

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



**Efecto del ácido ferúlico para mejorar la actividad estral y ovárica en cabras
Alpino francés sincronizadas con progestágenos y hCG**

Por:

Margarita de la Luz Cendejas Alatorre

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2021

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

Efecto del ácido ferúlico para mejorar la actividad estral y ovárica en cabras Alpino francés sincronizadas con progestágenos y hCG

Por:

MARGARITA DE LA LUZ CENDEJAS ALATORRE

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA



Dr. Oscar Ángel García
Presidente

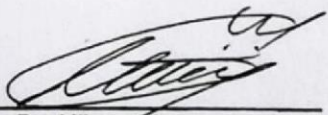
Aprobada por:



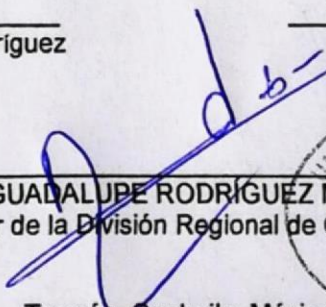
Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz
Vocal

7-11-21

Dr. Fernando Arellano Rodríguez
Vocal



Dr. Ulises Macías Cruz
Vocal Suplente



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

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2021



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

Efecto del ácido ferúlico para mejorar la actividad estral y ovárica en cabras Alpino francés sincronizadas con progestágenos y hCG

Por:


MARGARITA DE LA LUZ CENDEJAS ALATORRE

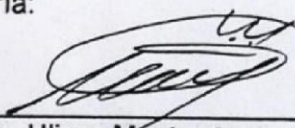
TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Oscar Angel García
Asesor Principal Interno


Dr. Ulises Macías Cruz
Asesor Principal Externo


Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz
Coasesor


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

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2021



AGRADECIMIENTOS

A DIOS por darme la oportunidad de haber concluido este proyecto, por darme la paciencia y fortaleza a lo largo de la carrera.

A mi asesor de Tesis, el Doctor Oscar Ángel García por permitirme trabajar con él e incluirme en el proyecto, por asesorarme a lo largo del desarrollo de este.

A mis compañeros que cursan el posgrado por permitirme trabajar con ellos, su paciencia y los conocimientos adquiridos.

A todos los profesores que siempre estuvieron dispuestos a enseñarme, aclarar dudas en el ámbito laboral y algunos en lo personal, por mencionar a algunos; la Dr. Olivia García Morales, MC Aracely Zúñiga, Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz entre otros.

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.

DEDICATORIA

A mi madre Dolores Victoria Alatorre y a mi padre Ernesto Cendejas por todo su apoyo tanto económico como moral por ser mi motivación para salir adelante y así concluir la carrera. Por los valores que me inculcaron y por no dejarme sola en ninguna etapa de mi vida. Porque sin ellos no sería lo que soy ni estaría donde estoy.

A mi hermano Ernesto Manuel Cendejas por brindarme su apoyo y por siempre estar para mí.

A mi hijo Victor Javier Fraire Cendejas por ser la razón que me motiva, a seguir esforzándome día con día, mostrarme como ser una mejor versión de mí, porque gracias a él conocí facetas nuevas en mi vida y que las personas podemos aprender de cualquiera independientemente de su edad.

A mis amigos más cercanos ya que cada uno aportó algo en mi vida que permitió lograr esta meta los quiero mucho.

RESUMEN

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. Se utilizaron 25 cabras multíparas Alpinas-francés de entre 2 y 4 años de edad, con peso vivo (PV) promedio de 50.4 ± 2.2 kg y condición corporal (CC) 2.5 ± 0.1 . Las cabras seleccionadas fueron asignadas bajo un diseño completamente al azar a los siguientes tratamientos dietarios que se ofrecieron durante 21 días: 1) cabras alimentadas diariamente con dieta base más 300 mg de AF mezclado en 100 g de concentrado comercial ($n= 13$), y 2) cabras alimentadas con dieta base más 100 g de concentrado sin AF ($n= 12$; testigo). Todas las cabras se sincronizaron con progestágenos los últimos días de los tratamientos (día 14 a 21) con progestágenos y 200 UI de gonadotropina coriónica humana (hCG). Se observó que el PV (50.1 ± 2.0) y la CC (2.5 ± 0.1) no mostraba diferencia entre grupos ($P > 0.05$), en cambio el porcentaje de hembras en estro fue mayor ($P < 0.05$) por efecto del AF (77 vs. 33%), así como el número de cuerpos lúteos (1.8 ± 0.2 vs 1.2 ± 0.1 ; $P < 0.05$). El intervalo de inicio de estro, duración de estro y porcentaje de ovulación, no mostraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. Se concluye que la suplementación con AF mejoró la inducción de estro y la tasa de ovulación en cabras Alpino-francés sincronizadas con progestágenos y hCG durante la época reproductiva.

Palabras clave: Acido ferúlico, Suplementación, Antioxidante, Actividad estral, Ovulación

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE CUADEROS.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.-REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Situación actual de la caprinocultura.....	3
2.2 Enfoque general sobre el plan nutricional	5
2.3 Efecto de la suplementación sobre la respuesta reproductiva.....	8
2.4 Descripción del ciclo reproductivo	9
2.5 Uso de ácido ferúlico en la reproducción	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Localización del estudio y manejo de los animales	17
3.2 Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de los animales	17
3.3 Variables evaluadas	18
3.3.1 Peso y condición corporal	18
3.3.2. Actividad estral.....	18
3.3.3 Intervalo de inicio del estro.....	19
3.3.4 Duración del estro	19
3.3.5 Porcentaje de ovulación	19
3.4 Número de cuerpos lúteos	19
3.4.1 Análisis estadístico.....	20
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN.....	22
VI. CONCLUSIÓN.....	24
VII. LITERATURA CITADA	25

INDICE DE FIGURAS

No.	TÍTULO DE FIGURAS	Pág.
Fig. 1.	Influencia del fotoperiodo en la reproducción caprina	10
Fig. 2.	Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos ocurridos durante el ciclo estral en cabras	11

INDICE DE CUADEROS

Cuadro 1.	Efecto del ácido ferúlico en el peso vivo y condición corporal de cabras multíparas durante la época reproductiva.	21
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

I. INTRODUCCIÓN

En la producción animal se han utilizado aditivos de origen animal, 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). El ácido ferúlico (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). 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). 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. Originalmente fue obtenido del salvado de arroz, y posteriormente se descubrió que se encuentra como subproducto en el procesamiento de la masa del maíz, café, jugos cítricos, entre otros (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 los últimos años, varios estudios han demostrado que el AF actúa como un potente antioxidante natural al eliminar radicales libres y mejorar la respuesta al estrés celular a través de la regulación positiva estimulando los sistemas citoprotectores e inhibiendo la activación de enzimas citotóxicas (Macuso y Santagelo, 2014). 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.

Debido a sus efectos antioxidantes, el AF se puede utilizar en la prevención y la terapia de enfermedades inducidas por estrés oxidativo, el fuerte vínculo entre la inflamación y el estrés oxidativo sugiere que el AF también puede ser eficaz en el tratamiento de enfermedades inflamatorias (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 Situación actual de la caprinocultura

El ganado caprino fue introducido a México por los españoles en el siglo XVI, durante la colonización como una estrategia para la repartición de tierras a los españoles y ocupar vastos territorios del país, aunque al principio esta actividad estaba enfocada a la limpieza de las parcelas en tiempos posteriores a las cosechas, la carne era consumida y la grasa de este animal se utilizaba para la fabricación de velas, desde entonces estableciéndose en el país un sistema de explotación extensiva lo que le permitió a la población en general la difusión de la práctica del pastoreo. En tiempos posteriores a la revolución mexicana, la cría de cabras se asentó principalmente en la zona del Bajío y en los estados del centro y norte del país. Actualmente la caprinocultura es una actividad pecuaria tradicional, de la cual gran parte de esta es de desarrollo familiar de gran importancia como fuente de alimentos y medio de subsistencia en las localidades remotas y de escasos recursos en las zonas centro y norte del país (Montoya, 2020).

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. Los cuales, motivados por las oportunidades dentro del mercado, se han iniciado en diferentes niveles de tecnificación e intensificación de producción. 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. Los sistemas de producción se dividen por el principal producto obtenido, siendo estos: Cabrito (Cría lechal de 30 días con un promedio de peso de 10 kg pie) en el norte y parte del centro de la república, Chivo cebado (Chivo de 40 a 45 kg) en el Pacífico y la región Mixteca, y producción de leche (que produce cabrito como subproducto) en La laguna, Centro y Bajío. Actualmente la producción de cabras sigue asociada mayormente a estratos de población rural con menores ingresos, siendo en un 80% sistemas de producción de subsistencia. Cerca de 1,5 millones de mexicanos viven de la cabra, la cual se encuentra en 450.000 unidades de producción (Montemayor, 2017)

2.2 Enfoque general sobre el plan nutricional

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; Orona *et al.*, 2013).

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).

Esta especie está adaptada a condiciones extremas, utilizan la selección de la dieta como estrategia una de las estrategias conductuales que les han permitido evitar deficiencias nutricionales o intoxicaciones aun en condiciones de baja disponibilidad de alimento. De igual manera, el ramoneo, como conducta ingestiva de la especie, permite seleccionar y obtener plantas con adecuados valores de proteína cruda que favorezcan su desarrollo y supervivencia, adaptándose a las características químicas

de las plantas, las cuales desarrollan compuestos bioactivos para evitar ser consumidas. Estos metabolitos secundarios pueden tener efectos antinutricionales y tóxicos, así como medicinales o curativos, dependiendo del consumo que tenga el animal (Zapata y Mellado, 2021).

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)

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)

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 Efecto de la suplementación sobre la respuesta reproductiva

Se ha documentado un aumento de la tasa de mortalidad de los cabritos en condiciones de explotación extensiva. 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. 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).

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).

2.4 Descripción del ciclo reproductivo

El ciclo estral comprende todos aquellos cambios morfológicos y fisiológicos que se producen en el ovario y en el tracto genital de la hembra no gestante y que desencadenan la expresión del celo, la ovulación, la posible fecundación y posterior implantación del embrión. Estos cambios se suceden de forma regular durante los periodos de actividad sexual cíclica correspondientes a la estación reproductiva (Mogedas, 2016).

Las cabras son animales polioestros que ovulan espontáneamente. La reproducción en cabras se describe como estacional; el inicio y la duración de la temporada de reproducción depende de varios factores como la latitud, el clima, la raza, la etapa fisiológica, la presencia del macho, el sistema de reproducción y específicamente el fotoperíodo. En las regiones templadas, la reproducción de las cabras se describe como estacional con un período de reproducción en otoño e invierno e importantes diferencias en la estacionalidad entre razas y ubicaciones. En las regiones tropicales, las cabras se consideran reproductoras continuas; sin embargo, la disponibilidad restringida de alimentos a menudo provoca períodos prolongados de anestro y anovulación y reducción de la fertilidad y la prolificidad (Fatet *et al.*, 2011)

La estacionalidad de la reproducción, como parte del proceso de selección natural, es un mecanismo de adaptación desarrollado por los mamíferos silvestres como estrategia para minimizar el impacto negativo de la temperatura y disponibilidad del alimento en la supervivencia de sus crías, los animales con reproducción estacional utilizan condiciones del medio ambiente para establecer una estrategia reproductiva bien definida: seleccionan la época del año más favorable para sus partos (alrededor de primavera), donde encuentran el clima y la disponibilidad de alimentos adecuada para el desarrollo de los recién nacidos y renuevan el pelaje en invierno (Vergara, 2015).

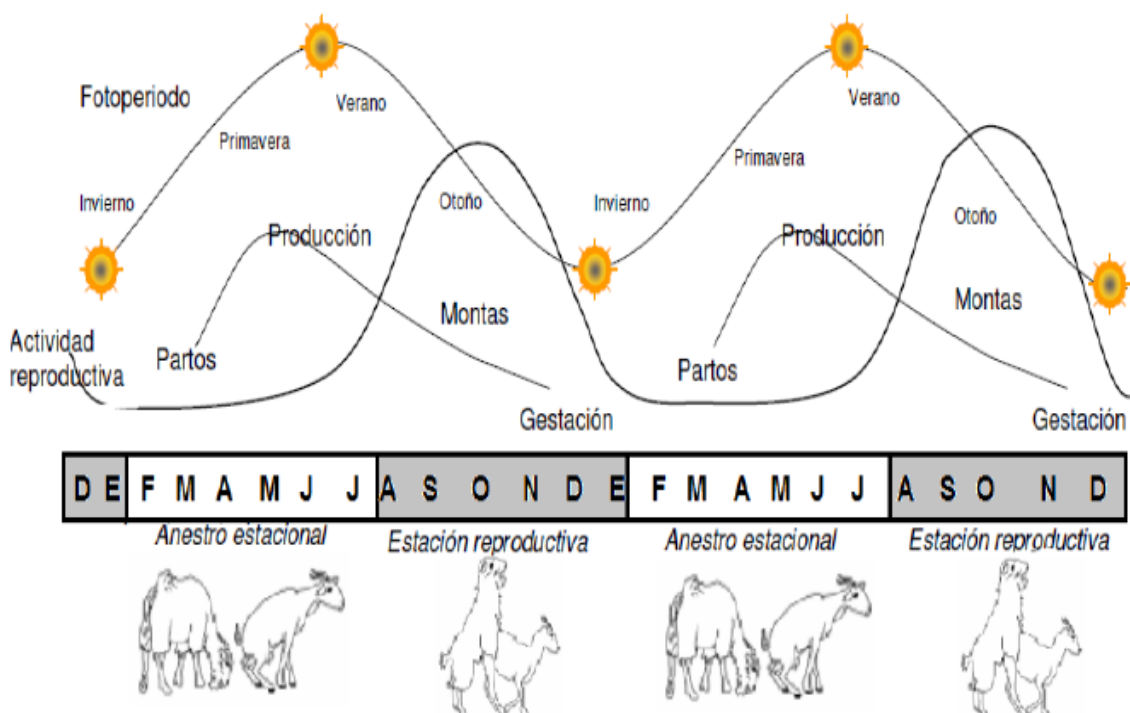


Figura 1. Influencia del fotoperiodo en la reproducción caprina
(Vergara, 2015)

En el curso de la estación reproductiva, la cabra presenta ciclos estrales con una duración variable, alrededor de 21 días, asociada generalmente con una ovulación que se produce horas después del inicio del estro. Una característica que se observa en esta especie es la aparición de ciclos cortos (de 3 a 9 días), el ciclo estral se divide en dos fases: la fase folicular que se corresponde con las fases de proestro y estro, y la fase lútea que se corresponde con el metaestro y el diestro, durante el proceso ovulatorio suceden cambios morfológicos (crecimiento y reclutamiento folicular), bioquímicos (maduración folicular) y funcionales (regulación endocrina) que se desencadenan en el ovario. El crecimiento folicular terminal durante el ciclo sigue un patrón de ondas foliculares. Cada una de estas ondas se caracteriza por la secuencia de tres eventos dependientes de las gonadotropinas que son: reclutamiento, selección y dominancia (Mogedas, 2016).

La fase folicular dura 2 a 3 días y corresponde con las fechas anteriores a la ovulación, de las cuales aproximadamente 30-36 horas corresponden al periodo de receptibilidad sexual. La fase lútea se produce durante la etapa de formación y actividad progesterónica del cuerpo lúteo, aproximadamente 18-19 días en la cabra (Vergara, 2015).

Algunos autores señalan la existencia de cuatro ondas foliculares para esta especie apoyándose en la coincidencia del número de ondas foliculares con el número de picos en las concentraciones de FSH, además de la existencia de intervalos entre ondas altamente correlacionados con los intervalos entre picos de FSH. La última onda del ciclo sería la que aportaría el folículo ovulatorio (Mogedas, 2016).

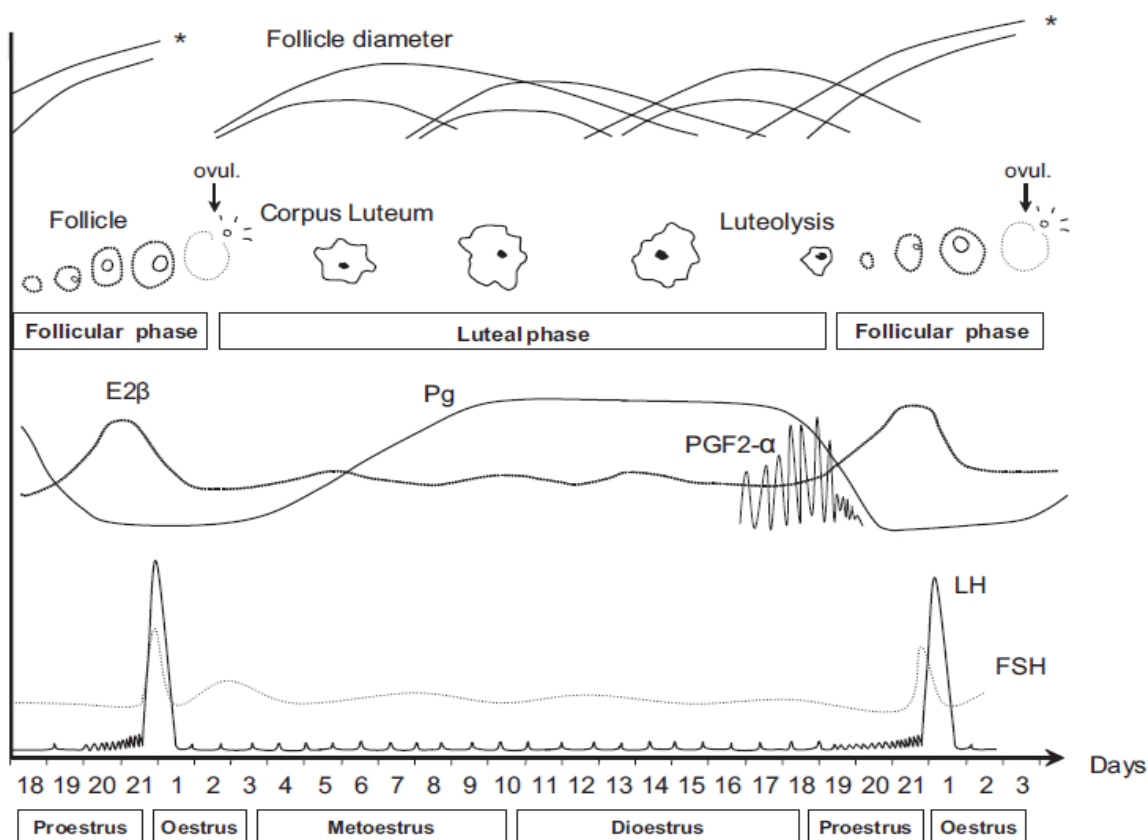


Figura 2. Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos ocurridos durante el ciclo estral en cabras (Modificado de Fatet *et al.*, 2011)

El concepto de control de la reproducción en las hembras se basa en las posibilidades de actuación sobre el ciclo reproductivo, tanto para determinar el momento de aparición del celo y de la ovulación durante la estación sexual, y por tanto en periodos de actividad cíclica ovulatoria; como la inducción del ciclo reproductivo en los periodos de anestro estacional. La aplicación de los métodos de inducción introdujo el concepto de sincronización de celos y ovulaciones, utilizada para cualquier otro tipo de práctica zotécnica, principalmente el uso de la inseminación artificial (IA) a tiempo fijo sin detección previa de celos (Mogedas, 2016).

La reproducción en las cabras puede controlarse artificialmente induciendo el estro y la ovulación, no solo mediante fotoperiodos artificiales, implantes de melatonina y (o) señales socio-sexuales, sino también con el uso de suplementos específicos. Otras opciones consideran el uso de diferentes protocolos hormonales basados en la administración, sola o combinada, de agentes luteolíticos, progestágenos y gonadotropinas. Los tratamientos con progestágenos a largo plazo han dado como resultado tasas de fertilidad más bajas, mientras que la disminución de los períodos de exposición a los progestágenos reduce las infecciones y secreciones vaginales, al tiempo que promueve aumentos en la fertilidad. Los porcentajes más altos de inducción de estro, sincronía de estro, tasa de ovulación y tasa de preñez se observan en aquellas cabras tratadas con progesterona o progestágenos en combinación con eCG. Por lo tanto, una sola inyección de progesterona + eCG es un protocolo sin pesario que induce y sincroniza exitosamente la ovulación, generando altas tasas de preñez en cabras anestrosas lecheras mantenidas bajo sistemas de producción extensiva de pastizales (Contreras-Villarreal *et al.*, 2016)

Estas técnicas son una herramienta fundamental en los programas de cría de cabras, ya que aumenta la eficiencia de la evaluación genética del macho y la extensión de las mejoras genéticas, a la vez que permite el control de las fechas de parto con miras a satisfacer las demandas del mercado. La inseminación suele realizarse por vía transcervical y el semen se deposita en la entrada del cuello uterino o, más raramente, dentro del útero. Sin embargo, la IA no se usa mucho en cabras. El semen enfriado

proporciona mejores resultados que el semen congelado y descongelado. Se requieren tratamientos hormonales para la inseminación artificial de tiempo fijo (IATF) con el fin de evitar la detección del estro y sincronizar el estro en un grupo de cabras (Molina *et al.*, 2012)

Se han desarrollado diferentes estrategias de manejo de la cría para satisfacer las necesidades de suministro y expectativas de los consumidores, ya que tanto la industria cárnica como la lechera están sujetas a demandas crecientes de producción durante todo el año. Los tratamientos hormonales, para sincronizar el estro y la ovulación en combinación con la IA o el apareamiento natural, permiten la cría fuera de temporada y la agrupación del período de parto (Fatet *et al.*, 2011).

Las drogas comúnmente utilizadas son la progesterona o los progestágenos sintéticos que prolongan la fase lútea mientras se mantiene el tratamiento y la prostaglandina F_{2α} (PG) o sus análogos sintéticos, que la acortan induciendo la luteólisis. Haciendo necesario la necesidad de nuevas alternativas para que la sincronización de celos pueda adaptarse a las necesidades y posibilidades de una mayor cantidad de productores caprinos (Pérez *et al.*, 2012).

Los protocolos basados en la progesterona/progestágenos han sido ampliamente utilizados para sincronizar el estro y la ovulación en pequeños rumiantes, la sincronización del estro puede ser efectivamente alcanzada con una reducción en la duración de la fase lútea del ciclo estral, mediante prostaglandinas o sus análogos sintéticos, o por el alargamiento artificial de esta fase utilizando esponjas o dispositivos impregnados con progestágenos (CIDR). Los métodos más utilizados para la sincronización del estro y de la ovulación en pequeños rumiantes, involucran progesterona o progestágenos y la administración intramuscular de eCG o hCG (Uribe *et al.*, 2011)

Varios factores afectan el éxito de la IA, incluida la nutrición, la temporada de reproducción, las condiciones ambientales, la paridad, la raza, la granja, la profundidad

de la deposición del semen, la composición del diluyente y el tratamiento hormonal que se aplique (Molina *et al.* 2012).

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.*, 2021b).

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 glucosa en el intestino, la estimulación de la secreción de insulina por las células β pancreáticas, la disminución en la producción de glucosa por el hígado y la activación de la cascada de señalización de insulina (Figuerola *et al.*, 2016).

Otras de las funciones del AF es que elimina los radicales libres y 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), así como la maduración y fertilización de ovocitos in vitro, (Lee & Hyun, 2017; Tanihara et al., 2018) y la criopreservación de semen (Affonso et al., 2017).

HIPÓTESIS

La suplementación de AF mejorará la actividad estral y actividad ovárica de cabras durante la época reproductiva sincronizadas con progesterona y hCG

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la suplementación del AF sobre la actividad estral y ovárica de cabras durante la época reproductiva sincronizadas con progesterona y hCG

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 alojados 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; grupo tratado, n= 13), y 2) dieta base más 100 g de concentrado comercial sin AF (testigo; 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 300UI 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. Actividad estral

Se registró la ocurrencia diaria de cabras que mostraban signos de celo durante los 7 días del período de empadre, para lo cual se utilizaron dos machos sexualmente

activos. Todas las hembras detectadas en celo recibieron monta directa. Posteriormente, se calculó la tasa de respuesta al estro considerando el número de hembras en celo después de la administración de hCG / número de hembras tratadas $\times 100$. El estro se observó durante 15 min dos veces al día (0800 y 1800 h).

3.3.3 Intervalo de inicio del estro

El intervalo entre el día de la administración de hCG y la aparición del estro fue también registrado. El inicio del estro se definió como el tiempo transcurrido entre la inyección de hCG y el primer servicio.

3.3.4 Duración del estro

La duración del estro se definió como el tiempo transcurrido entre la primera y la última monta aceptada por la hembra dentro del período de estro.

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 de cuerpos lúteos

La tasa de ovulación se determinó contando el número de cuerpos lúteos en la superficie de ambos ovarios de todas las cabras alrededor de 13 días después del apareamiento, utilizando ecografía transrectal.

3.4.1 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 ($P > 0.05$).

Cuadro 1. Efecto del ácido ferúlico en la respuesta estral de cabras multíparas sincronizadas con progestágenos y gonadotropina coriónica humana (hCG) durante la época reproductiva.

Variables	Inicio		Final	
	AF	Testigo	AF	Testigo
No. Cabras	13	12	13	12
Peso vivo (kg)	51.1 ± 2.4^a	51.0 ± 2.5^a	51 ± 2.1^a	52 ± 2.1^a
Condición corporal (1-5)	2.1 ± 0.1^a	2.1 ± 0.1^a	2.5 ± 0.1^a	2.6 ± 0.1^a

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

La respuesta reproductiva de las hembras se muestra en el cuadro 2. El porcentaje de hembras en estro ($P < 0.05$) fue mayor en el grupo tratado en comparación (77 vs. 33%) con el grupo testigo. El número de cuerpos lúteos por cabra fue mayor en el grupo tratado en comparación con el grupo testigo (1.8 ± 0.2 vs 1.2 ± 0.1 ; $P < 0.05$). El intervalo de inicio estro, duración del estro y porcentaje de ovulación no mostraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 2. Respuesta estral de cabras multíparas suplementadas con ácido ferúlico y sincronizadas con progestágenos y gonadotropina coriónica humana (hCG) durante la época reproductiva.

	AF	Testigo
No. Cabras	13	12
Hembras en estro (%)	77 (10/13) ^a	33 (4/12) ^b
Inicio del estro (h)	81 ± 11^a	69 ± 8^a
Duración del estro (h)	33 ± 1.5^a	36 ± 3^a
Ovulación (%)	61 (8/13) ^a	33 (4/12) ^a
Cuerpos lúteos por cabra (n)	1.8 ± 0.2^a	1.2 ± 0.1^b

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

V. DISCUSIÓN.

El peso vivo y condición corporal no mostro diferencias entre grupos; esto puede deberse a que se utilizaron hembras adultas y bien alimentadas. 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., 2021b); sin embargo, esto no parece ser el caso en el presente estudio. 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. Estos resultados demuestran que el AF puede ser una alternativa potencial para aumentar la actividad ovárica y estral.

La combinación de P4-priming 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 durante de las cabras del grupo tratado 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 asea a largo o a corto plazo (Machado y Simplício, 2001; Fonseca et al., 2005). También este protocolo logró inducir un mayor número de cabras en estro durante la época reproductiva. 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 del presente estudio muestran que la suplementación con AF mejoró la respuesta estral y ovárica en cabras de la Alpinas durante la época reproductiva. 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). Además, 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 glucosa ovárica, promovió mayor síntesis de FSH y LH, así como la capacidad esterogénica 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 efecto, 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).

Cabe mencionar que aunque en este trabajo no se presentan los resultados de algunos metabolitos, es probable que también la respuesta positiva del grupo tratado con AF se deba probablemente a un mayor incremento de glucosa en sangre, tal como lo menciona Macias-Cruz *et al.* (2018) que los eventos metabólicos y endocrinas están regulados por oras señales, e incluso muy probablemente otros mecanismos diferentes a los de los antioxidantes están involucrados para mejorar la mejorar la respuesta reproductiva de las hembras tratadas.

El inicio del estro y duración del estro no mostro diferencia entre grupos. 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 la respuesta estral y numero de cuerpos lúteos en cabras Alpino francés sincronizadas con progestágenos y hCG durante la época reproductiva.

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.
- Figuroa-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.