

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Niveles de glucosa y respuesta reproductiva de cabras suplementadas con ácido ferúlico

Por:

JORGE LUIS JIJÓN MORENO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Niveles de glucosa y respuesta reproductiva de cabras suplementadas con ácido
ferúlico

Por:

JORGE LUIS JIJÓN MORENO

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

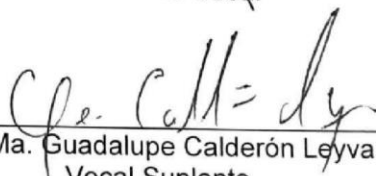
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Aprobada por:

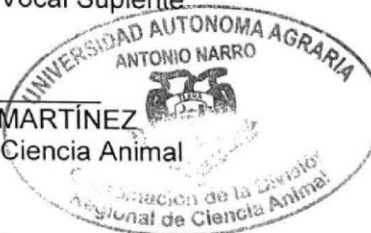

Dr. Oscar Angel Garcia
Presidente


Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Vocal


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Vocal


Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Vocal Suplente


MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Niveles de glucosa y respuesta reproductiva de cabras suplementadas con ácido
ferúlico

Por:


JORGE LUIS JIJÓN MORENO


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

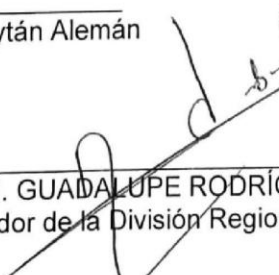
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Oscar Ángel García
Asesor Principal


Dra. Leticia Román Gaytán Alemán
Coasesor


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Coasesor


MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2021

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la fortaleza y sabiduría para poder concluir mi carrera como médico veterinario zootecnista.

Al Doctor Oscar Ángel García

Por ser mi asesor en este trabajo de investigación, por sus consejos como maestro y amigo durante mi estancia en esta hermosa universidad.

A todos los profesores

que siempre estuvieron dispuestos a enseñarme, aclarar dudas en el ámbito laboral y algunos en lo personal

A mis amigos que a lo largo de toda la carrera nos apoyamos incondicionalmente.

A los médicos que me permitieron desempeñarme en el campo laboral, por todo lo que me enseñaron y todos los equipos de médicos y no médicos con los que forme una gran amistad.

A mi Alma Terra Mater

Por darme la oportunidad de pertenecer a esta hermosa casa de estudios, por brindarme las herramientas que me forjaron como médico veterinario zootecnista y como una mejor persona.

DEDICATORIA

A **Dios** por haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre, **María Anabel Moreno Castro**, por todo el apoyo que me ha brindado durante toda mi formación académica, todos sus buenos consejos que siempre me llevaron por el camino del bien, por amor, cariño, y por haberme dado la vida, te amo mama.

A mi padre, **Padre Jorge Jijon León**, por todos los sacrificios que hizo durante mi formación académica, por siempre apoyarme en cada una de mis metas, por amor, su voluntad y todos los buenos consejos que me formaron como persona, te amo papa.

A mis hermanos, **Anayemi Jijon Moreno Y Jose Jijon Moreno**, gracias por siempre creer en mí, por todos los hermosos momentos de infancia que tuvimos juntos, por siempre estar a mi lado, los quiero hermanos.

A mis abuelos paternos y maternos, **Nemorio Jijon Tobar, Juana León Castro, Fortunato Moreno Villalobos, Elvira Castro Romero**, por siempre cuidarme amarme y protegerme, los amo mucho.

A mis primos **Gladis Moreno Bello, Carlos Tacuba Preste, Guadalupe Monserrat Mayo, Joana Mora León**, por todo su apoyo, consejos y cariño.

A mis amigos, **Jose Ángel Flores Adorno, Iván Israel Roacho Martínez, Emanuel Chaves García, Andrés Junior Rodríguez Sánchez, María Del Carmen Pérez Valencia**, por su amistad y todo el apoyo brindado a lo largo de la carrera.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del ácido ferúlico (AF) sobre los niveles de glucosa y la respuesta reproductiva de cabras multíparas sincronizadas al estro durante la época reproductiva e inseminadas a tiempo fijo (IATF). Se utilizaron 25 cabras Alpinas-francés con un peso vivo (PV= 50.4 ± 2.2 kg) de y una condición corporal (CC= 2.5 ± 0.1 , unidades). Las cabras fueron seleccionadas bajo un diseño completamente al azar a y asignadas a uno de dos tratamientos; 1) cabras suplementadas con 300 mg de AF mezclado en 100 g de concentrado (GAF; n= 13), y 2) cabras alimentadas con dieta base más 100 g de concentrado sin AF (GC;n= 12). Las cabras fueron suplementadas por 21 días. Al final de los tratamientos las cabras fueron sincronizadas con 25 mg de P4 más 200 UI de gonadotropina coriónica humana (hCG). El PV y la CC no mostraba diferencia entre grupos ($P > 0.05$). Los niveles de glucosa (GLUC) fueron mayores en el GAF al día 14 (61.3 ± 2.0 vs 54.1 ± 2.0 ; $P < 0,05$) y al día 28 (70.3 ± 2.0 vs 62.3 ± 2.0 ; $P < 0,05$) del estudio. El número de cuerpos lúteos (2.0 ± 0.2 vs 1.3 ± 0.1 ; $P < 0,05$). El porcentaje de preñez (54% vs 43; $P < 0,05$) para el GAF y GC, respectivamente. Los resultados del presente estudio demuestran que suplementación con AF mejora los niveles de GLUC sanguíneo y número de CL en cabras Alpino-francés sincronizadas con progesterona más hCG e IATF durante la época reproductiva. En conclusión, el uso de AF podría ser una alternativa viable para ayudar a una mejorar la respuesta ovárica en programas de inducción y sincronización del estro.

Palabras clave: Acido ferúlico, Glucosa, Actividad estral, Ovulación, Preñez

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.-REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 La caprinocultura en México.....	3
2.2 Plano nutricional en las cabras.....	4
2.3 Interacción nutrición reproducción.....	7
2.4 Acido ferúlico.....	8
2.4.1 Origen y fuentes vegetales del ácido ferúlico.....	9
2.5 Uso de ácido ferúlico en la reproducción.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Localización del estudio y manejo de los animales.....	13
3.2 Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de los animales.....	13
3.3 Variables evaluadas.....	14
3.3.1 Peso y condición corporal.....	14
3.3.2. Inseminación artificial a tiempo fijo.....	14
3.3.5 Porcentaje de ovulación.....	15
3.4 Número y tamaño de cuerpos lúteos.....	15
3.4.1 Diagnostico de preñez.....	15
3.4.2 Análisis estadístico.....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	19
VI. CONCLUSIÓN.....	22
VII. LITERATURA CITADA.....	23

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Efecto del ácido ferúlico en el peso vivo y condición corporal de cabras multíparas durante la época reproductiva.	10
Cuadro 2.	Efecto del ácido ferúlico en la respuesta estral de cabras multíparas sincronizadas con progestágenos y gonadotropina coriónica humana (hCG) durante la época reproductiva.	21

INDICE DE FIGURAS

No.	TÍTULO DE FIGURAS	Pág.
Fig. 1.	Influencia del fotoperiodo en la reproducción caprina	16
Fig. 2.	Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos ocurridos durante el ciclo estral en cabras	18

I. INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos son constituyentes importantes de las plantas y que a su vez les otorga múltiples efectos benéficos. Están presentes generalmente en forma de glucósidos en los extractos de las frutas, hierbas, vegetales, cereales y otros materiales de plantas ricos en polifenoles lo que ha permitido su utilización por la industria alimentaria no solo por las características organolépticas que confieren a las frutas y verduras, sino que retardan la oxidación de los lípidos y mejoran la calidad nutricional de los alimentos (Jauregui *et al.*, 2007).

El uso de aditivos de origen animal en la producción animal se ha venido utilizando, debido a que promueven el crecimiento de manera similar a los compuestos sintéticos (hormonas, antibióticos) pero sin causar daños a la salud animal (Peña-Torres *et al.*, 2019). Una alternativa es el ácido ferúlico (AF) que es un compuesto fenólico presente en la pared celular de plantas (Kroon y Williamson, 1999). En su forma libre, el AF es un potente antioxidante que elimina los radicales libres y mejora la respuesta al estrés celular (Mancuso y Santangelo, 2014). El AF es un ácido fenólico ampliamente extendido en el reino vegetal y uno de los más abundantes en las plantas e ingredientes que se usan en la alimentación de ovinos, variando desde 5 g/kg en el salvado de trigo a 50 g/kg en los granos de maíz (Ou y Kwok, 2004). El AF pertenece a la familia de los ácidos fenólicos y es muy abundante en frutas y verduras (Macuso y Santagelo, 2014; Salma *et al.*, 2019). Según Dragan *et al.* (2018) se estima que, por consumo diario de alimentos de origen vegetal, la ingesta diaria de AF puede llegar a ser entre 150 y 250 mg (Soto, 2017; Torres, 2014). Está presente en la pared celular de numerosos vegetales, incluidas las gramíneas y los cereales utilizados en la alimentación de pequeños rumiantes como las como ovejas, aportando rigidez a la estructura y resistencia frente a la degradación por parte de microorganismos (Macías-Cruz *et al.*, 2018; Ou y Kwok, 2004).

En las plantas, el AF se encuentra escasamente en su forma libre, por el contrario, habitualmente está ligado mediante enlaces éster a polisacáridos, pectinas, proteínas y xyloglucanos (Ou y Kwok, 2004). Cabe mencionar que este AF consumido a partir de ingredientes vegetales es poco disponible, por lo que sus efectos como alimento funcional y nutraceutico se ven limitados (Valadez-García et al., 2021a). En este sentido, se recomienda alimentar a los animales con AF libre, el cual ejerce efectos benéficos (Dragan *et al.*, 2018). El AF cada vez es más utilizado en la industria cosmética por sus numerosas propiedades fisiológicas (antiinflamatorio, antioxidante, fotoprotector, antimicrobiano y anticancerígeno), así como por su efecto potenciador de otros antioxidantes naturales como la vitamina C y E (Zhao y Moghadasian, 2008; Alonso *et al.*, 2011).

En ovinos, el AF se ha utilizado para inducir la actividad ovárica temprana y la madurez sexual (Macías-cruz et al., 2018), así como promotor de crecimiento (Macías-Cruz et al, 2014; Valadéz-García et al., 2021b). A través de mejorar el funcionamiento del sistema insulina-glucosa y reducir el estrés oxidativo, este compuesto fenólico ha mostrado mejorar el crecimiento folicular y desarrollo del tracto reproductivo, así como inducir la ovulación en ovejas prepuberes anéstricas (Macías-Cruz et al., 2018; Valadéz-García et al., 2021a). También hay evidencias en ratones que el AF estimula la producción de estrógenos por estimular la enzima citocromo p450 (Moshfegh et al, 2016), lo cual podría asociarse directamente con una mayor síntesis de hormona luteinizantes, así como inducción de la actividad estral y ovulatoria. Sin embargo, el uso de los suplementos de AF en la producción animal todavía es limitado, y su impacto sobre algunos parámetros reproductivos de cabras sincronizadas para estro, como la respuesta estral y ovárica, aún no se conocen por completo. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de alimentar con ácido ferúlico (AF) sobre estado corporal, y actividad estral y ovárica de cabras multíparas sincronizadas para estro durante la época reproductiva.

II.-REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La caprinocultura en México

La ganadería caprina en México se centra en mayor medida en un ámbito familiar dentro de un entorno rural en donde prevalecen condiciones de pobreza, escasez de agua y sequía, caracterizada mayormente por una baja cantidad de animales en la unidad de producción, instalaciones precarias, baja calidad genética, sin asistencia técnica, siendo la mayoría de estas producciones pertenecientes a productores de escasos recursos los cuales dependen en su mayoría del pastoreo en tierras comunales donde la vegetación es escasa y las condiciones del agostadero pobres, teniendo poca productividad y contribuyendo de manera considerable al sustento de los agricultores, por lo cual las familias emplean sus propios recursos y conocimientos para incrementar la productividad (Vázquez *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019).

A esta actividad se suman una gran cantidad de familias en todo el país que dependen de la caprinocultura como medio de sustento familiar (Orona *et al.*, 2013; Escareño *et al.*, 2011). La demanda de los productos lácteos y cárnicos provenientes de cabras sigue una tendencia en aumento ha sido llevada a algunas regiones para ser integrada dentro de la cadena producción-comercialización, siendo este el caso de la comarca lagunera en el norte de México, el área más importante de producción de leche caprina del país, donde participan gran cantidad de unidades productoras de leche caprina pertenecientes a los pequeños productores. Sin embargo, aun teniendo una productividad baja debido a las deficiencias en todas las áreas de producción animal (Escareño *et al.*, 2011)

Según SIAP (2020), existe una población caprina nacional aproximada de 8, 791,894, población de la cual se obtienen 163,648 miles de litros de leche y 40,001 toneladas de carne a nivel nacional, en la región Lagunera se estima una producción aproximada de 2,280 toneladas de carne y de 57,622 miles de litros de leche, respectivamente.

La población caprina se distribuye por todo el país, agrupándose mayormente; en el mosaico mixteco, el centro o el bajío y el norte o lagunero (Silva *et al.*, 2019). Este

sector productivo se concentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas que corresponden al 60% del país, extendiéndose de sur a norte. Siendo los principales estados según sus censos: Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero, Coahuila, Zacatecas, Guanajuato y Michoacán (Montemayor, 2017).

2.2 Plano nutricional en las cabras

La nutrición juega un papel extremadamente importante en la demanda de energía, proteínas y otros nutrientes vitales para el proceso productivo y reproductivo de los animales (Gomes et al., 2020). Existe evidencia que la eficiencia reproductiva en los caprinos puede verse afectada por factores, como la condición nutricional de la hembra; ocasionando un efecto negativo sobre la estacionalidad ovulatoria al favorecer la prolongación del periodo anovulatorio, o afectando otros procesos reproductivos como la gestación (Palechor, 2019; Mellado et al., 2020).

En los sistemas de producción de cabras en pastizales de las zonas áridas de México, el éxito depende del logro de un rendimiento reproductivo moderado, una producción de leche restringida. El pastoreo de cabras es el único método de cría de cabras en estas zonas áridas; por lo tanto la productividad de las cabras se ve limitada por el escaso consumo de alimento y la reducción del contenido de nutrientes de los forrajes durante la estación seca, ya las cabras satisfacen sus necesidades nutritivas principalmente a través del consumo de la vegetación disponible; sin embargo, gran parte del año los forrajes no cuentan con los nutrientes suficientes para cubrir dichas necesidades y sólo en los meses de verano los animales consumen los nutrientes necesarios para poder cubrir o exceder sus requerimientos (Mellado *et al.*, 2020).

La alimentación de la población caprina en los sistemas extensivos mayormente se basan en el pastoreo, esta última derivando principalmente en la escasa cobertura vegetal/forraje disponible en ciertas épocas del año, como fuente principal de alimentación para los caprinos, la producción animal de estas se basa en el aprovechamiento de forrajes nativos o introducidos, como fuente fundamental de nutrientes, pero este no puede satisfacer por sí solo las necesidades nutricionales de

las cabras, debido a la oscilación en la disponibilidad de las pasturas la cual sucede mayormente en la época seca, obligando al productor al uso de diversos recursos como las pajas, remanentes de las cosechas de maíz, frutos de diversos árboles etc; para la alimentación de los pequeños rumiantes (Quiroz *et al.*, 2015; Palechor, 2019; Maldonado *et al.*, 2017).

Por ello, la cabra ha desarrollado diversos mecanismos adaptativos, tales como capacidad de caminar distancias largas, requerimientos metabólicos bajos y reducida masa corporal. A nivel nutricional presentan adaptaciones, como la capacidad de seleccionar las plantas más nutritivas entre las diversas opciones disponibles, maximizando la ingesta de nutrientes y minimizando la ingesta de metabolitos secundarios, mediante el rechazo de plantas menos nutritivas. De esta manera disminuyen el riesgo de intoxicación, y en algunos casos obtienen beneficios nutricionales y/o medicinales, con las plantas que seleccionan para su consumo (Zapata y Mellado, 2021).

Al ser considerada como consumidores intermedios, poseen características como: ser consumidor selectivo por excelencia, tener una actividad eficiente de la masticación y del rumen; son capaces de aprovechar dietas ricas en fibra y concentrados, debido a una ampliación considerable del aparato digestivo, pudiendo tolerar un bajo consumo de agua, tienen una elevada secreción de saliva, cuentan con un alta superficie de absorción de gran parte del epitelio del rumen, que protegen al animal del riesgo de acidosis. Debido a estas características, pueden adaptarse a una amplia gama de condiciones de alimentación. Modificando su conducta alimenticia de acuerdo con la disponibilidad de forrajes o concentrados, siendo más versátiles que otros rumiantes domésticos, pudiéndose adaptarse a pasturas pobres como a dietas ricas y balanceadas (Arias *et al.*, 2019).

Sin embargo, cuando sus requerimientos básicos no logran ser cubiertos, comienzan a utilizar sus reservas corporales, con la consecuente pérdida de peso y condición corporal lo cual podría reflejarse en el rendimiento productivo y reproductivo. La restricción alimenticia en los mamíferos puede afectar las regiones del hipotálamo que

regulan la liberación y producción de hormonas de la glándula pituitaria involucradas en los procesos reproductivos lo cual podría reflejarse en el rendimiento productivo y reproductivo, cuando esta restricción alimenticia da origen a la afección de ciertas regiones del hipotálamo las cuales regulan la liberación y producción de hormonas de la glándula pituitaria involucradas en los procesos reproductivos, se ve comprometida la respuesta reproductiva (Orona *et al.*, 2013)

En México como en el mundo, uno de los principales problemas que disminuyen la producción ya sea de carne o leche de rumiantes, son los eventos endocrinos que tienen lugar durante el periodo posparto, que modifican la eficiencia reproductiva, el consumo deficiente de energía en la dieta posparto provocaba una deficiencia hipofisiaria de hormona luteinizante que retrasaba la ovulación impidiendo en consecuencia el restablecimiento de la actividad ovárica, por ende el éxito de los sistemas de producción de carne y de leche con caprinos depende, en gran medida, de un desempeño reproductivo eficiente del rebaño (Herrera *et al.*, 2012; Salvador *et al.*, 2011)

Los forrajes inactivos en invierno justifican la suplementación con alimento por la temporada de reproducción y el período de gestación de las cabras en el norte de México, los cuales ocurren habitualmente durante los largos períodos secos, y los requerimientos de nutrientes para las hembras preñadas no se corresponden con los nutrientes disponibles en los pastizales. Para mejorar la industria caprina en los pastizales, las explotaciones comerciales de cabras pasaron principalmente de operaciones de recolección oportunistas a rebaños de cabras mejor administrados y una mejor nutrición de las cabras lecheras durante la estación seca (Mellado *et al.*, 2020).

Ya que en este tipo de producciones los pastos y los forrajes son la base de alimentación, y se emplean alimentos concentrados a base de cereales, como principal fuente de suplementación; la ausencia de programas de fertilización, sistemas de riego y renovación de praderas, además de los altos costos de estos alimentos concentrados, reducen notablemente el margen de rentabilidad para los productores pecuarios, obligando a buscar nuevas alternativas nutricionales, por ende el uso de

subproductos generados en la agroindustria en la alimentación de rumiantes, han permitido dar un manejo adecuado tanto a los desechos generados en estos sistemas de producción mejorando se su vez la calidad de la alimentación, además generando muchas alternativas de alimentación como fuentes de solución en favor de la reducción de costos y mejorar la eficacia reproductiva (Flores *et al.*, 2018).

2.3 Interacción nutrición reproducción

En los sistemas de producción de cabras en pastizales en las zonas áridas de México, el éxito de los productores de cabras depende del logro de un rendimiento reproductivo moderado, una producción de leche restringida para la elaboración de quesos blandos, un precio de mercado adecuado para la carne y los quesos y un bajo costo de producción (Mellado *et al.*, 2020). Se ha demostrado que los alimentos suplementarios durante la última etapa de la gestación reducen la mortalidad de los cabritos al mejorar el peso al nacer y mejorar el sistema inmunológico al tiempo que reducen la incidencia de hipotermia (Luna-Orozco *et al.*, 2015).

En efecto, los forrajes inactivos en invierno justifican la suplementación durante la época de reproducción y el período de gestación de las cabras en el norte de México, ya que ocurre habitualmente durante los largos períodos secos, y los requisitos de nutrientes para las hembras preñadas no se corresponden con los nutrientes disponibles en los pastizales. Para mejorar la industria caprina en los pastizales, las explotaciones comerciales de cabras pasaron principalmente de operaciones de recolección oportunistas a rebaños de cabras mejor administrados y una mejor nutrición de las cabras durante la estación seca (Mellado *et al.*, 2020).

Por ejemplo, el aumento de la tasa de mortalidad de los cabritos en condiciones de explotación extensiva es un tema crítico con respecto a la supervivencia de estos, es la nutrición de las madres durante la gestación. Las cabras preñadas que están desnutridas dan a luz crías con un peso reducido al nacer y tasas de mortalidad elevada, la desnutrición reduce el desarrollo de la ubre al tiempo que disminuye la producción y la calidad tanto del calostro como de la leche (Luna-Orozco *et al.*, 2015).

Por otra parte, los efectos de la suplementación durante la fase lútea de las hembras con un crecimiento folicular y rangos de ovulación son mayores en las hembras suplementadas y con un doble de la dieta de mantenimiento. La condición corporal y el nivel nutricional es un factor muy importante en el desarrollo de la conducta sexual de los caprinos ya determinan el tiempo de exposición de los machos con las hembras, aunado a la condición corporal baja, disminuye la respuesta al efecto macho, indican que el aumento en la condición corporal y en el nivel nutricional, antes y durante el empadre, mejoran la respuesta al efecto macho y la prolificidad al final de la temporada de anestro (Monroy *et al.*, 2013).

La respuesta reproductiva en cabras suplementadas con concentrado con proteína y la energía extra disponibles tienen un mayor peso corporal tanto al comienzo de la época reproductiva y al parto (Mellado *et al.*, 2020). Estos resultados están en línea con varios autores que informaron una mayor tasa de crecimiento de cabras debido a la suplementación con concentrados el desempeño reproductivo normalmente se correlaciona con cambios en peso corporal, el bajo peso corporal suele ir acompañado de una menor fertilidad (Sahu *et al.* 2013; Haldar *et al.* 2014; Niaz *et al.* 2017), y en peores condiciones corporales se muestra una temporada de reproducción más corta y ciclos estrales más anormales (De Santiago-Miramontes *et al.* 2009).

La suplementación se realiza comúnmente con el objetivo de aumentar el rendimiento reproductivo, que consiste en suplementación externa de proteínas y / o energía. En cabra mujeres, se encuentra que la suplementación con lípidos es directamente relacionada con la tasa de ovulación, habiendo sido recomendada en diferentes momentos antes de la época reproductiva, durante época reproductiva, durante la preñez, en el pre y posparto, y puede ser estratégicamente eficaz para aumentar la energía densidad de la dieta de las hembras rumiantes (Gomes *et al.*, 2020).

2.4 Acido ferúlico

El AF tiene baja toxicidad y posee muchas funciones fisiológicas (antiinflamatorias, antioxidantes, actividad antimicrobiana), anticancerígeno y efecto antidiabético). Ha sido ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética. El AF es un eliminador de radicales libres, pero también un inhibidor de enzimas que

catalizan la generación de radicales libres y un potenciador de la actividad enzimática (Zduńska et al., 2018).

El ácido ferúlico es un potente antioxidante de origen natural cada vez más presente en formulaciones cosméticas de cuidado facial. Sus propiedades fotoprotectoras, antioxidantes, antiinflamatorias y despigmentantes reducen el daño celular por estrés oxidativo y minimizan los signos visibles del envejecimiento. A todo ello, la combinación con vitamina C y E resulta en una mezcla sinérgica que aumenta por 8 el efecto protector de estos ingredientes frente a factores ambientales, como la radiación UV y la polución atmosférica. Podemos afirmar, basándonos en los estudios científicos publicados, que el ácido ferúlico es un activo cosmético imprescindible (Zduńska et al., 2018 et al., 2018; Zhao y Moghadasian, 2008; Alonso *et al.*, 2011).

El ácido ferúlico es un antioxidante natural presente en la pared celular de numerosos vegetales aportando rigidez a la estructura y resistencia frente a la degradación por parte de microorganismos. Cada vez es más utilizado en la industria cosmética por sus numerosas propiedades fisiológicas (antiinflamatorio, antioxidante, fotoprotector, antimicrobiano y anticancerígeno) así como por su efecto potenciador de otros antioxidantes naturales como la vitamina C y E (Zhao y Moghadasian, 2008; Alonso *et al.*, 2011; Zduńska et al., 2018;).

2.4.1 Origen y fuentes vegetales del ácido ferúlico

El AF es un ácido fenólico ampliamente extendido en el reino vegetal y uno de los más abundantes en las plantas e ingredientes que se usan en la alimentación animal, variando desde 5 g/kg en el salvado de trigo a 50 g/kg en los granos de maíz (Ou y Kwok, 2004). El AF se encuentra naturalmente en las hojas y semillas de la mayoría de las plantas. Es **especialmente rico** en alimentos como el arroz, el trigo y la avena, pero también se puede encontrar en las paredes celulares de frutas y verduras como las espinacas, calabacín, cítricos, plátanos, berenjenas, repollo, remolacha, brócoli, calabacín, moras y grosellas. Sin embargo, es el **salvado de arroz** la principal fuente para su producción con fines cosméticos y farmacéutico ((Ou y Kwok, 2004; Macuso y Santagelo, 2014; Salma et al., 2019).

Cuadro 1. Promedio de AF contenido en las plantas de donde se derivan los alimentos (Tomado de Zduńska et al., 2018).

Origen vegetal	mg de AF/kg
Salvado de arroz	700
Harina de trigo	150
Harina de avena	145
Espinaca ¹	110
Mora	10
Calabacín	220

2.5 Uso de ácido ferúlico en la reproducción

La suplementación del AF mejora la productividad en el ganado al ejercer múltiples mecanismos de acción en la producción animal, se conoce que los primeros mecanismos involucran su acción como producto citoprotector (Mancuso y Santangelo, 2014). El AF es un compuesto fenólico que en los últimos años ha cobrado especial interés en el sector ganadero debido sus múltiples beneficios asociados a sus propiedades antioxidantes, citoprotectores, antimicrobianas y anabólicas. La activación de estos mecanismos estimula y / o favorece los procesos fisiológicos y metabólicos y, en consecuencia, el crecimiento y la reproducción de los animales de granja. Por lo tanto, resultados sobre la suplementación con AF han demostrado que se puede mejorar el rendimiento en la producción de carne, las características de la canal y la calidad de la carne, así como la actividad de gónadas y gametos (Macias-Cruz et al., 2018; Valadez-García et al., 2021).

Debido a las características químicas del AF, los ácidos grasos libres se absorben rápidamente en el rumen y están disponibles en la sangre donde es transportada por la proteína plasmática hacia los tejidos periféricos para ejercer efectos farmacocinéticos (Macias-Cruz et al., 2018). Además de mostrar una gran capacidad para contrarrestar el estrés oxidativo, se atribuye una importante efecto en el metabolismo de los carbohidratos mediante varios mecanismos, entre los que se

incluye la inhibición en la digestión de carbohidratos y la absorción de GLUC en el intestino, la estimulación de la secreción de insulina por las células β pancreáticas, la disminución en la producción de GLUC por el hígado y la activación de la cascada de señalización de insulina (Figuroa et al., 2016). Otras de las funciones del AF es que elimina los radicales libres e induce la expresión de enzimas antioxidantes mediante la activación del factor nuclear E2 relacionado con el factor de dos vías de respuesta del elemento antioxidante. De esta manera, FA disminuye la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y aumenta la defensa antioxidante, lo que conduce a un menor daño oxidativo de las biomoléculas (Ghosh, Basak, Dutta, Chowdhury y Sil, 2017). Debido a lo anterior, el AF puede mejorar procesos fisiológicos y metabólicos, y por tanto, el crecimiento animal (Valadez-García et al., 2021).

En humanos y animales de laboratorio el AF se ha reportado como un fármaco potencialmente benéfico para la salud, exhibiendo una amplia gama de efectos biomédicos que incluyen antioxidantes, antialérgicos, hepatoprotectores, anticancerígenos, antiinflamatorios, antimicrobianos, antivirales, vasodilatadores, antitrombóticos y ayudan a aumentar la viabilidad de los espermatozoides (Kumar y Pruthi, 2014). Reproductivamente, el AF ha demostrado ser beneficioso para estimular la actividad ovárica, el desarrollo del tracto reproductivo, así como en la maduración de ovocitos y embriones (Macías-Cruz et al., 2018). Aparentemente, algunos procesos reproductivos en las hembras son mejorados por el suministro de estos compuestos fenólicos, el FA tiene un mecanismo de acción asociado principalmente a sus poderosos efectos antioxidantes (Macías-Cruz et al., 2018).

Estudios han demostrado que la suplementación dietética de AF en animales de engorde aumenta la deposición muscular y la eficiencia alimentaria (Valadez-García et al., 2021), y mejora la calidad de la carne. y vida útil. Por otra parte, resultados en cuanto a la eficiencia reproductiva, han demostrado que la suplementación con AF induce la actividad endocrina y exocrina en gónadas, el desarrollo del tracto reproductivo (Macías-Cruz et al., 2018).

HIPÓTESIS

La suplementación de AF mejorará los niveles de glucosa sanguínea y la actividad ovárica en cabras Alpino- francés sincronizadas con progesterona más hCG durante la época reproductiva.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la suplementación del AF sobre los niveles de glucosa sanguínea y la actividad ovárica de cabras Alpinas-francés sincronizadas con progesterona más hCG durante la época reproductiva.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002), con número de referencia de aprobación institucional UAAAN-UL/38111-425501002-2706.

3.1 Localización del estudio y manejo de los animales

El experimento se realizó en la posta caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. El área de estudio se encuentra a una altitud 1120 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015). El estudio se realizó en los meses de septiembre y octubre, correspondiente a la época reproductiva.

Durante el periodo experimental, las cabras fueron alimentadas dos veces al día (800 y 1800 h) con 100 g de concentrado comercial por animal (17% PC), más heno de alfalfa (22% PC) y 1.5 Mcal de energía metabolizable (EM)/ kg de materia seca (MS) para cubrir sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Las hembras son alojadas en corrales provistos de sombra y manejadas bajo condiciones intensivas. Los animales tuvieron agua limpia y sales minerales a libre acceso y un periodo de adaptación de 5 días previos al periodo experimental.

3.2 Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de los animales

Las cabras se sometieron a una exploración ecográfica transrectal realizada por un solo operador experimentado, utilizando un Aloka 500 con un transductor de próstata humano de 7,5 MHz (Corometrics Medical Systems, Inc., Wallingford, CT, EE. UU.). Durante la exploración, las hembras se colocaron en posición de pie. Se aplicó una

capa de carboximetilcelulosa al transductor como medio de acoplamiento. Una vez que los cuernos uterinos estuvieron claramente ubicados, el transductor se rotó 90° en el sentido de las agujas del reloj y 180° en el sentido contrario a las agujas del reloj a través del tracto reproductivo hasta que se escanearon ambos ovarios para evaluar el estado funcional ovárico. Las cabras con cuerpo lúteo se descartaron del estudio, solo se utilizaron animales que se encontraban en fase folicular.

Se seleccionaron 25 cabras multíparas adultas de la raza Alpino-francés (de 2 a 4 años de edad), homogéneas en cuanto a peso vivo (PV; 50.4 ± 2.2 kg) y condición corporal (CC; 2.5 ± 0.1 unidades), según escala de 5 puntos de Russel et al. (1969).

Las cabras se asignaron bajo un diseño completamente al azar a dos tratamientos dietarios: 1) dieta base más 300 mg de AF/d mezclado en 100 g de concentrado comercial (17% de PC y EM de 2.15 Mcal/kg de MS; GAF, n= 13), y 2) dieta base más 100 g de concentrado comercial sin AF (GC; n= 12). Ambos tratamientos fueron aplicados durante 21 días. En la última semana del periodo experimental (14-21 días), las hembras fueron sincronizadas con 25 mg de P4 y posteriormente (24 h) se les aplicó 200 UI vía im de la hormona gonadotrópica humana.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Peso y condición corporal

Los animales fueron identificados individualmente, y se registró el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) al inicio y posteriormente cada 7 días del periodo experimental. La CC fue medida en una escala del 1 al 5 (1 es muy delgado y 5 es muy gordo; Russel, 1984); para la determinación de PV se utilizó una báscula digital (Torrey®, Modelo EQM 400-800) con capacidad de 400 kg.

3.3.2. Inseminación artificial a tiempo fijo

Todas las hembras fueron inseminadas a tiempo fijo (IATF) a las 52 horas posteriores al aplicación de hCG.

3.3.5 Porcentaje de ovulación

Las cabras se sometieron a una ecografía transrectal realizado por un solo operador experimentado, utilizando (Aloka 500) un transductor de próstata humana de 7.5 MHz (lineal; Corometrics Medical Systems, Inc., Wallingford, CT, EE. UU.). Durante el escaneo, las hembras se colocaron en posición de pie. El porcentaje de hembras ovuladas se estimó como el número de cabras que presentan cuerpo lúteo (CL) con respecto al total de cabras por grupo. El porcentaje de ovulación se determinó contando el número de CL en la superficie de ambos ovarios de todas las cabras alrededor de 13 días después apareamiento, mediante ecografía transrectal. Duración del estro se definió como el tiempo transcurrido entre la primera y la última monta aceptada dentro del período de estro.

3.4 Número y tamaño de cuerpos lúteos

La tasa de ovulación se determinó contando el número de cuerpos lúteos en la superficie de ambos ovarios, además se determinó la alto y largo del cuerpo lúteo de todas las cabras alrededor de 13 días después de la IATF, utilizando ecografía transrectal.

3.4.1 Diagnostico de preñez

La gestación se determinó a los 45 días por medio de ultrasonografía transrectal (Honda Electronics CO., LTD H-200), para lo cual se utilizó un transductor lineal de 7.5 Mhz.

3.4.2 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros de peso vivo, condición corporal, número de cuerpos lúteos fueron comparadas usando una prueba de *t*. Mientras que el porcentaje de hembras en estro y que ovularon fueron comparados por medio de una Chi- cuadrada. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de $P \leq 0.05$.

IV. RESULTADOS

Los resultados en cuanto a PV y CC se muestran en el Cuadro 1. No se encontró diferencia en el PV para ambos grupos al final (50.1 ± 2.0 kg) del periodo experimental ($P > 0.05$). De la misma manera, la CC (2.5 ± 0.1) no mostro diferencia para ambos grupos al final del periodo experimental ($P > 0.05$).

Figura 1. Medias (\pm eem) del peso vivo de cabras Alpinas Frances suplementadas con AF (GAF) y no suplementadas (GC) sincronizadas con progesterona más hCG durante la época reproductiva. Nivel de significacncia (* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** ≤ 0.001). ns= No significativo

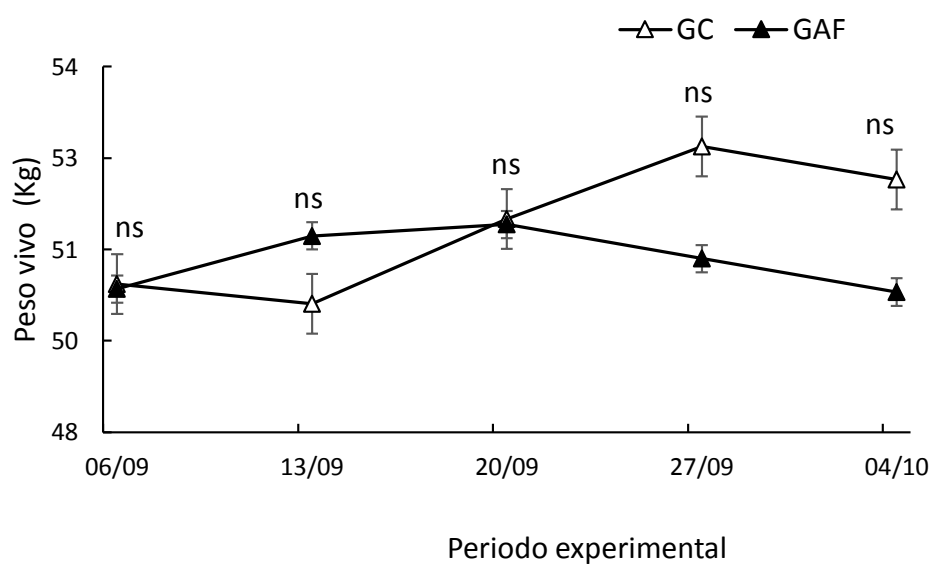
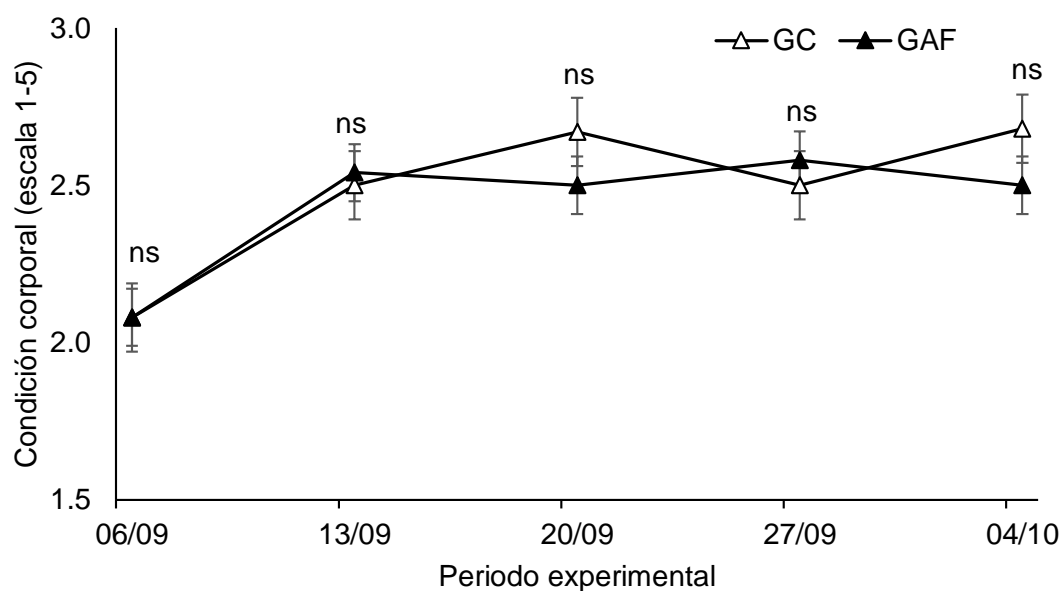
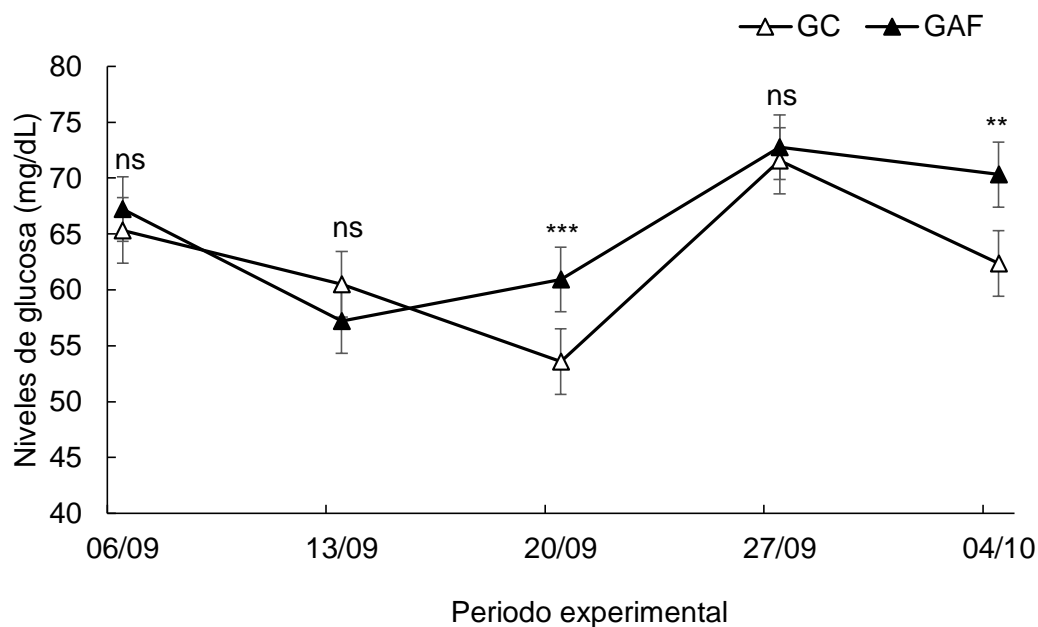


Figura 2. Medias (\pm eeem) de la condición corporal (escala 0-5, unidades) de cabras Alpinas Frances suplementadas con AF (GAF) y no suplementadas (GC) sincronizadas con progesterona más hCG durante la época reproductiva. Nivel de significancia (* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** ≤ 0.001). ns= No significativo



La respuesta reproductiva de las hembras se muestra en el cuadro 2. El número de cuerpos lúteos por cabra fue mayor en el grupo tratado en comparación con el grupo testigo (2.0 ± 0.2 vs 1.3 ± 0.1 ; $P < 0.05$), el porcentaje de ovulación no mostraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Figura 3. Medias (\pm eem) para niveles de GLUC de cabras Alpino-frances suplementadas con AF (GAF) y no suplementadas (GC) sincronizadas con progestágenos y gonadotropina coriónica humana (hCG) durante la época reproductiva. Nivel de significancia (* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** ≤ 0.001). ns= No significativo.



Cuadro 2. Respuesta ovárica de cabras Alpino-francés suplementadas con AF (GAF) y no suplementadas (GC) sincronizadas con progesterona y gonadotropina coriónica humana (hCG) durante la época reproductiva.

Variables	GAF (n=13)	GC (n=12)
Ovulación (%)	69 (9/13) ^a	58 (7/12) ^a
Número de CL por cabras (n)	2.0 \pm 0.2 ^a	1.3 \pm 0.1 ^b
Tamaño del cuerpo lúteo (cm)	10.8 \pm 3.0 ^a	14.6 \pm 2.5 ^a
Preñez (%)	54(7/13) ^a	43 (3/12) ^a

^{ab} Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

V. DISCUSIÓN.

El peso vivo y condición corporal no mostraron diferencias entre grupos; es probable que lo anterior, se deba a que el AF modificó la secreción de hormonas relacionadas con la saciedad intestinal, ya que se conoce que algunos compuestos fenólicos como el péptido similar al glucagón que se induce por la presencia de nutrientes en el intestino (en especial GLUC) y del péptido insulino-trópico dependiente de GLUC. La liberación del péptido Y dependiente del contenido calórico de los alimentos suprime el apetito reduciendo la ingesta y la ganancia de peso (Dueñas et al., 2018). En efecto, se ha demostrado que el AF no ejerce un efecto sobre la ganancia diaria de peso (Macías-Cruz et al., 2014; 2018).

Al parecer, un factor predisponente para que el AF modifique el estado corporal de un animal es que haya un problema metabólico o fisiológico asociado con excesiva o pérdida de PV. Así, el AF a través de modular el metabolismo podría generar un impacto en el estado corporal (Valadéz-García et al., 2021); sin embargo, esto no parece ser el caso en el presente estudio ya que los animales utilizados en este estudio contaban con una buena alimentación y además eran manejados bajo condiciones intensivas.

En base a estos resultados, la suplementación con AF en cabras Alpinas-francés durante la época reproductiva podría ser una alternativa para mejorar la respuesta reproductiva en combinación con otros tratamientos hormonales o a través del efecto macho o a través de la IATF. Estos resultados demuestran que el AF puede ser una alternativa potencial para aumentar la actividad ovárica. La combinación de P4 más hCG en el presente estudio tuvo éxito en la inducción del estro. Además, de ser un protocolo hormonal que puede ser utilizado a corto plazo demostró ser exitoso para mejorar la fertilidad de las cabras del GAF durante la época reproductiva. En efecto, el uso de hCG en cabras también se ha utilizado con éxito para sincronizar el estro en cabras acíclicas en combinación con la administración de progestágenos ya sea a largo o a corto plazo (Machado y Simplicio, 2001; Fonseca et al., 2005). Por tanto, el protocolo descrito en el presente estudio en combinación con una suplementación con

ácido ferúlico durante 14 d previos al empadre puede ser eficaz para inducir la ovulación en cabras anovulatorias.

Los resultados encontrados en nuestro estudio en cuanto a la respuesta ovárica en cabras de la Alpinas durante la época reproductiva fueron mayores en las hembras del GAF. Estos resultados son similares a los reportados en ovejas por Macías-Cruz *et al.* (2018) que encontraron un mayor porcentaje de cuerpos lúteos en las ovejas alimentadas con AF. En efecto, resultados previos en ratas en donde se ha estudiado el efecto de la administración AF mejoró el peso relativo del ovario y aumentó significativamente el peso relativo del útero en comparación con el grupo control (Abdel Fattah *et al.*, 2019).

Otros resultados similares se han encontrado en ratones alimentados con extracto de planta rica en AF y encontraron un mayor desarrollo de folículos y cuerpos lúteos en comparación con las hembras control (Abdel-Fattah *et al.*, 2019). Es probable que estos efectos positivos sobre el ovario en el grupo tratado con AF se deba a que la suplementación con AF incrementó la disponibilidad de GLUC ovárica, promovió mayor síntesis de FSH y LH, así como la capacidad esteroideogénica folicular por incrementar la enzima citocromo P450. Así, mayor circulación de estrógeno con un mayor número de folículos pre-ovulatorios, llevó a que incrementara el número de ovejas en estro y con mejor tasa ovulatoria. En el mismo sentido, se ha demostrado que los compuestos fenólicos como el AF presente en algunas plantas ejercen un efecto positivo sobre el tracto reproductivo, función ovárica y que estos efectos se deben a su alta acción antioxidante (Murphy *et al.*, 2012; Abdel Fattah *et al.*, 2019).

Los niveles de GLUC fueron mayores en el grupo AF en el día 14 y 28 del periodo experimental. En efecto, se conoce que el AF tiene un efecto benéfico al mostrar una mejora en la funcionalidad del sistema GLUC-insulina (Macias-Cruz *et al.*, 2018), en efecto, la insulina es una hormona clave que controla el metabolismo de la GLU porque aumenta la capacidad de las células para absorber GLUC y un aumento de la GLUC en sangre señala la liberación de insulina de las células β de los islotes pancreáticos. Por lo anterior, la insulina tiene efectos específicos sobre función de las células de la granulosa y de la teca ovárica (Yen *et al.* 2004; Somchit *et al.*, 2007). En este mismo

sentido el transportador insulino dependiente de GLU (GLUT-4) se conoce que esta está presente en las células de la granulosa y de la teca de los folículos de las ovejas (Williams et al., 2001) y que esta la implicación provoca cambios en la captación de GLUC mediada por la insulina dentro del ovario modula la función folicular, y además es probable que también la respuesta positiva del grupo tratado con AF se deba probablemente a un mayor incremento de GLUC en sangre, tal como lo menciona Macias-Cruz *et al.* (2018) que los eventos metabólicos y endocrinos están regulados por varias señales, e incluso muy probablemente otros mecanismos diferentes a los de los antioxidantes están involucrados para mejorar la respuesta reproductiva de las hembras tratadas.

Sin embargo, el porcentaje de hembras que ovulo fue mayor, aunque no estadísticamente, pero si numéricamente en el grupo tratado. Lo anterior, puede reafirmarse con los resultados encontrados por otros autores que mencionan que el AF ejerce un efecto sobre el tracto reproductivo tanto de la hembra como del macho ejerciendo un efecto sobre los procesos reproductivos (Murphy *et al.*, 2012; Macias-Cruz et al., 2018; Abdel Fattah *et al.*, 2019).

VI. CONCLUSIÓN.

La suplementación con AF mejoro los niveles de GLUC sanguínea, y numero de cuerpos lúteos en cabras Alpino francés sincronizadas con progesterona y hCG durante la época reproductiva. El uso de AF podría ser una alternativa viable para ayudar a una mejorar la respuesta ovárica en programas de inducción y sincronización del estro.

VII. LITERATURA CITADA

- Abdel Fattah, S. M., Mohamed, H. K., & Mohamed, M. A. E. H. (2019). The Potential Protective Effect of Ferulic Acid against Gamma Irradiation Induced Ovarian Failure in Rats. *Egyptian Journal of Radiation Sciences and Applications*, 32(1), 1-12.
- Alonso, R. L., de Lara, C. R., Rivero, L., Ruiz, A. E., Zapata, C. T., & Ullán, R. V. (2014). Aplicación de una nueva FAE en la liberación químico-enzimática de ácido ferúlico a partir de pulpa de remolacha. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR*, (19), 021-025.
- Anzaldo-Montoya, M. (2020). Entre la vulnerabilidad y la invisibilidad científica. Estudio sobre los aportes de las ciencias sociales a la investigación sobre ganadería caprina en México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55).
- Arias, R. O., Muro, M. G., Boccanera, M., Trigo, M., Boyezuk, D. A., & Cordiviola, C. (2019). Aporte nutricional del Forraje Verde Hidropónico en la alimentación de cabras cruza criollas x Nubian. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 118(1), 133-140.
- Contreras-Villarreal, V., Meza-Herrera, C. A., Rivas-Muñoz, R., Angel-García, O., Luna-Orozco, J. R., Carrillo, E., ... & Véliz-Deras, F. G. (2016). Reproductive performance of seasonally anovular mixed-bred dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone and eCG or estradiol. *Animal Science Journal*, 87(6), 750-755.
- Dragan, M., Stan, C. D., Iacob, A. T., Dragostin, O., & Profire, L. (2018). Ferulic acid: potential therapeutic applications. *The Medical-Surgical Journal*, 122(2), 388-395.
- Escareño Sánchez, L. M., Wurzinger, M., Pastor López, F., Salinas, H., Sölkner, J., & Iñiguez, L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(SPE), 235-246.
- Fatet, A., Pellicer-Rubio, M. T., & Leboeuf, B. (2011). Reproductive cycle of goats. *Animal reproduction science*, 124(3-4), 211-219.
- Figueroa-Pérez, M. G., Romero-Gómez, S. D. J., Ramos-Gómez, M., & Reynoso-Camacho, R. Propiedades De Los Compuestos Fenólicos Para El Control De La Glucosa. *Digit Ciencia@ Uaqro [Internet]*. 2016;(February 2017): 1–15.
- Flórez Delgado, D. F., Capacho Mogollón, A. E., Quintero Muiño, S. M., & Gamboa Vera, K. Y. (2018). Efecto de la suplementación con ensilaje de naranja sobre la calidad de leche caprina.
- González Ríos H., D. Gil Lozano y A. Berrondo Mir. 2013. Ferulic acid as a feed supplement in beef cattle to promote animal growth and improve the meat quality of the carcass and the meat. Pub. No. US 2013/0041036 A1. Patent application publication, E.U.A.
- Herrera, J., Tinoco, J. C., & Orozco, K. E. (2012). Suplementación Grasa y su efecto sobre la Reproducción de Rumiantes. *Conferencias Magistrales*, 17.
- Herrera, R. H., Castillo, M. L. A., & TORRES, A. J. A. (2011). U.S. Patent Application No. 12/640,248.

- Kumar, N. y Pruthi, V. (2014). Posibles aplicaciones del ácido ferúlico de origen natural. *Informes de biotecnología*, 4, 86-93.
- Luna-Orozco, JR, Meza-Herrera, CA, Contreras-Villarreal, V., Hernández-Macías, N., Angel-García, O., Carrillo, E., ... y Veliz-Deras, FG (2015). Efectos de la suplementación durante la última etapa de la gestación sobre el rendimiento y el comportamiento de las cabras en condiciones de pastizales. *Revista de ciencia animal*, 93 (8), 4153-4160.
- Macias-Cruz, U., Vicente-Perez, R., Lopez-Baca, M. A., Gonzalez-Rios, H., Correa-Calderon, A., Arechiga, C. F., & Avendano-Reyes, L. (2018). Effects of dietary ferulic acid on reproductive function and metabolism of pre-pubertal hairbreed ewes during the anestrus season. *Theriogenology*, 119, 220-224.
- Maldonado-Jaquez, J. A., Granados-Rivera, L. D., Hernández-Mendo, O., Pastor-Lopez, F. J., Isidro-Requejo, L. M., Salinas-González, H., & Torres-Hernández, G. (2017). Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova scientia*, 9(18), 55-75.
- Mancuso, C., & Santangelo, R. (2014). Ferulic acid: pharmacological and toxicological aspects. *Food and Chemical Toxicology*, 65, 185-195.
- Mellado, M., Rodríguez, I. J., Alvarado-Espino, A., Véliz, F. G., Mellado, J., & García, J. E. (2020). reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Tropical animal health and production*, 1-5.
- Mogedas Moreno, M. (2016). Sincronización de la ovulación y el ciclo inducido por el efecto "macho" mediante la administración de progesterona por vía intravaginal en cabras en período de anestro estacional.
- Molina, F. A. A., Pardo, B., Sánchez, M., López, M. D., & Marín, C. C. P. (2012). Factors influencing the success of an artificial insemination program in Florida goats. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (2), 338-344.
- Montemayor, H. A. (2017). Producción de caprino en México. *Tierras. Caprino*, (18), 28-31.
- Monroy, L. I. V., Jaquez, J. A. M., Gerardo, F., Deras, V., & González, H. S. (2013). La condición corporal en las cabras anestrícas influye en la respuesta estral al efecto macho. *AGROFAZ*, 13(3).
- Murphy, C. J., Tang, H., Van Kirk, E. A., Shen, Y., & Murdoch, W. J. (2012). Reproductive effects of a pegylated curcumin. *Reproductive toxicology*, 34(1), 120-124.
- Orona Castillo, I., Sangerman-Jarquín, D. M., Antonio-González, J., Salazar Sosa, E., García Hernández, J. L., Navarro-Bravo, A., & Schwentesius de Rindermann, R. (2013). Proyección económica de unidades representativas de producción en caprinos en la Comarca Lagunera, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(4), 626-636.
- Ou, S., & Kwok, K. C. (2004). Ferulic acid: pharmaceutical functions, preparation and applications in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(11), 1261-1269.
- PALECHOR, J. A. A. (2019). EFECTO DEL ESTRÉS NUTRICIONAL SOBRE LA FUNCIÓN LÚTEA POST-SERVICIO EN CABRAS INDUCIDAS A OVULAR DURANTE EL ANESTRO ESTACIONAL.

- Pérez-Clariget, R., Garese-Raffo, J. A., Fleischmann-Techera, R., Ganzábal-Planinich, A., & González-Stagnaro, C. (2012). Sincronización de celos en cabras en estación reproductiva: uso de esponjas de medroxiprogesterona o aplicación de prostaglandina después de cinco días de detección de celos. *Revista Científica*, 22(3), 245-251.
- Quiroz-Cardoso, F., Rojas-Hernández, S., Olivares-Pérez, J., Hernández-Castro, E., Jiménez-Guillén, R., Córdova-Izquierdo, A., ... & Abdel-Fattah, S. (2015). Composición nutricional, consumo e índices de palatabilidad relativa de los frutos de tres acacias en la alimentación de ovejas y cabras. *Archivos de medicina veterinaria*, 47(1), 33-38.
- Salvador, A., Hernandez, R., Díaz, T., & Betancourt, R. (2011). Respuesta productiva y reproductiva al uso de la grasa sobrepasante con altos niveles de ácidos grasos poli-insaturados en rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Población ganadera. Información sobre el número de animales que se crían en el país con fines de producción [en línea]. En: SIAP. (20 de julio de 2020). <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762>
- Silva-Jarquín, JC, Andrade-Montemayor, HM, Vera-Ávila, HR, Durán-Aguilar, M., Román-Ponce, SI, Landi, V., ... y BioGoat, C. (2019). Diversidad y estructura genética en cabras Criolla Negra en Querétaro, México. *Rev Mex Cienc Pecu* , 10 (4), 801-818.
- SOTO CASAS, L. F. (2017). EFECTO DEL ÁCIDO FERULICO SOBRE EL pH RUMINAL, CONSUMO, FLUJO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DE VAQUILLAS EN FINALIZACIÓN (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA)
- TORRES, E. F. P. (2014). EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE ÁCIDO FERULICO Y FERULATO DE ETILO EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA CARNE DE BOVINOS.
- Uribe-Velásquez, L. F., Gutierrez, C., Carreno, E. E., Izquierdo, J. H., Lenz, M. I., & Botero, S. A. (2011). Reutilización del dispositivo de progesterona (CIDR) asociado con protocolos de corta duración en cabras. *Vet Zootec*, 5(1), 39-46.
- Valadez-García, K. M., Avendaño-Reyes, L., Díaz-Molina, R., Mellado, M., Meza-Herrera, C. A., Correa-Calderón, A., & Macías-Cruz, U. (2021). Free ferulic acid supplementation of heat-stressed hair ewe lambs: Oxidative status, feedlot performance, carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 173, 108395.
- Vázquez, B. A. C., Valverde, B. R., Vargas, A. C., & Juárez, J. R. (Eds.). (2017). Globalización, seguridad alimentaria y ganadería familiar. Universidad Autónoma Chapingo.
- Vergara Hernández, H. P. (2015). Suplementación de Glutamato y Función Reproductiva en Cabras Primíparas durante el periodo de transición al Anestro estacional.
- Zhao, Z., & Moghadasian, M. H. (2008). Chemistry, natural sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid: A review. *Food Chemistry*, 109(4), 691-702.
- Zapata-Campos, C. C., & Mellado-Bosque, M. Á. (2021). La cabra: selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostadero árido. *CienciaUAT*, 169-185.

- Jáuregui, A. M. M., & Escudero, F. R. (2007). Componentes fenólicos de la dieta y sus propiedades biomedicinales. *Horizonte Médico*, 7(1), 23-31.
- Zduńska, K., Dana, A., Kolodziejczak, A., & Rotsztein, H. (2018). Antioxidant properties of ferulic acid and its possible application. *Skin pharmacology and physiology*, 31(6), 332-336.
- Yen HW, Jakimiuk AJ, Munir I, Magoffin DA. Selective alterations in insulin receptor substrates-1, -2 and -4 in theca but not granulosa cells from polycystic ovaries. *Mol Hum Reprod* 2004;10:473–9.
- Williams SA, Blache D, Martin GB, Foot R, Blackberry MA, Scaramuzzi RJ. Effect of nutritional supplementation on quantities of glucose transporters 1 and 4 in sheep granulosa and theca cells. *Reproduction* 2001;122:947–56.