánica de 1,44%, con un pH medido en agua de 5,51 y cuyos niveles de minerales son los siguientes: 272 ppm de P, 71 ppm de K, 46 ppm de Na, 80 ppm de Fe, 3 ppm de Cu, 82 ppm de Mn, 9 ppm de Zn, 7,84 meq de Ca/100g de suelo, 4,52 meq de Mg/100g de suelo, 0,1 meq de H/100g de suelo y sin Aluminio en forma libre. El ensayo experimental se realizó con un diseño de bloques completamente al azar en parcelas divididas y cuatro repeticiones. La preparación del terreno consiste primero en una limpieza manual del terreno, en la que luego se le dio dos pases de rastra alternos cada 15 días, utilizando un monocultivo.

La siembra se realizó con semilla gámica, utilizando semilla a razón de 5.0 kilogramos/hectárea, la cual se distribuyó a chorro continuo a una distancia de 50 cm dentro de la parcela. Se hizo una fertilización basal con abono completo 12-24-12 a razón de 136.20 kg/ha al momento de la siembra. Luego de realizar las nivelaciones para los muestros se realizó una fertilización basal nitrogenada a razón de 50 kilogramos/hectárea. Se efectuaron cortes cada 30 días, 40 días y 50 días.

Los análisis estadísticos, ya sea el Análisis de Varianza, así como la Prueba de Comparación de Medias de Tukey, ambos con un nivel de significancia del 5%, fueron realizados con el software Infostat® versión 2015e. Las variables por evaluar en esta investigación fueron las siguientes: rendimiento de materia seca, porcentaje de cobertura, altura de planta, materia seca y proteína bruta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Altura de las plantas (cm)

Las frecuencias de cortes tuvieron efectos significativos ($P < 0.05$) sobre la variable altura de las plantas durante el periodo de estudio. Cuando las frecuencias de corte se realizaron cada 50 días, la altura de las plantas fue mayor (55.23 centímetros) versus los cortes de 30 y 40 días, ($P < 0.05$) donde la altura fue en promedio de 40.08 y 43.75 centímetros. Aunque no se detectó diferencias significativas entre las frecuencias de 30 y 40 días, a los 30 días se encontró la menor altura de las plantas. Esto puede explicarse debido a que el tiempo de crecimiento y desarrollo de la planta fue

más extenso, por lo tanto, el forraje tuvo una mayor oportunidad para su desarrollo. En la Figura 1 se representa el efecto de las diferentes frecuencias de corte sobre la altura de las plantas.

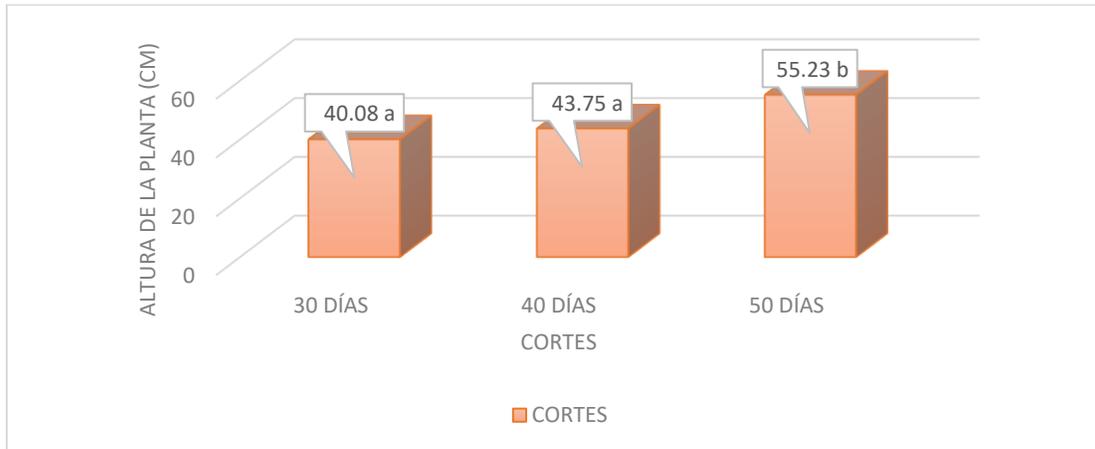


Figura 1. Efecto de las frecuencias de corte sobre la altura de planta (cm) en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

B. Cobertura (%)

El porcentaje de cobertura de la planta tiene relación directa con el crecimiento de las pasturas, puesto que las plantas necesitan de hojas para la realización de la fotosíntesis (Machado, 1999). No se observó diferencia significativa entre las frecuencias de corte evaluadas, más bien, se mostró que los mayores valores en termino de porcentajes de cobertura fueron en los muestreos realizados a un intervalo de 50 días con valores de 55.63 %, seguido por el intervalo de corte de 40 días con 51.25%. La menor cobertura del suelo se presentó al cortar cada 30 días con 48.75% (Figura 2).

En general cuantas más hojas tiene una planta, mayor es su producción de masa verde, y hay mayor acumulación de reservas. La inconsistencia en la cobertura del pasto en los distintos cortes es relacionada con la variación de la precipitación en el campo ya que los mismos se iniciaron en el mes de diciembre para finalizar en el mes de marzo. La precipitación es apenas un factor, se puede deducir que el tiempo de reposo influye directamente en la cobertura platense, aunque en este estudio no mostro diferencias estadísticas.

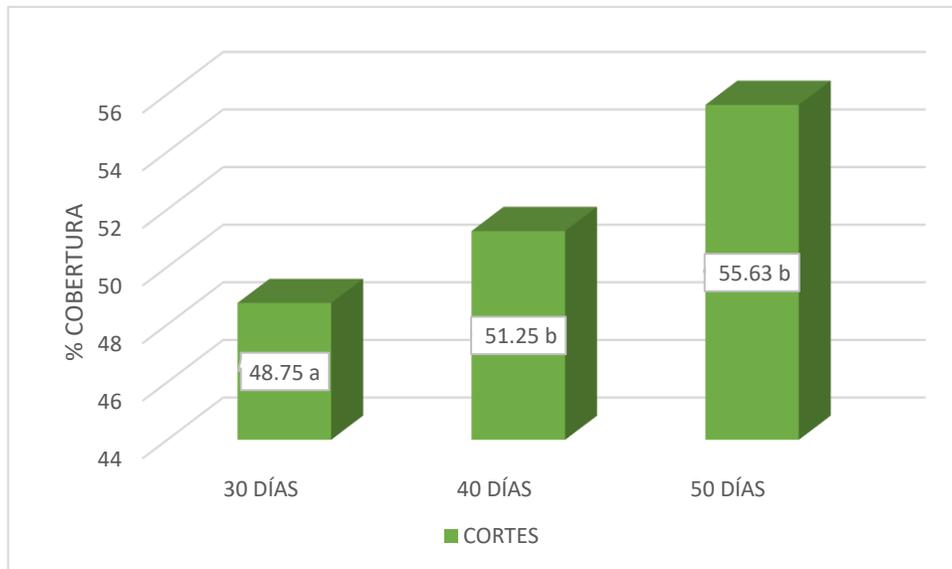


Figura 2. Efecto de las frecuencias de corte sobre la cobertura (%) en el pasto *Urochloa brizantha* cv. *Paiaguás*. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$

C. Porcentaje de materia seca total de hojas según días de corte en el pasto *Urochloa brizantha* cv. *Paiaguás*

En el porcentaje de materia seca (kg/ha), pudimos observar que existió diferencia significativa, al realizar cortes a los 30 y 40 días, mas no en el corte cada 50 días de rebrote. A los 30 días se encontró que ni en el primero (83.36%), segundo (87.17%) y tercer corte (85.58%) se presentó diferencia entre ellos; pero ya en el cuarto corte (66.22%) difirió de ellos. Este fue un comportamiento similar al que se presentó en el rendimiento de materia seca (kg/ha) según días de corte en las diferentes frecuencias de corte a los 30 días. En los intervalos de corte cada 40 días, se encontró el mayor contenido de materia seca total en el primer corte (82.10%) y en el segundo corte (78.78%) sin diferir entre ellos.

Sin embargo, en el tercer corte (61.65%) existió diferencia significativa, sobre el primero y segundo corte (Figura 3). Para los cortes que se realizaron cada 50 días no se reportó diferencias significativas, entre ellos (Figura 3). Los porcentajes de hojas en todos los cortes realizados en las frecuencias de corte en *U. brizantha* cv. *Paiaguás* mantuvieron un porcentaje superior o igual al 50% (Figura 3). Hecho este muy significativo para un pasto *Urochloa* en un periodo con muy baja precipitación pluvial (Cuadro 1) porque generalmente las pasturas de este género se maduran (lignifican) muy rápidamente en la estación seca y van perdiendo mucho sus hojas.

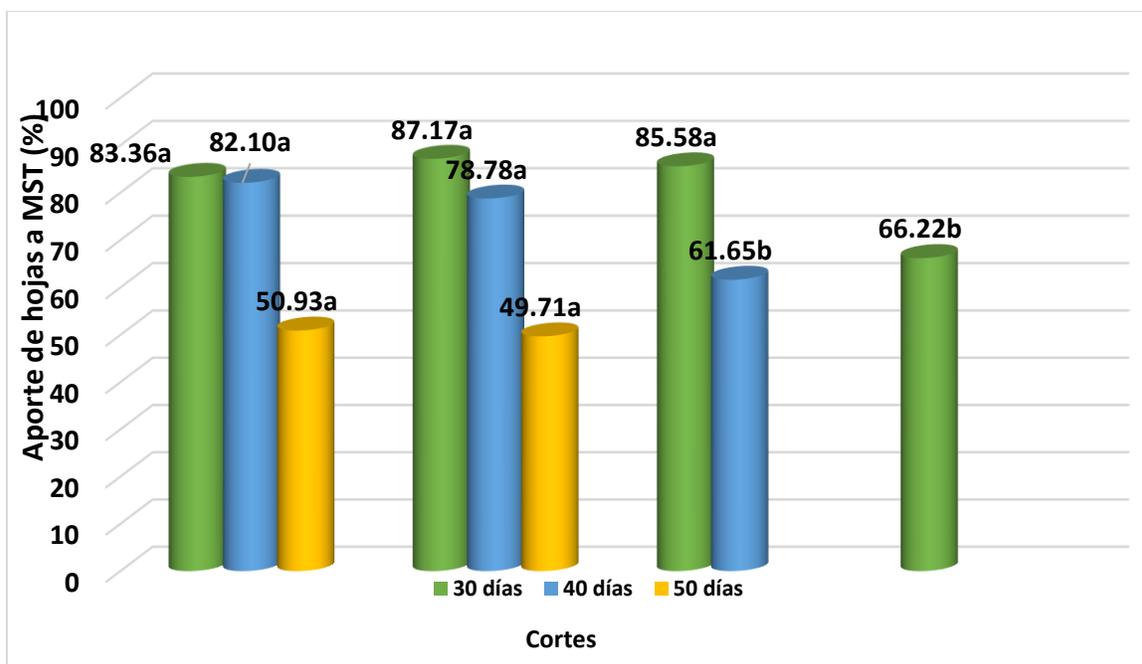


Figura 3. Porcentaje de materia seca total de hoja según Días de corte en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

D. Rendimiento de materia seca según días de corte en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás

En el rendimiento de materia seca (kg/ha) según días de corte en las diferentes frecuencias de corte, solo se presentó diferencias significativas cuando se realizaron cortes a los 30 días. Como se observa en la Figura 4; El primer corte presentó el mayor rendimiento de materia seca con 916.27 kg/ha sin diferir del segundo (503.56 kg/ha) y el cuarto corte (485.28 kg/ha).

El tercer corte fue significativamente diferente a los anteriores cortes descritos con 151.91 kg/ha. Esta situación está relacionada porque no se brinda el reposo adecuado a la planta, para que se restablezcan sus reservas y realice el crecimiento, ocasionando áreas sin cobertura y quedando espacios para el crecimiento de plantas no deseadas, además de contribuir para el proceso de degradación de las pasturas. (Polo,2017).

En el intervalo de 40 días los cortes tuvieron las siguientes respuestas: primer corte; 743.22 kg/ha, segundo corte; 492.20 kg/ha y tercer corte; 225.03 kg/ha. En la frecuencia de corte de 50 días para el primer corte el rendimiento fue de 382.88kg/ha y en el segundo corte indicó 456.67.

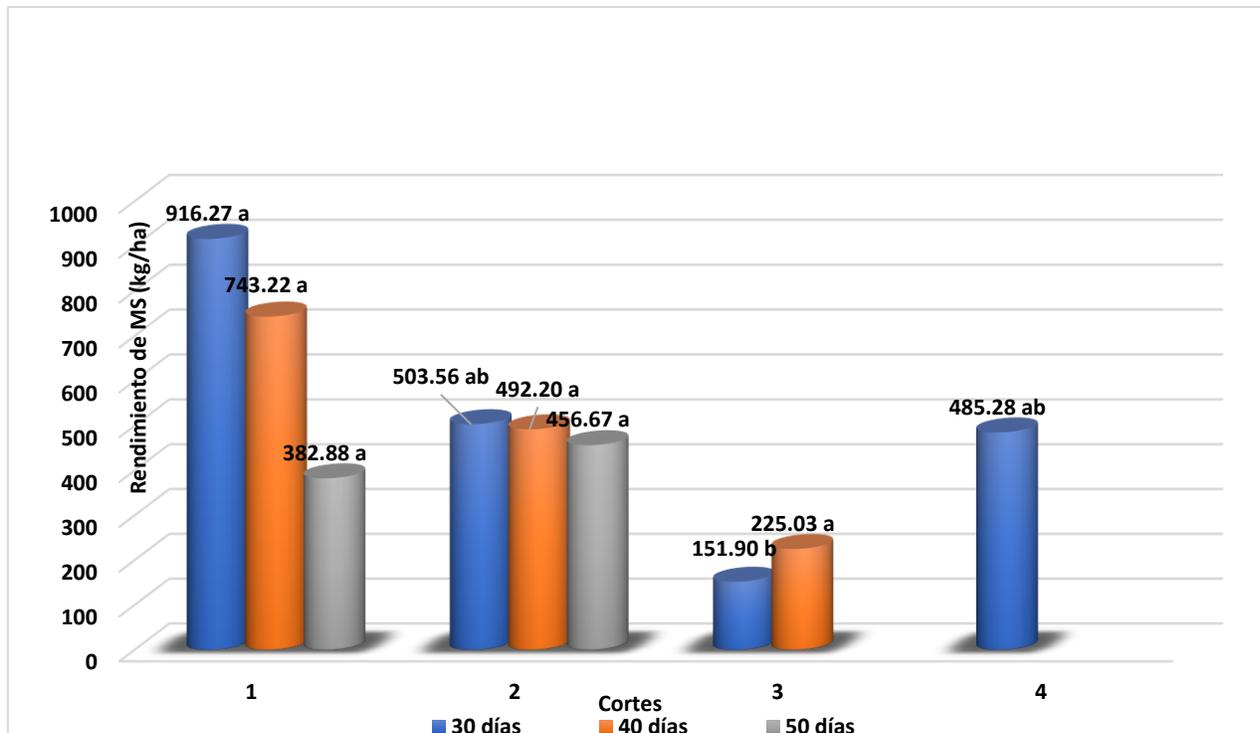


Figura 4. Rendimiento de materia seca (kg/ha) según días de corte en el pasto *Urochloa brizantha* cv. *Paiaguás*. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

En la Figura 5 se observan los rendimientos de materia seca de la porción hoja en la frecuencia de 30 días mostrando los resultados más bajos con 742.95 kg/ha, seguida muy de cerca del corte a los 40 días con 857.89 kg/ha y con la mayor producción el corte a los 50 días con 1050.70 kg/ha.

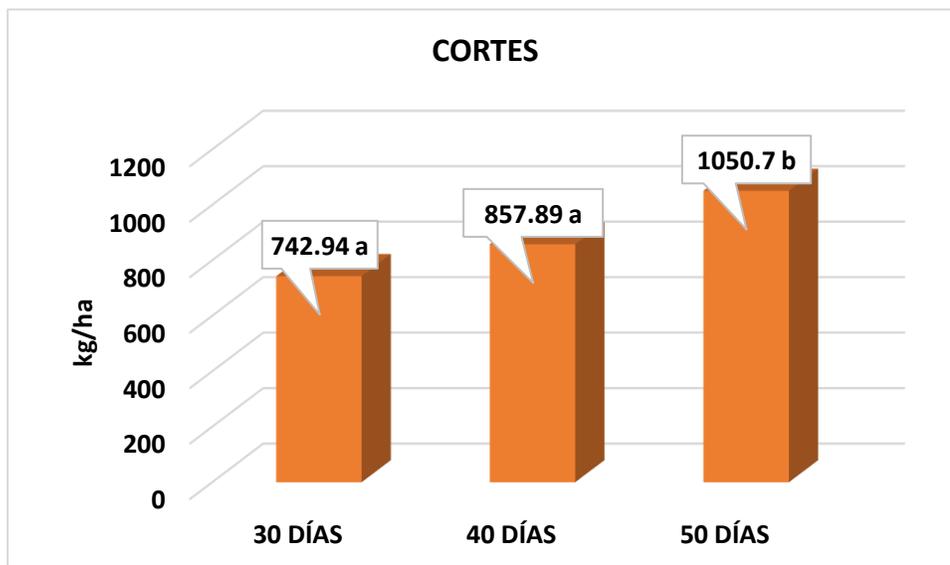


Figura 5. Efecto de las frecuencias de corte sobre el rendimiento de materia seca (kg/ha) en la porción hoja en el pasto *Urochloa brizantha* cv. *Paiaguás*. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

En la Figura 6 se aprecia los rendimientos de materia seca en la porción tallo encontrándose en el intervalo de corte de 30 días la menor productividad con 256.33 kg/ha, seguido por el corte cada 40 días con 295.99 kg/ha presentando los mejores resultados, y el corte a los 50 días con 362.51kg/ha. Esto nos indica que en las tres frecuencias de corte siempre hubo una mayor producción de hojas (74.35%) que de tallos (25.65%). (Figura 6). A medida que madura fisiológicamente el pasto *U. brizantha* cv. Paiaguás y que su porcentaje de hojas no disminuya tan enérgicamente, como lo encontrado en este estudio en la mayor frecuencia de corte (50 días) sería una virtud para el pasto cv. Paiaguás, ya que a mayor cantidad de hojas se espera un mejor contenido nutricional para el animal. La mayor parte del contenido nutricional se encuentra en las hojas, por tal razón, es un parámetro importante para conocer la calidad del pasto, dado que el porcentaje de la planta que corresponde a las hojas y el que pertenece a los tallos.

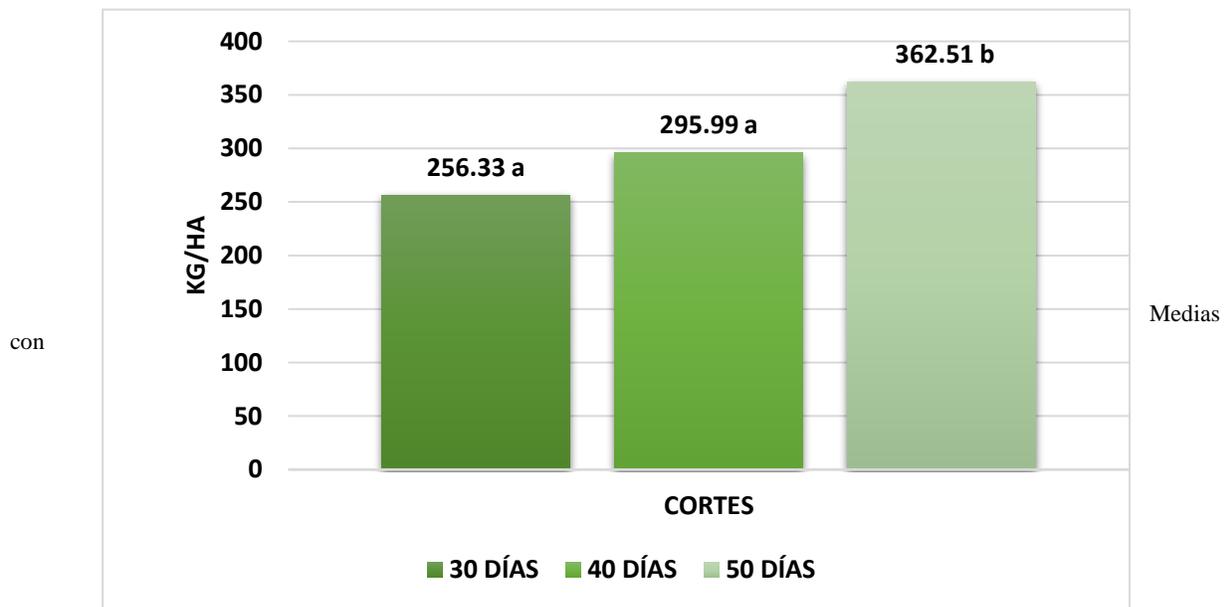


Figura 6. Efecto de las frecuencias de corte sobre el rendimiento de materia seca (kg/ha) en la porción tallo en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

E. Materia seca (%)

El porcentaje de materia seca es un valor indicativo de la relación entre el material utilizable de la planta y la porción de la misma que solo corresponde al agua (Guerra, 2005). Las frecuencias de corte no afectaron significativamente el contenido de materia seca (%) del pasto *U. brizantha* cv. Paiaguás tanto en la porción hoja como tallo. Los contenidos de materia seca producto del efecto de las frecuencias de corte se muestran en las figuras 7 y 8. Los porcentajes de materia seca para los pastos son uno de los valores más estudiados en todos los ensayos y ya se tiene un rango permitido para este valor que nos indica que los resultados obtenidos son razonables (Guerra, 2005).

Los contenidos de materia seca (%) en la porción hoja fueron superiores a los que se observaron en la porción tallo. En la porción hoja los contenidos de materia seca como respuesta de la frecuencia de corte (Figura 7) a los 30 días fue la que menor porcentaje presentó con 31.22%, tendiendo a disminuir a los 40 y 50 días presentando valores de 25.35 y 23.26% respectivamente.

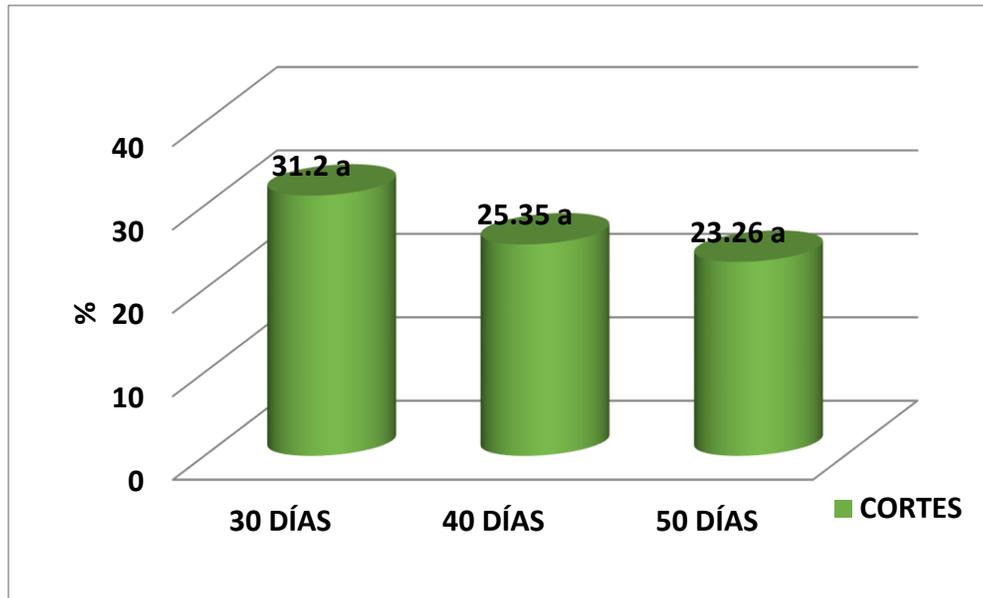


Figura 7. Efecto de las frecuencias de corte sobre la Materia seca (%) en la porción hoja en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

En la Figura 8 se puede observar que los contenidos de materia seca en la porción tallo tendieron a aumentar al incrementar las frecuencias de corte de 30 a 50 días. Los porcentajes de materia seca a una frecuencia de corte de 30 días fue de 27.73, seguidos al realizar cortes cada 40 días con 25.83. El contenido que presentó los menores valores de materia seca fue en los cortes a los 50 días con 20.67%. Un pasto en condiciones naturales durante la época lluviosa debe presentar un porcentaje de materia seca entre los 15 y 28 por ciento; los que pueden llegar hasta los 35 por ciento de acuerdo a los niveles de la zona, el tipo de pasto y sobre todo la edad, ya que a medida que la planta envejece, sus contenidos de agua disminuyen (Guerra, 2005).

Por lo tanto, los contenidos de materia seca presentados en *U. brizantha* cv. Paiaguás tanto en la porción hoja como tallo están dentro de los niveles aceptados y considerados como niveles buenos de materia seca para una gramínea. Si hubieran sido superiores a los niveles aceptados dicho exceso de agua diluiría el valor nutritivo por unidad de peso y aumenta el costo neto de los nutrimentos. Establecer el consumo de materia seca, es un parámetro de suma importancia en nutrición debido a que este establece la cantidad de nutrientes disponibles para cubrir las demandas del animal. La estimación real o segura es importante para formulación de raciones, la prevención de deficiencias o excesos de consumo de nutrientes (National Research Council, 2001).

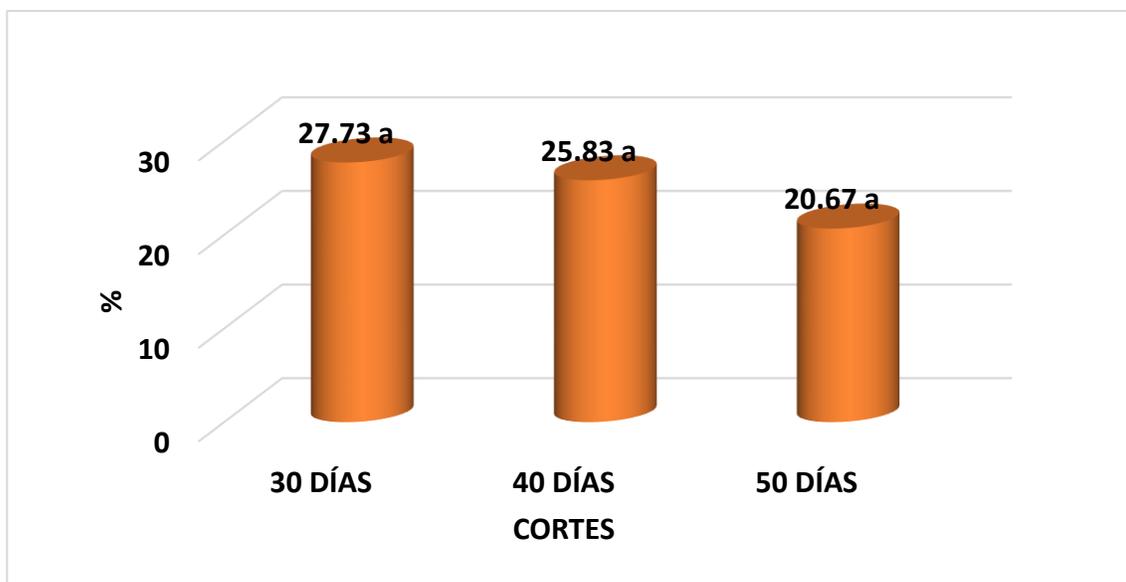


Figura 8. Efecto de las frecuencias de corte sobre de la Materia seca de la porción tallo (%) del pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

F. Proteína cruda (%)

El efecto de las frecuencias de corte de 30, 40 y 50 días en las porciones hoja y tallo sobre la cantidad de proteína cruda (%) no detecto diferencias significativas en esta variable. En la porción hojas al realizar una comparación en cuanto a porcentajes de medias se encontró que los mayores contenidos de proteína cruda fueron encontrados a las menores frecuencias de cortes estudiadas, en donde los contenidos fueron de 7.00% y 7.78% para cada 30 y 40 días respectivamente.

Aunque no se observó diferencia significativa con las frecuencias de corte de 30 y 40 días, hubo en el corte a los días la tendencia de reducir el contenido de proteína cruda presentando valores de 7.13% (Figura 9). Un contenido bajo de proteína es una disminución del consumo de forrajes, el nivel crítico de la proteína en forrajes tropicales, por debajo del cual limita el consumo está establecido en 7% (base seca).

Este nivel está considerado como el mínimo para garantizar un balance de nitrógeno positivo; este valor es superado fácilmente bajo condiciones adecuadas de humedad y manejo apropiado. De ahí que la valoración cuantitativa del contenido proteico del forraje sea la base para conocer si satisface los requerimientos del animal (Jiménez, 2009). Por lo tanto, estos valores encontrados en el estudio para una porción de la planta como la hoja se pueden considerar como aceptables.

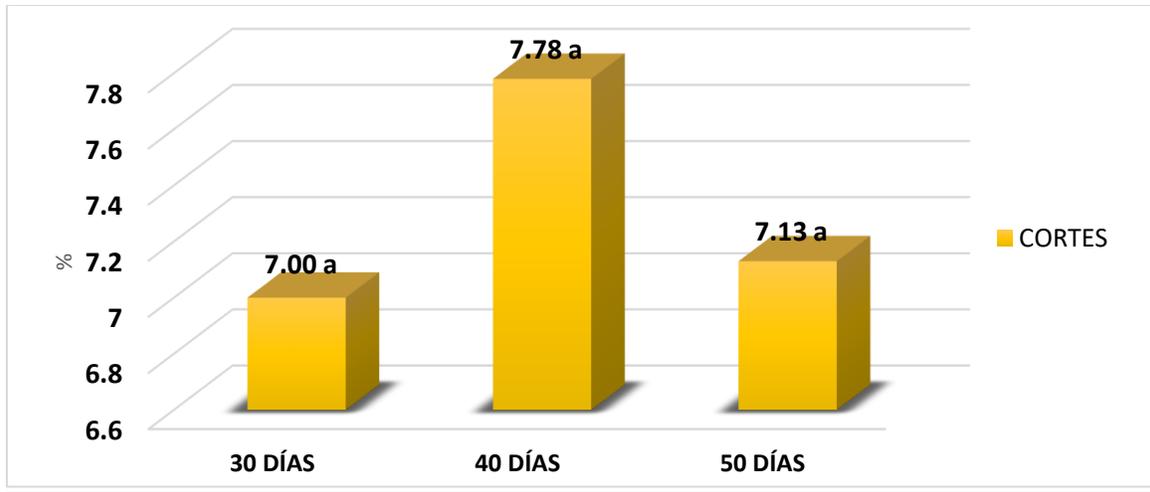


Figura 9. Efecto de las frecuencias de corte sobre el contenido de proteína (%) en la porción hoja en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

El efecto de la frecuencia de corte de la *U. brizantha* cv. Paiaguás representado en la Figura 10 en la porción tallo muestra que a medida que se incrementó la frecuencia de corte, el contenido de proteína cruda disminuyó. Los resultados presentados para cortes cada 30, 40 y 50 días fueron 6.06%, 5.18% y 3.99%. Esta tendencia, está ligada debido a que el tallo cuando va envejeciendo pasa por un proceso de lignificación. Nótese que a pesar del descenso en los valores de proteína cruda en la porción tallo estos en la relación hoja-tallo no alcanzaron a estar por debajo del nivel considerado crítico para una buena actividad microbiana en el rumen, por el contrario, están considerados como contenidos de proteína cruda buenos a excelentes según la Clasificación del Valor Nutritivo de los Forrajes de Fudge y Fraps, (1974).

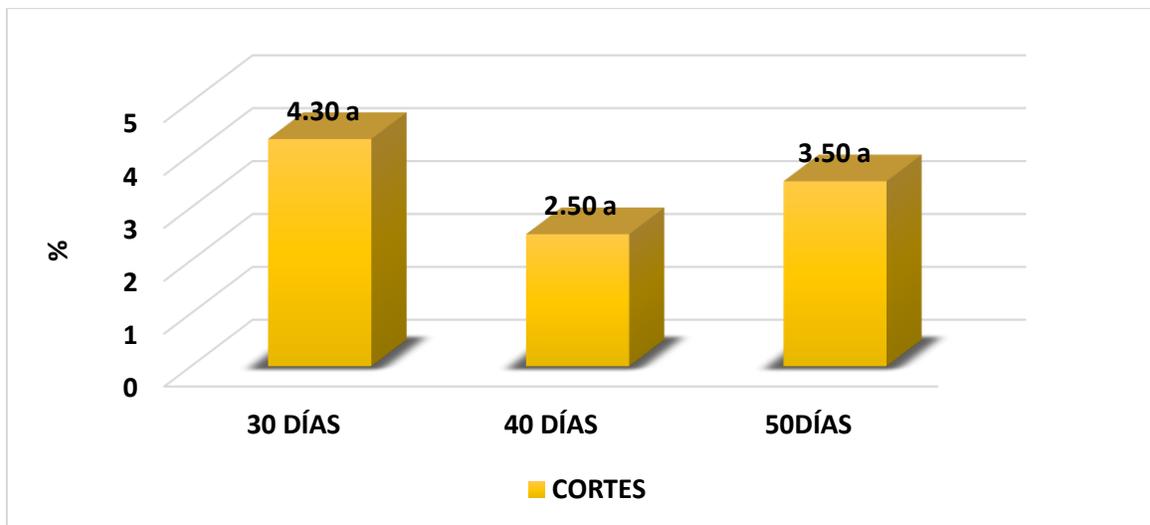


Figura 10. Efecto de las frecuencias de corte sobre el contenido de proteína cruda (%) en la porción tallo en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

G. Contenido de proteína cruda (%) según días de corte de pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás

En la Figura 11 se puede observar que en los cortes realizados cada 30 días la proteína disminuyó significativamente, existiendo diferencias significativas dentro de este mismo corte, presentando el mayor contenido en el primer corte con 11.74%, seguido y sin diferir uno del otro y con similar contenido el segundo y tercer corte con 7.47%. Finalmente, en el cuarto corte se encontró una reducción muy significativa de proteína marcando solamente un 3.74%. En primera instancia, la reducción de la precipitación pluvial, influyó directamente en los contenidos de proteína bruta de los diferentes cortes y la otra situación, pudo estar influenciada al realizar cortes a intervalos muy cortos de tiempo (30 días) le pudo afectar los puntos de crecimiento (o yemas), constituidos de tejidos jóvenes y con alto poder de multiplicación donde se encuentran concentradas las glucosas, fructosa, maltosa, polisacáridos, almidones y sacarosa que son los que permiten un nuevo brote de la planta. El conocimiento de esos puntos de crecimiento, aplicados a cada especie de planta, es de gran importancia para establecer un manejo preciso de la pastura (Polo, 2017). Ya al realizar cortes a los 40 y 50 días, se observó, otro comportamiento menos drástico en cuanto a la reducción de la proteína en los cortes. Para la frecuencia de corte de 40 días en el primer corte indico valores de 8.75%, en el segundo 6.51% y el tercero 6.28%. En los dos cortes a intervalos de corte de 50 días no se presentó diferencia significativa mostrándose valores de 5.50 y 5.10%.

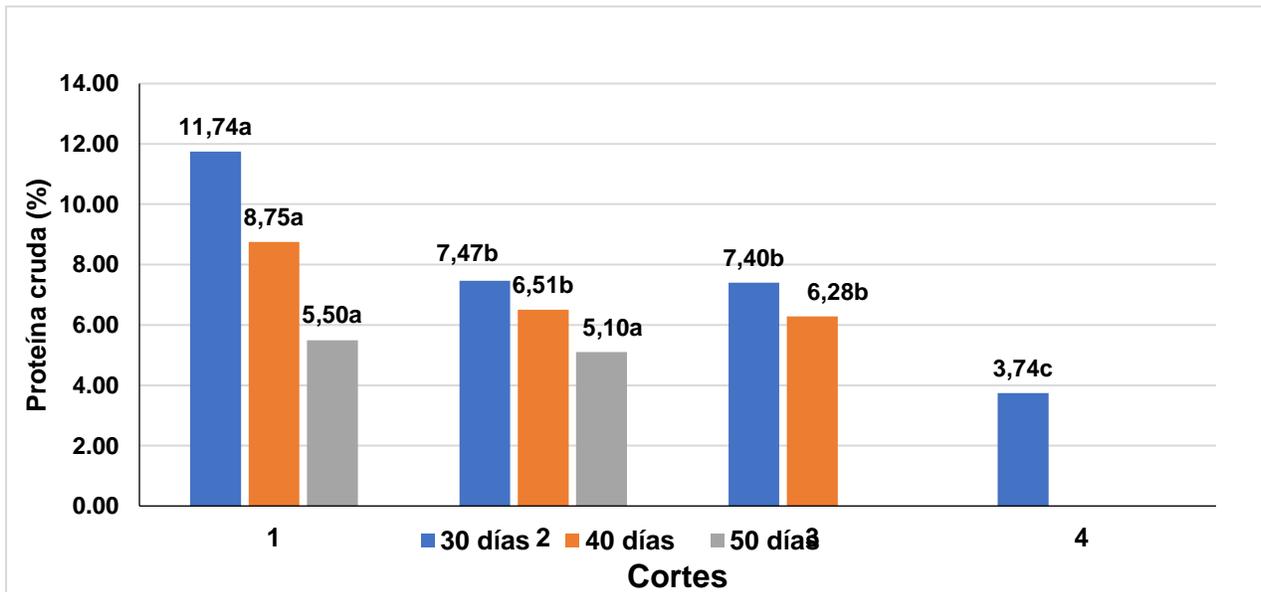


Figura 11. Contenido de proteína cruda (%) según días de corte en el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás. Medias con superíndices desiguales difieren estadísticamente a $p < 0.05$.

CONCLUSIONES

- La altura de las plantas y la cobertura fueron aumentando a medida que se incrementaban las frecuencias de corte.
- Las frecuencias de corte no afectaron significativamente el contenido de materia seca del pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás tanto en la porción hoja como tallo.
- Para la porción hoja y tallo los rendimientos de materia seca no difirieron significativamente, sin embargo, aumentaron a medida que se incrementaban los intervalos de corte.
- En los rendimientos de materia seca (kg/ha), en general, se observó una marcada tendencia a la disminución de los rendimientos ocasionado por la reducción de la precipitación pluvial. Mientras que, entre las diferentes frecuencias de corte, solo se presentó diferencias significativas en el corte cada 30 días.
- Los porcentajes de hojas en todos los cortes realizados en las frecuencias de corte en *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás se mantuvieron superior o igual al 50%.
- La proteína bruta en ambas porciones no detecto diferencias significativas como resultado de las tres frecuencias de corte. En la porción hoja y tallo los mayores contenidos de proteína bruta fueron encontrados en las menores frecuencias de cortes estudiadas.
- Los contenidos de Proteína bruta total según los días de corte en las diferentes frecuencias de corte registraron diferencias significativas. En los cortes realizados cada 30 días la proteína disminuyo significativamente presentando el mayor contenido en el primer corte con 11.74%, seguido y sin diferir uno del otro y con similar contenido el segundo y tercer corte con 7.47%. Finalmente, en el cuarto corte se encontró una reducción muy significativa de proteína marcando solamente un 3.74%.
- De acuerdo con las condiciones edafoclimáticas del área donde se realizó la investigación indican que el pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás tiene alta capacidad de producir más hojas que tallos entre los 40 y 50 días de frecuencia de corte estudiados, manteniendo buenos contenidos de proteína cruda, así como de calcio, fósforo y de materia seca, pero con contenidos de potasio bajo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Asociación Nacional de Ganaderos (ANAGAN) y Cooperativa de Producción Unión Ganadera (COOPUGAN) por la donación de la semilla gámica del pasto *Urochloa brizantha* cv. Paiaguás con la cual se realizó esta investigación, así como al Instituto Profesional y Técnico México-Panamá por su colaboración con el área donde se instaló el trabajo y el apoyo con los estudiantes en los muestreos realizados.

REFERENCIAS

Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), (2019). Servicios hídricos, Sección de hidrometeorología. Panamá, República de Panamá.

- Costa, 2013. Crea-MS, Embrapa nova cultivar de forrageira para período seco. Brazil. Junio 2013. Consultado 5 de enero 2017. Disponible en http://agrolink.com.br/vacinas/artigo/embrapa-lanca-nova-cultivar-de-forrageira-para-o-periodo-seco_172425.html
- Embrapa, 2014. Día de Campo na TV -Capim Paiaguás é nova opção para época seca. Embrapa Gado de Corte. Consultado 3 de enero 2017. Disponible: <http://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1647220/dia-de-campo-na-tv---capim-paiaguas-e-nova-opcao-para-epoca-seca>.
- Fudge, J. F. and Fraps, G. S. 1944. The chemical compositions of forage grasses from the Gulf Coast prairie as related to soil and to requirement forage cattle. Texas Agr. Exp. Sta Bull 644, collage station Texas. E.U.A. 1998.
- Guerra, 2005. Efecto de la frecuencia y altura de corte sobre el porcentaje de materia seca y relación hoja/tallo de la *Brachiaria* híbrida (Pasto Mulato). Tesis Ing. Agro. Zootecnista. Panamá, UP. Pág. 9-10.
- Machado, 1999. Manejo de Pastagem Nativa. Editora Agropecuária >Ltda., Guaíba-RS-Brasil. 158 p.
- National Research Council, 2001. The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press, Washington, D. C. pp: 381
- Polo, 2017. Conozcamos mejor las especies forrajeras. Agro-Cultura. Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. Mayo 2017, Edición 1. pág. 39-40.

DAÑOS AMBIENTALES Y SU RELACIÓN CON EL INVENTARIO DE GANADO BOVINO - PANAMÁ, PERIODO 2016 - 2020

ENVIRONMENTAL DAMAGE AND ITS RELATIONSHIP WITH THE CATTLE INVENTORY - PANAMA, PERIOD 2016 - 2020

*Edwin Pile*¹, Andrés Chang¹ y Euribiades Chang¹*

¹Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Centro Regional Universitario de Darién. Panamá

(edwin.pilem@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-6226-1500>;

andres.chang@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-4474-6794>;

euribiades.chang@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-1228-9804>)

*Correo de Correspondencia: edwin.pilem@up.ac.pa

Recibido: 11/05/2022

Aceptado: 11/11/2022

RESUMEN. Fue estimada la relación de los daños ambientales con el inventario de ganado bovino registrado en el INEC para el período 2016 - 2020. Para el análisis, las variables evaluadas fueron Año, Región, Daño, Bosque, Agua, Suelo, Atmósfera, Costa y Fauna marina, Asentamientos humanos, Fauna y flora, y Existencia de ganado vacuno de cría, leche y ceba por provincia. Todos los registros fueron descritos a través de sus frecuencias. Las informaciones fueron homogeneizadas y agrupadas. La interrelación, a través del Análisis en Componentes Principales, y la correlación de las variables también fueron evaluadas. De los resultados se puede concluir que el número de registros de daños al ambiente sigue aumentando, siendo los más frecuentes los incendios y la contaminación por derrame de hidrocarburos. Los recursos más afectados han sido la fauna y flora y los bosques, en las provincias de Panamá y Chiriquí. Las afectaciones a nivel de suelos solo fueron registradas para un tercio de la república, sin embargo, problemas con el agua, la fauna y flora, atmósfera y los bosques se registraron a nivel nacional. Los incendios y la contaminación por derrame de hidrocarburos fueron frecuentes a nivel nacional, y la contaminación por aguas residuales y el manejo inadecuado de desechos sólidos se registraron en por lo menos 3/4 y 1/10 del territorio nacional, respectivamente. La relación de la presencia de afectaciones al ambiente con el registro de ganado vacuno de ceba fue significativa.

PALABRAS CLAVE: Contaminación, ambiente, suelo, agua, daños, ganadería.

ABSTRACT. The relationship of environmental damage with the inventory of cattle registered in the INEC for the period 2016 - 2020 was estimated. For the analysis, the variables evaluated were Year, Region, Damage, Forest, Water, Soil, Atmosphere, Marine Coast and Fauna, Human settlements, Fauna and flora, and Existence of cattle for breeding, milk and fattening by province. All records were described through their frequencies. The information was homogenized and grouped. The interrelation, through Principal Components Analysis, and the correlation of the variables were also evaluated. From the results it can be concluded that the number of records of damage to the environment continues to increase, the most frequent being fires and pollution due to hydrocarbon spills. The most affected resources have been the fauna and flora and the forests in the provinces of Panama and Chiriquí. The effects at the soil level were only registered for a third of the region, however problems with water, fauna and flora, atmosphere and forests were registered, at the national level. Fires and contamination due to hydrocarbon spills were frequent at the national level, and contamination by sewage and inadequate management of solid waste were registered in at least 3/4 and 1/10 of the national territory, respectively. The relationship of the presence of damage to the environment with the registration of fattening cattle was significant.

KEYWORDS: Pollution, environment, soil, water, damage, livestock.

INTRODUCCIÓN

La degradación de pasturas es un problema de interés mundial que afecta la producción y la salud ecosistémica. Cada estado de degradación de pasturas corresponde a un avance gradual en el deterioro de la relación entre el suelo, la planta, el bovino y el medio ambiente, convirtiendo la ganadería poco a poco en un foco, directo o indirecto, de contaminación (Blanco Rodríguez, Montilla Rodríguez, & Roncedo, 2020). En el territorio nacional, este deterioro ha sido identificado utilizando los registros del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) para el período 2011 - 2015. Las evaluaciones verificaron una relación entre los daños registrados para los recursos naturales y el inventario bovino, estimándose que aproximadamente 9% del territorio sufría con un mayor número de afectaciones, siendo las más frecuentes en aguas, forestas, áreas protegidas y costas y fauna marina (Pile & Chang, 2018).

Los estudios de Califano (2019) muestran que los productores utilizan los recursos del ambiente de acuerdo con las necesidades que presentan las actividades productivas y reproductivas de las unidades domésticas para alcanzar la autonomía alimentaria; siendo la ganadería, la alimentación y la recolección elementos importantes del sistema. Sin embargo, al hablar de la ganadería tradicional, Vargas (2019) deja patente la necesidad de un cambio de este tipo de práctica para una que se desarrolle con base en prácticas que incidan en el aumento de la productividad y la competitividad y que, al mismo tiempo, disminuyan el impacto negativo que se le atribuye sobre el medio ambiente, la biodiversidad y los recursos naturales.

Para Vargas Morales (2021), el impacto directo a los ecosistemas naturales puede ser observado en zonas de conectividad donde se genera una estrecha relación entre las poblaciones humanas y el entorno. Y en algunos casos, a pesar de prevalecer el concepto del cuidado con el entorno natural no se observan acciones concretas en las comunidades. Este hecho es indicativo de la necesidad, mencionada por Ramírez *et al.* (2018), de la promoción de prácticas de nuevos modelos que permitan conservar la base natural y generar nuevas oportunidades para el sector. El autor, con el propósito de atacar los factores agrícolas y pecuarios de la deforestación y promover prácticas sostenibles en los sistemas productivos, propone la construcción de estrategias sectoriales de competitividad con enfoque agroambiental para varias cadenas productivas, incluyendo la ganadera.

Este enfoque agroambiental también es mencionado por Arciniegas & Delgado (2018), al destacar el uso de los sistemas silvopastoriles como una solución factible para la ganadería con enfoque de sostenibilidad, llamando la atención a los impactos negativos en el ambiente, tales como la compactación del suelo, el detrimento de la biodiversidad, la deforestación, la contaminación de fuentes hídricas y la emisión de gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático, uno de los inconvenientes ambientales más preocupantes. Así, considerando la importancia del tema y la disponibilidad de algunas informaciones registradas en el INEC, se trazó el objetivo de identificar la relación de los registros de daños al ambiente con el inventario bovino en la región para el período 2016 - 2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos fueron obtenidos de fuentes secundarias registradas entre 2016 - 2020 (INEC, 2021a, 2021b). De esta forma, las variables fueron exactamente las obtenidas de dichos registros (Año, Región, Daño, Bosque, Agua, Suelo, Atmósfera, Costa y Fauna marina, Asentamientos humanos, Fauna y flora, y Existencia de ganado vacuno de cría, leche y ceba por provincia). Los registros fueron descritos usando tablas o representaciones gráficas de variables con frecuencias iguales o superiores a cinco (5). En las evaluaciones se estimó el número de grupos (Charrad, Ghazzali, Boiteau, & Niknafs, 2014) para su posterior homogeneización usando un algoritmo lineal no supervisado (Maechler, Rousseeuw, Struyf, Hubert, & Hornik, 2022). También se aplicó un Análisis de Correlación (Peterson & Carl, 2020). El Análisis en Componentes Principales fue realizado con datos agrupados en función de las provincias (Kassambara & Mundt, 2020; Lê, Josse, & Husson, 2008). Los resultados fueron geográficamente representados (Bivand, Keitt, & Rowlingson, 2022). Todos los análisis fueron realizados en el ambiente de computación estadística R (R Core Team, 2022).

RESULTADOS

Los resultados han demostrado un aumento del número de registros de daños al ambiente en el periodo 2016 - 2020 (Tabla 1). Estos registros se han relacionado principalmente con la presencia de incendios ($n = 1291$ [90%]) y la contaminación por derrame de hidrocarburos ($n = 75$ [5.2%]) (Tabla 2), siendo los recursos ambientales más afectados la Flora y la Fauna (40% aproximadamente) y los Bosques (27.1% aproximadamente) (Tabla 3) en las regiones de Panamá (20%), Chiriquí (11%) y Coclé (10%), principalmente (Tabla 4).

Tabla 1. Frecuencia anual de registros de daños al ambiente, INEC 2016 - 2020

	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
2016	13	10.24	10.24
2017	25	19.69	29.92
2018	28	22.05	51.97
2019	33	25.98	77.95
2020	28	22.05	100.00
Total	127	100.00	100.00

Table 2. *Frecuencia de los daños registrados durante el periodo de estudio, INEC 2016 - 2020*

	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
Contaminación por aguas residuales	25	1.74	1.74
Contaminación por derrame de hidrocarburos	75	5.23	6.98
Contaminación por lodos residuales	1	0.07	7.05
Contaminación por productos químicos varios	26	1.81	8.86
Extracción de material pétreo	1	0.07	8.93
Incendios	1291	90.09	99.02
Inundaciones	4	0.28	99.30
Manejo inadecuado de desechos sólidos	1	0.07	99.37
Mortandad de peces	3	0.21	99.58
Movimiento de tierra	6	0.42	100.00
Total	1433	100.00	100.00

Tabla 3. *Frecuencia de daños en función del recurso afectado, INEC 2016 - 2020*

	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
Agua	62	4.25	4.25
Asentamientos humanos	5	0.34	4.59
Atmósfera	199	13.64	18.23
Bosque	396	27.14	45.37
Fauna y flora	587	40.23	85.61
Suelo	210	14.39	100.00
Total	1459	100.00	100.00

Tabla 4. Frecuencia de registros de daños al ambiente en función de las provincias, INEC 2016 - 2020

	Frecuencia	% Válido	% Acumulado
Bocas del Toro	8	6.30	6.30
Chiriquí	15	11.81	18.11
Coclé	13	10.24	28.35
Colón	9	7.09	35.43
Comarca Ngäbe	7	5.51	40.94
Buglé			
Darién	5	3.94	44.88
Herrera	11	8.66	53.54
Los Santos	10	7.87	61.42
Panamá	26	20.47	81.89
Panamá Oeste	11	8.66	90.55
Veraguas	12	9.45	100.00
Total	127	100.00	100.00

La homogeneización fue realizada considerando las variables del inventario de ganado bovino (animales de cría, ceba y leche), los recursos afectados y los daños registrados. Su resultado (Figura 2) muestra la formación de tres grupos (Grupos 1, 2 y 3). El Grupo 1 ocupa 76.92% de la región. En este grupo, al igual que en el Grupo 2, el registro de incendios fue frecuente como afectación en bosques, fauna y flora y atmósfera. Las contaminaciones por aguas residuales y derrame de hidrocarburos afectaron el agua (Tabla 5). El comportamiento del Grupo 2 (Chiriquí y Coclé, [15.38%]) fue semejante al anterior, a diferencia de que en este grupo el suelo fue el afectado y no el agua. La contaminación de los suelos fue registrada por derrame de hidrocarburos (Tabla 5). El Grupo 3 (Panamá) solo ocupa 7.69% de la región. En este grupo, las afectaciones se dieron en el agua, atmósfera, bosques, fauna y flora y suelos. A diferencia de los Grupos 1 y 2, los incendios también afectaron el suelo, y la contaminación por hidrocarburos, común en el agua del Grupo 1 y suelo del Grupo 2, afectó la fauna y flora además del suelo. Aquí, el agua fue afectada por el manejo inadecuado de desechos sólidos (Tabla 5). Sin embargo, el análisis de correlación solamente demostró una relación significativa de la existencia de ganado vacuno de ceba con el registro de daños a la fauna y flora y la atmósfera en los grupos evaluados (Figura 1).

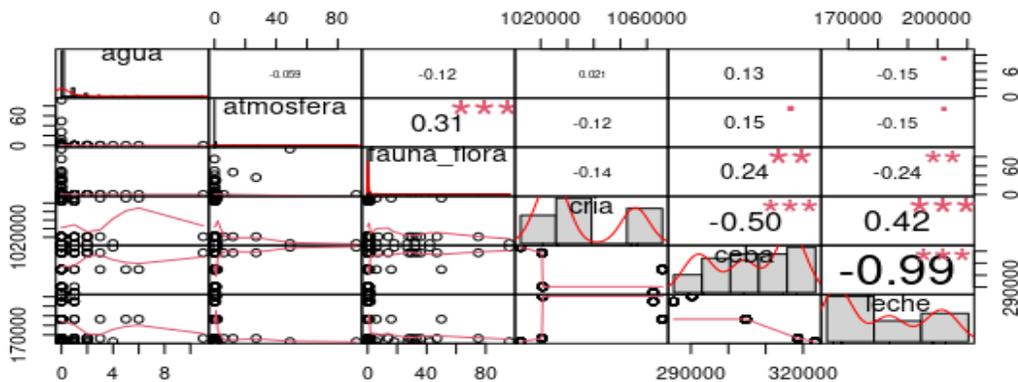


Figura 1. Representación gráfica del resultado del análisis de correlación de las variables con valores significativos.

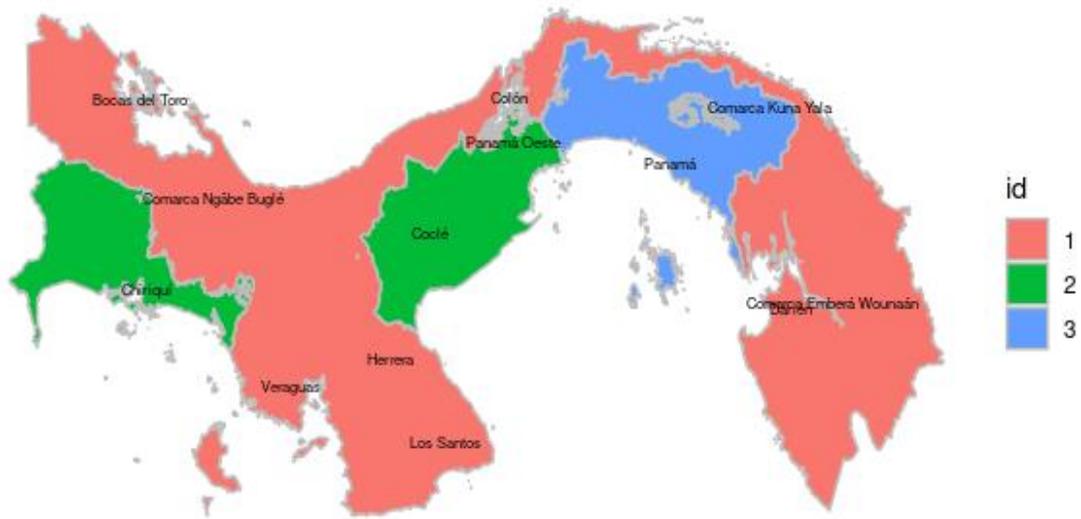


Figura 2. Representación gráfica del agrupamiento de las variables evaluadas y su distribución en la República de Panamá (1 = Grupo 1, 2 = Grupo 2, 3 = Grupo 3)

Tabla 5. Promedio de registros de daños al ambiente en función de la región, recursos y problema verificado - Ganado de vacuno de ceba

Grupo	Recurso	Problema/Daño	Frecuencia promedio
1	Agua	Contaminación por aguas residuales	14
		Contaminación por derrame de hidrocarburos	15
	Atmósfera	Incendios	126
	Bosque	Incendios	208
	Fauna y flora	Incendios	190
2	Atmósfera	Incendios	12
	Bosque	Incendios	127
	Fauna y flora	Incendios	149
	Suelo	Contaminación por derrame de hidrocarburos	17
3	Agua	Manejo inadecuado de desechos sólidos	6
		Incendios	49
	Bosque	Incendios	60
	Fauna y flora	Contaminación por derrame de hidrocarburos	8
		Incendios	221
	Suelo	Contaminación por derrame de hidrocarburos	23
		Incendios	144

DISCUSIÓN

Para los datos evaluados, los resultados demostraron una relación entre la existencia de los animales de ceba y los daños al ambiente. Esta constatación también fue hecha por Abrão, Fernandes, & Pessoa (2016). Según los autores, la pecuaria es considerada una de las actividades agrícolas más importantes del mundo. Así, los daños ambientales asociados a la agropecuaria, como la degradación del suelo, la contaminación por residuos de agrotóxicos, la polución del agua y la reducción de la biodiversidad pasan a prevalecer en la medida que crece la demanda por alimentos. De acuerdo con su extensión, la pecuaria es considerada una de las actividades más impactantes al medio ambiente. Este hecho se debe al gran índice de animales en el planeta y la falta de manejo racional de los pastos, llevando a un agotamiento del suelo. Ramírez & Rodríguez (2017) destacan el hecho al enfatizar que la competencia productiva por posicionar productos agropecuarios lleva a que productores cambien sus pautas de producción y en algunos casos hasta los patrones de cultivo y crianza hacia prácticas tecnificadas, produciendo una intensificación de los impactos ambientales entre los que destaca el aumento del consumo del recurso hídrico, la erosión del suelo y el vertido de contaminantes químicos relacionados a la nutrición del ganado.

Según Núñez (2018), de todos los alimentos producidos por el hombre, la carne bovina es el que presenta la mayor huella ambiental, derivado de su gran demanda de recursos, principalmente granos, agua potable, energía eléctrica y combustibles fósiles, y de sus emisiones al ambiente a lo largo de su ciclo de vida. Algunos de los principales impactos negativos vinculados con la producción pecuaria bovina son: eutrofización del agua de superficie, filtración de nitratos y patógenos en los mantos acuíferos, acumulación de nutrientes y metales pesados excedentes en el suelo y el agua, contaminación de los recursos suelo y agua por patógenos, liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, amoníaco y otros gases a la atmósfera, y destrucción de ecosistemas frágiles, como las selvas y bosques nativos, los humedales, los manglares y los arrecifes coralinos. Por otra parte, los cultivos destinados a alimento para el ganado y las actividades de pastoreo demandan cada vez mayores extensiones de tierra, lo que genera una creciente presión sobre los ecosistemas naturales.

En Argentina, los fuertes estímulos económicos recibidos por el sector agropecuario en la última década han sido un incentivo, tanto para intensificar la producción agropecuaria como para expandir áreas cultivadas generando una creciente preocupación por los impactos de esta actividad en la dotación de recursos y en el medio ambiente (Cabrini et al., 2018). Los autores indicaron que los problemas ambientales fueron atribuidos, fundamentalmente, a una combinación entre racionalidad exclusivamente económica de corto plazo y la falta de control del estado.

Es menester, según Uhart (2021), que se entienda la asociación de los cambios en el uso de la tierra (ej. deforestación para agricultura o ganadería), la expansión e intensificación de la producción animal, entre otros, y las zoonosis emergentes. El reduccionismo epidemiológico desestima que las enfermedades se dan en sistemas complejos cuya comprensión requiere de inteligencia epidemiológica reforzada, es decir, contextualización ecológica y social más allá de la mera comprobación de solapamiento en tiempo y espacio de patógenos y hospederos. En este sentido, el enfoque de Una Salud, que integra la salud humana en su entorno ecológico, es nuestra arma más poderosa porque por definición nos inserta en una matriz dinámica. Nos resulte o no evidente en la vida diaria, nuestra salud está estrechamente vinculada, y depende casi en su totalidad, de la salud del ambiente y de las especies con las que convivimos. Esenciales contribuyentes al bienestar humano, los servicios ecosistémicos son valiosos y su degradación o pérdida es un obstáculo para

la reducción de la pobreza, el hambre y las enfermedades. Así, haciendo nuestras estas consideraciones, se llama la atención a las palabras de Argel & Mendivelso (2019), quienes indican la necesidad de mejorar el diseño de políticas que repercutan en la competitividad y eficiencia del subsector bovino, debido a que las actuales prácticas empleadas en el subsector pueden llevar a la generación de consecuencias medio ambientales devastadoras.

CONCLUSIONES

De los resultados se puede inferir que el número de registros de daños al ambiente sigue aumentando, siendo los más frecuentes los incendios y la contaminación por derrame de hidrocarburos. Los recursos más afectados han sido la fauna y flora y los bosques, de las provincias de Panamá y Chiriquí. Las afectaciones a nivel de suelos solo fueron registradas para un tercio de la república, sin embargo, problemas con el agua, la fauna y flora, atmósfera y los bosques se registraron a nivel nacional. Los incendios y la contaminación por derrame de hidrocarburos fueron frecuentes a nivel nacional, y la contaminación por aguas residuales y el manejo inadecuado de desechos sólidos se registraron en por lo menos 3/4 y 1/10 del territorio nacional, respectivamente. La relación de la presencia de afectaciones al ambiente con el registro de ganado vacuno de ceba fue significativa.

REFERENCIAS

- Abrão, F. O., Fernandes, B. C., & Pessoa, M. S. (2016). Producao sustentavel na bovinocultura: Principios e possibilidades. *Revista Brasileira de Agropecuaria Sustentavel*, 6. <https://doi.org/10.21206/rbas.v6i4.380>.
- Arciniegas, T. S. P., & Delgado, D. F. F.-. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería Study of silvopastoral systems as an alternative for the sustainable management of livestock. *Cien. Agri.*, 15(2).
- Argel, J. A. C., & Mendivelso, J. S. E. (2019). *Problemática Ambiental desde la Teoría Económica Ortodoxa: Caso Ganadería Bovina Extensiva en Colombia*.
- Bivand, R., Keitt, T., & Rowlingson, B. (2022). *rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library*. Recuperado de <https://R-Forge.R-project.org/projects/rgdal/>
- Blanco Rodríguez, J. C., Montilla Rodríguez, M. A., & Roncedo, C. S. (2020). Consequences of the degradation of pastures on nitrogen fixation. *Revista Facultad De Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC*, 11(1), 54-63. Recuperado de <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/16/507>
- Cabrini, S., Cristeche, E., Prada, J. de, Dupleich, J., Engler, P., Esposito, M., ... Vicente, G. (2018). Percepción sobre el Impacto Ambiental de la Producción Agropecuaria de la Región

Pampeana Argentina. *1° Congreso Latinoamericano sobre Conflictos Ambientales: Oportunidades para una Gestión Sustentable del Territorio.*

- Califano, L. M. (2019). *Conocimiento Tradicional Y Manejo De Los Recursos Vegetales En Productores Campesinos Trashumantes De Ganado Bovino En Iruya (Salta, Argentina)* (Tesis doctoral; p. 215). Recuperado de <https://arxiv.org/abs/arXiv:1011.1669v3>
- Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V., & Niknafs, A. (2014). NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set. *Journal of Statistical Software*, *61*(6), 1-36. Recuperado de <https://www.jstatsoft.org/v61/i06/>
- INEC. (2021a). *Daños al ambiente en la República de Panamá por recurso afectado, según provincia, comarca indígena y daño reportado: años 2016 - 20*. República de Panamá: Instituto Nacional de Estadística y Censo.
- INEC. (2021b). *Existencia de ganado vacuno en la república, por provincia y comarca indígena: años 2000 - 20*. República de Panamá: Instituto Nacional de Estadística y Censo.
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). *factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses*. Recuperado de <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, *25*(1), 1-18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., & Hornik, K. (2022). *cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions*. Recuperado de <https://CRAN.R-project.org/package=cluster>
- Núñez, D. A. (2018). *Impacto ambiental de la industria cárnica bovina y sus derivados. Enfoque de ciclo de vida*.
- Peterson, B. G., & Carl, P. (2020). *PerformanceAnalytics: Econometric Tools for Performance and Risk Analysis*. Recuperado de <https://CRAN.R-project.org/package=PerformanceAnalytics>
- Pile, E., & Chang, A. (2018). La ganadería y los danos al ambiente registrados en el periodo 2011 a 2015 en la República de Panamá. *Centros - Revista Científica Universitaria*, *7*(2). Recuperado de <portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/228/2281017011/inde>
- R Core Team. (2022). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Recuperado de <https://www.R-project.org/>
- Ramírez, C., Jäger, M., Hurtado, J. J., Del Cairo, J. R., Quiroga, E., Romero, M., ... Sierra, L. (2018). *Estrategia sectorial de la cadena de productos no maderables del bosque en Guaviare, con enfoque agroambiental y cero deforestación* (Vol. 452, p. 80).

- Ramírez, J., & Rodríguez, R. (2017). Impactos ambientales por las actividades agropecuarias de Jalisco, México: Primera década del siglo XXI. *Revista Estudios Ambientales-Environmental Studies Journal*, 5(1), 3-28.
- Uhart, M. M. (2021). Redefinir nuestra relación con la naturaleza para evitar futuras pandemias. *Actualizaciones en Sida e Infectología*. <https://doi.org/10.52226/revista.v29i105.46>
- Vargas, H. (2019). *Manual de buenas prácticas para una ganadería bovina sostenible en Guatemala*.
- Vargas Morales, M. (2021). Percepciones y prácticas socio-ambientales en las comunidades aledañas al Corredor Biológico Montes del Aguacate. *Research, Society and Development*, 10(6), e30410615842. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15842>

MONITORES AUTOMÁTICOS DE ACTIVIDAD COMO ALTERNATIVA PARA EL MANEJO REPRODUCTIVO DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO

AUTOMATIC ACTIVITY MONITORS AS AN ALTERNATIVE FOR THE REPRODUCTIVE MANAGEMENT OF GRAZING DAIRY COWS

Efraín Quintero Chanis¹, Reynaldo Vargas^{2,3}, Alex Ríos-Moreno⁴ y Joseph Grajales-Cedeño^{*2,5}

¹Servicio de Reproducción Animal SRA, S.C., Chiriquí, Panamá.

²Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Chiriquí, Panamá.

³Sistema Nacional de Investigación (SNI) de Panamá- Senacyt. Panamá

⁴Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Protección Vegetal. Panamá

⁵Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP, Brasil.

(reneejr@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1737-1521>;

reynaldo.vargas@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-5420-9761>;

alex.morenom@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-3117-9659>;

joseph.grajales@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-1021-3945>)

*Correo de Correspondencia: joseph.grajales@up.ac.pa

Recibido: 12/08/2022

Aceptado: 29/10/2022

RESUMEN. El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño reproductivo de vacas Holstein en pastoreo utilizando prostaglandina y monitores automáticos de actividad (PGF_{2α} + MAA) versus un protocolo de sincronización de ovulación con base a estradiol (E₂) y progesterona (P₄) para inseminación a tiempo fijo (IATF). El estudio se realizó en una finca lechera en Chiriquí, Panamá en 215 vacas Holstein con una media de 2,88 ± 2,13 lactancias y 119,15 ± 61,63 días posparto. Las vacas se dividieron aleatoriamente en dos grupos: 1) Grupo PGF_{2α} + MAA (n=104): aplicación de 2 mg IM de PGF_{2α}, con presencia de cuerpo lúteo (examinadas por ultrasonografía) seguido de estro por monitores automáticos de actividad (MAA, Silent Herdsman, Afimilk) y 2) grupo IATF (n = 111): uso de protocolo de sincronización de celo con aplicación de 2 mg de benzoato de estradiol y un implante de P₄ al D0, seguido de retiro de los implantes y administración de 2,0 mg de PGF_{2α}, 400 UI de gonadotropina coriónica equina y 0,5 mg de cipionato de estradiol en el D8. La IATF se realizó el D10 (48 horas después del retiro del implante) y el diagnóstico de gestación por ecografía al D30. No se encontraron diferencias significativas entre las tasas de concepción entre los grupos PGF_{2α}+MAA e IATF [(38% (39/104) vs 34% (38/111); p>0,05)]. Como el 28% (31/111) de las vacas en el grupo IATF estaban en anestro, la tasa de concepción en vacas con y sin cuerpo lúteo fue de 35% (28/80) y 32% (10/31), respectivamente (p>0,05). En conclusión, tanto el uso de PGF_{2α}+MAA como un protocolo con base a E₂ y P₄ para la IATF mostraron igual eficiencia para el manejo reproductivo de vacas lecheras en condiciones de pastoreo, pero sería importante evaluar si la combinación de estas herramientas podría mejorar la eficiencia reproductiva.

PALABRAS CLAVE: Bienestar animal, eficiencia reproductiva, tecnología de precisión, vacas lecheras.

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the reproductive performance of grazing Holstein cows using prostaglandin and automatic activity monitors (PGF_{2α} + MAA) versus an ovulation synchronization protocol based on estradiol (E₂) and progesterone (P₄) for timed insemination. fixed (IATF). The study was conducted on a dairy farm in Chiriquí, Panama in 215 Holstein cows with a mean of 2.88 ± 2.13 lactations and 119.15 ± 61.63 days postpartum. The cows were randomly divided into two groups: 1) PGF_{2α} + MAA group (n=104): application of 2 mg IM of PGF_{2α}, with presence of corpus luteum (examined by ultrasonography) followed by estrus by automatic activity monitors (MAA, Silent Herdsman, Afimilk) and 2) FTAI group (n = 111): use of estrus synchronization protocol with application of 2 mg of estradiol benzoate and an implant from P₄ to D0, followed by removal of the implants and administration of 2 0.0 mg PGF_{2α}, 400 IU equine chorionic gonadotropin, and 0.5 mg estradiol cypionate on D8. FTAI was performed on D10 (48 hours after implant removal) and pregnancy diagnosis by ultrasound on D30. No significant differences were found in conception rates between the PGF_{2α}+MAA and FTAI groups [(38% (39/104) vs 34% (38/111); p>0.05)]. As 28% (31/111) of the cows in the FTAI group were anoestrus, the conception rate in cows with and without a corpus luteum was 35% (28/80) and 32% (10/31), respectively. (p>0.05). In conclusion, both the use of PGF_{2α}+MAA and a protocol based on E₂ and P₄ for FTAI showed equal efficiency for the reproductive management of dairy cows under grazing conditions, but it would be important to evaluate if the combination of these tools could improve the reproductive efficiency.

KEYWORDS: Animal welfare, reproductive efficiency, precision technology, dairy cows.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción láctea deben ser económicamente viables, ofrecer un producto de alta calidad, y sobre todo debe tener en cuenta a el bienestar de los animales, el medio ambiente y los consumidores, por lo que, la industria láctea ha experimentado profundo cambios en las últimas décadas. De hecho, en Europa, países como Canadá, Estados Unidos y recientemente algunos países de Latinoamérica, el uso del estradiol-17 β en programas de manejo reproductivo en el ganado bovino está prohibido (von Keyserlingk *et al.*, 2013). Al respecto existen cuestionamientos por parte de los consumidores sobre las intervenciones hormonales que se realizan a las vacas lecheras durante el manejo reproductivo (Grandin, 2014; Pieper *et al.*, 2016), lo que merece ser abordado desde una mejor perspectiva.

La detección de estro es una de las principales problemáticas del ganado lechero (Denis-Robichaud *et al.*, 2018; Stevenson & Britt, 2017). En función de esta limitante se han desarrollado protocolos hormonales para la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) empleando implantes de progesterona (P4) y estradiol (E2) al inicio y al final del protocolo para sincronizar la ovulación (Pursley *et al.*, 1995; Souza *et al.*, 2009; Baruselli *et al.*, 2012) y más recientemente el uso de tecnologías de precisión como los monitores automáticos de actividad (Lovendahl & Chagunda, 2010), o el uso de estos protocolos de sincronización combinados con el uso de monitores automáticos de actividad (Fricke *et al.*, 2014; Giordano *et al.*, 2015; 2016; Stevenson, 2016), con la finalidad de alcanzar el principal objetivo reproductivo, de preñar las vacas lo más rápido posible después del periodo de espera voluntaria para lograr un ciclo de alta fertilidad (Consentini *et al.*, 2021; Tschopp & Bó, 2022).

A pesar que existen múltiples programas de manejo reproductivo sistematizado para vacas lecheras, gran parte de los estudios utilizando tecnología de precisión se han llevado a cabo en condiciones de confinamiento, utilizando monitores automáticos de actividad para la detección de estro combinados con protocolos basados en GnRH y PGF_{2 α} (Ovsynch y sus derivados) para posterior IA a estro detectado o mediante IATF (Burnett *et al.*, 2017; Denis-Robichaud *et al.*, 2018; Giordano *et al.*, 2015; LeRoy *et al.*, 2018). Sin embargo, dado las condiciones de producción de Panamá, donde predominan las condiciones pastoriles, es necesario explorar el uso de monitores automáticos de actividad como herramienta para el manejo y gestión de los rebaños con respecto a los programas convencionales de IATF empleando estradiol y progesterona.

El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño reproductivo de vacas Holstein en condiciones de pastoreo utilizando prostaglandina acompañada de la detección de celos mediante monitores automáticos de actividad (PGF_{2 α} +MAA) versus un protocolo de sincronización de ovulación para inseminación a tiempo fijo (IATF) con base a estradiol y progesterona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se realizó en un establecimiento comercial en la cuenca lechera de Chiriquí, Panamá. Esta zona, se caracteriza por tener un clima templado y lluvioso, con temperaturas que

oscilan entre 13 – 30 °C, con una altitud de 1068 metros, humedad relativa anual de 80,3% y pluviosidad de 2000 mm anual (1000 – 3000 mm), (Hidromet, 2018). El estudio fue realizado durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2018.

Animales

Se utilizaron 215 vacas Holstein sanas al examen clínico con una media de $2,88 \pm 2,13$ lactancias, días posparto de $118,90 \pm 61,70$, condición corporal entre 2,5 – 3,5 (escala 1-5, Edmonson *et al.*, 1989) y producción de leche de 22,0 kg por vaca/día.

Cada vaca fue identificada con un código único de acuerdo con el programa nacional de trazabilidad bovina y equipadas con un collar (AFIMILK; Israel), el cual consta de sensores de rumia y actividad adosados a un tag, unidades de identificación y un software para el procesamiento de los registros electrónicos. Para el manejo y gestión del rebaño se utilizó el Software VAMPP bovino 3.0 en donde se registró la información de cada animal. Los datos individuales de las alarmas de estro se extrajeron del Software Silent Herdsman semanalmente. Las vacas se ordeñaron dos veces al día; el primer ordeño se realizó a las 04:00 h y el segundo a las 15:00 h. Al finalizar cada ordeño, las vacas fueron trasladadas hasta un potrero situado a una distancia aproximada de 850 m, donde permanecieron hasta el siguiente ordeño.

Las vacas se mantuvieron en un sistema de pastoreo rotacional con cerco eléctrico con periodos de ocupación de un día en cada potrero. Las pasturas consistieron en pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) combinada con pasto Tanner (*Urochloa arrecta*; Figura 1), cuyo contenido bromatológico consistió en un 17,0% de materia seca (MS), 19,0% de proteína cruda (PC), 69,0% de fibra neutro detergente (FDN) y 0,51 Mcal/lb de energía neta de lactancia (ENL). Previo al ordeño los animales recibieron una ración compuesta por ensilaje de *Panicum maximum* cv. Mombasa (31,5% MS; 5,4% PC; FDN=68,1%; 0,91 Mcal/kg ENL), heno y agua *ad libitum*. Además, se complementó la dieta con 9,19 kg de concentrado entregado en la sala de ordeño, fraccionado en dos comidas para cumplir con los requerimientos de nutrientes para vacas lecheras en lactancia que producen en promedio 25,0 kg de leche con 3,5% de grasa según los requerimientos de la NRC (National Research Council, 2001). El concentrado al igual que el ensilaje se suministró según el nivel de producción y etapa de la lactancia en la que se encontraban las vacas.



Figura 1. Vacas Holstein en pastoreo equipadas con monitores automáticos de actividad (collares electrónicos, Silent Herdsman de Afimilk).

DISEÑO EXPERIMENTAL

Los animales fueron distribuidos en dos grupos: **Grupo 1 (n=104)**: vacas $116,06 \pm 64,07$ días post parto y $3,08 \pm 2,28$ lactancias se les aplicó 2 ml de prostaglandina (Cloprostenol Sincrocio Ourofino-Brasil) acompañado de la detección de estro (DTC) a través monitores automáticos de actividad, el cual se les colocó 15 días antes para ajustarlo, según la actividad de cada animal (Figura 2). Las vacas tenían un cuerpo lúteo (CL) funcional presente a la evaluación por ultrasonografía. Se definió como “vaca en celo” a aquellas que el sistema electrónico detectó. La inseminación se realizó de acuerdo con el horario sugerido por el equipo (12 horas después de la alerta).

Grupo 2 (n=111): vacas con $121,63 \pm 59,54$ días post parto y $2,69 \pm 1,97$ días post parto, fueron sometidas a un protocolo de sincronización de estro, independientemente de la condición ovárica y posteriormente inseminadas a tiempo fijo (IATF). El protocolo de sincronización consistió en la administración de 2 mg de benzoato de estradiol (Sincrodiol®, Ourofino) y un dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR 1,38 g, Zoetis) en el día 0. En el día 8 se retiraron los dispositivos intravaginales y se les administró 2,0 mg de clorprostenol (Sincrocio®, Ourofino, Brasil), 400 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG, Folligon, MSD) y 0,5 mg de cipionato de estradiol (Cipiosyn®, Syntex-Argentina). La IATF se realizó el D10 (48 horas después de la extracción del dispositivo; Figura 2). Todos los animales fueron sometidos a diagnóstico de gestación 30 días posteriores a la IATF, mediante ultrasonografía utilizando un equipo Chison Vet 600, provisto de un transductor lineal de 5 MHz. Los tratamientos inyectables se administraron por vía intramuscular (i.m) profunda con agujas de 18 x 1½ y jeringas con volumen adecuado según tratamiento.

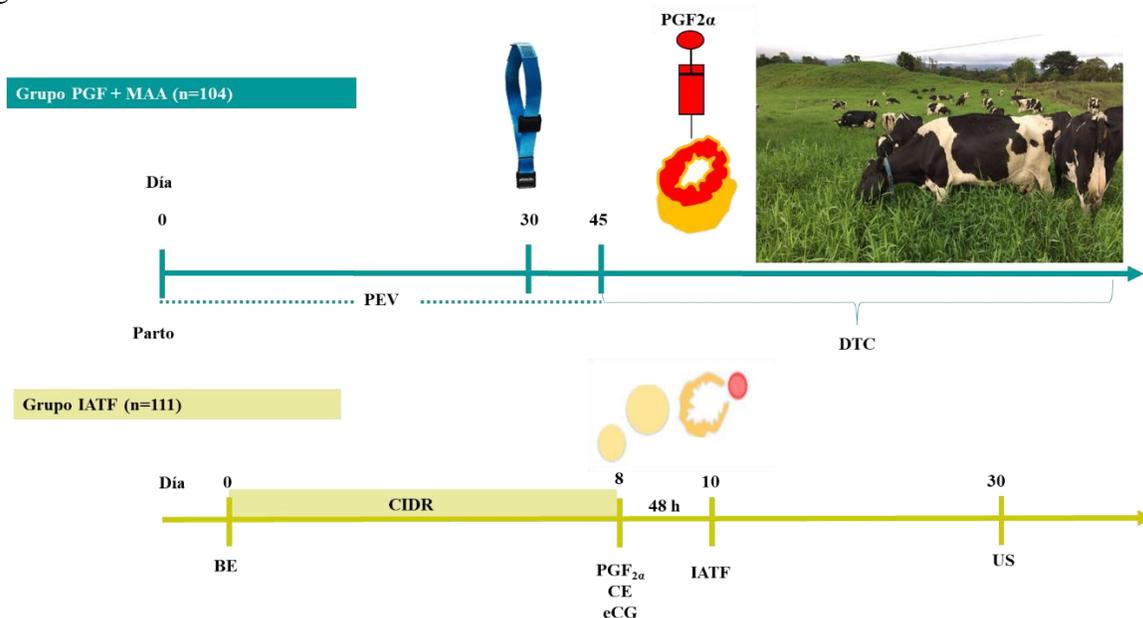


Figura 2. Detección de estro asociado a la aplicación de $PGF_{2\alpha}$ utilizando monitores automáticos de actividad (Silent Herdsman, Afimilk) para la detección de estro (A) y un protocolo de sincronización de estro empelando dispositivos intravaginales de progesterona (CIDR) y estradiol para posterior IATF. *Periodo de espera voluntario (PVE), Detección de estro (DTC), benzoato de estradiol (BE), Gonadotropina coriónica equina (eCG), cipionato de estradiol (CE), Prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$), inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

Análisis estadístico

Los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft Excel 2022) para su procesamiento y el análisis estadístico se realizó utilizando R 4.1.3 (2022-03-10). Los resultados se expresaron mediante gráficos utilizando GraphPad Prism V.9.0.2 (San Diego, CA, EE. UU.). Se utilizó el procedimiento Mixed General Linear Models lme4 (Bates et al., 2021), familia de distribución binomial y función con enlace “log” para evaluar la tasa de concepción, utilizando un análisis para la familia de datos binarios (0=vacía, 1= preñada).

Se utilizaron efectos fijos (programa de manejo reproductivo, lactancia, días postparto, toro) y las vacas como efecto aleatorio. Para seleccionar el mejor ajuste de los modelos se empleó el criterio de información de Akaike (AIC; 'AIC{stats}') y Schwarz Bayesian (BIC; 'BIC {stats}'). En el modelo final el efecto de las lactancias y días post parto fueron removidas. Se realizó la prueba de Tukey. Los valores se expresan como medias de mínimos cuadrados (LSM) \pm errores estándar de la media (SEM) y mediante Odds ratios (OR). Además, se utilizó la prueba de chi cuadrado (χ^2) para determinar las diferencias entre proporciones cuando fue necesario. Fueron consideradas diferencias estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$.

Para evaluar la tasa de concepción se utilizó el siguiente modelo: $Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + C_k + vaca_i + e_{ij}$
 Donde: Y_{ij} = Tasa de Concepción; μ = Media; A_i = Programa de manejo reproductivo; B_j = Número de lactancias; B_k = multíparas y primíparas), C_k = efecto del toro + $vaca_j$ = Efecto aleatorio de la vaca; e_{ij} = Error residual aleatorio.

RESULTADOS

Los programas de manejo reproductivo no afectaron de forma significativa la tasa de concepción (OR = 1,10; IC 95% = 0,62 – 1,96). Hubo un efecto de los toros sobre la tasa de concepción (Tabla 1). Siendo que las vacas inseminadas con el toro D presentaron 2,49 (IC 95%; 1,06 – 5,84) más probabilidad de quedar gestantes que aquellas vacas inseminadas con el toro A y las vacas inseminadas con semen del toro B mostraron 1,98 (IC 95%; 0,98 – 4,02) más probabilidad de quedar gestantes que aquellas vacas inseminadas con el toro considerado como referencia.

Tabla 1. Efecto del programa de manejo reproductivo, lactancia y toro sobre la tasa de concepción (TC, %) en vacas Holstein.

Efectos fijos		N	TC %	OR	IC 95%	p-valor
Intercepto		215		0,36	0,21 – 0,61	<0,001
Programa	IATF	38/111	34	Ref	Ref	Ref
	PGF _{2α} +MAA	39/104	38	1,09	0,61 – 1,92	0,77
	A	24/89	27	Ref	Ref	Ref
Toro	B	25/60	42	1,93	0,97 – 3,88	0,063
	C	13/35	37	1,60	0,70 – 3,66	0,270
	D	15/31	48	2,50	1,07 – 5,86	0,035

OR = Odds ratio; IC = Intervalo de confianza al 95%

Se excluyó un toro por desigualdad en el número de vacas inseminadas según programa de manejo reproductivo. Solo el toro A presentó mayor tasa de concepción en las vacas tratadas con PGF_{2α}+MAA con respecto a las que recibieron IATF (p=0,02). En los demás toros la fertilidad fue similar entre ambos programas de manejo reproductivo (p>0,05; Figura 3).

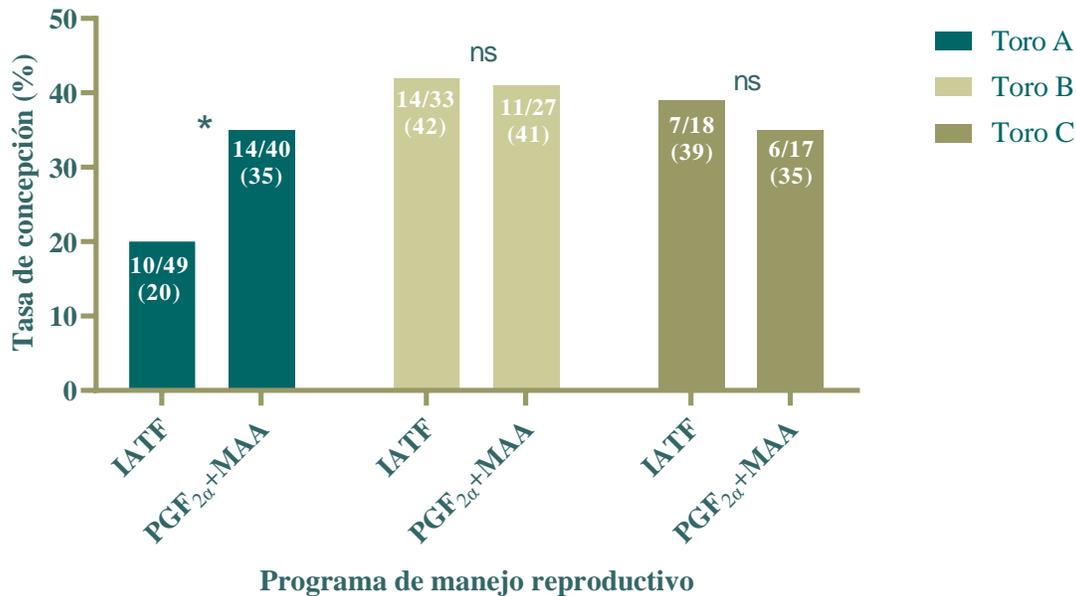


Figura 3. Tasa de concepción en vacas Holstein según programa de manejo reproductivo y toro empleado en la inseminación (n = 184). *p<0,05; ns p>0,05

El 28% (31/111) de las vacas tratadas con el protocolo en base a E₂ + P₄ para la IATF se encontraban en condiciones anovulatorias. En ese contexto la tasa de concepción para las vacas con y sin CL fue de 35% (28/80) y 32% (10/31) respectivamente ($\chi^2 = 0,20$; p>0,05; Figura 4).

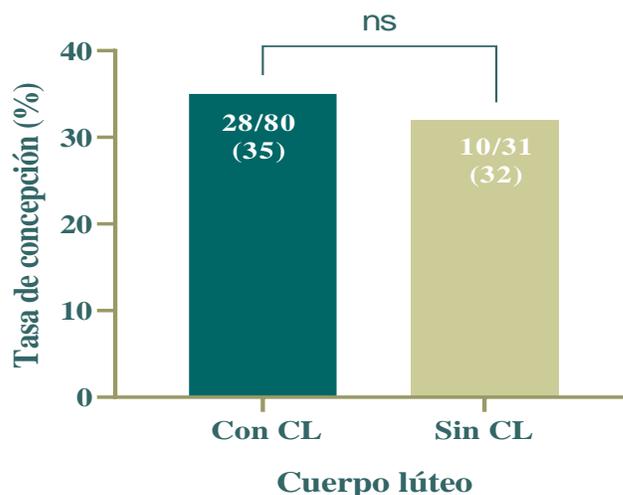


Figura 4. Tasa de concepción en vacas Holstein en lactancia que recibieron un protocolo de sincronización de estro con base a E₂ y P₄ para la IATF en función del estado ovárico (n = 111).

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la tasa de concepción para ambos programas de manejo reproductivo fue similar, siendo a penas una diferencia numérica de cuatro puntos porcentuales a favor del programa de manejo reproductivo basado en $\text{PGF}_{2\alpha}$ más detección de estro mediante monitores automáticos con relación al uso de dispositivos de progesterona y estradiol para la IATF. Sin embargo, este estudio demuestra que hay un grupo de vacas donde es necesario el uso estratégico y sistemático de la IATF; tal es el caso, de las vacas en condiciones anovulatorias (28%). Estos resultados se ajustan dentro del abordaje recientemente sobre el manejo reproductivo direccionado en diferentes subgrupos de vacas en función de parámetros de comportamiento, fisiológicos y desempeño monitoreado a través de sensores. Este abordaje es conocido también como gestión de precisión o personalizada (Giordano *et al.*, 2022; Berry *et al.*, 2016; Zolini *et al.*, 2019).

Nuestros resultados están en línea con un estudio de Burnett *et al.* (2017) donde la tasa de concepción no difirió según el tratamiento utilizado (30,8% vs 33,5% para estro detectado mediante monitores de actividad y un protocolo de IATF, respectivamente). También son cónsonos con lo reportado por Stevenson *et al.* (2014) señalando que el riesgo de concepción en la IA no fue diferente entre los programas de manejo reproductivo (31% para las vacas equipadas con monitores de actividad vs 30% para la IATF). En general, ambos tratamientos ofrecieron resultados aceptables respecto a los parámetros reproductivos evaluados y son consistentes con estudios llevados a cabo en condiciones de confinamiento (Denis-Robichaud *et al.*, 2018; Dolecheck *et al.*, 2015; Fricke *et al.*, 2014) utilizando protocolos como el Ovsynch y sus derivados combinados con la detección de estro a través de monitores automáticos de actividad.

En cuanto a los resultados obtenidos con respecto a la TC del protocolo de sincronización en base a E_2 y P_4 , los informes de Melo *et al.* (2016) coinciden con nuestros hallazgos, reportando una TC de 35,1%. Resaltando que las altas concentraciones de P_4 durante el crecimiento del folículo ovulatorio son importantes para optimizar la calidad del ovocito (Wiltbank *et al.*, 2006).

La tasa de concepción fue similar en las vacas a las cuales se les realizó un manejo reproductivo empleando un protocolo de sincronización de estro en base a estradiol y progesterona de acuerdo con su estado ovárico. La proporción de vacas en anestro fue de un 28% y su fertilidad al realizar la IATF fue similar con respecto a las vacas con cuerpo lúteo. En condiciones normales, las vacas tienen el potencial de ovular después del parto (Wiltbank *et al.*, 2002), sin embargo, en las vacas de leche y sobre todo bajo condiciones de pastoreo en el trópico, con frecuencia presentan alta incidencia de anestro y ovulación silenciosa (De Rensis & Scaramuzzi, 2003), como consecuencia de esto se extiende el intervalo desde el parto hasta la concepción, afectando el desempeño reproductivo (Lucy *et al.*, 2004). El hecho de que tasa de concepción en vacas con y sin CL fue similar, corrobora la importancia de los protocolos en base a E_2 y P_4 para el manejo reproductivo sistematizado independientemente del estado ovárico (Monteiro *et al.*, 2015), debido a que la IATF puede inducir la ciclicidad de forma masiva, inclusive en vacas en anestro.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en cuanto al efecto del toro empleado en la IATF; independientemente del programa de manejo reproductivo utilizado. Los resultados concuerdan con los estudios efectuados por Sales *et al.* (2010, 2011); Silva *et al.* (2018), quienes han informado previamente una gran variabilidad en la fertilidad de toros en programas a

gran escala de IATF. Esta información es muy importante, debido a que posibilita la selección de toros con la mejor fertilidad.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que este tipo de tecnología ayuda a solventar el gran problema que afrontan los productores en la detección de estro y por ende a mejorar el desempeño reproductivo de las vacas; además ofrece la posibilidad de reducir el uso masivo de fármacos hormonales para el control del ciclo estral. Otra ventaja es que este tipo de equipos monitorean otros parámetros como la salud, comportamiento y cambios en la dieta. En estudios previos demostramos que, al emplear este tipo de tecnología de precisión, se redujo el intervalo entre partos de 423 a 399 días, resultando en un diferencial de 24 días; lo cual representaría 349.44 dólares/vaca/año y además una mejora en tasa de preñes cada 21 días de 14 para 19% (Quintero *et al.*, 2019), situación que incrementa el porcentual de vacas en un ciclo de alta fertilidad con gran impacto económico en las propiedades lecheras (Consentini *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

En conclusión, tanto el uso de prostaglandina asociado con la detección de estro mediante monitores automáticos de actividad, así como un protocolo con base a estradiol y progesterona para la IATF, mostraron igual eficiencia para el manejo reproductivo de vacas lecheras en condiciones de pastoreo, pero sería importante evaluar si la combinación de estas herramientas podría tener mayor impacto.

AGRADECIMIENTOS

El estudio fue financiado por la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación de Panamá, Senacyt, Proyecto [FIE16-P-035], con colaboración con la empresa Zaroza Ganadera S.A. y Servicios de Reproducción Animal SRA.

Conflicto de intereses. Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Baruselli, P. S., Sales, J. N. S., Sala, R. V. Viera, L. M., & Sa Filho, M. F. (2012). History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Animal Reproduction*, 9, 139–152.
- Bates, Douglas, Martin Maechler, Ben Bolker, and Steven Walker. (2021). lme4: Linear Mixed-Effects Models Using Eigen and S4. <https://github.com/lme4/lme4/>.
- Berry, D. P., N. C. Friggens, M. Lucy, and J. R. Roche. (2016). Milk production and fertility in cattle. *Annual Review of Animal Biosciences* 4, 269–290.

- Burnett, T. A., Madureira, A. M. L., Silper, B. F., Fernandes, A. C. C., & Cerri R. L. A. (2017). Integrating an automated activity monitor into an artificial insemination program and the associated risk factors affecting reproductive performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *100*, 5005–5018.
- Cardoso Consentini, C. E., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2021). Factors That Optimize Reproductive Efficiency in Dairy Herds with an Emphasis on Timed Artificial Insemination Programs. *Animals* *11*(2), 301.
- De Rensis, F., & Scaramuzzi, R. J. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. *Theriogenology* *60*, 1139–1151.
- Denis-Robichaud, J., Cerri, R. L. A., & Leblanc, S. J. (2018). Performance of automated activity monitoring systems used in combination with timed artificial insemination compared to timed artificial insemination only in early lactation in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *101*, 624–636.
- Dirección de Hidroemeteorología de ETESA. (2018). Consultado el 29 de octubre de 2022. Disponible en: <https://www.hidromet.com.pa/es/estaciones-satelitales>.
- Dolecheck, K. A., Silvia, W. J., Jr, G. H., Chang, Y. M., Ray, D. L., Stone, A. E., ... Bewley, J. M. (2015). Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies. *Journal of Dairy Science*, *98*, 8723–8731.
- Edmonson, A. J., Lean I. J., Weaver L. D., Ferver T., & Webster G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *72*, 68-78.
- Fricke, P. M., Giordano, J. O., Valenza, A., Lopes, G., Amundson, M. C., & Carvalho, P. D. (2014). Reproductive performance of lactating dairy cows managed for first service using timed artificial insemination with or without detection of estrus using an activity-monitoring system. *Journal of Dairy Science*, *97*, 2771–2781.
- Giordano, J. O., Sitko, E. M., Rial, C., Pérez, M. M., & Granados, G. E. (2022). Symposium review: Use of multiple biological, management, and performance data for the design of targeted reproductive management strategies for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *105*(5), 4669–4678.
- Giordano, J. O., Thomas, M. J., Catucuamba, G., Curler, M. D., Masello, M., Stangaferro, M. L., & Wijma, R. (2016). Reproductive management strategies to improve the fertility of cows with a suboptimal response to resynchronization of ovulation. *Journal of Dairy Science*, *99*, 1-12.
- Giordano, J. O., Stangaferro, M. L., Wijma, R., Chandler, W. C., & Watters, R. D. (2015). Reproductive performance of dairy cows managed with a program aimed at increasing insemination of cows in estrus based on increased physical activity and fertility of timed artificial inseminations. *Journal of Dairy Science*, *98*, 2488–2501.

- Grandin, T. (2014). Animal welfare and society concerns finding the missing link. *Meat science* 98, 461-469.
- LeRoy, C. N. S., Walton, J. S., & Leblanc, S. J. (2018). Estrous detection intensity and accuracy and optimal timing of insemination with automated activity monitors for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101, 1638–1647.
- Lovendahl, P., & Chagunda, M. G. (2010). On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93, 249-259.
- Lucy, M. C., McDougall, S., & Nation, D. P. (2004). The use of treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. *Animal Reproduction Science*, 82-83, 495-512.
- Melo, L. F., Monteiro, P. L., Surjus, J. R. S., Drum, J. N., Wiltbank, M. C., & Sartori R. (2016). Progesterone-based fixed-time artificial insemination protocols for dairy cows: Gonadotropin-releasing hormone versus estradiol benzoate at initiation and estradiol cypionate versus estradiol benzoate at the end. *Journal of Dairy Science*, 99, 1–11.
- Monteiro, P. L. J. M., Borsato, M., Silva, F. L. M., Prata, A. B., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2015). Increasing estradiol benzoate, pretreatment with gonadotropin-releasing hormone, and impediments for successful estradiol-based fixed-time artificial insemination protocols in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 98, 3826–3839.
- NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. National. Academic Science., Washington, DC.
- Pieper, L., Doherr, M. G., & Heuwieser, W. (2016). Consumers' attitudes about milk quality and fertilization methods in dairy cows in Germany. *Journal of Dairy Science*, 99, 3162-3170.
- Pursley, J. R., Mee, M. O., & Wiltbank, M. C. (1995). Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF₂ α and GnRH. *Theriogenology*, 44(7), 915–923.
- Quintero, E. R., Grajales, J. K. Hernández, L. L., & Vargas R. E. (2019). Monitores automáticos de actividad y su impacto sobre la eficiencia reproductiva en vacas Holstein en lactancia bajo condiciones pastoriles. En: 13 Simposio Internacional de Reproducción Animal. M. Caccia. Ed. 1a edición especial. Córdoba, Argentina, 348-348.
- Sales, J. N., Neves, K. A. L., Souza, A. H., Crepaldi, G. A., Sala, R. V., Fosado, M., Campos Filho E. P., De Faria, M., Sá Filho M. F., & Baruselli P. S. (2011). Timing of insemination and fertility in dairy and beef cattle receiving timed artificial insemination using sex sorted semen. *Theriogenology*, 76, 427-435.
- Sales, J. N., Crepaldi, G. A., Fosado, M., Campos Filho E. P., & Baruselli P. S. (2010). Timing of insemination with sexed or nonsexed semen or pregnancy rates of Jersey heifers detected

- in heat by radiotelemetry. In: Annual Conference of the International Embryo Transfer Society. *Reproduction Fertility Development*, 22, 178-178.
- Souza, A. H., S. Viechnieski, F. A. Lima, F. F. Silva, R. Araujo, G. A. Bo, M. C. Wiltbank, & P. S. Baruselli. (2009). Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in a timedAI protocol on reproductive responses in dairy cows. *Theriogenology*, 72, 10–21.
- Stevenson, J. S., & Britt, J. H. (2017). A 100-Year Review: Practical female reproductive management. *Journal of Dairy Science*, 100, 10292–10313.
- Stevenson, J. S. (2016). Physiological predictors of ovulation and pregnancy risk in a fixed-time artificial insemination program. *Journal of Dairy Science*, 99, 10077–10092.
- Stevenson, J. S., Hill, S. L., Nevel, R. L., & DeJarnette, J. M. (2014). Ovulation timing and conception risk after automated activity monitoring in lactating dairy cows *Journal of Dairy Science*, 97, 4296–4308.
- Tschopp, J. C., & Bó, G. A. (2022). Success of artificial insemination based on expression of estrus and the addition of GnRH to an estradiol/progesterone-based protocol on pregnancy rates in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 238, 106954.
- Von Keyserlingk, M. A., Martin, N. P., Kebreab, E., Knowlton, K. F., Grant, R. J. Stephenson, M., Sniffen, C. J., Harner, J. P., Wright, A. D., & Smith, S. I. (2013). Invited review: Sustainability of the US dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 96, 5405-5425.
- Wiltbank, M., López, H., Sartori, R., Sangsritavong, S., & Gümen, A. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*, 65, 17–29.
- Wiltbank, M.C., Gümen, A., & Sartori, R. (2002). Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*, 57, 21–52.
- Zolini, A. M., Ortiz, G. W., Estrada-Cortes, E., Ortega, M. S., Dikmen, S., Sosa, F., Giordano, J. O., & Hansen, P, J. (2019). Interactions of human chorionic gonadotropin with genotype and parity on fertility responses of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102 (1), 846–856.

CALIDAD DE SUELO EN TRES SISTEMAS DE USO DE SUELO EN LAS LAGUNAS, BUGABA

SOIL QUALITY IN THREE LAND USE SYSTEMS IN LAS LAGUNAS, BUGABA

Felicita González¹, Richard José Ortega Justavino¹ y Eva S. Moreno¹*

¹Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Suelos y Agua. Panamá (felicita.gonzalez@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0003-1594-3899>; richard.ortega@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0003-2877-019X>; evasofiamoreno@gmail.com)

*Correo de Correspondencia: felicita.gonzalez@up.ac.pa

Recibido: 10/08/2022

Aceptado: 09/09/2022

RESUMEN. Con el propósito de evaluar la calidad de suelo en tres sistemas de uso de suelo, se establecieron en la comunidad de Las Lagunas, Distrito de Bugaba, Provincia de Chiriquí; parcelas de muestreo donde cada finca representó un sistema de cultivo. Los sistemas evaluados fueron: sistema agroforestal de cacao, sistema de cultivos intercalados y monocultivo de plátano. Para la obtención de los valores de índice de Calidad de Sitio (ICS) se utilizó la metodología propuesta por Cantú et al. (2007), los indicadores químicos-físicos se analizan mediante la metodología de Díaz Romeu y Hunter (1978) y Henríquez y Cabalceta (1999). De acuerdo con la caracterización el sistema intercalado y cultivo de plátano son similares, diferenciándose del SAF de cacao pudiéndose considerar este último como orgánico. Los atributos seleccionados para ICS fueron: pH en agua (1:2.5), disponibilidad de nutrientes, nitrógeno% y densidad aparente; correspondiéndole al sistema de cultivo de plátano un valor de 2.85, cultivo intercalado 2.55 y SAF cacao 2.54. Para los indicadores físicos - químicos la parcela de cultivo de plátano y cultivos intercalados registraron los mayores contenidos de fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, nitrógeno, densidad aparente y mejor pH; en relación con el sistema agroforestal de cacao. La densidad aparente para el sistema agroforestal de cacao fue de muy alta calidad, siendo un sistema más orgánico y de mejor calidad de suelo.

PALABRAS CLAVE: Sistema agroforestal, indicadores, fertilidad, índice de calidad de suelos.

ABSTRACT. With the purpose of evaluating the soil quality in three land use systems, they were established in the community of Las Lagunas, District of Bugaba, Province of Chiriquí; sampling plots where each farm represented a cropping system. The systems evaluated were: cocoa agroforestry system, intercropping system and plantain monoculture. To obtain the site quality index (ICS) values, the methodology proposed by Cantú et al. (2007), the chemical-physical indicators are analyzed using the methodology of Díaz Romeu and Hunter (1978) and Henríquez and Cabalceta (1999). According to the characterization, the intercropped system and plantain cultivation are similar, differing from the SAF of cocoa, the latter being able to be considered organic. The attributes selected for ICS were: pH in water (1:2.5), availability of nutrients, nitrogen% and bulk density; corresponding to the plantain cultivation system a value of 2.85, intercropping 2.55 and SAF cocoa 2.54. For the physical - chemical indicators, the plot of plantain cultivation and intercropping recorded the highest contents of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, organic matter, nitrogen, apparent density and better pH; in relation to the cocoa agroforestry system. The bulk density for the cocoa agroforestry system was of very high quality, being a more organic system with better soil quality.

KEYWORDS: Agroforestry system, indicators, fertility, soil quality index.

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye la base para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas cumplen tres funciones esenciales, actuando como medio para el crecimiento de las plantas y desarrollo de la actividad biológica, regula la reserva y flujo de agua, y degrada compuestos contaminantes para el ambiente de los ecosistemas. (Gliessman, R. 2002; Vandermeer, J. 2011).

El concepto de calidad de suelos se define con base en las diferentes facetas de esas tres funciones del suelo como: la capacidad del suelo para funcionar en un ecosistema, para mantener y mejorar

la productividad biológica, la calidad ambiental y la salud de plantas y animales (Doran y Parkin 1994, Doran et al. 1996).

El analizar la calidad de suelos permite detectar cambios en el suelo, especialmente en la parte biológica, provee los aspectos básicos para evaluar la sostenibilidad del manejo del sistema y tiene relación directa con la producción sostenible; por tales razones, la calidad del suelo es el indicador primario del manejo sostenible de suelos y se considera un componente crítico de la agricultura sostenible (Doran y Parkin 1994, Larson y Pearce 1994, Karlen et al. 1997, Herrick 2000).

Existen evidencias de los beneficios de los sistemas agroforestales en la producción y aporte de biomasa, reducen la pérdida de nutrientes, favoreciendo a la fertilidad y la biota del suelo (Schroth 2003); en comparación con los sistemas de cultivo convencionales estos pueden tener efectos negativos en el suelo por la aplicación de insumos sintéticos.

Esta investigación tuvo como finalidad generar información mediante la caracterización, metodologías e indicadores de calidad de suelo: químicos y físicos; permitiendo identificar transversalmente condiciones de estos suelos bajo tres sistemas de uso.

METODOLOGÍA

El área del estudio se localiza entre los 8° 30' 0" de latitud norte y los 82° 43' 0.1338" de longitud este, figura 1, con una altitud de 252 metros sobre el nivel del mar, pendiente entre 0 a 3 grados (Ministerio de Ambiente, 2010).



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio. Las Lagunas.

El clima del área es Tropical Húmedo (Ministerio de Ambiente, 2010), la temperatura anual promedio es 27°C, la precipitación anual promedio es de 3459.9 milímetros, de acuerdo con datos de la Estación meteorológica de Jacú, mientras que la humedad relativa anual promedio: 83.4 por ciento. (ETESA, 2022. <https://www.hidromet.com.pa/es/clima-historicos>).

Los suelos de esta región son aluviales de formación reciente, se distinguen por su alto contenido de materia orgánica en el horizonte superficial, por lo que se clasifican entre los mejores para la agricultura. (IDIAP, 2010; Matthews et al,1960). El orden de suelo son inceptisoles derivados tanto de depósitos fluviónicos como residuales, y están formados por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria. Son superficiales a moderadamente profundos y de topografía plana a quebrada. Morfológicamente presentan perfiles de formación incipiente, en los cuales se destaca la presencia de un horizonte cámbico (B) de matices rojizos a pardo amarillento rojizo, excepcionalmente pardo amarillentos, y con evidencias darás de alteración y no de acumulación de material iluviado. (Núñez, 1981). La zona de vida es Bosque Húmedo Tropical, (Ministerio de Ambiente, 2010).

Se establecieron tres parcelas de muestreo temporal correspondiendo la parcela uno al sistema agroforestal de cacao con sombra, con un área total de 7,032.3 metros cuadrados; parcela dos cultivos intercalados, con cultivos como: habas (*Vicia faba*), oteo (*Discorea alata*), guandú (*Cajanus cajan*) y ñampi (*Colocasia esculenta*) con un área de 4,248.6 metros cuadrados y una tercera parcela en monocultivo de plátano híbrido FHIA 21, (*Musa paradisiaca*) con 5,590.7 metros cuadrados. De acuerdo con el sistema seleccionado se marcó una parcela de 20 x 50 m (1000 m²), en la que se realizaron los muestreos de suelo. En cada parcela, se ubicó en un lugar representativo de las condiciones predominantes de producción del sistema. Se registraron las coordenadas (GPS), para ubicarlas posteriormente. (Figura 2).



Figura 2. Mapa de ubicación de los sistemas evaluados.

La caracterización de los sistemas se realizó, mediante la aplicación de una encuesta a los productores, conociendo sobre el historial de la finca, manejo, frecuencia de prácticas de cultivos, insumos, rendimientos, problemas del cultivo.

El análisis de la calidad de suelos de los tres sistemas se basó en la medición de indicadores químicos y físicos. La Tabla 1, indica la profundidad de muestreo y la metodología utilizada para cada indicador; la evaluación de estos indicadores se realizó una sola vez, por ser relativamente estables (García y Hernández 2003).

Tabla 1. *Indicadores químicos - físicos, para determinar la calidad de suelo en los tres sistemas. Las Lagunas.*

INDICADORES	Profundidad (cm)	METODOLOGÍA UTILIZADA	FUENTE		
Q U Í M I C O	pH	0-20	pH-metro en agua	Díaz Romeu y Hunter (1978)	
	Ca (cmol(+) l-1)	0-20	Extracción de P, K, Cu, Mn, Ca, Mg, Zn. Método Carolina del Norte. Lectura de P, método colorimétrico, la determinación de los demás elementos (K, Cu, Mn, Zn, Ca y Mg) mediante espectroscopia por absorción atómica.		
	Mg (cmol(+) l-1)				
	P (mg l-1)				
	K (mg l-1)				
	Cu (mg l-1)				
	Mn (mg l-1)				
	Zn (mg l-1)				
	Fe (mg l-1)				
	%Materia orgánica (MO)				0-20
F Í S I C O	Densidad aparente (DA) (g cc ⁻¹)			0-5	Extracción de suelo con cilindros de 5 cm de altura y 5 cm de diámetro en tres sitios. Secado en horno a 105°C por 24 horas.
	Textura	0-20	Método granulométrico de Bouyoucos	-	
	% Arcilla				
% Arena					
O	% Limo				

El muestreo para cada parcela consto de 12 submuestras de suelo, para obtener una muestra compuesta de 500 gramos. En la parcela con sistema agroforestal de cacao, se tomaron cuatro submuestras de suelo a un metro del tronco de los árboles de sombra, cuatro submuestras en medio de dos árboles de sombra, y otras cuatro a un metro del tronco de los árboles de cacao.

Para los sistemas de uso de suelo monocultivo de plátano y cultivos intercalados se realizó un recorrido en zig-zag tomando 12 submuestras hasta abarcar toda el área. Las muestras compuestas fueron puestas en bolsas plásticas y rotuladas; estas bolsas no fueron cerradas para evitar cambios bioquímicos que alteren las características de la muestra.

Para definir los ICS y los valores asociados se usó la metodología propuesta por Cantú *et al.* (2007), para lo cual se requiere definir los límites máximos (I_{max}) y mínimo (I_{min}) de los atributos seleccionados.

Los valores de los indicadores fueron normalizados utilizando una escala de 0 a 1. Para los ICS estos valores representan la peor y mejor condición desde el punto de vista de la calidad, respectivamente. En los suelos agrícolas, el valor máximo del indicador I_{max} (valor normalizado $V_n = 1$) representa el valor ideal al que se aspira llegar o la mejor situación de calidad del suelo

(Cantú *et al.*, 2007). El valor mínimo del mismo I_{\min} (valor normalizado $V_n = 0$) representa el mínimo deseable o la calidad mínima aceptable.

El cálculo del valor normalizado de los indicadores se realizó de la siguiente manera:

$$V_n = \frac{(I_m - I_{\min})}{(I_{\max} - I_{\min})}$$

Dónde: V_n : valor normalizado del indicador

I_m : medida experimental del atributo considerado como indicador;

I_{\min} : valor mínimo del atributo considerado como indicador;

I_{\max} : valor máximo del atributo considerado como indicador.

En la Tabla 2, se presentan los límites máximos (I_{\max}) y mínimo (I_{\min}) considerados para los atributos utilizados como indicadores de suelo. Los mismos se derivan en base a niveles críticos establecidos para las metodologías de extracción.

Tabla 2. *Atributos utilizados como indicadores de suelo. Las Lagunas, Bugaba*

INDICADOR	VALOR MÁXIMO (I_{\max})	VALOR MÍNIMO (I_{\min})
pH (H ₂ O) (1:2.5)	6.5	5.0
Materia orgánica (MO) (%)	6.0	2.0
P _{ext} mg/L (ppm)	56.0	10.0
Na mg/L (ppm)	150.0	50.0
Fe mg/L (ppm)	74.0	25.0
Cu mg/L (ppm)	6.0	2.0
Mn mg/L (ppm)	49.0	15.0
Zn mg/L (ppm)	14.0	4.0
Al (Cmol kg ⁻¹)	2.50	0.50
Ca (Cmol kg ⁻¹)	5.0	2.0
Mg (Cmol kg ⁻¹)	1.50	0.60
K (Cmol kg ⁻¹)	0.38	0.13
N (%)	0.14	0.08
Densidad aparente (g/cc)	1.2	0.8

I_{\min} : valor mínimo del atributo; **I_{\max}** : valor máximo del atributo

Para la interpretación de los indicadores de calidad generados para los suelos de las tres parcelas de las Lagunas, se utilizó una escala de siete clases de calidad para cada indicador (Tabla 3), una clase mayor a uno y otra menor de cero, debido al amplio rango de valores que presentaron los indicadores generados para los suelos de Las Lagunas.

Tabla 3. Escala de clases de calidad de suelos. Las Lagunas, Bugaba.

Clases de calidad	Escala
Exceso	1.00 1.30
Muy alta calidad	0.80 1.00
Alta calidad	0.60 0.79
Moderada calidad	0.40 0.59
Baja calidad	0.20 0.39
Muy baja calidad	0.00 0.19
Déficit	-1.00 0.00

RESULTADOS

Caracterización de los Sistemas

Los tres sistemas, plátano en monocultivo, cultivos intercalados y SAF de cacao con sombra, no son similares en sus características. El sistema intercalado y cultivo de plátano son similares, ambos se diferencian del SAF de cacao. Las diferencias más importantes se dan en las prácticas de manejo que son más frecuentes e incluyen aplicación de insumos. El sistema de cacao con sombra tiene árboles que diversifican la producción, este sistema acumula gran cantidad de hojarasca sobre el suelo, pudiéndose considerar como orgánico, sin embargo, recibe algunas aplicaciones de fertilizantes y fungicidas para el control de las enfermedades.

Para el SAF de cacao, los problemas que presenta el cultivo en su producción son las hormigas ardillas y la enfermedad monilia, Este sistema presenta especies leñosas como: mango (*Mangifera indica*), nance (*Byrsonima crassifolia*), naranja (*Citrus sinensis*), limón persa (*Citrus latifolia*), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), cedro (*Cedrela odorata*), palmas pixvae (*Bactris gasipaes*), mamon chino (*Nephelium lappaceum*), banano (*M. sapientum*) y plátano (*Musa paradisiaca L.*). En el caso del sistema plátano en monocultivo, los problemas fitosanitarios que presenta durante la fase del cultivo son sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), nematodos (*Nematoda*) y el picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar).

Índice de calidad de suelo (ICS)

La fertilidad del suelo integra atributos físicos, químicos y biológicos del suelo (Pieri, 1989). Los atributos seleccionados para esta investigación fueron: pH en agua (1:2.5), materia orgánica, disponibilidad de nutrimentos, nitrógeno% y densidad aparente, para los tres sistemas de cultivos en estudio; estas variables se seleccionaron debido a que son usados con frecuencia para definir la fertilidad del suelo. Analizando los sistemas en base a las clases de calidad de suelos, estos se encuentran fuera de los límites considerados correspondiéndole al sistema de cultivo de plátano un valor de 2.85 seguido por el de cultivo intercalado con 2.55 y SAF cacao 2.54, esto se debe a la valoración en conjunto de los indicadores químicos.

En los sistemas estudiados, existen indicadores químicos que se encuentran en exceso indicando que tanto en el monocultivo de plátano como en los cultivos intercalados se utilizan insumos externos (fertilizantes), lo que aumenta la concentración de algunos nutrientes en el suelo (fósforo, potasio y nitrógeno); en caso de zinc y cobre sus contenidos pueden incrementarse debido a las aplicaciones de agroquímicos que se utilizan tradicionalmente.

Estudios realizados por Cerda (2008), sobre calidad de suelo en plantaciones de cacao y plátano en monocultivo, encontró que la ventaja que tiene el cultivo de plátano se debe al mayor contenido de P, K, Ca y Mg, y menor pH que en los suelos de los otros sistemas; esto le permite tener mayores valores en el índice de calidad de suelo. En este mismo sentido indica, que los mayores contenidos de dichos nutrientes y menor pH en suelos cultivados bajo este sistema de plátano en monocultivo se explican por la aplicación de fertilizantes sintéticos como la fórmula completa y urea azufrada. Además, la aplicación de insecticidas (clorados fosforados y piretroides), como los que se aplican en esta investigación.

Fertilidad (Nutrientes)

Promover el uso sustentable del suelo ha surgido como respuesta a los múltiples y diversos problemas a los que se ha enfrentado la calidad y la cantidad de los suelos aptos para el cultivo de alimentos y árboles de todo el mundo.

Diversos estudios han estimado que la naturaleza por sí sola puede tardar unos 200 años en lograr producir un centímetro de suelo fértil, por ello es realmente importante protegerlos y cuidarlos para garantizar su conservación. La productividad de un suelo, la cual se logra en gran parte gracias a una buena fertilidad, por eso es importante el contenido de nutrientes, pH, al igual que se hace con otros indicadores.

Los valores de índices de calidad para pH, aluminio y fósforo se observan en la figura 3. Donde los valores de pH y aluminio considerados como de baja calidad y muy baja calidad se explican por el material parental que caracteriza este orden de suelo.

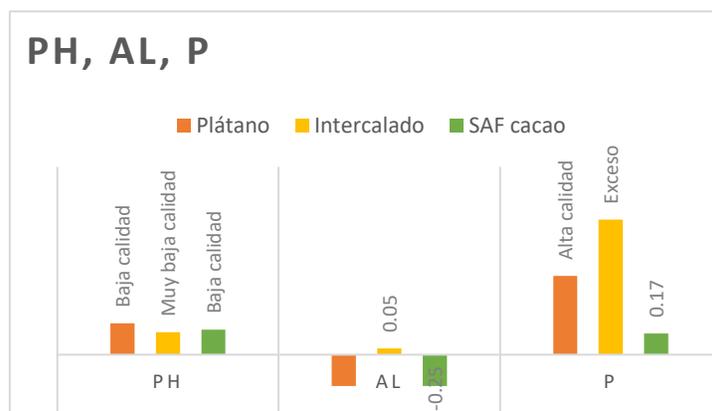


Figura 3. Valores de los indicadores de calidad de suelo para pH, fósforo y aluminio. Las Lagunas.

En el caso del fósforo al comparar los contenidos en los tres sistemas en estudio, el sistema de cultivos intercalados registra una clasificación de muy baja calidad, que significa mayor contenido de fósforo, seguido por el sistema de monocultivo de plátano y finalmente el SAF de cacao, esto se justifica ya que en los dos primeros sistemas de acuerdo a la caracterización se utilizan insumos como fertilizantes, lo cual contribuye al aumento en los contenidos de este indicador. La aplicación de insecticidas (clorados fosforados y piretroides), en estos dos primeros sistemas incrementan la disponibilidad de P en el suelo, esto sugiere que se incrementan las actividades de microorganismos que intervienen en la mineralización y solubilización del fósforo, y que se libera fósforo de la fauna animal muerta por efecto de los insecticidas (Das y Mukherjee 2000).

La característica de estos suelos nos indica, que los contenidos en este caso están por encima de los valores registrados para este orden de suelo. Para el caso del SAF de cacao por su manejo orgánico se asemeja más a los valores esperados para los suelos de la región. De acuerdo con Isaacs et al (2007); Fassbender et al. (1991), la disponibilidad de fósforo puede ser menor en sistemas agroforestales que en monocultivos, pero esta es una limitante general en los suelos de agroecosistema tropicales, debido a la alta fijación de este nutriente en suelos ácidos; en otros suelos de sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica también se reportaron bajos contenidos de fósforo. Los sistemas de cultivos de plátano y SAF de cacao, registraron valores de aluminio por debajo del nivel crítico, clasificándose en el ICS como Déficit, sin embargo, el sistema de cultivos intercalados presento valores medios de acuerdo a los niveles críticos, con un ICS de muy baja calidad.

Para los nutrimentos calcio, magnesio y potasio, los índices de calidad alcanzan valores superiores a los establecidos como niveles críticos para nuestro estudio, clasificándose como en "Exceso", guardando relación con el material originario de estos suelos. Lo que es reafirmado en investigación realizada por Villarreal (2013), con suelos del mismo orden sobre índice de calidad de suelos cultivados con banano en Panamá, donde reportó en los diferentes sitios del estudio altos contenidos de calcio, magnesio y potasio, el mismo autor presento en el primer taller latinoamericano globalsoilmap.net, en Brasil (IDIAP 2010); mapa de fertilidad de suelos basado en función de niveles críticos para calcio, magnesio y potasio, en el que se aprecia para esta región occidental de la provincia de Chiriquí niveles altos para estos tres nutrimentos.

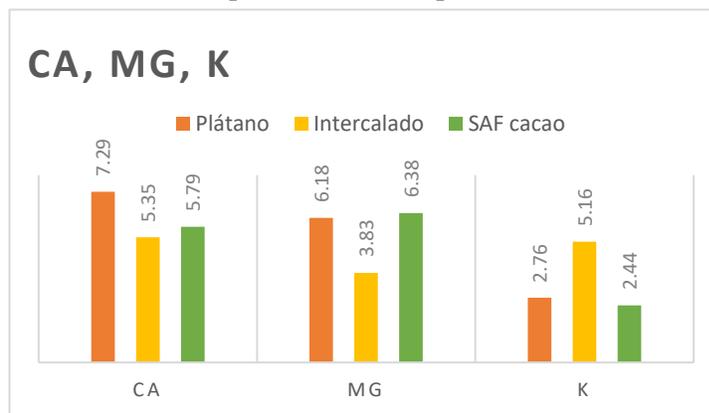


Figura 4. Valores de los indicadores de calidad de suelo para calcio, magnesio y potasio. Las Lagunas.

De los tres sistemas estudiados los cultivos intercalados y el cultivo de plátano presentaron mayores valores que el SAF de cacao, incrementándose por las adiciones de fertilizantes sintéticos.

Los micro nutrientes como hierro, cobre y manganeso presentan contenidos por encima del nivel crítico, de acuerdo al ICS clasificado de Exceso, esto es característico en estos suelos producto de alto contenido de materia orgánica que a su vez contribuye a la retención de humedad.

El sistema SAF – cacao, registro el mayor valor de hierro, reafirmando lo encontrado ya que dentro del sistema hay una gran diversidad de especies arbóreas que aportan altos contenidos de hojarasca, que al depositarse en el suelo mantienen mayor humedad y al mineralizarse aumentan la materia orgánica en el suelo. La formación de óxidos de hierro en el suelo es afectada por la materia orgánica y por las bacterias, el hierro forma quelatos metálicos con la materia orgánica y algunas bacterias participan en el ciclo del hierro. La distribución de hierro extraíble depende de la presencia de la materia orgánica. Los ácidos húmicos del suelo son fuertemente adsorbidos o complejados con el hierro en pH mayores de tres (Duxbury et al., 1989).

En el caso de los micronutrientes manganeso y cobre, los sistemas con niveles mayores lo fueron los sistemas de monocultivos de plátano y cultivos intercalados, atribuyéndose a la retención de agua y poco drenaje; otra entrada de estos micro nutrientes al sistema se da por el uso de insumos (agroquímicos) cuya composición química son a base de estos elementos, contribuyendo al aumento de estos. Mientras que el zinc en los tres sistemas obtuvo niveles críticos medios, correspondiendo según la escala de calidad de suelo, a clasificación entre alta calidad para el sistema de monocultivo de plátano a muy baja calidad para el SAF – cacao. Según Bordoli et al. (2013), en estudios realizados en el cultivo de soja encontraron que cuando el pH del suelo era ácido (menor a 5,3) la concentración de Zn en planta era muy alta comparada con un suelo más alcalino (pH mayor a 7,3) donde el contenido de nutriente en planta era muy bajo, lo que muestra que el cambio en el pH del suelo hace variar la disponibilidad de Zn.

Materia orgánica y nitrógeno

Los tres sistemas de uso de suelo evaluados presentaron la misma tendencia superando los porcentajes de materia orgánica y nitrógeno, obteniendo el sistema de cultivo de plátano. el mayor porcentaje tanto de nitrógeno y materia orgánica 0.50% y 8.61% respectivamente, seguido por el SAF – Cacao con sombra y cultivos intercalados; para un ICS de 1.65, 1.34 y 1.25 respectivamente, clasificándose como en exceso, coincidiendo con lo encontrado por Maldonado et al. (2006), en plantaciones de banano y plátano, donde los residuos vegetales después de una cosecha ayudan a mantener la materia orgánica y protegen al suelo de la erosión. Nos indica Gamarra *et al.* (2016), que valores altos implican que la materia orgánica se descompone lentamente, ya que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo que no puede ser utilizado por los vegetales. En sistemas agroforestales la hojarasca es la mayor proveedora de nitrógeno (Chander et al. 1998).

Indicador físico

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente (Singer y Ewing, 2000). La densidad aparente es una propiedad física del suelo que se ha propuesto como indicador de calidad.

El SAF- cacao presento un ICS de muy alta calidad, a pesar de tener una diferencia de 0.31% de materia orgánica que el cultivo de plátano, sin embargo, la materia orgánica fue clasificada en Exceso para los tres sistemas, esto se atribuye a los mayores porcentajes de materia orgánica presente en los tres sistemas estudiados ya que estos indicadores están estrechamente correlacionados, figura 5. La materia orgánica es uno de los factores fundamentales porque influye en la estructura del suelo al mejorar la estabilidad de agregados (Stenberg et al. 2000), favorece a una mejor distribución de poros de diferentes tamaños (Kirkby y Powlson 2004) y disminuye la densidad aparente porque sus componentes son menos densos que los componentes minerales (Henríquez y Cabalceta 1999).

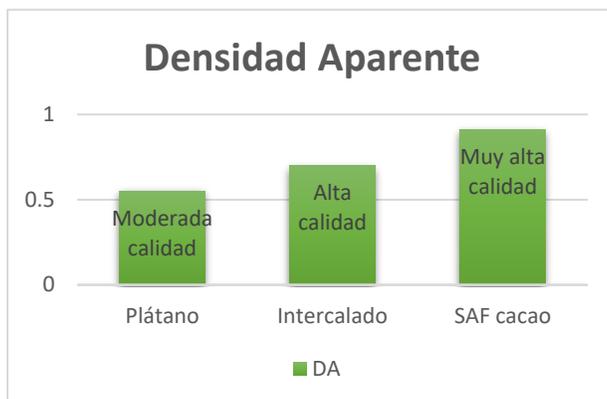


Figura 5. Valores de los indicadores de calidad de suelo para densidad aparente. Las Lagunas.

CONCLUSIONES

- En base a los atributos de suelo evaluados se encontró que el sistema de cultivo de plátano y cultivos intercalados tienen los mejores Índices de Calidad de Suelo (2.85 y 2.55 respectivamente), debido a la aplicación de fertilizantes sintéticos, indicando que, sin esa aplicación, la calidad de los suelos sería menor. Para el sistema agroforestal de cacao el ICS fue de 2.54.
- Al considerar la sostenibilidad de los tres sistemas estudiados, podemos decir que en SAF de cacao, a pesar de registrar una diferencia de 0.3 en el ICS, se obtuvieron valores bajos de densidad aparente (0.85 kg/L) y porcentajes altos de materia orgánica, lo que indica que este sistema aporta cantidades altas de biomasa y a su vez reservas de nutrientes que son reciclados, importante para la sostenibilidad y autosuficiencia del sistema.
- En este mismo sentido permitieron desarrollar recomendaciones en cuanto a balance de bases y otros nutrientes y de esta forma evitar antagonismos y problemas de sostenibilidad de los suelos. Estableciéndose como línea base para futuras investigaciones.
- El sistema de cacao con sombra recibe poco manejo, tiene árboles que diversifican la producción, este sistema acumula gran cantidad de hojarasca sobre el suelo, pudiéndose

considerar como orgánico; mientras que los sistemas de cultivo de plátano y cultivos intercalados el manejo es más frecuente y con aplicaciones de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas sintéticos.

- Para los indicadores físicos -químicos la parcela cultivo de plátano y cultivos intercalados registraron los mayores contenidos de P, K, Ca, Mg, M.O, N, D.A y mejor pH; en relación con el SAF de cacao. La D.A para este sistema fue de muy alta calidad, siendo un sistema más orgánico y de mejor calidad de suelo.

REFERENCIAS

- Bertsch, F. (1995). La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 157 p.
- Bordoli, J.; Mallarino, A. (1998). Deep and shallow banding of phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. *Agronomy Journal*. 90: 27-33.
- Cantú, M. P., A. Becker, J.C. Bedano, y H. F. Schiviano. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices en la Pampa Argentina. *Ciencia Suelo*. 25: 173-178.
- Cerda, R. (2008). Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el Valle de Talamanca, Costa Rica (en línea). Tesis. Magister. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Consultado el 23 de abr de 2020. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1822e/A1822e.pdf>
- Chander, K; Goyal, S; Nandal, DP; Kapoor, KK. (1998). Soil organic matter, microbial biomass and enzyme activities in a tropical agroforestry system. *Biology and Fertility of Soils* 27:168-172. Das, AC; Mukherjee, D. 2000. Soil application of insecticides influences microorganisms and plant nutrients. *Applied Soil Ecology* 14:55-62.
- Das, AC; Mukherjee, D. 2000. Soil application of insecticides influences microorganisms and plant nutrients. *Applied Soil Ecology* 14:55-62.
- Diaz Romeu, R; Hunter A. (1978). Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos, tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, CR, CATIE. 68 p.
- Duxbury, J.M., M.S. Smith y J.W. Doran. (1989). Organic matter as a source and a sink of plant nutrients. pp. 33-68. In: Coleman, D.C., J.M. Oades y G. Uehara (eds.). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. University of Hawaii Press. Honolulu, Hawaii.
- ETESA. (Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A). (2022). Hidrometeorología Etesa. (En línea). Consultado el 30 de agosto de 2022. Disponible en: <https://www.hidromet.com.pa/es/> <https://www.hidromet.com.pa/es/clima-historicos>

- Fassbender, HW; Beer, J; Heuvelodop, J; Imback, A; Enriquez, G; Bonnemann, A. (1991). Ten-year balances of organic matter and nutrients in agroforestry systems at CATIE, Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 45:173–183.
- Gamarra, C; Díaz, M; Ortiz, M; Galeano, M; Cabrera, A. (2016). Relación Carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco Paraguayo (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9 (46): 7. Consultado el 16 de mayo de 2021. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/1/?pli=1#inbox/FMfcgxwLtkPITSbPHvGsltJNGHTVJsfi?projector=1&messagePartId=0.4>
- García, C; Hernández, T. (2003). Introducción. In García, C; Gil, F; Hernández, T; Trasar, C. eds. *Técnicas de Análisis de Parámetros Bioquímicos de Suelos: Medidas de actividades Enzimáticas y Biomasa Microbiana*. Madrid, ES, Mundi-Prensa. p. 7-21
- Gliessman, R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, C.R: CATIE.
- Google Earth. (2020). Santo Domingo, Las Lagunas, Bugaba Consultado 18 de mayo del 2019. Disponible en: <https://www.google.com/earth/>
- Henríquez, C; Calbalceta, G. (1999). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola*. San José, CR, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 112 p.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias IDIAP. (2006). *Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes*. Panamá. 24p.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. IDIAP (2010). 1 er TALLER LATINOAMERICANO GLOBALSOILMAP.NET. *ATLAS DE SUELOS DE LATINOAMERICA*. Brasil. 42p
- Isaac, ME; Timmer, VR; Quashie-Sam, SJ. (2007). Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. *Nutrient cycling in agroecosystems*. Volume 78, Number 2, 155-165.
- Kirkby, M; Powlson, D. (2004). Introduction: linkages and research priorities. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104:245-247.
- Larson, W. E; Pierce, F.J. (1994). The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. *Soil Science Society of America* 677: 37-51.
- Maldonado, F; Jasso, J; Palma-López, D; Salgado, S; González, V. (2006). Dinámica de materia orgánica, P y K en suelos de sistemas agroforestales “cedro-plátano” en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(3):223-230.
- Matthews. E. D.; Guzmán L. E.; Hansen. D. E. (1960). *Clasificación agrológica, capacidad de las tierras y agricultura del suroeste de la provincia de Chiriquí*. Servicio Interamericano de

- Cooperación Agrícola en Panamá. United States of América Operations Mission to Panamá. Ministerio de Agricultura, Comercio e Industrias. República de Panamá. 135p.
- Ministerio de Ambiente. (2010). Atlas Ambiental de la República de Panamá. (En línea). Consultado el 7 de jul de 2019. Disponible en: www.miambiente.gob.pa/images/stories/BibliotecaVirtualImg/AtlasAmbiental.pdf
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). (2021). Cierre año agrícola 2020-2021. Documento de actividades productivas. (En línea). Consultado el 10 de enero. de 2022. Disponible en: <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/10/CIERREAGRICOLA2020-2021-modificado.pdf>
- Núñez, J. (1981). Fundamentos de Edafología. (En línea). Consultado el 20 de jun. de 2019. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1825.PDF>
- Pieri, C. (1989). Fertilité des Terres de Savanes. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT. Paris, Francia. pp: 33-60.
- Singer, M.J. y Ewing, S. (2000). Soil Quality. En Handbook of Soil Science. Chapter 11 (ed. Sumner, M. E.), 271-298, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Vandermeer, J. (2011). The Ecology of Agroecosystems. by Jones and Barlett Publishers. Massachussetts, USA.
- Villarreal, J. (2013). Índice de calidad del suelo en áreas cultivadas con banano en Panamá. (En línea) Consultado el 18 de mar. de 2021. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000200007

INFLUENCIA DE LA RAZA Y EL NÚMERO DE LACTANCIA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LECHE EN CABRAS (*Capra hircus*) BAJO CONDICIONES TROPICALES

INFLUENCE OF BREED AND NUMBER OF LACTATION ON PRODUCTIVE PERFORMANCE AND NUTRITIONAL COMPOSITION OF MILK OF GOATS (*Capra hircus*) UNDER TROPICAL CONDITIONS

Héctor Cedeño^{*}, Berenice Rivas¹, Katherine Montes¹, Miguel Espinosa¹, Tamara Pimente², Roberto Saavedra², Mario Arjona¹, Reggie Guerra^{1,3} y Gabriel Remy²

¹Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia. Panamá

²Consultor Independiente. Panamá

³Sistema Nacional de Investigación (SNI)

(hector.cedenov@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-8400-4276>;

berenice.rivas@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-5822-6828>;

katherine.montes@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-2308-883X>;

miguel.espinosa@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-4148-5983>;

tamaraan26@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5861-2910>;

rrsaavedraf@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4531-6434>;

mario.arjona@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-6100-1731>;

reggie.guerra@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-8471-2862>;

gabrielremyserrano@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-0906-5973>)

*Correo de Correspondencia: hector.cedenov@up.ac.pa

Recibido: 11/08/2022

Aceptado: 04/11/2022

RESUMEN. El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la raza y el número de lactancia sobre el desempeño productivo y la composición nutricional de la leche en cabras. Se utilizaron 597 pesajes de leche de 18 cabras, nueve Saanen y nueve Parda Alpina. Las cabras fueron manejadas en sistema estabulado bajo condiciones tropicales. El desempeño productivo fue influenciado significativamente ($P < 0,05$) por la raza y el número de lactancia, mostrando que ambas razas presentan mayor rendimiento productivo (kg/240 días) en la tercera lactancia con $483,98 \pm 8,90$ la raza Saanen y $455,97 \pm 32,37$ la raza Parda Alpina. Las curvas de lactancias fueron ajustadas mediante el modelo no lineal propuesto por Wood con $R^2 \geq 0,87$. La raza influyó significativamente ($P < 0,05$) sobre la composición nutricional de la leche, indicando que la raza Parda Alpina presentó mayor calidad nutricional, con contenidos (%) de $3,56 \pm 0,24$ proteína; $4,07 \pm 0,41$ grasa; $12,30 \pm 1,66$ sólidos totales; $9,03 \pm 0,20$ sólidos no grasos y $4,49 \pm 0,23$ lactosa. Se concluyó que la raza y el número de lactancia presentan influencia sobre el rendimiento productivo de las cabras Saanen y Parda Alpina en sistema estabulado, sobresaliendo la producción de la tercera lactancia. Los productores pueden utilizar estratégicamente la raza Saanen con la finalidad de mejorar el rendimiento productivo y la Parda Alpina para aumentar la calidad nutricional de la leche.

PALABRAS CLAVE: Saanen, Parda Alpina, curva de lactancia, calidad láctea.

ABSTRACT. The objective of this study was to evaluate the influence of breed and number of lactation over the productive performance and the nutritional composition of the goat milk. 597 daily milk records of 18 goats, nine goats Saanen and nine goats Brown Alpine was analyzed. The goats was managed in tabulated system under tropical conditions. Productive performance was statistically significant ($p < 0.05$) to breed and number of lactances, showing that both breed had more productive performance (kg/240 days) in the third lactance with 483.98 ± 8.90 for Saanen goats and 455.97 ± 32.37 for Brown Alpine goats. Lactations curves was fitted optimally with Wood model with $R^2 \geq 0.87$. Breed influenced significantly over nutritional composition of milk, showing values (%) of 3.56 ± 0.24 protein, 4.07 ± 0.41 fat, 12.30 ± 1.66 total solids, 9.03 ± 0.20 non-fatty solids and 4.49 ± 0.23 lactose. It was concluded that breed and number of lactation influenced over productive performance of Saanen and Brown Alpine goats in tabulate system and goats in the first, second and third lactance of both breeds showed good performance, specifically the goats in third lactance. Farmers could utilize strategically Saanen goats to increase the milk yield and Brown Alpine goats in order to improve the nutritional quality of milk.

KEYWORDS: Saanen, Brown Alpine, lactation curve, milk quality.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial trae consigo una mayor demanda de proteína animal para el consumo humano (Ferede-Abebe *et al.*, 2022), por consiguiente, la producción de leche de cabras (*Capra hircus*) juega un papel importante en el abastecimiento de la leche y sus derivados como él (queso, yogurt, helados, entre otros). Los productos lácteos proporcionan un aporte importante a la nutrición humana y además contribuye a la seguridad alimentaria en la mayoría de los países, en especial a los países en desarrollo (Haenlein, 2004; Bidot, 2013).

En Panamá, la producción de cabras lecheras ha manifestado un crecimiento en los últimos años (INEC, 2011), debido a que es una actividad que no requiere de una gran inversión en comparación a otros sistemas de producción animal, siendo atractiva y rentable; además genera una excelente oportunidad de negocio para los pequeños y medianos productores del sector pecuario del país.

La producción de las cabras puede ser evaluada a través de la curva de lactancia, la cual representa gráficamente la producción de leche desde el parto hasta el secado. Esto permite generar referencias predictivas que pueden ser utilizadas como herramientas por los productores y técnicos para la toma de decisiones en aspectos de manejo y selección, también permite conocer y seleccionar animales con altos valores en parámetros productivos como el tiempo inicial de producción, producción total de lactación, producción máxima de leche y persistencia (habilidad de mantener la producción pico dentro de una lactación) (Guimarães *et al.*, 2006; Noguera *et al.*, 2011; León *et al.*, 2012). Sin embargo, existe poca información a nivel nacional acerca de las características cuantitativas y cualitativas del desempeño de las cabras lecheras, por lo tanto, se hace necesario indagar sobre las respuestas productivas para conocer su comportamiento bajo condiciones tropicales húmedas.

En ese mismo contexto, es importante incorporar el uso de registros en las empresas caprinas para estudiar el comportamiento productivo a través de las curvas de lactancias y la calidad nutricional mediante los valores de proteína, grasa, sólidos totales, sólidos no grasos, lactosa, entre otros, que son de gran importancia para la industria (Hernández & Ponce, 2008; Marin *et al.*, 2009).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la raza y el número de lactancia sobre el desempeño productivo y la composición nutricional de la leche de cabras Saanen y Parda Alpina manejadas en sistema estabulado bajo condiciones tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área del estudio

La fase experimental se desarrolló en una granja en la comunidad de Gonzalillo, corregimiento de Ernesto Córdoba Campos, distrito de Panamá, Panamá (latitud de 9°6'Norte, longitud de 79°31'Oeste), con valores mínimos y máximos de temperatura ambiental (24,5 y 31,4 °C) y humedad relativa (57 y 83 %), respectivamente.

Manejo de animales en experimento

Se utilizaron 597 pesajes de leche procedentes de 18 cabras adultas, con edades entre dos a cinco años, de la raza Saanen se utilizaron nueve animales de $49,70 \pm 4,50$ kg de peso vivo (PV) y alzada a la cruz de $70,46 \pm 3,53$ cm y nueve de la raza Parda Alpina con pesos promedio de $46,01 \pm 3,30$ kg (PV) y alzada a la cruz de $68,46 \pm 3,05$ cm. Los animales fueron seleccionados de acuerdo con el número de lactancia, tres cabras para la primera, segunda y tercera lactancia de cada raza, respectivamente.

El manejo reproductivo se realizó por monta natural controlada, esta etapa inició en la primera semana de agosto de 2020. Este manejo permitió obtener los partos programados entre la primera y segunda semana de enero de 2021, para posteriormente iniciar el ordeño al octavo día posparto. Se realizaron medidas profilácticas para prevenir la pododermatitis, tratamientos para el control de parásitos gastrointestinales y aplicaciones de complejos de vitaminas por un periodo de tres meses.

Las crías fueron separadas de las cabras al séptimo día de nacidos, para el levante con sustituto de leche comercial. Las cabras fueron alimentadas con la misma dieta durante el periodo experimental de aproximadamente ocho meses, este período incluyó los meses desde enero hasta agosto de 2021. La dieta se basó en pasto de corte 70% Cuba 22 (*Cenchrus purpureus* cv. 22), picado y mezclado con 20% Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y 10% de Morera (*Morus alba*); siendo consumido 5,0 kg/cabra/día de la mezcla. Además, se suministró 1,5 kg/cabra/día de heno del pasto Swazi (*Digitaria swazilandensis*) y 1,3 kg/cabra/día de concentrado comercial (peletizado). Los animales tuvieron libre acceso a agua y sales minerales durante todo el periodo experimental.

Desempeño productivo, rutina de ordeño y pesaje de leche (kg)

Para determinar las respuestas productivas, se registró la producción de leche (PL) en forma individual una vez a la semana en dos ordeños durante el día (mañana 7:00 a.m. y tarde 4:00 p.m. hora estándar del este). Los pesajes de leche se tomaron a partir del octavo día post parto, se empleó el tipo de ordeño manual y la producción de leche fue registrada con el uso de una balanza digital Etekcity (modelo EK6015) con capacidad de 5,0 kg.

Las variables productivas evaluadas fueron: producción de leche inicial (PLI) kg, producción de leche máxima (PLM) kg, tiempo a la máxima producción de leche (TMPL) días, producción de leche al cierre de la lactación (PCL) kg, producción de leche a 100 días (PL100D) kg, producción de leche a 240 días (PL240D) kg, y la producción promedio de leche diaria PLD (kg/cabra/día).

Análisis químico de la leche

Para conocer la composición nutricional de la leche se utilizó un analizador automático modelo (MilkoScan™ FT2). Se realizaron tres muestreos durante el periodo de lactancia, inicio (enero), al cuarto mes (abril) y al final de la lactancia (agosto). Se recolectó aproximadamente 250 ml de leche en vaso de polipropileno para muestras 300 ml debidamente identificado individualmente con el número de cada animal. La temperatura de la leche se mantuvo hasta su procesamiento en el laboratorio. Las variables evaluadas (%) fueron: contenido de proteína, grasa, sólidos totales, sólidos no grasos y la lactosa.

Diseño estadístico

Se empleó el Diseño Factorial 2x3, incluyendo dos razas (Saanen y Parda Alpina) y tres lactancias (1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra}). Para este diseño se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde y_{ijk} son las variables dependientes (productivas y composición nutricional de leche), μ es la media general, α_i es el efecto de la i -ésima raza {1,2}, τ_j es el efecto del j -ésima lactancia {1, 2, 3}, $(\alpha\tau)_{ij}$ es el efecto de la interacción entre la i -ésima raza y el j -ésima lactancia y e_{ijk} es el error aleatorio de la k -ésima repetición de la i -ésima raza y la j -ésima lactancia.

Para la modelación de las curvas de lactancias, se ajustó los modelos de regresión no lineal basadas en la función gamma incompleta (Wood,1967), dado por $y = \beta_0 t^{\beta_1} \exp(-\beta_2 t)$. Para el cálculo de la persistencia se realizó mediante el método propuesto por Sölkner & Fuchs (1987), donde define la persistencia como: $100 * (\text{Producción de leche acumulada en el periodo de 101 a 200 días} / \text{Producción de leche acumulada en el periodo de 0 a 100 días})$.

Análisis estadístico

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks (1965) para verificar la normalidad de los residuales, y una prueba de Levene (1960) para verificar el supuesto de homocedasticidad en los residuales para todas las variables en el estudio. Posteriormente, un análisis de varianza (ANOVA) para todas las variables productivas y de la composición nutricional de leche. Además, se realizó estadística descriptiva para conocer los valores de la media y desviación estándar para todas variables por raza y número de lactancia, utilizando el procedimiento PROC UNIVARIATE, y se aplicó la prueba Tukey-Kramer, para la comparación múltiple de las medias (Kramer, 1956), se consideró la significancia del 5 % ($p < 0,05$) mediante el procedimiento PROC GLM del programa estadístico SAS (SAS Institute Inc, 2004). Las curvas de lactancias de las cabras fueron agrupadas según raza y número de lactancia, y se ajustaron utilizando el modelo no lineal de Wood (1967) mediante el método interactivo de Gauss-Newton. El R^2 se tomó como referencia del ajuste del modelo en función de la cantidad de variación del muestreo realizado. El ajuste de los modelos de regresión no lineal y los gráficos de las curvas se realizaron de manera computacional en lenguaje R (R Core Team, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de leche inicial (PLI) kg

La PLI fue diferente entre las razas y el número de lactancia ($P < 0,05$). Hubo interacción significativa ($P < 0,05$) entre la raza y el número de lactancia, lo cual se puede observar que las cabras Saanen de primer, segundo y tercer parto fueron mayores en comparación a las cabras Parda Alpina (Tabla 1). Al comparar la PLI se observó que la tercera lactancia de la raza Saanen fueron 38,66 y 54,21% mayor que la segunda y primera lactancia respectivamente. En cuanto a la raza

Parda Alpina, la tercera lactancia fueron 28,23 y 70,70% mayor que la segunda y primera lactancia respectivamente (Tabla 1).

El desempeño productivo obtenido en ambas razas presenta valores superiores a los reportados por Frau *et al.*, (2010), quienes informaron producciones iniciales de 1,20 kg para la raza Saanen manejadas en sistema de producción extensivo; en tanto; Ribas & Gutiérrez, (2001) en cabras Alpinas bajo sistema de pastoreo presentaron promedios diarios de 1,05; 1,10 y 1,09 kg para la primera, segunda y tercera lactancia respectivamente. La explicación a esta diferencia se puede relacionar a la selección de los animales y al sistema de producción, ya que las cabras en este estudio fueron manejadas en sistema estabulado, donde los animales tienen un mejor manejo y control en la alimentación, por lo tanto, presentan mayor rendimiento productivo. Además, debe tenerse en cuenta que ambas cabras evaluadas en este estudio no alimentaron a las crías durante el periodo de lactancia, por consiguiente, los pesajes de leche incluyeron toda la producción de cada raza, y esta condición de manejo en la rutina de ordeño posiblemente influyó en lo observado en otros sistemas productivos de cabras lecheras.

Producción de leche máxima (PLM) kg y el tiempo máximo de producción (TMPL) días

La PLM y el TMPL no fueron diferente ($P>0,05$) entre las razas, sin embargo, ambas variables fueron diferente ($P<0,05$) según el número de lactancia. No hubo interacciones significativas ($P>0,05$) para ambas variables, este comportamiento mostró que las cabras Saanen y Parda Alpina de segunda y tercera lactancia presentaron mejor desempeño productivo. El número de lactancia influyó el TMPL en las cabras de segunda y tercera lactancia, las cuales presentaron mayor tiempo (días) para alcanzar el pico de producción. Las medias obtenidas para la PLM de la tercera lactancia en la raza Saanen fueron 26,52 y 26,07% mayor que la segunda y primera lactancia respectivamente, mientras que la PLM de la raza Parda Alpina fueron 23,47 y 36,80% mayor en comparación a la primera y segunda lactancia respectivamente. Es importante destacar que ambas razas de tercera de lactancia lograron picos de producciones más alta de $3,53 \pm 0,27$ kg cabras Saanen y $3,42 \pm 0,05$ kg cabras Parda Alpina. Esta producción fue alcanzada aproximadamente a los 30 días de producción en ambas razas (Tabla 1).

En cuanto a la PLM encontradas son inferiores a las producciones observadas por otros autores Macciotta *et al.*, (2003) reportaron producciones al pico para cabras Alpinas de 3,2 kg/día, y Gipson & Grossman (1990), informaron para las cabras Saanen producciones al pico de 4,4 kg/día. Las producciones inferiores observadas en este estudio están asociadas posiblemente al grado de la selección genética de las cabras, la alimentación y a las condiciones de altas temperaturas y humedad que presenta los climas tropicales húmedos.

Según Macciotta *et al.*, (2006) la producción máxima de leche y el tiempo a la producción máxima de leche en las curvas de las cabras lecheras es altamente variable y puede ocurrir entre la segunda y octava semana postparto. Ambas variables han sido relacionadas principalmente con la genética de los animales y el número de lactancia (Fernández *et al.*, 2002; Sánchez *et al.*, 2006). También puede ser influenciada por el manejo óptimo de la alimentación y la época de reproducción de los animales (Akpa *et al.*, 2001; Herrera *et al.*, 2009).

De acuerdo con Akpa *et al.*, (2001) otro criterio importante es la selección de los animales más productivos, ya que la producción de leche máxima entre los 15 a 30 días, ocurren de forma temprana en animales cruzados y poco seleccionados. No obstante, en razas especializadas como la Saanen y las Alpinas con buenos criterios de selección para los programas de reproducción pueden alcanzar la producción máxima entre 45 a 50 días, lo cual es fundamental porque está relacionado con un mejor desempeño productivo (Gipson & Grossman, 1990).

Martínez *et al.*, (2018) informaron PLM de 1,47; 1,71 y 2,06 kg con tiempo de 77, 60 y 55 días, en cabras lecheras de primera, segunda y tercera lactancia respectivamente, manejadas bajo sistema de pastoreo; lo cual indica que el número de parto puede influir sobre el rendimiento de los animales.

Tabla 1. Medias ajustadas \pm la desviación estándar para el desempeño productivo en cabras Saanen y Parda Alpinas según el número de lactancia en sistema estabulado bajo condiciones tropicales.

Lactancia	Raza Saanen						
	PLI (Kg)	PLM (kg)	TMPL (Días)	PLC (kg)	PL100D (kg)	PL240D (kg)	PLD (kg/día)
1 ^{ra}	2,14 \pm 0,05 ^{bc}	2,80 \pm 0,15 ^b	18,66 \pm 4,04 ^b	1,07 \pm 0,48 ^a	165,00 \pm 35,00 ^{ab}	348,02 \pm 16,97 ^{ed}	1,45 \pm 0,06 ^{cd}
2 ^{da}	2,38 \pm 0,04 ^{bc}	2,79 \pm 0,21 ^b	25,66 \pm 5,02 ^{ab}	0,89 \pm 0,08 ^a	171,33 \pm 16,03 ^{ab}	416,43 \pm 10,90 ^{bc}	1,74 \pm 0,05 ^{cb}
3 ^{ra}	3,30 \pm 0,22 ^a	3,53 \pm 0,27 ^a	32,33 \pm 9,01 ^a	1,09 \pm 0,10 ^a	197,45 \pm 6,80 ^a	483,98 \pm 8,90 ^a	2,02 \pm 0,07 ^a
Media	2,60 \pm 0,10	3,04 \pm 0,63	25,55 \pm 6,02	1,02 \pm 0,22	177,93 \pm 19,83	416,14 \pm 12,26	1,74 \pm 0,06
Lactancia	Raza Parda Alpina						
	PLI (Kg)	PLM (kg)	TMPL (Días)	PLC (kg)	PL100D (kg)	PL240D (kg)	PLD (kg/día)
1 ^{ra}	1,57 \pm 0,27 ^d	2,50 \pm 0,08 ^b	17,03 \pm 1,73 ^b	0,60 \pm 0,08 ^b	128,00 \pm 24,04 ^b	309,31 \pm 18,00 ^e	1,29 \pm 0,08 ^e
2 ^{da}	2,09 \pm 0,07 ^{dc}	2,77 \pm 0,38 ^b	21,66 \pm 2,08 ^{ab}	0,75 \pm 0,05 ^a	155,00 \pm 12,34 ^{ab}	378,76 \pm 12,02 ^{cd}	1,58 \pm 0,05 ^{cd}
3 ^{ra}	2,68 \pm 0,32 ^b	3,42 \pm 0,05 ^a	28,33 \pm 1,52 ^{ab}	0,87 \pm 0,09 ^a	187,65 \pm 18,23 ^a	455,97 \pm 32,37 ^b	1,90 \pm 0,13 ^b
Media	2,11 \pm 0,22	2,90 \pm 0,17	22,34 \pm 1,78	0,74 \pm 0,07	156,88 \pm 18,20	381,35 \pm 20,80	1,59 \pm 0,09
CV	8,37	7,58	19,03	20,89	9,55	4,21	4,62
MEE	0,19	0,22	4,55	0,21	15,96	16,74	0,08
Efectos	P-valor						
Raza	0,0002	0,2157	0,1596	0,0166	0,0151	<0,0001	0,0020
Lactancia	<0,0001	<0,0001	0,0017	0,0379	0,0012	<0,0001	<0,0001
RXL	0,0365	0,0568	0,8784	0,0081	0,0351	0,0355	0,0472

PLI: Producción de leche inicial (kg), PLM: Producción de leche máxima (kg), TMPL: Tiempo a la máxima producción de leche (kg), PLC: Producción de leche al cierre de la lactancia (kg), PL100D: Producción de leche a 100 días (kg), PL240D: Producción de leche total a 240 días (kg), PLD: Producción de leche diaria (kg/día), CV: Coeficiente de variación, MEE: Media de error estándar, RXL: Interacción entre la raza y el número de lactancia. Medias en la misma columna con letras diferentes indican diferencias significativas (P<0,05).

La producción de leche al cierre de la lactancia (PCL) kg

Se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto a la raza, el número de lactancia y la interacción entre ambos factores, lo cual indicó que esta producción fue afectada por la raza y el número de lactancia, por consiguiente, las cabras de 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} lactancia de la raza Saanen y las cabras de 2^{da} y 3^{ra} lactancia fueron similares y a su vez, diferían de las cabras de la 1^{ra} lactancia de la raza Parda Alpina. El promedio general obtenido para la raza Saanen fue $1,02 \pm 0,22$ kg, mientras que la raza Parda Alpina presentó $0,74 \pm 0,07$ kg (Tabla 1). Al analizar los resultados de PCL en ambas razas, se logró observar respuestas similares, a excepción de la primera lactancia en cabras Parda Alpina con producción de $0,60 \pm 0,08$ kg; donde muestra un rendimiento inferior a los demás, lo cual se puede relacionar a cabras primerizas que producen menos leche, ya que aún no han desarrollado completamente la capacidad de la glándula mamaria y utilizan las reservas corporales para completar su desarrollo morfológico (Pesántez & Hernández, 2014).

Resultados similares fueron reportados por Martínez *et al.*, (2018), medias al cierre de la lactancia en cabras Saanen de 0,75; 0,84 y 1,10 kg para la primera, segunda y tercera lactancia, respectivamente. En cuanto a las cabras Alpinas, Ribas & Gutiérrez (2001) informaron promedios al cierre de la lactancia de 0,80; 0,90 y 1,07 kg para la primera, segunda y tercera lactancia, respectivamente. Este parámetro PLC es importante para finalizar la producción de la curva de lactancia, que sirve como referencia para evaluar el comportamiento del rendimiento productivo de las hembras.

Producción de leche a los 100 días (PL100D) y 240 días (PL240D) kg

La PL100D fue diferente ($P < 0,05$) entre la raza y el número de lactancia, destacando la producción de la tercera lactancia en ambas razas. Se encontró interacción significativa ($P < 0,05$) entre ambos factores, lo cual indicó que las cabras de 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} lactancia de la raza Saanen y las cabras de 2^{da} y 3^{ra} lactancia presentaron medias similares y a su vez diferían de las cabras de la 1^{ra} lactancia de la raza Parda Alpina. La PL100D en cabras Saanen de tercera lactancia fueron 15,24 y 19,67% mayor en comparación a la segunda y primera lactancia respectivamente, mientras que la raza Parda Alpina de tercera lactancia presentó 21,06 y 46,60% mayor que las cabras de segunda y primera lactancia respectivamente (Tabla 1). Para esta variable, la raza Saanen presentó mayores rendimientos, los cuales fueron en aumento de acuerdo con el número de lactancia. En comparación con otros estudios con cabras Saanen en sistema de estabulación permanentes, las cabras de primer parto presentaron media de $244,00 \pm 13,9$ kg, y las cabras de segundo o más parto presentaron $272,20 \pm 13,3$ kg a los primeros 100 días de lactancias (Garcés *et al.*, 2004). La diferencia obtenida entre las cabras primerizas y multíparas con este estudio está fundamentada posiblemente por las condiciones ambientales, el clima con bajas temperatura permite que los animales tengan un mejor confort térmico y bienestar de las cabras, en comparación a las altas temperaturas y humedad relativas que presentan los trópicos húmedos, lo cual es conocido como una limitante para el desarrollo de los sistemas de producción animal.

La PLT240D mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las razas y el número de lactancias evaluadas. Se encontró interacción significativa ($P < 0,05$), lo cual indicó que la PLT240D de las cabras de 3^{ra} lactancia de la raza Saanen presentó mayor desempeño productivo en comparación a al rendimiento de las cabras de 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} lactancia de las cabras Parda Alpina.

El mayor rendimiento en ambas razas fue expresado por las cabras multíparas en comparación a las cabras primerizas, lo cual coincide con lo reportado por otros estudios, donde encontraron que las cabras primerizas sólo alcanzan entre el 70,0 a 80,0% de la producción de leche de las cabras multíparas (Martínez *et al.*, 2018). Proporción similar a la encontrada en este estudio, las cabras Saanen de primera lactancia presentaron el 71,90% y las cabras Parda Alpina el 67,84% con respecto a las cabras de tercera lactancia. La explicación de la influencia de la lactancia o número de parto sobre el desempeño productivo está relacionada con la edad de los animales, el desarrollo y la capacidad de la glándula mamaria que presentan ambas razas en la tercera lactancia (Wahome *et al.*, 1994). Por otra parte, Finley *et al.*, (1984) señalaron que las cabras de primera lactancia aumentaron 20% en su segunda lactancia, sin embargo, para la tercera o más número de partos no se lograron aumentos diferenciados, lo cual coincide con los resultados de este estudio.

Producción promedio de leche diaria PLD (kg/cabra/día)

La raza y el número de lactancia influyeron significativamente ($P < 0,05$) sobre la producción de leche diaria. Se encontró interacción significativa ($P < 0,05$) entre la raza y el número de lactancia, lo cual indicó que la PLD de las cabras de 3^{ra} lactancia de la raza Saanen fue superior al promedio diario de las cabras de 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} lactancia de las cabras Parda Alpina. La PLD en las cabras Saanen de tercera lactancia fueron 16,09 y 39,31% mayor que la segunda y primera lactancia respectivamente, mientras que las cabras Parda Alpina de tercera lactancia presentaron 20,25 y 47,29% mayor en comparación a la segunda y primera lactancia respectivamente. Se observó que la raza Saanen presentó mejor desempeño productivo (Tabla 1).

Esta tendencia está asociada a la fisiología y edad de los animales, ya que se espera que una cabra tenga mayor cantidad de partos a medida que aumente su edad; este comportamiento biológico explica el hecho que las cabras con más número de lactancia presentan mayor capacidad para producir leche debido al desarrollo óptimo de las glándulas mamarias, manejo adecuado de la nutrición y al buen estado de salud de los animales (Fernández *et al.*, 2002; Herrera *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2018).

Los valores obtenidos de PLD en este estudio son superiores a lo reportado por otros autores Frau *et al.*, (2010) informaron una producción promedio de aproximadamente $1,27 \pm 0,27$ kg/cabra/día para cabras Saanen manejadas en sistema extensivo. Mientras que un grupo de cabras Alpinas manejadas en sistema semi intensivas presentaron producción diaria en rango de 1,13 a 1,43 kg/cabra/día (Ribas & Gutiérrez, 2001). Esta diferencia de producción probablemente se debe al mejoramiento genético, manejo y al sistema de producción utilizado para los animales, lo cual se considera importante para tomar decisiones en el manejo nutricional durante el periodo de lactancia y así seleccionar las cabras con mayor desempeño productivo que pueden ser incluidas posteriormente a los programas de mejoramiento genético de la empresa caprina, con la finalidad de seleccionar las hembras reproductoras para generar reemplazos o para vender las cabras a otros productores.

Curvas de lactancias

En la Tabla 2, se presentan los coeficientes estimados \pm desviación estándar y los parámetros de ajuste del modelo de regresión no lineal utilizando la función gamma incompleta de Wood (1967).

Los valores de persistencia indican que la lactancia mantiene entre el 50 y 60% de la producción de leche a los primeros 100 días. Es visible que la persistencia en ambas razas, los coeficientes obtenidos en la primera lactancia son mayores que en la segunda y tercera lactancia, tendencia descrita por Gipson & Grossman (1990), donde señala que la persistencia se reduce a medida que las cabras aumentan la cantidad de partos.

Tabla 2. Coeficientes estimados \pm desviación estándar y parámetros de ajuste de modelo de regresión no lineal, utilizando la función gamma incompleta (Wood,1967), de acuerdo con la raza y el número de lactancia en cabras Saanen y Parda Alpina.

Raza Saanen			
Indicadores	1 ^{ra} Lactancia	2 ^{da} Lactancia	3 ^{ra} Lactancia
β_0	0,8688 \pm 0,1055***	1,6986 \pm 0,1054***	1,6783 \pm 0,1725***
β_1	0,4210 \pm 0,0395***	0,2292 \pm 0,0003***	0,2321 \pm 0,0342***
β_2	0,0107 \pm 0,0006***	0,0098 \pm 0,0135***	0,0089 \pm 0,0005***
¹ PC	61,06	51,77	56,68
R ²	0,8894	0,9042	0,9010
σ_e^2	0,0544	0,0546	0,0587
Raza Parda Alpina			
β_0	1,9128 \pm 0,1700***	1,6986 \pm 0,1756***	1,6783 \pm 0,1725***
β_1	0,0764 \pm 0,0305***	0,2292 \pm 0,0352***	0,2321 \pm 0,0343***
β_2	0,0060 \pm 0,0005***	0,0098 \pm 0,0006***	0,0089 \pm 0,0005***
¹ PC	60,59	51,77	56,68
R ²	0,8739	0,9043	0,9010
σ_e^2	0,0276	0,0587	0,0587

¹PC: Persistencia de la curva, σ_e^2 : Varianza residual, Diferencias significativas: P<0,001 (***).

En la Figura 1, se puede observar que el desempeño productivo de las cabras Saanen (a) y Parda Alpina (b) fueron aumentando desde la primera hasta la tercera lactancia.

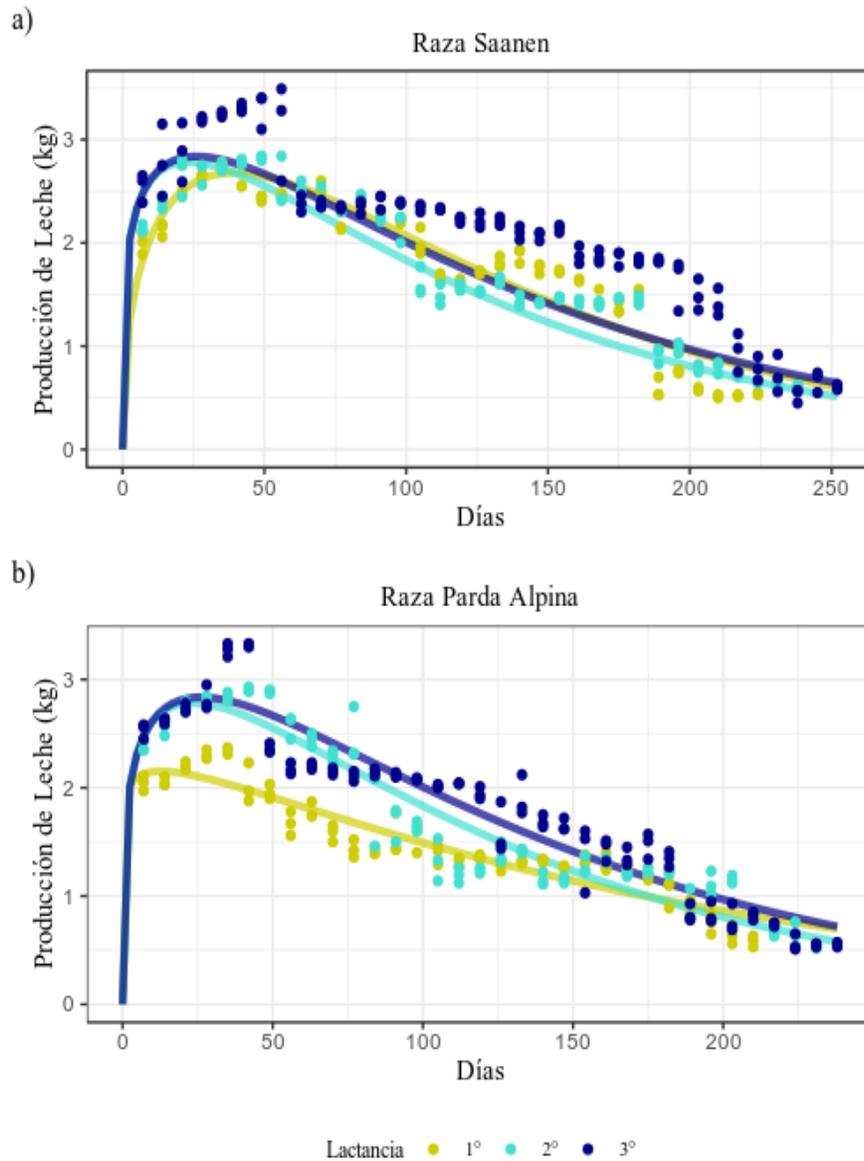


Figura 1. Comportamiento de la producción de leche (kg) según el número de lactancia de las razas Saanen (a) y Parda Alpina (b), manejadas en sistema estabulado bajo condiciones tropicales.

Contenidos de proteína y grasa (%)

El factor raza indicó diferencias significativas ($P < 0,05$) sobre los valores de proteína y grasa, sin embargo, el número de lactancia no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) para los contenidos de proteína y grasa. Hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) para los efectos de interacción entre las razas y el número de lactancia para ambas variables.

Las cabras Saanen presentaron contenido de $3,32 \pm 0,12\%$ proteína y $3,48 \pm 0,35\%$ grasa; sin embargo, las cabras Parda Alpina presentaron media de $3,56 \pm 0,24\%$ proteína y $4,07 \pm 0,41\%$ grasa.

grasa, lo cual muestra una diferencia importante, que destaca la raza Parda Alpina con mayor aporte de nutriente en la composición láctea (Tabla 3).

La raza Parda Alpina independientemente del número de lactancia, presentó valores de proteína y grasa superiores a las cabras Saanen. La explicación de este comportamiento está relacionado a la propia genética que presentan las cabras Alpinas originarias de Europa, lo cual indica la estrecha relación entre un menor volumen de leche y mayor contenido de proteína y grasa (Bidot, 2017). El contenido de proteína y grasa obtenido en este estudio concuerda con los informados por Vega *et al.*, (2007) donde se observaron rangos de proteínas para cabras Alpinas entre 2,91 a 3,86% y Saanen entre 2,04 a 4,13%, y medias de grasa para Alpinas 3,96 y Saanen con promedio de 3,5%. De acuerdo con Salvador *et al.*, (2016) la calidad de la leche puede ser influenciada por factores genéticos, el desempeño productivo, el tiempo de la lactación, la época del año, la temperatura ambiental y la alimentación. La influencia genética de las cabras Parda Alpina indicó un aporte mayor en la composición de la leche, lo que favorece la producción cualitativa.

También Dagnachew *et al.*, (2013) señala que los contenidos nutricionales de la leche, como la proteína, grasa y lactosa pueden ser influenciada por la genética de los animales. Los resultados obtenidos en ambas razas caprinas corresponden a los descritos en la literatura, lo cual demuestra que las cabras con el mismo manejo de alimentación y condiciones ambientales pueden obtener diferencias en la composición de la leche, por un efecto racial.

Es importante señalar que otros estudios reportaron que los efectos de la dieta sobre la composición de la leche en cabras Alpinas son mínimos en comparación con la influencia sobre el rendimiento productivo (Haenlein, 2001; Min *et al.*, 2005). Sin embargo, Brown-Crowder *et al.*, (2001) indicaron que la producción de leche aumenta a medida que el nivel de grasa en la dieta aumento entre 3,0 a 4,5%, pero disminuyó cuando el nivel se incrementó a 6,0%, aunque la concentración de grasa en la leche aumentó, y el nivel de proteína se mantuvo sin cambios. En cuanto al contenido de grasa, las cabras aportan entre 3,0 a 6,0%, este indicador es considerado importante porque define la capacidad de leche para ser procesada y además presenta un papel fundamental en la calidad nutricional y sensorial de los productos elaborados a partir de la leche de cabras (Oliszewski *et al.*, 2002; Chacón, 2005).

Tabla 3. Medias ajustadas \pm la desviación estándar para la composición nutricional de la leche en cabras Saanen y Parda Alpinas según el número de lactancia en sistema estabulado bajo condiciones tropicales.

Lactancia	Raza Saanen				
	Proteína (%)	Grasa (%)	ST (%)	SNG (%)	Lactosa (%)
1 ^{ra}	3,27 \pm 0,17 ^b	3,37 \pm 0,77 ^b	10,57 \pm 0,36 ^b	8,50 \pm 0,15 ^b	4,68 \pm 0,16 ^a
2 ^{da}	3,38 \pm 0,13 ^b	3,62 \pm 0,19 ^b	11,03 \pm 0,48 ^b	8,52 \pm 0,07 ^b	3,85 \pm 0,37 ^b
3 ^{ra}	3,31 \pm 0,07 ^b	3,45 \pm 0,10 ^b	10,69 \pm 0,16 ^b	8,51 \pm 0,11 ^b	3,87 \pm 0,30 ^b
Media	3,32 \pm 0,12	3,48 \pm 0,35	10,76 \pm 0,33	8,51 \pm 0,11	4,13 \pm 0,28
	Raza Parda Alpina				
1 ^{ra}	3,70 \pm 0,26 ^a	4,08 \pm 0,07 ^a	13,97 \pm 2,87 ^a	8,98 \pm 0,36 ^{ab}	4,72 \pm 0,09 ^a
2 ^{da}	3,37 \pm 0,05 ^{ab}	3,71 \pm 0,51 ^a	13,64 \pm 1,28 ^a	9,01 \pm 0,10 ^a	4,04 \pm 0,42 ^{ab}
3 ^{ra}	3,60 \pm 0,41 ^a	4,41 \pm 0,66 ^a	12,30 \pm 0,83 ^a	9,10 \pm 0,13 ^a	4,71 \pm 0,18 ^a

Media	3,56 ± 0,24	4,07 ± 0,41	12,30 ± 1,66	9,03 ± 0,20	4,49 ± 0,23
CV	6,57	12,56	11,93	3,42	9,99
MEE	0,22	0,47	1,42	0,16	0,43
Efectos	P-valor				
Raza	0,0397	0,0199	0,0049	<0,0001	<0,0001
Lactancia	0,8115	0,4691	0,1407	0,8148	0,0289
RXL	0,0467	0,0382	0,0264	0,0298	0,0407

ST: Sólidos totales (%), SNG: Sólidos no grasos (%), CV: Coeficiente de variación, MEE: Media de error estándar, RXL: Interacción entre la raza y el número de lactancia. Medias en la misma columna con letras minúsculas iguales son equivalentes y letras diferentes indican diferencias significativas (P<0,05).

Sólidos totales (ST) %, sólidos no grasos (SNG) % y lactosa (%)

Los contenidos de ST, SNG y lactosa en leche fueron diferentes (P<0,05) entre las razas. El número de lactancia no afectó (P>0,05) los contenidos de ST y SNG. Sin embargo, el número de lactancia afectó (P<0,05) el contenido de lactosa. Se encontró interacción entre las razas y el número de lactancia (P<0,05) sobre las variables ST, SNG y Lactosa.

Las cabras Saanen presentaron contenidos de 10,76 ± 0,33% ST; 8,51 ± 0,11% SNG y 4,13 ± 0,28% lactosa. Mientras que las cabras Parda Alpina obtuvieron valores de 12,30 ± 1,66% ST; 9,03 ± 0,20% SNG y 4,49 ± 0,23% lactosa (Tabla 3). Estas variables son de gran interés en la industria lechera, debido a que las altas concentraciones de estas en la leche brindan un mayor rendimiento en la fabricación de los subproductos, tales como el queso, yogurt, entre otros (Salvador *et al.*, 2016; Bidot, 2017). Por lo tanto, tomando en cuenta el contenido de ST, SNG y lactosa, las cabras Parda Alpina en este estudio presentaron mayor ventaja en comparación a la raza Saanen.

Las medias obtenidas en ambas razas coinciden con los reportes del INTA (2005), donde encontraron valores de SNG con rangos entre 8,30 a 9,98%. Las diferencias observadas en este estudio pueden estar relacionadas con genética de la raza Parda Alpina, similar a Herrera *et al.*, (2009) donde indicó que el factor del grupo racial influye esta variable, aparte del factor clima y la alimentación.

Los valores de la variable ST en cabras Parda Alpina fueron similares a los mostrados por Herrera *et al.* (2009), donde se encontraron medias de 12,35% para cabras lecheras. Estas diferencias observadas pueden ser atribuidas a variaciones climáticas, la alimentación y a la raza de los animales (Manterola & Azócar, 2007).

Los valores de lactosa encontrados en ambas razas son similares a los informados por Vega *et al.*, (2007), que reportó promedios de lactosa para las cabras Alpinas de 4,20 ± 0,26%, y para las cabras Saanen 4,45 ± 0,46%. En este estudio, se observó que el contenido de esta variable disminuyó en función del aumento de número de parto en las cabras Saanen, lo cual coincide con la literatura que los niveles de lactosa disminuyen a medida que avanza el tiempo y número de lactancia (Keskin *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

La raza y el número de lactancia presentan influencia sobre el desempeño productivo de las cabras lecheras, sobresaliendo la producción de la tercera lactancia de las razas en estudio.

Los animales de este estudio independientemente del número de lactancia presentaron desempeños productivos aceptables y los contenidos de proteína, grasa, sólidos totales, sólidos no grasos y lactosa se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para cada raza, lo cual puede denotar un adecuado manejo acorde al encaste racial de los animales en las condiciones de estudio.

AGRADECIMIENTOS

A los Sres. Gabriel J. Remy R. y Norma E. Serrano M. propietarios de La Granja del Tío Remy por su valiosa colaboración y permitir el uso de las instalaciones y animales durante el periodo experimental (2021). A la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá (FCA-UP) por el apoyo del traslado de las muestras al laboratorio, para los respectivos análisis químicos de la composición nutricional de la leche.

REFERENCIAS

- Akpa, G.N., Asiribo, O., Oni, O.O., & Awa, J.P. (2001) The Influence of Non-Genetic Factors on the Shape of Lactation Curves in Red Sokoto Goats. *Journal Animal Science*, 72(2), 233-239. <https://doi.org/10.1017/S1357729800055727>
- Bidot, A. (2013). Producción de leche de cabra y duración de la lactancia de los genotipos Nubia, Saanen y Toggenburg en condiciones de pastoreo restringido y suplemento con concentrado. *Abanico Veterinario*, 3(1), 30-35.
- Bidot, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: Revisión bibliográfica. *Revista de Producción Animal*, 29(2), 32-41.
- Brown-Crowder, I. E., Hart, S. P., Cameron, M., Sahlu, T., & Goetsch, A. L. (2001). Effects of dietary tallow level on performance of Alpine does in early lactation. *Journal Small Ruminant Research*, 39(3), 233-241. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(00\)00197-8](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00197-8)
- Chacón, A. (2005). Aspectos nutricionales de la leche de cabra y su papel en la alimentación humana. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 239-252.
- Dagnachew, B., Meuwissen., & Adnoy, T. (2013). Genetic components of milk Fourier-transform infrared spectra used to predict breeding values for milk composition and quality traits in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5993-5942. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6068>.

- Ferede-Abebe, A., Bizzotto Molina, P., & Sean Woolfrey, S. (2022). AgrInvest-Food Systems Project – Increasing sustainable investment in the Ethiopian dairy value chain. Bottlenecks and investment opportunities in Central Oromia. Rome. FAO, 1-52. <https://doi.org/10.4060/cb9660en>.
- Fernández, C., Sánchez, A., & Garcés, C. (2002). Modeling the lactation curve for test-day milk yield in Murciano-Granadina goats. *Journal Small Ruminant Research*, 46(1-2) 29-41. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00179-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00179-7).
- Finley, C.M., Thompson, J.R., & Bradford, G.E. (1984). Age Parity-Season Adjustment Factors for Milk and Fat Yields of Dairy Goats. *Journal of Dairy Science*. 67(8). 1868-1872.
- Frau, S., Togo, J., Pece, M., Paz, R., & Font, G. (2010). Estudio comparativo de la producción y composición de leche de cabra de dos razas diferentes en la provincia de Santiago del Estero. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 109(1) 9-15.
- Garcés, R., Boza, L., Acevedo, P., Brandl, E., Brukmaier, R., & López, L. (2004). Persistence index and description of first 100 days of the lactation curve of primiparous and multiparous Saanen goats maintained in confinement. *Agricultura Técnica*, 64(3), 319-326.
- Gipson, T.A., & Grossman, M. (1990). Lactation curves in dairy goats: a review. *Small Ruminant Research*, 3, 383-396.
- Guimarães, V.P., Rodrigues, M.T., Sarmiento, J. L. R., & da Rocha, D. T. (2006). Utilização de funções matemáticas no estudo da curva de lactação em caprinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 535-543.
- Haenlein, G. F. W. (2001). Past Present, and Future Perspectives of Samall Ruminant Research. *Journal of Dairy Science*, 84(9), 2097-2125. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74655-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74655-3).
- Haenlein, G. F. W. (2004). Goat Milk in Human Nutrition. *Small Ruminant Research*, 51(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.08.010>.
- Herrera, L. R., Vargas, C. F., Boschini, C., & Chacón, A. (2009). Variación Bromatológica de la leche de cabras LaMancha alimentadas con diferentes forrajes. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 381-390.
- Hernández, R., & Ponce, P. (2008). Caracterización de la Curva de Lactancia y Componentes Lácteos del Genotipo Siboney de Cuba en una Granja Ganadera de la Provincia de La Habana. *Revista Científica*, 18(3), 291-295.
- INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2005). Análisis composicional de la leche cabra. Recuperado 20 de julio de 2-21. Recuperado www.inta.gov.ar/lácteos/
- INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censo (2011). Estimación de la producción caprina en Panamá. Retrived march 27, 2022, Recuperado <https://www.inec.gob.pa/archivos/p4801Cuadro18.pdf>

- [Keskin, M., Avasar, Y., & Bur, O. \(2004\). A comparative study on the milk yield and milk composition of two different goat genotypes under the climate of the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Science*, 28\(3\), 531-536.](#)
- Kramer, C.Y. (1956). Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometrics*, 12, 307-310.
- León, J., Macciotta, N., Gama, L., Barba, L., & Delgado, J. (2012). Characterization of the lactation curve in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Ruminant Research*, 107, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.05.012>.
- Levene, H. "Robust Tests for Equality of Variances." Contributions to Probability and Statistics. (Edited by I. Olkin, et al.) Stanford: Stanford University Press, 1960. Chapter 25. pp. 278-292.
- Macciotta N. P., D'Angelo A., Cappio-Borlino, A., Gaviraghi, A., Gianoncelli, C., & Noè L (2003). The lactation curve of the Frontalasca breed goat. In: Atti 38 Simposio Internazionale di Zootecnia "Milk and Research", Lodi, Italy. MG Editori, Milan, Italy, p, 191-197.
- Macciotta N P, Dimauro C, Bacciu N, Fresi P., & Cappio-Borlino A. (2006). Use of partial least squares regression model to predict test day of milk, fat and protein yields in dairy goats. *Journal Animal Science*, 82, 463-468.
- Manterola, H., & Azócar, P. (2007). Uso de morera como suplemento a cabras em lactancia y cabritos lactantes. Congreso de especialistas em pequenos ruminantes y camélidos sudamericanos. Mendoza, Argentina, 1-24.
- Martínez, G.M., León-Jurado, J.M., Suarez, V. H., & Barba-Capote, C. (2018). Determinación de la curva de lactancia de cabras Saanen del noroeste argentino. *Revista Fave-Sección Ciencias Veterinarias*. 17, 6-11, <https://doi.org/10.14409/favecv.v17i1.7159>
- Marin, PAÁ. Agudelo, D. Restrepo, L. Cañas, J., & Cerón, M. (2009). Curvas de lactancia de cabras mestizas utilizando modelo matemático no lineales. *Revista Lasallista de Investigación*, 6, (1), 43-49.
- Min, B.R., Hart, S. P., Sahla, T., & Satter, D. L. (2005). The effect of diets on milk production and composition, and on lactation curves in pastured dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2604-2615.
- Noguera, R. R., Ortiz, D. R., & Marin, L. S. (2011). Comparación de modelos matemáticos para describir curvas de lactancia en cabras Sannen y Alpina. *Livestock Research for Rural Development*, 23 (9), 1-9. <http://www.lrrd.org/lrrd23/9/nogu23196.htm>
- Oliszewski, R., Rabasa, A. E., Fernández, J. L., Poli, M. A., & Nuñez de Kairúz, M. S. (2002). Composición química y rendimiento quesero de la leche de cabra Criolla Serrana del noroeste argentino. *Revista Zootecnia Tropical*, 20(2), 1-6.
- Pesántez, M. T., & Hernández, A. (2014) Producción lechera de cabras criollas y Aglo-Nubian en Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Agrícola*, 48(2), 105-108.

- R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado en 22 de junio de 2022, URL <https://www.R-project.org/>.
- Ribas, M., & Guitierrez, M. (2001). Primeros resultados de producción de leche y duración de la lactancia de razas caprinas especializadas en cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(2), 105-112.
- Sánchez, I., Martínez, R. Torres, G., Becerril, C., Mastache, A., Suárez, J., & Rubio, M. (2006). Producción de leche y curvas de lactancia en tres razas de cabras en el trópico seco de México. *Revista Veterinario México*, 37(4), 493-502.
- Salvador, A, Martínez, G, Alvarado, C, Hahn, M, Pariacote, F, & Vazquez-Armijo, J. (2016). Características Físico Químicas y Composición de la Leche de Cabras Mestizas Canarias en Condiciones Tropicales. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 57(1), 53-60.
- SAS Institute Inc. (2004). SAS/ETS 9.1 User's Guide. Statistical Analysis System. SAS institute, Inc., Cary, North Carolina. USA, 38-2416.
- Shapiro, S. S. Wilk, M. B. (1965). "An analysis of variance test for normality (complete samples)". *Biometrika*. 52(3-4), 591-611.
- Sölkner, J., & Fuchs, W. (1987). A Comparison of Different Measures of Persistency with Special Respect to Variation of Test-Day Milk Yields. *Livestock Production Science*, 16, 305-319.
- Vega, S., Gutiérrez, R., Ramírez, A., González, M., Díaz-González, G., Salas, J., González, C., Coronado, M., Schettino, B., Alberti, A. (2007). Características físicas y Químicas de leche de cabra de razas Alpino Francesa y Saanen en épocas de lluvia y seca. *Revista Salud Animal*, 29(3), 160-166.
- Wahome, R.G., A.B. Carles, & H.J. Schwartz. (1994). An analysis of the variation of the lactation curve of small East African goats. *Small Rumin. Res*, 15(1), 1-7.
- Wood, P. (1967). Algebraic Model of Lactation Curve in Cattle. *Nature*, 216, 164-165. <https://doi.org/10.1038/216164a0>

INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN AGROECOSISTEMAS HORTÍCOLAS EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ

SUSTAINABILITY INDICATORS IN HORTICULTURAL AGROECOSYSTEMS IN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMA

Rubén D. Collantes González^{1}, Rito Herrera², Martín A. Caballero Espinosa¹ y Javier E. Pittí Caballero¹*

¹Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta – Chiriquí, Panamá.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria en Recursos Genéticos, Río Hato – Coclé, Panamá.
rdcg31@hotmail.com / <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>; rito.herrera@up.ac.pa / <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>;
maxel797@hotmail.com / <https://orcid.org/0000-0002-6124-0935>; pittjavier28@hotmail.com / <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

*Correo de Correspondencia: rdcg31@hotmail.com

Recibido: 14/09/2022

Aceptado: 19/10/2022

RESUMEN. Cerro Punta es una de las principales zonas productoras de hortalizas frescas en Panamá; responsable del abastecimiento de más del 80% de estos rubros en el país. Recientemente, se realizó una caracterización de dichos sistemas productivos, la cual reflejó que la actividad agrícola es la principal fuente de ingresos de la comunidad, pero dependen en gran medida del uso de plaguicidas de síntesis. El objetivo del presente estudio fue evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. Para ello, se realizó de manera preliminar, un análisis de conglomerado de K medias, en el cual se tomó en consideración el área cultivada (ha) y el costo productivo (USD por ha). Seguidamente, se seleccionó al azar una finca por conglomerado y se definieron, en una escala de 1 – 5, diez indicadores de sostenibilidad, correspondientes a las dimensiones social (2), económica (4) y técnico-ambiental (4); siendo requerido para que una finca se considere sostenible lograr como mínimo un promedio de 3 por dimensión y que el índice de sostenibilidad general (ISG), sea igual o mayor que 3. De acuerdo con los resultados, solamente el conglomerado 4 resultó ser sostenible, con ISG de 3.9. Sin embargo, los cinco tipos de finca resultaron ser sostenibles en la dimensión social, gracias a la satisfacción de servicios básicos. Se requieren mejoras en cuanto al rendimiento, la diversificación de cultivos y otras actividades económicas; además de fomentar el manejo integrado de plagas. En conclusión, los agroecosistemas hortícolas en Cerro Punta podrían ser sostenibles.

PALABRAS CLAVE: Agroecosistemas, fincas hortícolas, Indicadores de sostenibilidad, Tierras Altas.

ABSTRACT. Cerro Punta is one of the main producing areas of fresh vegetables in Panama; responsible for the supply of more than 80% of these items in the country. Recently, a characterization of these productive systems was carried out, which reflected that agricultural activity is the main source of income for the community, but they are very dependent on the use of synthetic pesticides. The aim of this study was to evaluate the sustainability of horticultural agroecosystems in Cerro Punta, Chiriquí, Panama. For this, a K means cluster analysis was carried out in a preliminary manner, in which the cultivated area (ha) and the productive cost (USD per ha) were taken into consideration. Next, one farm per conglomerate was randomly selected and ten sustainability indicators were defined on a scale of 1-5, corresponding to the social (2), economic (4) and technical-environmental (4) dimensions; being required for a farm to be considered sustainable to achieve at least an average of 3 per dimension and the general sustainability index (ISG), must be 3 or superior. According to the results, only cluster 4 turned was sustainable, with an ISG of 3.9. However, the five types of farm turned out to be sustainable in the social dimension, due to the satisfaction of basic services. Yield improvements, crop diversification and other economic activities are required; in addition to promoting Integrated Pest Management. In conclusion, horticultural agroecosystems in Cerro Punta could be sustainable.

KEYWORDS: Agroecosystems, horticultural farms, sustainability indicators, Tierras Altas.

INTRODUCCIÓN

Cerro Punta es una de las principales zonas productoras de hortalizas del país; destacando rubros como papa, zanahoria, cebolla, repollo y lechuga, los cuales representan la principal actividad económica del lugar (Herrera *et al.*, 2021). Ubicado a 2000 m s. n. m., es considerado también un atractivo turístico para nacionales y extranjeros, por su clima fresco y su paisaje de montañas y cultivos. Además, se ofrece venta de artesanías, recuerdos, bebidas y dulces caseros; lo cual ha contribuido con la economía de la localidad (Saldaña, 2022).

Si bien este panorama resulta alentador y se cuenta con avances importantes en investigación, innovación y desarrollo, aún persisten retos para poder lograr una agricultura sostenible, en especial en materia ambiental, económica y social; además de contar con mecanismos de evaluación objetivos y funcionales (Rizo-Mustelier *et al.*, 2017). Frente a ello, existen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que están integrados, porque se reconoce que la acción en un área afectará los resultados en otras y el desarrollo sostenible debe ser equilibrado en las dimensiones social, económica y ambiental (PNUD, 2022).

En Panamá, se realizó un análisis de sostenibilidad en el cultivo de café robusta en la Provincia de Colón; encontrando que la dimensión ambiental es sostenible, dado que una de las principales razones para cultivar este rubro fue la protección de la cuenca del Canal de Panamá. Sin embargo, el estudio reflejó que hace falta mayor dominio técnico e inversión económica por parte de los productores, sumado a la insatisfacción sentida de los servicios básicos (Collantes *et al.*, 2021a).

Para realizar estudios más detallados, siempre es recomendable realizar una caracterización del agroecosistema a intervenir (Malagón y Prager, 2001). En este sentido, Herrera *et al.* (2021), caracterizaron fincas hortícolas en Cerro Punta, encontrando que el 55% de los productores están en una transición entre el manejo convencional y el manejo ecológico; el 77% utiliza gallinaza sin tratar; se emplean más de 36 ingredientes activos diferentes; además de detectarse residuos de plaguicidas en el suelo de hasta más de 19 ingredientes activos diferentes en una parcela. Considerando todo lo señalado previamente, el objetivo de la presente investigación es evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas hortícolas productivos en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en Cerro Punta, Distrito de Tierras Altas, Provincia de Chiriquí, República de Panamá (8°52'24" N 82°35'00" O, 1927 m s. n. m.) (Figura 1A). Tomando como base la investigación de Herrera *et al.* (2021), en la cual se caracterizaron 31 fincas con cultivos estratégicos (Figuras 1B y 1C); mediante el programa PSPP, se realizó un análisis de conglomerados de K medias, para formar grupos de fincas, según el área cultivada y el costo productivo. Se escogió al azar una finca representativa por cada grupo y se elaboró una propuesta de indicadores de sostenibilidad, similar a la de Márquez y Julca (2015) y Collantes *et al.* (2021a); con una escala de 1 – 5 y una ponderación por indicador, según criterio de expertos (Tablas 1 – 3).



Figura 1. Desarrollo del estudio en Cerro Punta, Chiriquí: A) Localidades (Google Earth, 2022); B) Cebolla; C) Papa.

Tabla 1. Indicadores sociales y escala propuesta.

Dimensión	Indicador	Valor	Detalle
Social	S ₁ Servicios básicos Ponderación = 2	5	Agua, luz, teléfono, salud y educación
		4	Agua, luz, teléfono y salud
		3	Agua, luz y teléfono
		2	Agua y luz
		1	No posee
	S ₂ Participación en organizaciones Ponderación = 1	5	Participa proactivamente
		4	Participa frecuentemente
		3	Participa regularmente
		2	Participa muy poco
		1	No participa

Tabla 2. Indicadores económicos y escala propuesta.

Dimensión	Indicador	Valor	Detalle
Económica	E ₁ Costo productivo por hectárea (USD) Ponderación = 2	5	> 10 000
		4	7501 - 10 000
		3	5001 - 7500
		2	2500 - 5000
		1	< 2500
	E ₂ Cría animal Ponderación = 1	5	Cría más de tres especies
		4	Cría tres especies
		3	Cría dos especies
		2	Cría una especie
		1	No tiene
	E ₃ Otros ingresos Ponderación = 1	5	Más de dos permanentes
		4	Dos permanentes
		3	Uno permanente
		2	Uno eventual
		1	No tiene
	E ₄ Rendimiento del cultivo principal (qq/ha) Ponderación = 2	5	> 750
4		601 - 750	
3		451 - 600	
2		300 - 450	
1		< 300	

Tabla 3. *Indicadores técnico-ambientales y escala propuesta.*

Dimensión	Indicador	Valor	Detalle	
Técnico-Ambiental	Diversificación de cultivos Ponderación = 2	5	Más de cuatro cultivos	
		4	Cuatro cultivos	
		3	Tres cultivos	
		2	Dos cultivos	
		1	Un solo cultivo	
	Uso de fertilizantes orgánicos Ponderación = 1	5	Aplica gallinaza tratada y otros abonos	
		4	Aplica gallinaza tratada	
		3	Aplica gallinaza sin tratar	
		2	Aplica eventualmente	
			1	No aplica
	Manejo Agronómico Ponderación = 2	5	Manejo Agroecológico	
		4	MIP, BPA, Manejo y Conservación de Suelo	
		3	Manejo en transición y algunas BPA	
		2	Manejo convencional	
		1	No tiene manejo	
	Lavado de los equipos Ponderación = 1	5	Triple lavado en lugar designado apartado	
4		Aplica triple lavado en lugar designado		
3		Aplica triple lavado en campo		
2		No aplica triple lavado		
1		No lava		

Para el cálculo de los índices de sostenibilidad social (I_s), económico (I_k), técnico-ambiental (I_{amb}) y el índice de sostenibilidad general (ISG), se aplicaron fórmulas similares a las utilizadas por Collantes *et al.* (2021a, b); tomando en cuenta las ponderaciones, detalladas a continuación:

$$I_s = \frac{2S_1 + S_2}{3}$$

$$I_k = \frac{2E_1 + E_2 + E_3 + 2E_4}{6}$$

$$I_{amb} = \frac{2TA_1 + TA_2 + 2TA_3 + TA_4}{6}$$

$$ISG = \frac{I_s + I_k + I_{amb}}{3}$$

Los requisitos de sostenibilidad son que los índices por dimensión sean de por lo menos 3 y que el ISG sea de 3 o superior. Los resultados fueron tabulados mediante el programa Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de Conglomerados de K medias

Se conformaron cinco grupos de fincas (Tabla 4); destacando el cuarto con pequeños productores de 2.6 – 5 ha cultivadas y con un costo productivo de USD 10,000.00 por hectárea. Cuatro conglomerados, que constituyen el 74.2% de las fincas, poseen menos de 5 ha de cultivo; lo cual

puede estar relacionado con limitantes del relieve montañoso de Cerro Punta. Las fincas seleccionadas al azar para continuar con el análisis de sostenibilidad fueron la 4 (Conglomerado 2), 14 (Conglomerado 5), 18 (Conglomerado 4), 27 (Conglomerado 1) y 30 (Conglomerado 3).

Tabla 4. Conformación de conglomerados de fincas hortícolas en Cerro Punta.

Conglomerado	No. fincas	Detalle
1	3	Pequeño productor con menos de 1 ha cultivada e invierte entre USD 5,001.00 y USD 7,500.00 por hectárea.
2	5	Pequeño productor con 1 – 2.5 ha cultivadas e invierte entre USD 7,501.00 y USD 10,000.00 por hectárea.
3	7	Pequeño productor con 2.6 – 5 ha cultivadas e invierte entre USD 2,500.00 y USD 5,000.00 por hectárea.
4	8	Pequeño productor con 2.6 – 5 ha cultivadas e invierte más de USD 10,000.00 por hectárea.
5	8	Productor pequeño a mediano con más de 5 ha cultivadas e invierte entre USD 2,500.00 y USD 5,000.00.

Análisis de Sostenibilidad

De acuerdo con los resultados (Tabla 5), en la dimensión social, todas las fincas resultaron ser sostenibles; lo cual guarda relación mayormente con la satisfacción parcial o total de los servicios básicos. En la dimensión económica, solamente los Conglomerados 1 y 4 fueron sostenibles, como consecuencia principalmente del costo productivo por hectárea, que se traduce en una mayor inversión en tecnología e insumos de calidad; sumado al hecho de que cuentan con mejores rendimientos. En la dimensión técnico-ambiental, solamente los Conglomerados 4 y 5 resultaron ser sostenibles, debido a que son fincas en las cuales el manejo agronómico está en transición hacia una agricultura más amigable con el ambiente, menos dependiente de plaguicidas sintéticos.

Tabla 5. Resultados del análisis de sostenibilidad.

Conglomerado	Dimensión social			Dimensión económica					Dimensión Técnico-Ambiental					ISG
	S ₁	S ₂	I _s	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	I _k	TA ₁	TA ₂	TA ₃	TA ₄	I _{amb}	
1	2	5	3	3	2	1	5	3.2	3	3	2	3	2.7	2.9
2	5	2	4	4	1	1	3	2.7	3	3	2	3	2.7	3.1
3	4	1	3	2	1	1	2	1.7	3	3	2	3	2.7	2.4
4	3	3	3	5	5	3	5	4.7	5	4	3	4	4	3.9
5	3	3	3	2	1	1	2	1.7	3	3	3	3	3	2.6

Si bien el análisis de Collantes *et al.* (2021a), contempló la pendiente como sub-indicador de riesgo de erosión; al ser una condición compartida por todas las fincas situadas en Cerro Punta, el indicador técnico-ambiental de manejo agronómico (TA₃), también considera el desarrollo de prácticas de manejo y conservación del suelo, como el uso de curvas de nivel, la incorporación de materia orgánica, rotación de cultivos, entre otras. Adicionalmente, se requiere mejorar tanto el rendimiento como la diversificación productiva, para poder garantizar la sostenibilidad de estos medios de vida. En este sentido, Fortín y González (2022), afirmaron que, una producción diversificada es más resiliente, al integrar elementos de biodiversidad y funcionalidad presentes en el ecosistema natural, con lo cual también se podrían aprovechar servicios ecosistémicos.

En cuanto al *ISG*, los Conglomerados 2 y 4 obtuvieron un valor de 3.1 y 3.9 respectivamente; sin embargo, se determinó que, solamente el Conglomerado 4 cumple con todos los criterios para ser considerada sostenible, dado que en las tres dimensiones y en el *ISG*, obtuvo un valor igual o superior a 3. Esto corresponde a lo recomendado por Sarandón *et al.* (2006), quienes afirmaron que, el desarrollo de indicadores es apropiado para detectar los puntos críticos a la sostenibilidad; lo cual permite establecer sus posibles causas y sugerir alternativas de solución a mediano plazo. Adicionalmente, estos resultados son próximos a lo observado por Collantes y Rodríguez (2015) y Collantes *et al.* (2021b), en los cuales por lo menos uno de los grupos de fincas cumplió con los requisitos de sostenibilidad.

Entre los principales factores que condiciona que los agroecosistemas productivos de Tierras Altas sean sostenibles, está la predominancia del manejo convencional (Herrera *et al.*, 2021); situación compartida con otros rubros estratégicos en el territorio nacional (Jaén *et al.*, 2022; Miranda *et al.*, 2022), para lo cual surge la necesidad de continuar fomentando alternativas de manejo integrado de plagas, que sean económicamente viables, social y ambientalmente responsables (Barraza y Chavarría, 2020; Castillo y Montenegro, 2022).

CONCLUSIÓN

En conclusión, los agroecosistemas hortícolas de Cerro Punta, Tierras Altas – Chiriquí, Panamá, tienen potencial de alcanzar la sostenibilidad. Sin embargo, se deben mejorar aspectos sociales, como la satisfacción de servicios básicos y fomentar la participación en organizaciones de productores; económicos, como incrementar la inversión en las fincas, traducido en mayores oportunidades de empleos y mejoras agrotecnológicas; y técnico-ambientales, como la diversificación productiva y la implementación de un manejo agronómico más orientado hacia la conservación del suelo, el manejo integrado de plagas, entre otras alternativas agroecológicas que contribuyan a que estos medios de vida logren perdurar y futuras generaciones puedan aprovechar todo el potencial que esta región del país tiene para ofrecer.

AGRADECIMIENTOS

A los agricultores de Cerro Punta, en especial a la memoria de Don Henry Ledezma (Q. E. P. D.), amigo y productor que colaboró con el desarrollo de la presente investigación. Al director general del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Dr. Arnulfo Gutiérrez, por el apoyo brindado para la realización de estos estudios. A la Magister Maricsa Jerkovic, por ayudar a contactar productores que facilitaron parte de la información levantada durante la investigación de campo.

REFERENCIAS

- Barraza, E., y Chavarría, S. (2020). Evaluación de la eficiencia de diferentes tipos de trampas de pseudotallo, para la captura del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar, 1824), en la provincia de Darién, República de Panamá. *Scientia*, 30(1), 53-59. <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v30n1a4>
- Castillo, H., y Montenegro, G. (2022). Evaluación de cuatro tipos de trampas para monitoreo y control de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) en cultivos de plátano en Bocas del Toro, Panamá. *Semilla del Este*, 3(1), 161-170. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/3211
- Collantes, R., Lezcano, J., y Marquínez, L. (2021a). Sostenibilidad del agroecosistema de café robusta en la Provincia de Colón, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (32), 38-50. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/418>
- Collantes, R., y Rodríguez, A. (2015). Sustentabilidad de agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima – Perú. *Tecnología & Desarrollo*, 13(1), 27-34. https://www.researchgate.net/publication/304580657_Sustentabilidad_de_agroecosistemas_de_palto_Persea_americana_Mill_y_mandarina_Citrus_spp_en_Canete_Lima_-_Peru
- Collantes, R., Rodríguez, A., y Beyer, A. (2021b). Sustentabilidad de agroecosistemas de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) en Cañete, Lima, Perú. *Tecnociencia*, 23(2), 244-256. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/2280>
- Fortín, M., y González, M. (2022). *Manual de capacitación 2: Diversificación productiva*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) – San José, CR. [https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20744/BVE22088367.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20diversificaci%C3%B3n%20productiva%20es%20una,gran%20escala%20\(Diverfarming%202020\)](https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20744/BVE22088367.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20diversificaci%C3%B3n%20productiva%20es%20una,gran%20escala%20(Diverfarming%202020)).
- Google Earth. (2022). *Localidades de estudio, Cerro Punta*. <https://earth.google.com/web/@8.84800583,-82.56154626,2135.27629016a,16545.53808679d,35y,0.15696286h,9.21394393t,0r>
- Jaén, A., Samaniego, L., y Villarreal, A. (2022). Aspectos socioeconómicos y factores que limitan la producción de sandía en Alanje y Progreso, Chiriquí, Panamá. *Semilla del Este*, 3(1), 144-150. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/3209
- Miranda, N., Sánchez, D., y Sicilia, K. (2022). Manejo de envases vacíos de agroquímicos en la producción de arroz en el Distrito de Alanje, Provincia de Chiriquí. *Semilla del Este*, 3(1), 151-160. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/3210

- Herrera, R., Collantes, R., Caballero, M., y Pittí, J. (2021). Caracterización de fincas hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 200-209. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.329>
- Malagón, R., y Prager, M. (2001). *El Enfoque de Sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola*. Universidad Nacional de Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12595>
- Márquez, F., y Julca, A. (2015). Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en Quillabamba, Cusco, Perú. *Saber y Hacer*, 2(1), 128-137. <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/45>
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (2022). *Los ODS en acción*. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Rizo-Mustelier, M., Vuelta-Lorenzo, D. R., y Lorenzo-García, A. M. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, (2), 106-120. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181351615008.pdf>
- Saldaña, J. (2022). *Turistas incrementan economía en Tierras Altas*. <https://www.ecotvpanama.com/telemetro-reporta-chiriqui/programas/turistas-incrementan-economia-tierras-altas-n5643505>
- Sarandón, S. J., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Janjetic, L., y Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1, 19–28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/14>

