

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**“DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CORDEROS DE
PELO ALIMENTADOS CON FRITURAS DE MAÍZ Y
PAPA E INYECTADOS CON ZINC”**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

Maricruz Zamora Raya

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Juan González Maldonado

La presente tesis “**DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CORDEROS DE PELO ALIMENTADOS CON FRITURAS DE MAÍZ Y PAPA E INYECTADOS CON ZINC**” fue realizada por Maricruz Zamora Raya y dirigida por el Dr. Juan González Maldonado, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Consejo particular

DIRECTOR

Dr. Juan González Maldonado

SINODAL

Dr. Saúl Hernández Aquino

SINODAL

Dr. Jesús Santillano Cázares

ÍNDICE

Sección	Página
I. AGRADECIMIENTOS	iv
II. DEDICATORIA.....	v
III. ÍNDICE DE CUADROS	vi
IV. ÍNDICE DE FIGURAS	vii
V. LISTA DE SÍMBOLOS / NOMENCLATURA	viii
VI. RESUMEN	ix
VII. ABSTRACT	x
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Mercado mundial de la carne de ovino	3
2.2. Mercado nacional de la carne de ovino.....	8
2.3. Nutrición y engorda de ovinos	10
2.4. Uso de subproductos/remanentes en la alimentación animal	14
2.5. Efecto de la inclusión de frituras en la dieta sobre la salud de mamíferos	16
2.6. Efectos de la alimentación en aspectos reproductivos del macho: zinc	18
2.7. Métodos de extracción de semen	21
2.8. Valoración de muestras seminales	23
3. JUSTIFICACIÓN.....	26
4. OBJETIVO.....	28
5. HIPOTESIS.....	28
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
6.1 Localización del área de estudio.....	29
6.2 Unidades y diseño experimental.....	29
6.3 Alimentación de las unidades experimentales.	29
6.4 Variables de respuesta	30
6.5 Análisis estadístico	31
7. RESULTADOS	32
8. DISCUSIÓN.....	37

9. CONCLUSIÓN.....	42
10. LITERATURA CITADA.....	43

I. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. **JUAN GONZÁLEZ MALDONADO** por poner su confianza en mí, por brindarme su apoyo y comprensión, por todo el aprendizaje que plasmó en mí, por compartirme experiencias vividas que me ayudarán en mi vida profesional, gracias por ser un excelente maestro y guía durante esta investigación.

A mi **ALMA MATER**, el Instituto de Ciencias Agrícolas, por brindarme un espacio en donde pude concluir mi licenciatura, por disponer para cada estudiante un área de trabajo con los recursos necesarios para realizar actividades de aprendizaje.

II. DEDICATORIA

A **DIOS** por darme la dicha de ver uno de mis más grandes sueños hechos realidad, por guiar e iluminar mi camino, por acompañarme en cada día de clases, por sustentarme y darme la salud, fortaleza y sabiduría que necesitaba para enfrentar cada circunstancia de mi vida y levantarme de cada tropiezo.

A mi **MADRE** quien fue y sigue siendo mi más grande inspiración para luchar día a día para ser cada vez mejor persona, por ser mi ejemplo a seguir, por ser una guerrera incansable quien ha dado todo por sus hijos, gracias por su amor incondicional, ninguna palabra es suficiente para expresar tanto agradecimiento.

A mi **HIJA** mi motor de vida, por quien me aferré a terminar mi carrera, llegaste en el momento indicado, y agradezco inmensamente a Dios que hayas formado parte de esta difícil aventura, gracias por acompañarme a clases en esos días tan fríos, por regalarme esas bellas sonrisas cuando más las necesitaba, por enseñarme lo bella que es la vida, eres la bendición más grande que Dios me pudo dar, hoy puedo decir que cada lagrima que derramé mientras cargaba contigo en brazos, con una pañalera, mochila y computadora ¡valió completamente la pena!, tal y como te lo prometí ¡LO LOGRAMOS JUNTAS!.

A mi **ESPOSO**, el amor de mi vida quien ha estado para mí a pesar de las dificultades, quien fue un gran apoyo durante los cuatro años de carrera, en donde en repetidas ocasiones pensé en desistir y estuvo dándome palabras de aliento para continuar, gracias por demostrarme tu amor, por tenerme tanta paciencia y por nunca dejarnos solas.

A mis **HERMANOS**, gracias por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y por esos momentos en los que me brindaron momentos de risas para olvidarme de un mal rato, gracias por cuidar de mi hija cuando lo necesite.

III. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
Cuadro 1.	Continentes y países que concentran la mayor población de ovinos a nivel continental (FAO, 2023).....	4
Cuadro 2.	Principales productores de carne de ovino a nivel mundial (toneladas, FAO, 2023)	5
Cuadro 3.	Ganancias de peso reportadas en corderos en engorda	11
Cuadro 4.	Efecto de la interacción entre la alimentación de corderos de pelo con frituras y la inyección con zinc sobre variables productivas y reproductivas...	35
Cuadro 5.	Efecto de la alimentación de corderos de pelo con frituras y la inyección con zinc sobre variables productivas y reproductivas	36

IV. NDICE DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 1.	Ganancia de peso durante la engorda de corderos del tratamiento control (línea sólida) y Frituras (línea punteada).....	32
Figura 2.	Ganancia de peso durante la engorda de corderos suplementados del tratamiento zinc (línea sólida) o sin (línea punteada).....	33
Figura 3.	Circunferencia escrotal de corderos alimentados sin (línea solida) o con Frituras (línea punteada).....	33
Figura 4.	Circunferencia escrotal de corderos suplementados con (línea solida) o sin (línea punteada) zinc.....	34

V. LISTA DE SÍMBOLOS / NOMENCLATURA

kg	Kilogramo
v	Voltio
ppm	Partes por millón
LH	Hormona luteinizante
GnRH	Hormona liberadora de gonadotropinas
mg	Miligramo
mL	mililitro

VI. RESUMEN

Los remanentes/mermas de la industria de alimentos para humanos pueden ser utilizados para la alimentación de los animales de interés zootécnico. La industria de la producción de frituras produce una gran cantidad de remanentes (productos no aptos para el consumo humano), que pueden ser utilizados para la alimentación de ovinos. Sin embargo, se desconoce de estudios que hayan evaluado su efecto sobre parámetros productivos y reproductivos. Por tanto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la incorporación de frituras de maíz y papa, a dietas de engorda para ovinos, sobre variables productivas y reproductivas en los animales. Las unidades experimentales (n=20) fueron asignadas a uno de dos tratamientos: Frituras y Control. Los corderos del grupo Frituras fueron alimentados por 99 días con una dieta de engorda que incluía 15% de frituras. Adicionalmente, dentro de cada grupo experimental se formaron dos subgrupos: Sin-Zinc y Con-Zinc. Los animales del grupo Zinc fueron inyectados con óxido de zinc. Las variables de respuesta fueron ganancia diaria de peso, peso vivo final, circunferencia escrotal, peso de la canal, peso testicular, peso del escroto, volumen del eyaculado y concentración espermática. En general, la adición de frituras a la dieta y la suplementación con óxido de zinc, así como la interacción, no afectaron ($p \geq 0.05$) ninguna de las variables evaluadas. En conclusión, la inclusión de frituras de maíz y papa, o la inyección de óxido de zinc, no afecta el desempeño productivo y reproductivo de corderos de pelo en engorda.

Palabras clave: canal, concentración espermática, engorda, ovinos, reproducción.

VII. ABSTRACT

The leftovers/remanents from the human food industry might be used to feed farm animals. The snack industry produces many leftovers (unsuitable for human consumption) that can be offered to feed sheep. However, the existence of studies evaluating its effect on reproductive and productive parameters is unknown. The experimental units (n=20) were assigned to one of two treatments: Snacks and Control. Lams in the Snack group were fed for 99 days, with a ratio containing 15% snacks. In addition, two subgroups were formed within each experimental group: No-zinc and With-zinc. The animals in the With-zinc group were supplemented with zinc oxide. The response variables were daily weight gain, initial live body weight, terminal live body weight, scrotal circumference, carcass weight, testicular weight, scrotal weight, ejaculate volume, and sperm concentration. In general, including snacks in lam fattening ratio, the zinc oxide supplementation, and their interaction did not affect any of the evaluated response variables ($p \geq 0.05$). In conclusion, 15% of corn and potato snacks in the lamb fattening ratio equalize their reproductive and productive performance to those fed with conventional rations. In addition, the supplementation of 500 mg of zinc oxide did not improve the ejaculate volume and sperm concentration. In conclusion, including corn and potato snacks or the zinc oxide injection does not affect the productive and reproductive performance of hair lamb in the feed lot.

Key words: carcass, fattening, ovine, reproduction, sperm concentration.

1. INTRODUCCIÓN

La nutrición afecta todos los componentes del eje reproductivo, muchas de las estrategias nutricionales que se utilizan para mejorar la eficiencia reproductiva se aplican en momentos específicos donde ocurre un evento reproductivo de interés, tales como la producción de espermatozoides (Martin *et al.*, 2004). Una adecuada nutrición requiere de técnicas adecuadas de alimentación y un buen balanceo de la ración (Cannas *et al.*, 2019), de tal manera que se cubran los requerimientos del animal, sin sobrepasarlos, ya que esto puede ocasionar sobrepeso, y se sabe que esta condición reduce el desempeño reproductivo del macho (Martin *et al.*, 2010). Además, es importante que durante la formulación de raciones se considere la presencia de componentes que pudieran llegar a considerarse como indeseables, por representar un riesgo para la salud y desempeño productivo del animal. Por ejemplo, la acrilamida. Esta se encuentra presente en las frituras de maíz y papa.

La acrilamida es un subproducto del proceso de cocción, durante la reacción de Maillard, y es conocida por ser un agente cancerígeno (Virk-Baker *et al.*, 2014). Además, se sabe que su administración reduce la producción de testosterona y produce alteraciones en el espermatozoide (Pourentezari *et al.*, 2014) y testículos en ratones (Print *et al.*, 2014), posiblemente al crear condiciones de estrés oxidativo (Omidi *et al.*, 2020). Además, el consumo de alimentos chatarra (contienen acrilamida) reduce el potencial reproductivo en humanos (Ognjenovic *et al.*, 2019). Se puede especular entonces que la alimentación de animales con subproductos/remanentes que contienen acrilamida puede llegar a comprometer su desarrollo reproductivo. Por tanto, sería aconsejable incluir en la dieta de los animales, o mediante suplementación, agentes que se conocen tienen un efecto benéfico sobre la actividad reproductiva, tales como el zinc.

El zinc desempeña importantes funciones fisiológicas en rumiantes y es considerado como el “metal de la vida” (Mir *et al.*, 2020). Se ha demostrado que su suplementación aumenta las ganancias de peso en ovinos (Aliarabi *et al.*, 2015; Kegley & Spears, 1994) y mejora el desempeño productivo del macho, a través de incrementar la producción de semen (Ghorbani *et al.*, 2018; Kumar *et al.*, 2006).

Sin embargo, la información científica disponible que evalúe el efecto de la alimentación de corderos con frituras sobre aspectos productivos y reproductivos, así como su interacción con la inyección de zinc, es escasa. Por consiguiente, es necesario desarrollar trabajos de investigación que aborden esta temática, más aún cuando se sabe que en el Valle de Mexicali existe un sector de productores que alimenta a sus animales con frituras.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Mercado mundial de la carne de ovino

La población de ovinos a nivel mundial es de 1.3 mil millones de cabezas, de las cuales el 44.45, 32.45, 9.46, 7.30 y 6.31% se distribuye en Asia, África, Europa, Oceanía y América (FAO, 2023). Los Cuadros 1 y 2 muestran a los continentes y países que concentran la mayor población de ovinos. La producción mundial de carne de esta especie fue de 9959866.64 t, de las cuales el 26.32, 6.59, 4.56, 3.87, 3.43 y 2.7% son producidas por China, Australia, Nueva Zelanda, Turquía, Argelia e India. A nivel mundial las exportaciones de carne de ovino ascienden a 1428485.28 t anuales, siendo Nueva Zelanda, Australia, Reino Unido, Irlanda, España y Francia los principales exportadores, 44.99, 30.74, 4.89, 3.50, 3.47 y 2.57%, respectivamente. Las importaciones de carne de ovinos fueron de 1152623.74 t, de las cuales el 35.60, 12.76, 9.05, 4.11, 3.17, 2.80 y 2.53% son realizadas por China, Estados Unidos de América, Francia, Reino Unido, Emiratos Árabes, Alemania y Malasia (FAO, 2023).

Cuadro 1. Continentes y países que concentran la mayor población de ovinos a nivel continental (FAO, 2023)

País	Cabezas	Asia	Cabezas	América	Cabezas
	18637680		18637680		2053747
China	0	China, Continental	0	Brasil	4
					1334791
India	74285168	India	74285168	Argentina	1
					1094230
Australia	68047402	Irán (República Islámica del)	45269666	Perú	9
Nigeria	48637013	Turquía	45177690	México	8766678
Irán	45269666	Pakistán	31595000	Bolivia	7633504
Turquía	45177690	Mongolia	31086963	Uruguay	6233128
				Estados Unidos	5170000
Chad	41771929	Uzbekistán	19327100	Colombia	1805877
Sudan	41010257	Kazajistán	18595263	Chile	1719063
Etiopía	38609884	Indonesia	17902991		
Reino Unido	32957000	República Árabe Siria	16783185	Cuba	1376610
Europa	Cabezas	África	Cabezas	Oceanía	Cabezas
Reino Unido	32957000	Nigeria	48637013	Australia	6804740
				Nueva Zelanda	2
Rusia	19785390	Chad	41771929		2573288
España	15081350	Sudán	41010257	Fiji	9
					32061
Romania	10087400	Etiopía	38609884	Nueva Guinea	7329
				Nueva Caledonia	2211
Grecia	7253000	Argelia	31126445		
Francia	6994630	Kenia	24801605	Polinesia	441
Italia	6728350	Marruecos	22726481		

Irlanda	3991180	Sudáfrica	21464621
Noruega	2264789	Malí	21149809
Portugal	2237970	Níger	14132592

Cuadro 2. Principales productores de carne de ovino a nivel mundial (toneladas, FAO, 2023)

Área	Valor	África	Valor	América	Valor
China,					102554.7
Continental	2621800	Argelia	342295	Brasil	4
			267865.6		
Australia	656750	Sudán	5	México	65845.71
				Estados	
Nueva	454197.7		206070.3	Unidos de	
Zelandia	9	Chad	1	América	64774
	385932.6				
Turquía	7	Marruecos	179000	Argentina	51805.85
			151291.4		
Argelia	342295	Nigeria	7	Perú	33259.22
				Bolivia	
	276379.2			(Estado	
India	5	Sudáfrica	148000	Plurinacion	
	267865.6		141177.4	al de)	30374.18
Sudán	5	Etiopía	5	Uruguay	24074
Reino Unido					
de Gran					
Bretaña e	267000	Túnez	56400	Canadá	17765.25

Irlanda del Norte					
Pakistán	247000	Egipto	55782.68	Cuba	16300
Irán (República Islámica del)	238135	Kenya	50842	Chile	8210.02
Asia	Valor	Europa	Valor	Oceanía	Valor
		Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	267000	Australia	656750
China, Continental	2621800	Federación de Rusia	196826	Nueva Zelanda	454197.7
Turquía	385932.6				9
India	7	España	120390	Fiji	146
	276379.2			Papua Nueva Guinea	32.08
Pakistán	247000	Francia	81790	Nueva Caledonia	9
Irán (República Islámica del)	238135	Grecia	63780	Polinesia Francesa	3.01
	169134.3				
Uzbekistán	7	Irlanda	63430		
República Árabe Siria	160446.2	Rumania	53560		
	155403.4				
Kazajstán	5	Alemania	33360		
	149160.4				
Mongolia	9	Italia	29420		

123610.8

Turkmenistán 1 Serbia 27604

El consumo de carne se incrementa a medida que las sociedades se hacen más complejas e industrializadas. Además, su incorporación a la dieta suele denotar estatus cultural y superioridad (Chiles & Fitzgerald, 2018). En particular, la carne de ovinos es en su mayoría consumida en ocasiones especiales y por motivos religiosos (Ramírez-López *et al.*, 2020). Sin embargo, se prevé una reducción en el consumo de carne en varios países del mundo, incluyendo la de ovino. Esto se debe a que en los últimos años se ha registrado un incremento en el número de personas vegetarianas. Además, un sector de la sociedad se encuentra en la búsqueda de proteínas alternativas a las de origen animal, procurando que tengan un menor impacto en el ambiente (Whitton *et al.*, 2021). Otro factor que posiblemente ha contribuido a la disminución de carne es el cambio en la estructura familia, principalmente caracterizado por una disminución en el número de integrantes, y un aumento en el número de mujeres que trabajan, y/o que viven de manera independiente, lo que ocasiona un incremento en la necesidad de consumir alimentos procesados y de rápida preparación (Hopkins & Fowler, 2018).

Los consumidores tradicionales de carne de ovino señalan que prefieren este tipo de carne porque tiene un buen sabor. Sin embargo, el público que no está acostumbrado a este tipo de carne la asocia con un sabor fuerte o desagradable (Mandolesi *et al.*, 2020). Por otra parte, las personas se muestran abiertas a explorar el mercado de la carne de ovino, siempre y cuando las estrategias de mercado se enfoquen en resaltar los beneficios de su consumo, su practicidad y formas de cocinarla (Mandolesi *et al.*, 2020). Actualmente, el consumo per cápita a nivel mundial de carne de ovinos es de 1.8 kg (Whitton *et al.*, 2021), siendo Nueva Zelanda y Australia los países que

presentan el mayor consumo de carne de ovinos por persona, 25 y 16 kg (Whitton *et al.*, 2021).

La tendencia del mercado de carne de ovinos muestra un aumento en la demanda de canales más pesadas y con menos contenido de grasa. Además, los consumidores se han especializado a lo largo de los años, demandando cortes nuevos de carne, y con mayor cantidad de nutrientes esenciales (Hopkins & Fowler, 2018). Otro atributo que los consumidores han valorado cada vez más es la denominación de origen, y el consumo de corderos producidos en su localidad. Esto bajo el supuesto de un menor periodo de transporte de la carne y mayor bienestar animal (Caroprese *et al.*, 2020).

La carne de ovino presenta una gran versatilidad. Esta se consume en forma de diferentes platillos (curada, seca, embutidos, cortes, etc.) a nivel mundial, siendo muy apreciada en el norte de Europa, el Mediterráneo, Medio Oriente, Asia Central y Norte de África. Sin embargo, en países donde no se acostumbra el consumo de ovinos, esta carne suele encontrarse únicamente en mercados tradicionales y tiendas con venta de alimentos selectos (Teixeira *et al.*, 2020). En general, la comercialización de la carne de ovinos necesita enfocarse a las necesidades de un mercado cambiante para poder incrementar su presencia comercial. Además, sus productos deben de atender a dos grupos poblacionales distintos, los jóvenes que demandan productos novedosos, y los adultos mayores, acostumbrados a platillos tradicionales y en busca de presentaciones que sean de fácil digestión (Holman *et al.*, 2020)

2.2. Mercado nacional de la carne de ovino

El inventario mexicano de ovinos es de 8.8 millones de cabezas. Los estados de México, Hidalgo, Veracruz, Zacatecas, Jalisco y San Luis Potosí concentran el 15.47, 12.55, 8.36, 5.71, 4.99 y 4.89% del total del rebaño mexicano. En

México se producen 67,248.793 t de carne de ovino. Los principales productores son los estados de México, Hidalgo, Veracruz, Jalisco, Puebla, y Zacatecas; los cuales producen el 13.71, 10.02, 8.83, 7.49, 6.66 y 6.59% del total nacional. Sin embargo, la producción nacional no es suficiente para cubrir la demanda nacional, por lo que recurre a importar aproximadamente 391.26 t anuales (SIAP-2023). La ovinocultura nacional se ha mostrado incapaz de cubrir la demanda nacional, no por falta de inventario; si no por una pobre eficiencia productiva de los rebaños mexicanos (Bobadilla-Soto *et al.*, 2021).

El peso al sacrificio promedio de los animales en México es de 43.2 Kg, con un rango de 20 a 85 kg. Los animales sacrificados son en su mayoría cruza, solo el 11% de ellos corresponde a animales de raza pura. El rendimiento promedio de la canal de los animales sacrificados es del 50% (Partida de la Peña *et al.*, 2017). Los animales que se sacrifican provienen de diversos sistemas de producción, desde los extensivos a los intensivos (Partida de la Peña *et al.*, 2017). La producción de los ovinos mexicanos ha estado históricamente en manos de productores de bajos recursos, y la gran mayoría del inventario nacional es criollo/cruzado (Hernández-Marin *et al.*, 2017). Sin embargo, se ha observado un incremento en la presencia de la ganadería de tipo empresarial (Bobadilla Soto *et al.*, 2017). En el norte del país se concentran los sistemas de producción tecnificados que utilizan razas de ovinos de lana y especializadas en la producción de carne. En el centro de México se produce ganado cruzado entre razas de lana y pelo. En el sur del país tiene dominio pleno de los sistemas de producción las razas de pelo (Hernández-Marin *et al.*, 2017).

En general, la producción de carne de ovino ha tenido un crecimiento del 2.2% anual de 1970 a 2019 (Bobadilla-Soto *et al.*, 2021). La producción de este tipo de carne a nivel nacional presenta una estacionalidad marcada, teniendo sus valores más bajos durante los meses de enero a mayo, y los más altos de junio

a diciembre (Bobadilla-Soto *et al.*, 2021). La comercialización de la carne de ovino es en su mayoría mediante la venta de animales por pieza o “bulto”; teniendo un valor más alto los corderos menores a un año de edad (Hernández-Marin *et al.*, 2017). Además, un 10% del total de los animales producidos en el rebaño suelen destinarse para autoconsumo (Hernández-Marin *et al.*, 2017).

El mexicano tiene un consumo anual de carne de ovinos de 0.6 kg (SIAP, 2020). La barbacoa es la presentación más solicitada al momento de consumir carne de ovino. El consumo de este platillo está principalmente arraigado en la zona centro del país, donde suele comercializarse en forma de tacos o por kilogramo (Alanís *et al.*, 2022). Una característica importante del consumidor mexicano es que prefiere la barbacoa proveniente de animales de razas lanares en comparación con las de pelo (Alanís *et al.*, 2022). Además, la costilla del animal es la parte más demandada por los consumidores, seguida por la espaldilla y la falda (Vélez *et al.*, 2016).

2.3. Nutrición y engorda de ovinos

El periodo de engorda de ovinos inicia generalmente después del destete, y suele tener una duración de 60 a 90 días, alcanzando un peso corporal al sacrificio de 40 kg (SIAP, 2020). La engorda de corderos es diferente, dependiendo del tipo de sistema de producción. Por ejemplo, en los sistemas extensivos, los animales son engordados a base de forraje, con o sin suplementación con concentrado. Las ganancias de peso en este tipo de sistema de engorda son variables, y dependen en gran medida de la calidad del pasto, pudiendo variar de 47 a 300 g día⁻¹. Además, una de las desventajas del sistema de engorda en pastoreo es que depende de la disponibilidad estacional del forraje, sobre todo en los agostaderos (Fernandez-turren *et al.*, 2020). Por el contrario, en los sistemas intensivos, la engorda de los ovinos se

lleva a cabo mediante la incorporación de dietas a base de granos (Cuadro 3) (Adrián Muñoz-Osorio *et al.*, 2016). Las engordas en estos sistemas pueden llevarse a cabo en corrales elevados, o a nivel de piso. Las ganancias de peso en este tipo de engorda suelen ser superiores a las reportadas en ovinos engordados en pradera, teniendo una ganancia media de 221 g día⁻¹ (Muñoz-osorio *et al.*, 2015). Sin importar el tipo de dieta a utilizar en la engorda, esta debe de cubrir los requerimientos mínimos de ganancia de peso. Los cuales son afectados por el sexo del animal, la raza, la tasa de crecimiento, la edad y las condiciones ambientales donde se desarrolla la engorda (MA *et al.*, 2022).

Cuadro 3. Ganancias de peso reportadas en corderos en engorda

Alimentación	Ganancia de peso	Autor
Engorda de corderos con dietas de 2.83 a 3.05 Mcal kg ⁻¹	0.253 a 0.291 kg día ⁻¹	(Ríos-Rincón <i>et al.</i> , 2014)
Engorda de corderos con dietas de 19.7 a 20.7% de proteína	0.175 a 0.254 kg día ⁻¹	(Guimarães <i>et al.</i> , 2021)
Dietas peletizadas a no, con 1.6 a 1.9 de extracto etéreo, y 15.8 a 16.1% de proteína	0.170 a 0.207 kg día ⁻¹	(B. Li <i>et al.</i> , 2021)
Dietas con 14.3 a 14.9% de proteína	0.206 a 0.277 kg día ⁻¹	(Zhang <i>et al.</i> , 2021)
Dietas con 2.4% de extracto etéreo	0.273 a 0.311 kg día ⁻¹	(Giráldez <i>et al.</i> , 2021)
Dietas con 14 a 20% de proteína	0.120 a 0.320 kg día ⁻¹	(Rodríguez-Hernández <i>et al.</i> , 2019)
Dieta con 2 a 6% de grasa	0.23 a 0.26 kg día ⁻¹	(Job <i>et al.</i> , 2021)

Dietas con 3 a 6% de extracto etéreo	0.180 a 0.234 kg dia ⁻¹	(El-Nomeary <i>et al.</i> , 2021)
Dietas suplementadas con aceite de soya	0.141 a 0.188 kg dia ⁻¹	(Peng <i>et al.</i> , 2016)
Dietas con 5 a 10% de glicerol	0.119 a 0.173 kg dia ⁻¹	(Saleem & Singer, 2018)
Dietas con 1.3 a 5.2% de aceite de palma. 1.4 a 6.4% de extracto etéreo	0.14 a 0.21 kg dia ⁻¹	(Castro <i>et al.</i> , 2022)
Dietas con 0 a 30% de aceite de pescado. Con 2.3 a 4.9% de extracto etéreo	0.165 a 0.271 kg dia ⁻¹	(Hernández-García <i>et al.</i> , 2017)
Dietas con aceite (48%). 6.9% de extracto etéreo	0.280 a 0.295 kg dia ⁻¹	(Hernández-García <i>et al.</i> , 2017)

La energía es uno de los componentes más importantes de la ración, ya que se ha demostrado que dietas bajas en contenido de energía disminuyen el consumo de alimento, mientras que dietas altas estimulan un mayor consumo de alimento y ganancias de peso (Wang *et al.*, 2020). Además, un aumento en el aporte energético de la ración mejora la calidad de la canal y de la carne (Wang *et al.*, 2020). Esto puede estar asociado a que dietas altas en energía modifican la población bacteriana del rumen, ocasionando un incremento en la población de bacterias que degradan carbohidratos y lípidos, pero reduciendo las poblaciones de las que procesan la fibra (Ge *et al.*, 2023). Algunos insumos que pueden ser utilizados como fuente de energía son el maíz, la pulpa de cítricos y el salvado de arroz (Guimarães *et al.*, 2021). Por otra parte, un incremento en el contenido de energía en la ración permite hacer un uso más

eficiente de otros componentes de la dieta, tales como la proteína (Ríos-Rincón *et al.*, 2014).

La proteína es un componente indispensable en la ración, ya que es necesaria para construir músculo y acelerar las tasas de desarrollo de los animales en engorde (Ghanem *et al.*, 2022). Algunos insumos que pueden ser utilizados como fuentes de energía en la alimentación de ovinos son la pasta de soya, harina de pescado y los granos secos de destilería (Brand & van der Merwe, 1993). Los niveles de proteína en la dieta son variables, y se incorporan dependiendo de la edad, peso y raza del animal. Por ejemplo, en la engorda de corderos de 15 kg de peso vivo se ha utilizado dietas de engorda que varían de un 14, 16 y 18% en su contenido de proteína, obteniéndose ganancias de peso de 138, 151 y 134 g día⁻¹, respectivamente; y una conversión alimenticia de 9.2, 8.6 y 9.5, respectivamente (Prima *et al.*, 2019). En otro estudio, la formulación de raciones de engorda para ovinos con un 12 a 15.6% mostraron que las ganancias de peso más elevadas (188 día⁻¹) se obtiene cuando los corderos son engordados con dietas que contenían 14.8% de proteína (Wang *et al.*, 2021).

Las grasas son incorporadas a la ración de ovinos de engorda para incrementar la densidad energética por kilogramo. Estas suelen ser utilizadas cuando los ingredientes que integran la dieta son incapaces de cubrir los requerimientos diarios de energía, o bien en condiciones de estrés calórico (Ilian *et al.*, 1988). El incremento en el contenido de grasa en la ración suele estar asociado con un aumento en las ganancias de peso y con un aumento en el peso de la canal (Li *et al.*, 2021). Existen diversas formas de incrementar el aporte lipídico de la dieta; una de las más comunes es mediante la incorporación de aceites (Candyrine *et al.*, 2019). La adición de 10, 20 y 30% de aceite de pescado resultó en un incremento del 8, 13 y 22% en el extracto etéreo de la ración. Esto significó un aumento en las ganancias de peso de los

corderos en comparación con los no suplementados (237, 271, 256 y 156 g día⁻¹) (Hernández-García *et al.*, 2017). Sin embargo, otros estudios no han encontrado diferencias significativas en las ganancias de peso de corderos después de la suplementación con aceite de olivo y de semilla de uva, pero si son efectivos en mejorar el aporte nutricional y la calidad de la carne (Miltko *et al.*, 2019).

2.4. Uso de subproductos/remanentes en la alimentación animal

Los subproductos/remanentes de la industria pueden ser utilizados para reemplazar los ingredientes tradicionales en la alimentación animal. Esto puede contribuir a la construcción de sistemas de producción animal más sustentables (Vastolo *et al.*, 2022), principalmente mediante la reducción de la cantidad de recursos naturales destinados a la producción de forrajes y cereales destinados a la industria ganadera. Además, algunos estudios *in vitro* han demostrado que la incorporación de subproductos industriales estratégicos puede reducir el impacto negativo de la industria ganadera sobre el ambiente, principalmente al disminuir la producción de metano (Vastolo *et al.*, 2022). Los residuos, sobre todo los de la industria agrícola, pueden ser clasificados como pajas y subproductos. Las pajas suelen ser de bajo valor nutricional, mientras que los subproductos pueden variar en su aporte nutricional (Yang *et al.*, 2021).

En términos de aporte nutricional, las revisiones de literatura disponibles hacen referencias a subproductos que pueden ser utilizados para el reemplazo de insumos tradicionales para incrementar el aporte de proteína; por ejemplo, la soya. En este sentido, algunos subproductos, tales como los derivados del procesamiento del brócoli, el jitomate y la pasta de semilla de calabaza pueden aportar de un 22 a 53% de proteína (Vastolo *et al.*, 2022). En general, los animales alimentados con algún subproducto de la industria han mostrado una

disminución en el uso de forrajes o del concentrado, una reducción en las emisiones de metano, mayores ganancias de peso, y un incremento en la digestibilidad de la materia seca (Yang *et al.*, 2021). En un estudio realizado con corderos, se reemplazó el 44% del concentrado de la dieta con subproductos (granos de destilerías, pulpa de cítricos y pasta de olivo); y se encontró que estos últimos mejoraron la vida de anaquel de la carne y su aporte nutricional (de Evan *et al.*, 2020).

Una característica importante de los subproductos, de la industria de alimentos, a utilizar en la alimentación animal es que no deben ser dañinos para la salud. Algunos subproductos pueden contener componentes que resulten peligrosos al consumirlos, por ejemplo, gossipol, tiaminasas, aflatoxinas, etc., por lo que la industria puede someter los subproductos/remanentes industriales a procesos, tales como calentamiento, o la adición de químicos, para eliminarlos (Sindhu *et al.*, 2002). Aunque en algunos otros casos, como cuando se detecta el contenido de saponinas, la recomendación es limitar el consumo animal (Sindhu *et al.*, 2002). Por lo general, cualquier efecto benéfico que pudieran tener los subproductos/remanentes industriales sobre el desempeño reproductivo de los animales es dependiente de la cantidad que se incluya en la dieta (Yang *et al.*, 2021).

En un estudio realizado con vacas lecheras se evaluó la inclusión de galletas y frituras en la dieta sobre su desempeño productivo. Estos remanentes de la industria de alimentos sustituyeron el 25% de la cantidad de maíz incluido en la ración, no se observó un aumento en la producción de leche, ni se mejoró su composición; pero sí se disminuyó el consumo de alimento balanceado, y el costo de producción en un 2.1% (Angulo-Arizala *et al.*, 2022).

2.5. Efecto de la inclusión de frituras en la dieta sobre la salud de mamíferos

La industria productora de frituras de maíz y de papa es de gran importancia a nivel mundial. En México, el mercado de esta industria se encuentra dominado por las empresas Sabritas® y Barcel® (Carrete *et al.*, 2018). La empresa Sabritas® es la que más presencia tiene en el mercado, controlando casi el 70% de las ventas, por lo que los productos de esta empresa son fácilmente reconocidos por el consumidor en el mercado (Carrete *et al.*, 2018). Por tanto, la producción y consumo de las frituras producidas por Sabritas® y Barcel® se ha incrementado en los últimos años. Esto se debe principalmente al crecimiento de las cadenas de comida rápida, y a los cambios sociales que han propiciado un mayor consumo de alimentos procesados y de fácil acceso, aunque también de bajo valor nutritivo (Calderón, 2019). Este panorama puede fácilmente extrapolarse a otros países, tales como China; el cual es uno de los principales productores de papas a nivel mundial, y cuenta con 38 empresas dedicadas a la producción de frituras (Wang *et al.*, 2023).

La información acerca del consumo de frituras y sus efectos son más evidentes en humanos, que en animales de interés zootécnico. Por tanto, a continuación, se presenta evidencia científica que describe el efecto del consumo de frituras sobre la salud. El consumo de 160 g diarios de frituras de papas ha mostrado ser responsable por ocasionar un estado pro-inflamatorio, evidenciado por un aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno (Naruszewicz *et al.*, 2009). El producto responsable por estos efectos en la salud es la acrilamida. Esta se forma durante la reacción de Maillard, al someter a proceso de cocción alimentos que contiene asparagina y azúcares; este compuesto es generalmente considerado como cancerígeno (Hariri *et al.*, 2015). El contenido de este compuesto en las frituras puede variar de 5 a 6360 $\mu\text{g kg}^{-1}$, y se considera que su presencia en los productos alimenticios es un tema de

seguridad pública (Žilić *et al.*, 2022). Las frituras son consideradas de bajo aporte nutricional, contienen 1.16 a 3.59%, 1.31 a 6.11%, 30.29 a 42.98%, y de 53.16 a 65.65% de humedad, proteína, grasa y carbohidratos, respectivamente. El aporte mineral de este alimento es también bajo, teniendo variaciones en los aportes de calcio (5.27–8.76 mg g⁻¹), fósforo (0.25–1.58 mg g⁻¹), magnesio (0.56–1.06 mg g⁻¹), zinc (0.22–0.41 mg g⁻¹), hierro (0.09–0.21 mg g⁻¹), y cobre (0.01–0.032 mg g⁻¹) (Benkhoud *et al.*, 2022). Además, se ha reportado la presencia de metales pesados (plomo y cadmio), la presencia de los cuales tiende a incrementarse a medida que se incrementa el precio del producto vendido (Jaradat & Tarawneh, 2014).

Los niveles más elevados de acrilamida son generalmente encontrados en niños y jóvenes. Esta tiene como principal vía de entrada la oral, una vez que llega a la circulación general es transportada por la hemoglobina, y tienen la capacidad de traspasar la barrera placentaria (Virk-Baker *et al.*, 2014). En el hígado, la acrilamida es metabolizada a glicilamida por la enzima citocromo p450 2E1, la cual es responsable por inducir daños a nivel de ADN en el espermatozoide (Pourentezari *et al.*, 2014). En el espermatozoide humano se ha demostrado que la exposición a dosis crecientes de acrilamida ocasiona una disminución en el porcentaje de espermatozoides motiles y con motilidad progresiva, y disminuye la viabilidad espermática; posiblemente al disminuir la estabilidad de la membrana espermática y disminuir la capacidad antioxidante del espermatozoide (Omidi *et al.*, 2020). En ratones alimentados por vía oral con dosis crecientes de acrilamida se observó un incremento en el porcentaje de espermatozoides anormales, una disminución en el peso de las glándulas accesorias (vesículas seminales, próstata) y testículos. Además, se observó una disminución en la actividad esteroideogénica testicular (producción de testosterona), y una atrofia del tejido de los túbulos seminíferos (Print *et al.*, 2014). En otros estudios se sugiere una relación entre la incidencia de cáncer

renal, endometrial, y ovárico con el consumo de acrilamida (Virk-Baker *et al.*, 2014).

2.6. Efectos de la alimentación en aspectos reproductivos del macho: zinc

Es conocido que la nutrición juega un papel fundamental en el desarrollo reproductivo del rumiante. Por lo que se han desarrollado diversas estrategias reproductivas enfocadas en manipular la edad a la pubertad, el comportamiento sexual y la calidad espermática del semental. Sin embargo, la efectividad de estas estrategias dependerá en gran medida de la genética del animal, el momento de la aplicación, la cantidad de dieta suministrada, y el estado metabólico y el ambiente al momento de implementar la estrategia nutricional (Martin *et al.*, 2010).

Una de las etapas reproductivas que primero se quiere manipular es la pubertad, ya que esta marca el inicio de la actividad reproductiva del macho. En general, se asume que animales bien alimentados alcanzan la pubertad más rápido que aquellos sub-alimentados (Kenny & Byrne, 2018). La vía hormonal encargada de regular el inicio de la pubertad no está bien definida. Sin embargo, el efecto de la nutrición sobre el inicio de la pubertad parece estar regulado por los centros de regulación de consumo del alimento en el núcleo arcuato, lo que incluye al neuropéptido Y, como inhibidor de la secreción de kisspeptina, GnRH y LH, el cual es también responsable de inducir el consumo de alimento. Además, se incluye a propiomelanocortina, la cual se encarga de controlar las señales de saciedad, y de estimular la producción de kisspeptina, GnRH y LH (Martin *et al.*, 2010).

La alimentación de corderos con 130, 165 y 200% de sus requerimientos nutricionales de los siete a 12 meses de edad produjo un incremento lineal en

el peso vivo del animal, así como en la circunferencia escrotal. Sin embargo, después de que el plano nutricional se homogeneizó en todos los carneros, las diferencias desaparecieron. Lo anterior deja en claro la adaptabilidad del eje reproductivo (Sutama & Edey, 1986). En otro estudio, la suplementación con 100, 300 y 500 g de grano por día a carneros en pastoreo, por 45 días, para obtener una condición corporal de 2.5, 3.0 y 4.0, produjo un incremento lineal en la circunferencia escrotal y desarrollo testicular. Además, se observó un efecto cuadrático en el volumen del eyaculado, la motilidad masal, el porcentaje de espermatozoides motiles, y en las concentraciones de testosterona (Maurya *et al.*, 2010). De manera similar, un aumento en el aporte de energía (2.18 vs 2.34 Mcal) y proteína (13 vs 16%) mejoró no solo las ganancias de peso en los sementales, sino que también se observó una mejora significativa en la calidad espermática (Ghorbankhani *et al.*, 2015). El posible mecanismo a través del cual la mejora en la nutrición este aumentado el desempeño reproductivo del semental implica un incremento en las concentraciones periféricas y centrales de glucosa e insulina, las cuales a su vez pueden estar actuando a nivel de núcleo arcuato para estimular la secreción de kisspeptina, estimulando a su vez la producción de GnRH y gonadotropinas, para aumentar el trabajo testicular (Miller, 1996).

Por otra parte, un incremento en el aporte de proteína en la ración (11.7, 12.9, y 13.8%) produjo una mejora en el porcentaje de espermatozoides vivos (78 vs 85 vs 86%, respectivamente), en el volumen del eyaculado (0.9 vs 0.8 vs 1.0 ml, respectivamente) y la concentración espermática (3.9 vs 4.1 vs 4.2×10^7 células espermáticas, respectivamente) (Khan *et al.*, 2022). Por el contrario, el suministro de una dieta diseñada para que los animales pierdan 10% de su peso vivo a lo largo de un periodo de 65 días ocasionó una reducción en la producción de espermatozoides por gramo de testículo, en el volumen del eyaculado, y en su concentración (Guan *et al.*, 2014). Lo anterior puede ser explicado porque los animales subalimentados presentan una menor

secreción pulsátil de GnRH y LH, lo cual explicaría las alteraciones en la función testicular. Es probable que, en animales subalimentados, la disminución en las concentraciones de glucosa y ácidos grasos desencadenen los eventos que conllevan a la disminución en la secreción de gonadotropinas (Matsuyama & Kimura, 2015).

Uno de los componentes del alimento del animal que pudiera limitar su fertilidad es el zinc. Este es un mineral traza, tiene actividad catalítica y reguladora dentro de la célula; lo que se traduce en un rol importante en la expresión génica, la actividad antioxidante del animal, y en el consumo de alimento (Rosa *et al.*, 2008). El zinc es absorbido principalmente en el intestino delgado, se transporta en sangre unido a albúmina; la mayor parte del zinc absorbido será almacenado en el núcleo y citoplasma de la célula (Kerns *et al.*, 2018). Las deficiencias de zinc en el animal serán evidenciadas por menores ganancias de peso, predisposición a enfermedades y falla reproductiva (Rosa *et al.*, 2008).

El zinc es de vital importancia para el desempeño reproductivo del macho. En un estudio realizado en ovinos, la suplementación de 35 a 70 ppm de zinc produjo un aumento en el volumen del eyaculado, el número de espermatozoides normales y en las concentraciones sanguíneas de testosterona (Miguel *et al.*, 2016a). En otro estudio, las unidades experimentales (toros) fueron suplementados con 35 a 70 ppm de zinc, y se observó una mejora en la concentración espermática, porcentaje de espermatozoides vivos y motiles, así como en las concentraciones de testosterona (Kumar *et al.*, 2006). En conejos, la suplementación con 75 a 150 ppm de zinc, incrementó la concentración espermática y el porcentaje de espermatozoides vivos (Baiomy *et al.*, 2018). En gallos, la suplementación con 110 ppm de zinc, aumentó el diámetro de los túbulos seminíferos, el número de espermatogonias y la concentración espermática en comparación con los

animales no suplementados con zinc (Jafari *et al.*, 2021). En estudios in vitro se demostró que la suplementación con 100 ppm de zinc a muestras de semen, no solo mejora la supervivencia y calidad de la muestra almacenada, sino que también se mejora su fertilidad (Khodaei-Motlagh *et al.*, 2022). En humanos, la suplementación con zinc ha mostrado ser efectiva en mejorar la calidad espermática de pacientes con problemas de fertilidad (Hadwan *et al.*, 2012). Lo anterior indica que el zinc juega un papel importante en la reproducción del semental, y que su suplementación resulta en mejoras del desempeño reproductivo.

El papel preponderante del zinc se debe a que se encuentra participando en eventos relevantes, tales como la condensación de la cromátida, estabiliza la membrana plasmática del espermatozoide, proporciona actividad antioxidante y regula la capacitación espermática (Kerns *et al.*, 2018).

2.7. Métodos de extracción de semen

Uno de los elementos esenciales en la valoración reproductiva de un semental es el análisis de una muestra seminal. Esta puede ser obtenida por diversos métodos, los más utilizados a nivel de campo son el uso del electroeyaculador, vagina artificial y masaje transrectal (Love, 1992).

La extracción de semen por medio de electroeyacular es práctico, porque no requiere la presencia de una hembra en celo, o que los machos se encuentren entrenados para poder llevar a cabo la recolección del semen. Además, permite realizar las colectas de semen en animales con anestro estacional, y en los de vida silvestre (Abril-Sánchez *et al.*, 2019). Este método consiste en realizar descargas eléctricas controladas sobre las glándulas accesorias (Edgar *et al.*, 1956). Las descargas eléctricas producen rigidez de los miembros posteriores e interrupción momentánea de la respiración, la

eyaculación suele presentarse después de realizar, de manera controlada, dos a 10 descargas eléctricas (Edgar *et al.*, 1956). De acuerdo con resultados publicados, las muestras de mejor calidad se obtienen cuando se aplica una descarga eléctrica a intervalos de siete segundos, por un periodo de tres segundos; iniciando con 1 V; la eyaculación suele presentarse cuando se induce una corriente de 5.1 V (Cameron, 1977). Es importante resaltar, que cuando se realizan descargas eléctricas entre períodos cortos de tiempo, el animal suele expresar mayor ansiedad y respuestas violentas, por lo que esto debe de ser tomado en cuenta al momento de realizar la coleta, con el objetivo de minimizar el estrés (Cameron, 1977).

El método de colecta por medio del electroeyaculador es controversial, algunos lo consideran que va en contra del bienestar animal, por lo que aquellos que lo utilizan han tratado de disminuir los impactos negativos que este tiene sobre el animal mediante el suministro de sedantes y analgésicos previo a la colecta de semen (Abril-Sánchez *et al.*, 2019). Un método alternativo a la colecta de semen con electroeyaculador es el uso de vagina artificial. Este método es el más utilizado a nivel de campo, y se basa en simular las condiciones de temperatura y humedad de la vagina de la hembra en celo para estimular la eyaculación del macho (Love, 1992). La ventaja principal de este método es que no es invasivo, y no ocasiona dolor alguno al animal. Sin embargo, requiere que el semental esté entrenado para eyacular en la vagina artificial (Bahadi *et al.*, 2023). En general, los resultados de investigación muestran que las muestras de semen son de mejor calidad cuando se obtienen utilizando una vagina artificial, que cuando se utiliza un electro-eyaculador (Aral & Aral, 2004).

El masaje transrectal consiste en estimular la eyaculación mediante la manipulación de las glándulas accesorias. La estimulación de estas puede ser llevada a cabo con los dedos y manos, o con la ayuda del transductor del

ecógrafo (Abril-Sánchez *et al.*, 2017). Este método de colecta de semen también causa estrés al animal, pero en menor grado que el electroeyaculador. El tiempo necesario para poder obtener eyaculaciones en machos caprinos es de 3.5 minutos (Tekin *et al.*, 2020), que es mayor al tiempo requerido para obtener una muestra por vagina artificial o electro-eyaculador. Los análisis de muestras seminales colectadas de animales silvestres (pangolín) no detectaron diferencias en la calidad de las muestras cuando se compara el masaje rectal con el electroeyaculador como métodos de colecta (Tarmizi *et al.*, 2020). Resultados similares fueron publicados cuando se colectaron las muestras de semen en machos caprinos (Abril-Sánchez *et al.*, 2017). Sin embargo, otros investigadores reportan una mayor concentración espermática en la muestra seminal cuando se utiliza la vagina artificial en comparación con el masaje rectal (Sylla *et al.*, 2015).

2.8. Valoración de muestras seminales

La calidad del semen es de vital importancia para lograr una concepción, desarrollo embrionario adecuado, y el nacimiento de crías saludables (Wysokińska, 2022). Su calidad será revisada durante las pruebas de fertilidad convencionales. Estas están compuestas por dos partes principales, el análisis físico del semental y la valoración de la muestra seminal. Ambas partes son importantes, pero la valoración del semen es de mayor relevancia, ya que las biotecnologías reproductivas actuales pueden hacer que un semental con incapacidad física continúe su reproducción, pero es poco probable que un semental que produce una muestra de semen de mala calidad se reproduzca. Por tanto, el análisis de la muestra de semen es la base de la evaluación del potencial reproductivo del macho (Samplaski *et al.*, 2021). El análisis de las muestras seminales puede llevarse a cabo por los métodos convencionales, usando microscopio, o por medios computacionales avanzados (Vasan, 2011).

El análisis de las muestras seminales puede ser dividido en dos: macro y microscópico (Samplaski *et al.*, 2021). El análisis macroscópico implica la medición del color, volumen y consistencia, principalmente. Este tipo de variables pueden apreciarse y medirse mediante observación directa (Páez-Barón & Corredor-Camargo, 2014). Las variables microscópicas suelen incluir a la medición de la motilidad espermática, morfología, concentración, pH; y otras mediciones más especializadas como actividad mitocondrial, daño de ADN, etc (Vasan, 2011).

El volumen de la muestra colectada se puede determinar directamente en el tubo colector. El color de la muestra de semen es generalmente blanco-lechoso, para muestras con elevada concentración espermática; mientras que aquellas de color amarillo, café o claras serán indicativas de anormalidades tanto en el semental como en la muestra (Córdova *et al.*, 2015).

La primera evaluación microscópica de la muestra seminal deberá de ser la determinación de la presencia de espermatozoides en el eyaculado. La ausencia de ellos (azoospermia) obligará al técnico a tomar otra muestra, para verificar lo encontrado (Aziz, 2013). La determinación de la presencia de espermatozoides se lleva a cabo al momento de evaluar la motilidad. La motilidad espermática puede evaluarse de manera individual o en masa. La primera permite determinar el tipo de movimiento predominante en los espermatozoides de la muestra (progresivo, o no). Mientras que la masa, se mide en escalas de 0 a 5, donde el 0 indica la ausencia de movimiento; mientras que el 5 resalta la presencia de movimientos vigorosos en la muestra de semen. En general, la motilidad es uno de los primeros filtros de la evaluación espermática; ya que los machos que produzcan muestras seminales con astenozoospermia serán descartados, o recalendarizados para próximas evaluaciones (Páez-Barón & Corredor-Camargo, 2014).

La medición de la vitalidad espermática se lleva a cabo mediante la determinación del número de vivos y la integridad de membrana. En ambas mediciones el objetivo es determinar la integridad de la membrana del espermatozoide. La primera medición se lleva a cabo mediante la aplicación de tinciones a una muestra seminal, la más convencional es la eosina-nigrosina. Los espermatozoides muertos o con una mala integridad de membrana se tiñen de un color morado después de ser expuestos a la tinción, mientras que los vivos o con buena integridad de membrana no permiten la entrada del colorante, y se observan blancos (Vasan, 2011). La integridad de membrana se evalúa mediante el conteo del número de colas hinchadas, después de exponer el espermatozoide a una solución hiposmótica; la cual ocasiona una entrada de agua a la célula espermática, ocasionado la aparición de colas espermáticas enrolladas (Vasan, 2011).

La presencia de espermatozoides anormales en la muestra seminal es indeseable. La medición de esta variable se lleva a cabo mediante la identificación de los espermatozoides que presenten cualquier anomalía en cabeza y flagelo; las anomalías más comunes son a nivel de este último (presencia de colas enroscadas, cortas o con gota citoplasmática) (Córdova *et al.*, 2015).

3. JUSTIFICACIÓN

Una de las razones que sustentan la importancia de los sistemas de producción animal es que suministran el 96% de la proteína consumida por la población humana a nivel mundial (Kim *et al.*, 2019). Además, se espera que la demanda de productos de origen animal se incremente en los próximos años (Flies *et al.*, 2018). Sin embargo, el incremento en la producción de gases con efecto invernadero, el cambio climático y la competencia por tierra y granos generan críticas a los sistemas de producción animal, obligándolos a buscar estrategias de producción sostenibles (Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.*, 2018). Existen tres estrategias principales para lograr una producción animal sostenible, las cuales son el mejoramiento de la eficiencia animal, la reducción en la demanda de productos de origen animal y/o el uso de recursos o sub-productos en la alimentación animal, que no puedan ser utilizados directamente para la producción de alimentos por la industria (Schader *et al.*, 2015).

El presente proyecto de investigación busca abordar la tercera estrategia de sostenibilidad, mediante la evaluación del uso de remanentes de la industria productora de frituras, para la alimentación de ovinos. Los subproductos/remanentes de la industria aportan nutrientes a las raciones de animales, pueden reducir los costos de producción y generalmente aseguran una fuente constante de alimento, ya que normalmente se producen en áreas cercanas a las unidades de producción (Sindhu *et al.*, 2018). Las características de cada sub-producto/remanente determinarán si se utilizan como fuente de forraje, energía y/o proteína (Azevêdo *et al.*, 2012).

El sector de ovinos mexicano produce 64 mil toneladas de carne, ocupando el puesto 34 en el ranking mundial, el consumo de esta carne es de aproximadamente 600 g por persona al año (SIAP, 2020). Este sistema de

producción se encuentra bien establecido y ampliamente difundido a lo largo del territorio nacional (Partida de la Peña *et al.*, 2017). Sin embargo, en regiones como Baja California, esta actividad está considerada como de subsistencia y con baja o nula asistencia técnica (Martínez-Partida *et al.*, 2011). Por tanto, es necesario desarrollar estrategias que potencialicen la eficiencia del sistema de producción y lo hagan más rentable. El uso de sub-productos/remanentes generados en Mexicali, tales como los desperdicios de frituras, pueden ser utilizados en la alimentación del ovino en el Valle de Mexicali, como una alternativa a los insumos de uso común, con el fin de reducir los costos de producción. Sin embargo, desconocemos de algún estudio que haya evaluado el uso de este ingrediente en aspectos productivos y de la salud en el animal, más aún cuando se sabe que estos, aun en su forma primaria (forma en que es consumida por el hombre), son dañinos para la salud humana (Fuhrman, 2018).

4. HIPÓTESIS

La inclusión de frituras en la ración mejora el desempeño productivo, pero disminuye el volumen y la concentración espermática de corderos de pelo en engorda.

La inyección de zinc mejora el desempeño productivo, el volumen del eyaculado y la concentración espermática de corderos de pelo engordados con frituras.

5. OBJETIVO

Evaluar el efecto de la incorporación de frituras a la dieta de corderos de pelo sobre su comportamiento productivo y reproductivo.

Evaluar el efecto de la inyección de zinc en corderos de pelo alimentados con frituras sobre su comportamiento productivo y reproductivo.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Unidad de Producción de Ovinos del Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, México. Los animales utilizados en esta investigación fueron manejados de acuerdo a los lineamientos de bienestar animal del “*Canadian Council on Animal Care*” (CCAC, 2009).

6.2 Unidades y diseño experimental

Las unidades experimentales (n=20 corderos cruzados Pelibuey x Katahdin), 97 ± 9.73 días de edad y 24.81 ± 6.35 kg de peso vivo fueron asignadas de manera aleatoria a uno de dos tratamientos: Frituras y Control. Los corderos del grupo Frituras (n=10) fueron alimentados con una dieta de engorda que incluía frituras de maíz y papa. Estas eran una mezcla variada de la merma/remanente (no destinado al consumo humano) de productos producidos por la empresa Sabritas®, México. La dieta de los corderos del grupo Control (n=10) no contenía frituras. Dentro de cada grupo experimental se formaron dos subgrupos: Sin-zinc (n=5) y Con-zinc (n=5). Los animales del subgrupo Sin-zinc no fueron suplementados con zinc, y recibieron una dosis subcutánea de 3 ml de aceite de olivo cada cinco días. Los animales del grupo Con-zinc recibieron una dosis subcutánea de 500 mg de óxido de zinc (Zinc Óxido, Jalmek) disueltos en 3 ml de aceite de olivo cada cinco días.

6.3 Alimentación de las unidades experimentales.

Los animales del grupo Control fueron alimentados con una dieta que contenía paja de trigo, alfalfa, trigo, pasta de soya y carbonato de calcio, 20, 10, 39, 30 y 1%, respectivamente tal como se ofrece (proteína: 21.8%, extracto etéreo:

2.7%, fibra cruda: 11.8% y calcio: 2.2%). Los animales del grupo Frituras fueron alimentados con una dieta que contenía paja de trigo, alfalfa, trigo, soya, frituras y carbonato de calcio, 20, 10, 30, 24, 15 y 1% respectivamente, tal como se ofrece (proteína:17.7%, extracto etéreo: 6.4%, fibra cruda: 9.1% y calcio: 2.16%).

El periodo de alimentación duró 99 días, con 15 días de adaptación a la dieta. La cantidad de alimento ofrecido fue de 1.3 y 3 kg animal⁻¹ desde el inicio al final del periodo de alimentación. La cantidad de alimento aumentaba en ambos grupos experimentales cuando se registraba menos del 10% de rechazo del alimento ofrecido.

6.4 Variables de respuesta

Las variables de respuestas fueron el peso vivo, ganancia de peso, volumen del eyaculado, concentración espermática, circunferencia escrotal, peso de la canal, peso testicular y peso del escroto.

El peso vivo de los animales y la circunferencia escrotal fueron registrados a intervalos de 14 días. La circunferencia escrotal se midió utilizando una cinta métrica, la medición se llevó a cabo por la misma persona a lo largo del experimento, colocando la cinta en la parte más ancha de los testículos.

A los 11 días previo al sacrificio, se colectó semen a intervalo de dos días en tres ocasiones, se llevó a cabo utilizando una oveja en celo, y una vagina artificial unida a un tubo colector de semen. El volumen del semen se midió directamente en el tubo colector. La concentración espermática se determinó mediante la cámara de Neubauer, siguiendo metodologías previamente descritas (Gore *et al.*, 2020).

Las unidades experimentales se sacrificaron al finalizar la engorda en el taller de carnes del Instituto de Ciencias Agrícolas. Se registró, el peso de la canal caliente, el de ambos testículos y del escroto, por separado.

6.5 Análisis estadístico

Las variables peso vivo inicial, peso vivo final, peso testicular, peso del escroto y peso de la canal caliente fueron analizadas con SAS utilizando PROC GLM en un diseño factorial 2x2. Las variables ganancia de peso, circunferencia escrotal, concentración y volumen del eyaculado fueron analizadas mediante un modelo de medidas repetidas en un diseño factorial 2x2 usando PROC MIXED. Es importante mencionar que no fue posible coleccionar muestras seminales de tres corderos del grupo Frituras y uno del grupo Control. En todos los casos se consideró que existía una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos cuando se obtenía una $p < 0.05$. El paquete estadístico utilizado en el análisis de los datos fue SAS "ondemand".

7. RESULTADOS

La ganancia de peso de los corderos no fue afectada ($p \geq 0.05$) por la alimentación con frituras (0.30 ± 0.01 vs 0.30 ± 0.01 kg día⁻¹ para los grupos Control y Frituras), o de zinc (0.30 ± 0.01 vs 0.29 ± 0.01 kg día⁻¹ para los grupos Sin-zinc y Con-zinc) (Figuras 1 y 2). El efecto de interacción tampoco fue significativo ($p \geq 0.05$) (Figuras 3 y 4, y Cuadro 3). La circunferencia escrotal de los corderos no fue afectada ($p \geq 0.05$) por la alimentación con frituras (24.1 ± 5.52 vs 24.2 ± 5.52 cm para los grupos Control y Frituras), o de zinc (24.4 ± 5.52 vs 23.9 ± 5.52 cm para los grupos Sin-zinc y Con-zinc). El efecto de interacción tampoco fue significativo ($p \geq 0.05$) (Figuras 1 a 4). El resto de las variables no fueron afectadas por los efectos de alimentación de los corderos con frituras o la inyección de zinc ($p \geq 0.05$), la interacción entre estos tampoco fue significativa ($p \geq 0.05$).

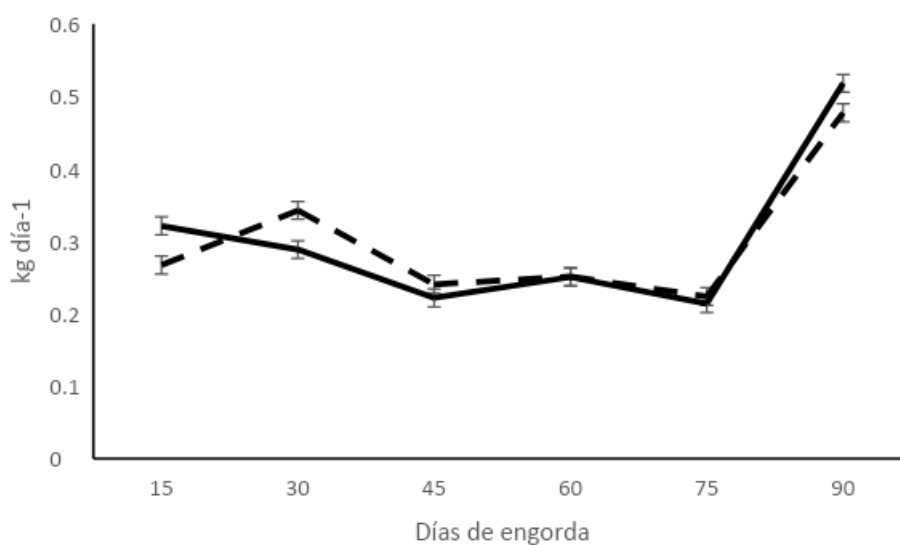


Figura 1. Ganancia de peso durante la engorda de corderos del tratamiento Control (línea sólida) y Frituras (línea punteada)

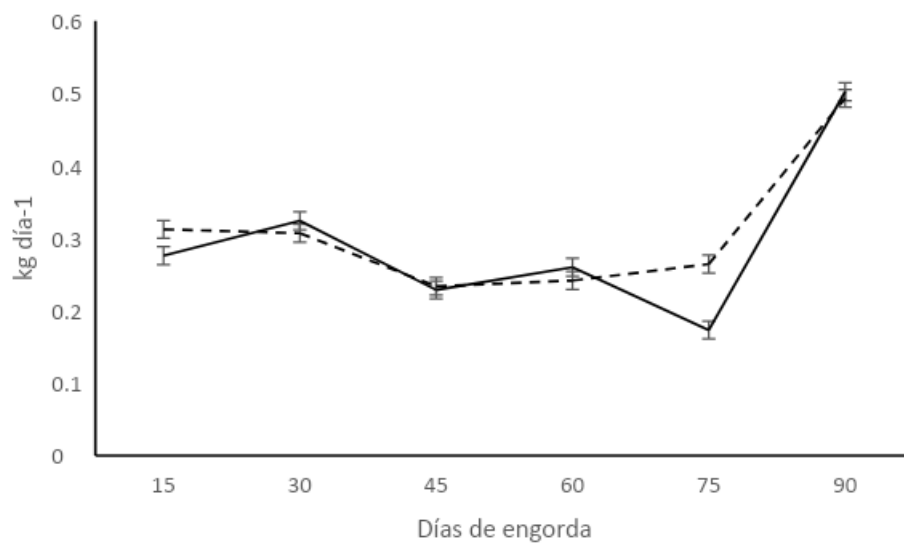


Figura 2. Ganancia de peso durante la engorda de corderos suplementados del tratamiento Con- (línea sólida) o Sin-zinc (línea punteada)

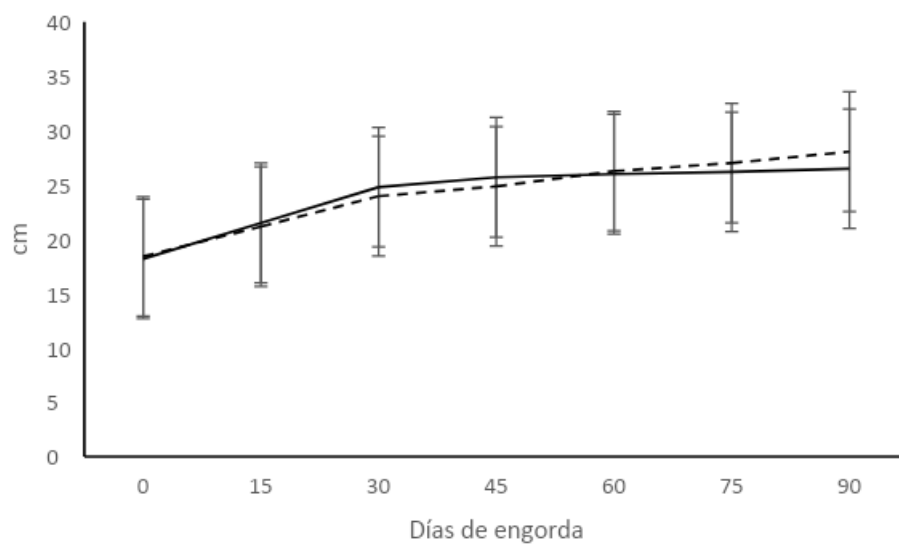


Figura 3. Circunferencia escrotal de corderos alimentados sin (línea sólida) o con Frituras (línea punteada)

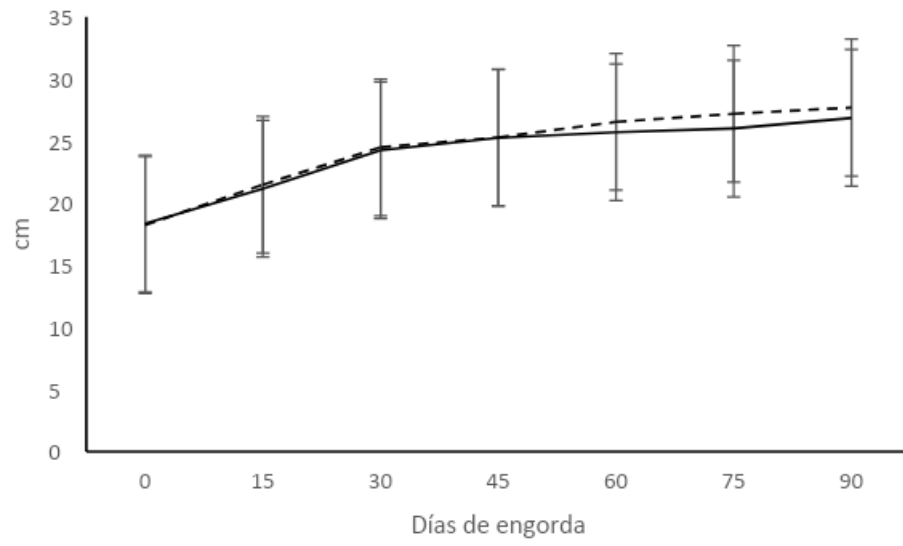


Figura 4. Circunferencia escrotal de corderos suplementados Con- (línea sólida) o Sin-zinc (línea punteada)

Cuadro 4. Efecto de la interacción entre la alimentación de corderos de pelo con frituras y la inyección con zinc sobre variables productivas y reproductivas

Variable	Control		Frituras	
	Sin-zinc	Con-zinc	Sin-zinc	Con-zinc
Peso vivo inicial (kg)	25.0±3.0 ^a	25.0±3.0 ^a	25.3±3.0 ^a	23.8±3.0 ^a
Peso vivo final (kg)	52.4±5.3 ^b	52.9±5.3 ^b	53.6±5.3 ^b	49.9±5.3 ^b
Peso de la canal (kg)	25.6±2.7 ^c	26.1±2.7 ^c	26.8±2.7 ^c	25.5±2.7 ^c
Peso testicular (g)	284.6±48 ^d	286.7±48.8 ^d	350.9±48.8 ^d	315.0±48.8 ^d
Peso del escroto (g)	128.7±18 ^e	131.6±18.0 ^e	129.6±18.0 ^e	97.1±18.0 ^e
Volumen del eyaculado (mL)	0.53±0.06 ^f	0.65±0.07 ^f	0.76±0.09 ^f	0.59±0.08 ^f
Concentración espermática (×10 ⁶ mL ⁻¹)	439.6±11.9 ^g	539.8±11.9 ^g	159.07±11.9 ^g	789.3±11.9 ^g

*Variables con diferente literal en la misma fila indica diferencia significativa (p≤0,05)

Cuadro 5. Efecto de la alimentación de corderos de pelo con frituras y la inyección con zinc sobre variables productivas y reproductivas

Variable de respuesta	Tratamientos			
	Control	Frituras	Sin-zinc	Con-zinc
Peso vivo inicial (kg)	25.0±2.1	24.6±2.1	25.1±2.1	24.4±2.1
Peso vivo final (kg)	52.7±3.7	51.7±3.7	53.0±3.7	51.4±3.7
Peso de la canal (kg)	25.86±1.91	26.19±1.91	26.22±1.91	25.83±1.91
Peso testicular (g)	285.7±34.5	333.0±34.5	317.8±34.5	300.9±34.5
Peso del escroto (g)	130.2±12.74	113.3±12.74	129.1±12.7	114.4±12.7
Volumen del eyaculado (mL)	0.59±0.05	0.67±0.06	0.65±0.06	0.62±0.05
Concentración espermática ($\times 10^6$ mL ⁻¹)	489.7±8410	474.2±8410	299.3±8411	664.6±8410

8. DISCUSIÓN

El incremento poblacional junto con la creciente demanda de productos de origen animal supone un riesgo a la seguridad alimentaria a nivel mundial, ya que se predice un incremento de casi el 80% en el consumo de proteína de origen animal para el 2050 (Henchion *et al.*, 2017). Esto ha conllevado a que se establezcan cambios sustanciales en los sistemas de producción animal a nivel mundial, tratando de hacerlos más eficientes. Sin embargo, esto suele ser observado solo en los países desarrollados, aquellos en vías de desarrollo parecen no estar innovando (Acosta & De los Santos-Montero, 2019). Algunas de las estrategias que se han planteado para tratar de prevenir una crisis alimentaria son las siguientes: promover el consumo de dietas que minimicen la producción de desperdicios, proteger las tierras agrícolas de la urbanización, incorporar ciencia y capacitación a los procesos productivos, y desarrollar sistemas de producción sustentables (Gu *et al.*, 2019). Este tipo de sistemas de producción deben de enfocarse en la reducción del impacto ambiental, lo que implica la diversificación de los insumos que utiliza para su funcionamiento. Una de las recomendaciones es que se incorpore el uso de residuos de la industria para la alimentación del ganado (Kusch-Brandt, 2020), ya que estos pueden ayudar a mitigar la producción de gases con efecto invernadero (Vastolo *et al.*, 2022).

El presente trabajo de investigación evaluó el efecto de la incorporación de frituras de maíz y papas sobre aspectos productivos y reproductivos en corderos. Las frituras forman parte de la comida chatarra que se oferta en el mercado mexicano; el cual está dominado por la empresa Sabritas®. Esta empresa controla aproximadamente el 70% de las ventas en el mercado (Carrete *et al.*, 2018). El consumo de este tipo de productos se ha incrementado últimamente, debido al crecimiento de las cadenas de comida rápida, y a los cambios sociales que han propiciado un mayor consumo de

alimentos procesados y de fácil acceso, aunque también de bajo valor nutritivo (Calderón, 2019), ya que las frituras aportan de 1.16 a 3.59%, 1.31 a 6.11%, 30.29 a 42.98%, y de 53.16 a 65.65% de humedad, proteína, grasa y carbohidratos, respectivamente (Jaradat & Tarawneh, 2014).

La industria de las frituras produce una gran cantidad de producto que se clasifica como merma, la cual suele ser comercializada en Mexicali entre los ganaderos para la alimentación animal. Sin embargo, se sabe poco acerca del desempeño productivo y reproductivo de los animales alimentados con frituras. En el presente trabajo de investigación, la inclusión de 15% de frituras en la dieta de corderos de engorda no afectó las ganancias de peso diarias. Los resultados obtenidos en relación a esta variable son superiores a otros reportados en la literatura (Cuadro 3).

Los animales alimentados con fritura tuvieron ganancias de peso superiores a las reportadas en ovinos alimentados con dietas de engorda con porcentajes de proteína superiores (19-20%, 0.175 a 0.254 kg día⁻¹) (Guimarães *et al.*, 2021) a los utilizados en el presente trabajo de investigación. De hecho, una diferencia importante entre las dietas del grupo alimentado con frituras y el control, es que el contenido de proteína se redujo por efecto de la inclusión de frituras (17.7 vs 21.8%). Esto ofrece la posibilidad de aminorar los costos de la ración, ya que la proteína es el insumo más caro de la dieta. Además, una de las ventajas de la inclusión de frituras en la ración fue que redujo la cantidad de polvo en la ración, esto debido a la capacidad de apelmazamiento ofrecida por los lípidos presentes. Se puede especular que la no diferencia en las ganancias de peso, entre los grupos Control y Frituras, puede deberse a la cantidad de energía extra aportada por la fracción lipídica de las frituras (2.7 vs 6.4%), ya que ganancias de peso similares a las obtenidas en el presente trabajo de investigación han sido reportadas en engordas de ovinos con dietas

con elevado contenido de extracto etéreo (6.9%, 0.280 a 0.295 kg dia⁻¹) (Hernández-García *et al.*, 2017).

En general, la incorporación de las frituras mejora el aporte energético de la ración. Los pesos al sacrificio y de la canal no fueron afectados por la inclusión de frituras en la ración. La ausencia de efectos significativos en estas variables indica que las frituras pueden incluirse en la dieta sin comprometer el desempeño productivo de los animales. Además, el consumo de frituras no afectó ninguna de las variables reproductivas evaluadas. Se puede especular que la falta de diferencias en el desempeño productivo y reproductivo de los animales puede deberse a que el nivel de frituras incluido en la ración no fue el suficiente como para evidenciar una respuesta significativa. Sin embargo, de acuerdo a resultados de colaboradores del presente trabajo de investigación, y que están aún por publicar, la inclusión de hasta un 30% de frituras en la dieta de engorda de corderos no ofrece cambios significativos en el desempeño productivo.

Una preocupación con el uso de frituras en la alimentación animal es la presencia de acrilamida, la cual se forma durante el proceso de cocción de los carbohidratos, y está considerada como cancerígeno (Hariri *et al.*, 2015). A nivel reproductivo se sabe que la acrilamida produce una atrofia testicular, disminuye la producción de testosterona, así como la motilidad espermática (Print *et al.*, 2014; Omid *et al.*, 2020). En general, se considera que la presencia de acrilamida es un tema de seguridad alimentaria (Žilić *et al.*, 2022).

Al incorporar las frituras en la ración de los corderos se asumió un efecto negativo sobre variables reproductivas, por lo que se decidió suplementar los animales con zinc. Este es un mineral traza de gran relevancia para el desarrollo reproductivo del animal (Rosa *et al.*, 2008). La efectividad de la suplementación de zinc en aumentar el desempeño reproductivo ha sido

evidenciada en estudios in vivo a in vitro. Por ejemplo, la suplementación de 35 a 150 ppm de zinc en ovinos, bovinos, conejos y gallos ha mejorado el volumen y la concentración del eyaculado, así como la motilidad espermática y la actividad esteroideogénica testicular (Miguel *et al.*, 2016; Baiomy *et al.*, 2018; Jafari *et al.*, 2021; Khodaei-Motlagh *et al.*, 2022). Sin embargo, en el presente estudio la suplementación de los corderos con 500 mg de óxido de zinc no afectó las variables reproductivas evaluadas. La razón por lo cual ocurrió esto es desconocida. Sin embargo, algunas de las diferencias entre el presente estudio y los que han mostrado un efecto benéfico del zinc en variables reproductivas son la fuente de zinc y las vías de aplicación.

Las presentaciones de zinc que han mostrado un efecto positivo en variables reproductivas son el óxido, sulfato, hidróxido y propionato (Baiomy *et al.*, 2018; Jafari *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2006). La vía oral es la que más se ha utilizado en los estudios donde se ha reportado el beneficio del zinc en el desempeño reproductivo de los animales de interés zootécnico (Miguel *et al.*, 2016; Baiomy *et al.*, 2018; Jafari *et al.*, 2021; Khodaei-Motlagh *et al.*, 2022). La inyección de óxido de zinc ha mostrado ser efectiva en incrementar los niveles sanguíneos de este mineral a nivel periférico (Lamand *et al.*, 1980). Sin embargo, los resultados de este estudio no respaldan su efecto a nivel reproductivo. La principal desventaja de la vía de aplicación oral es que no se tiene certeza de que el animal consuma la cantidad de zinc esperada. Además de que se tiene que proporcionar diariamente. Por el contrario, la vía inyectable es más práctica en garantizar la cantidad deseada en el animal.

En ovinos, la suplementación de la dieta con 70 ppm de zinc mejoró el volumen del eyaculado (0.6 vs 0.9 mL) y la producción total de espermatozoides por colecta (1301 vs 1955 millones) con respecto a los animales no suplementados (Miguel *et al.*, 2016b). Por el contrario, la suplementación de 40 ppm de zinc no mejoró la circunferencia escrotal, el volumen, ni la producción de

testosterona; pero si la producción total de espermatozoides (905 vs 1326 millones de espermatozoides) (Ghorbani *et al.*, 2018). La dosis de zinc utilizada en el presente estudio es superior a la de los anteriores estudios, y se propuso con base en los requerimientos de NRC para pequeños rumiantes (NRC, 2007). Sin embargo, no se observó ningún efecto en las variables de respuesta evaluadas.

9. CONCLUSIÓN

La inclusión de frituras de maíz y papa, o la inyección de óxido de zinc, no afecta el desempeño productivo y reproductivo de corderos de pelo en engorda.

10. LITERATURA CITADA

- Abril-Sánchez, S., Freitas-de-Melo, A., Beracochea, F., Damián, J. P., Giriboni, J., Santiago-Moreno, J., & Ungerfeld, R. (2017). Sperm collection by transrectal ultrasound-guided massage of the accessory sex glands is less stressful than electroejaculation without altering sperm characteristics in conscious goat bucks. *Theriogenology*, *98*, 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.05.006>
- Abril-Sánchez, S., Freitas-de-Melo, A., Giriboni, J., Santiago-Moreno, J., & Ungerfeld, R. (2019). Sperm collection by electroejaculation in small ruminants: A review on welfare problems and alternative techniques. *Animal Reproduction Science*, *205*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.03.023>
- Acosta, A., & De los Santos-Montero, L. A. (2019). What is driving livestock total factor productivity change? A persistent and transient efficiency analysis. *Global Food Security*, *21*(March), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.06.001>
- Adrián Muñoz-Osorio, G., Jacinto Aguilar-Caballero, A., Armando Sarmiento-Franco, L., Wurzinger, M., & Cámara-Sarmiento, R. (2016). Lamb fattening systems in the tropics 3(8):267-277,2016. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *3*(8), 267–277. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000200267
- Alanís, P. J., Miranda-de la Lama, G. C., Mariezcurrena-Berasain, M. A., Barbabosa-Pliego, A., Rayas-Amor, A. A., & Estévez-Moreno, L. X. (2022). Sheep meat consumers in Mexico: Understanding their perceptions, habits, preferences and market segments. *Meat Science*, *184*(June 2021). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108705>

- Aliarabi, H., Fadayifar, A., Tabatabaei, M. M., Zamani, P., Bahari, A., Farahavar, A., & Dezfoulian, A. H. (2015). Effect of Zinc Source on Hematological, Metabolic Parameters and Mineral Balance in Lambs. *Biological Trace Element Research*, 168(1), 82–90. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0345-0>
- Angulo-Arizala, J., Nemocón-Cobos, A., Barragán-Hernández, W. A., Gallo-Marín, J., & Mahecha-Ledesma, L. (2022). Food industry waste (snacks) as feedstuff in a Highland Colombian dairy. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 23(1). https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL23_NUM1_ART:2055
- Aral, F., & Aral, S. (2004). Comparison of semen collection methods in merino rams Faruk Aral. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(1). <https://aj.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-04-28-1/vet-28-1-7-0205-35.pdf>
- Azevêdo, J. A. G., Filho, S. C. V., Pina, D. S., Detmann, E., Pereira, L. G. R., Valadares, R. F. D., Fernandes, H. J., Silva, L. F. C., & Benedeti, P. B. (2012). Nutritional diversity of agricultural and agro-industrial by-products for ruminant feeding. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(5), 1246–1255. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000500024>
- Aziz, N. (2013). The importance of semen analysis in the context of azoospermia. *Clinics*, 68(SUPPL. 1), 35–38. [https://doi.org/10.6061/clinics/2013\(Sup01\)05](https://doi.org/10.6061/clinics/2013(Sup01)05)
- Bahadî, M. A., Al-Badwi, M. A., Samara, E. M., Abdoun, K. A., Alhidary, I. A., & Al-Haidary, A. A. (2023). Group-training of rams at puberty for artificial vagina-mediated semen collection and its influence on semen quality and sexual behavior. *Animal Reproduction*, 20(1), 1–8. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2022-0051>
- Baiomy, A., Hassanien, H., & Emam, K. (2018). Effect of Zinc Oxide Levels Supplementation on Semen Characteristics and Fertility Rate of

Bucks Rabbits Under Subtropical Conditions. *Egyptian Journal of Rabbit Science*, 28(2), 395–406.
<https://doi.org/10.21608/ejrs.2018.44320>

Benkhoud, H., Mrabet, Y., Nasraoui, N., Bellazreg, W., Daly, F., Chaabane, N., & Hosni, K. (2022). Chemical compositions, fatty acid profiles and selected contaminants in commercial potato and corn chips sold in the Tunisian market. *Discover Food*, 2(1).
<https://doi.org/10.1007/s44187-022-00030-8>

Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F., & Perea-Peña, M. (2021). Lamb production and consumption dynamic in Mexico from 1970 to 2019. *Agronomy Mesoamerican*, 32(3), 963–982.
<https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.44473>

Bobadilla Soto, E., Flores Padilla, J., & Perea Peña, M. (2017). Comercio exterior del sector ovino mexicano antes y después del tratado de libre comercio con América del Norte. *Economía y Sociedad*, 21(37), 35–49.

Brand, T. S., & van der Merwe, G. D. (1993). Comparison of different protein sources in enriched grain mixture for fattening lambs. *SAJ. Anim. Sci.*, 23(1), 13–17.

Calderón, C. G. (2019). El consumo de los jóvenes mexicanos y la publicidad de alimentos de bajo valor nutritivo. *Brazilian Journal of Development*, 5(6), 7226–7235. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n6-204>

Cameron R.D.A. (1977). The Effect of Method of Stimulation on Response to Electroejaculation. *Australian Veterinary Journal*, 53, 380–383.

Candyrine, S. C. L., Jahromi, M. F., Ebrahimi, M., Chen, W. L., Rezaei, S., Goh, Y. M., Abdullah, N., & Liang, J. B. (2019). Oil supplementation improved growth and diet digestibility in goats and sheep fed fattening diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(4), 533–540.
<https://doi.org/10.5713/ajas.18.0059>

- Cannas, A., Tedeschi, L. O., Atzori, A. S., & Lunesu, M. F. (2019). How can nutrition models increase the production efficiency of sheep and goat operations? *Animal Frontiers*, 9(2), 33–44. <https://doi.org/10.1093/af/vfz005>
- Caroprese, M., Ciliberti, M. G., Marino, R., Napolitano, F., Braghieri, A., Sevi, A., & Albenzio, M. (2020). Effect of information on geographical origin, duration of transport and welfare condition on consumer's acceptance of lamb meat. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66267-4>
- Carrete, L., Arroyo, P., & Centeno, E. (2018). ¿Es la extensión de marca para productos saludables una estrategia adecuada cuando hay una alta asociación de la marca con productos no saludables? *Revista Brasileira de Gestao de Negocios*, 20(3), 421–442. <https://doi.org/10.7819/rbgn.v0i0.3905>
- Castro, D. P. V., Pimentel, P. R. S., dos Santos, N. J. A., da Silva Júnior, J. M., Virginio Júnior, G. F., de Andrade, E. A., Barbosa, A. M., Pereira, E. S., Ribeiro, C. V. D. M., Bezerra, L. R., & Oliveira, R. L. (2022). dietary effect of palm kernel oil inclusion in feeding finishing lambs on meat quality. *Animals*, 12(23), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ani12233242>
- CCAC. (2009). CCAC guidelines on: the care and use of farm animals in research, teaching, and testing. In *Canadian Council on Animal Care*.
- Chiles, R. M., & Fitzgerald, A. J. (2018). Why is meat so important in Western history and culture? A genealogical critique of biophysical and political-economic explanations. *Agriculture and Human Values*, 35(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10460-017-9787-7>
- Córdova, A., Pérez, J. F., Méndez, W., Villa, A. E., & Huerta, R. (2015). Obtención, evaluación y manipulación del semen de verraco en una unidad de producción mexicana. *Revista Veterinaria*, 26(1), 69–74.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-68402015000100013

- de Evan, T., Cabezas, A., Vázquez, J. de la F., & Carro, M. D. (2020). Feeding agro-industrial by-products to light lambs: Influence on meat characteristics, lipid oxidation, and fatty acid profile. *Animals*, *10*(9), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ani10091572>
- Edgar, D. G., Inkster, I. J., & MacDiarmid, H. J. (1956). An Improved Method for the Collection and Evaluation of Ram Semen. *New Zealand Veterinary Journal*, *4*(1), 20–24. <https://doi.org/10.1080/00480169.1956.11978542>
- El-Nomeary, Y. A. A., Abd El-Rahman, H. H. H., Shoukry, M. M., Abedo, A. A., Salman, F. M., & Mohamed, M. I. (2021). Effect of different dietary protein sources on digestibility and growth performance parameters in lambs. *Bulletin of the National Research Centre*, *45*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00486-1>
- Fernandez-Turren, G., Repetto, J. L., Arroyo, J. M., Pérez-Ruchel, A., & Cajarville, C. (2020). Lamb fattening under intensive pasture-based systems: A review. *Animals*, *10*(3), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ani10030382>
- Flies, E. J., Brook, B. W., Blomqvist, L., & Buettel, J. C. (2018). Forecasting future global food demand: A systematic review and meta-analysis of model complexity. *Environment International*, *120*(March), 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.019>
- Fuhrman, J. (2018). The Hidden Dangers of Fast and Processed Food*. *American Journal of Lifestyle Medicine*, *12*(5), 375–381. <https://doi.org/10.1177/1559827618766483>
- Ge, T., Yang, C., Li, B., Huang, X., Zhao, L., Zhang, X., Tian, L., & Zhang, E. (2023). High-energy diet modify rumen microbial composition and microbial energy metabolism pattern in fattening sheep. *BMC*

Veterinary Research, 19(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03592-6>

- Ghanem, N., Zayed, M., Mohamed, I., Mohammady, M., & Shehata, M. F. (2022). Co-expression of candidate genes regulating growth performance and carcass traits of Barki lambs in Egypt. *Tropical Animal Health and Production*, 54(5). <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03263-y>
- Ghorbani, A., Moeini, M. M., Souri, M., & Hajarian, H. (2018). Influences of dietary selenium, zinc and their combination on semen characteristics and testosterone concentration in mature rams during breeding season. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 813–819. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1406858>
- Ghorbankhani, F., Souri, M., Moeini, M. M., & Mirmahmoudi, R. (2015). Effect of nutritional state on semen characteristics, testicular size and serum testosterone concentration in Sanjabi ram lambs during the natural breeding season. *Animal Reproduction Science*, 153, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.12.006>
- Giráldez, F. J., Santos, N., Santos, A., Valdés, C., López, S., & Andrés, S. (2021). Fattening lambs with divergent residual feed intakes and weight gains: Unravelling mechanisms driving feed efficiency. *Animal Feed Science and Technology*, 273(January). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114821>
- Gore, D. L. M., Muasya, T. K., Okeno, T. O., & Mburu, J. N. (2020). Comparative reproductive performance of Saanen and Toggenburg bucks raised under tropical environment. *Tropical Animal Health and Production*, 52(5), 2653–2658. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02297-4>
- Gu, B., Zhang, X., Bai, X., Fu, B., & Chen, D. (2019). Four steps to food security for swelling cities. *Nature*, 566(7742), 31–33. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00407-3>

- Guan, Y., Malecki, I. A., Hawken, P. A. R., Linden, M. D., & Martin, G. B. (2014). Under-nutrition reduces spermatogenic efficiency and sperm velocity, and increases sperm DNA damage in sexually mature male sheep. *Animal Reproduction Science*, 149(3–4), 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.07.014>
- Guimarães, L. J., da Silva, I. G., Ambiel, A. C., Rego, F. C. de A., Castilho, C., Filho, L. F. C. da C., Sena, G. C., Giotto, F. M., & Zundt, M. (2021). Effects of different energy source diets, as corn substitutes, on carcass characteristics and meat quality of feedlot lambs. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 53(2), 243–251. <https://doi.org/10.48162/rev.39.057>
- Hadwan, M. H., Almashhedy, L. A., & Als Salman, A. R. S. (2012). Oral zinc supplementation restore high molecular weight seminal zinc binding protein to normal value in Iraqi infertile men. *BMC Urology*, 12. <https://doi.org/10.1186/1471-2490-12-32>
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Rinne, M., Lamminen, M., Mapato, C., Ampapon, T., Wanapat, M., & Vanhatalo, A. (2018). Review: Alternative and novel feeds for ruminants: Nutritive value, product quality and environmental aspects. *Animal*, 12(s2), S295–S309. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002252>
- Hariri, E., Abboud, M. I., Demirdjian, S., Korfali, S., Mroueh, M., & Taleb, R. I. (2015). Carcinogenic and neurotoxic risks of acrylamide and heavy metals from potato and corn chips consumed by the Lebanese population. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.009>
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods*, 6(7), 53. <https://doi.org/10.3390/foods6070053>

- Hernández-García, P. A., Mendoza-Martínez, G. D., Sánchez, N., Martínez-García, J. A., Plata-Pérez, F. X., Lara-Bueno, A., & Ferraro, S. M. (2017). Effects of increasing dietary concentrations of fish oil on lamb performance, ruminal fermentation, and leptin gene expression in perirenal fat. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *46*(6), 521–526. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000600007>
- Hernández-Marin, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruíz-Nieto, J. E., Mireles-Arriaga, A. I., Cortez-Romero, C., & Gallegos-Sánchez, J. (2017). Contribution of Sheep Breeding To the Livestock Sector in Mexico. *Agroproductividad*, *10*(3), 87–93.
- Holman, B. W. B., Fowler, S. M., & Hopkins, D. L. (2020). Red meat (beef and sheep) products for an ageing population: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, *55*(3), 919–934. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14443>
- Hopkins, D. L., & Fowler, S. M. (2018). Australian lamb meat – The response to societal and ethnic influences. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, *38*(4), 653–663. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e1>
- Ilian, M. A., Razzaque, M. A., & Salman, A. J. (1988). Use of fat in diets of sheep in hot environments. Effects on performance, carcass characteristics and lipid composition of plasma * preparation of animal fat. *19*(2260), 327–341.
- Jafari, M., Irani, M., & Rezaeipour, V. (2021). Effect of different dietary zinc sources on the semen quality, testicular histology and sex hormone concentration in broiler breeder roosters. *Italian Journal of Animal Science*, *20*(1), 489–496. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1893131>
- Jaradat, Q. M., & Tarawneh, A. (2014). Heavy Metal Content and Health Risk of Potato and Corn Chips. *Heavy Metal Content and Health Risk of Potato and Corn Chips*, *9*(2), 69–80.

- Job, B., Id, L. C., Fernando, G., Roberto, V., & Jorge, B. (2021). Effect of supplementation with avocado meal on lamb diets on growth and carcass performance. *Abanico Veterinario, December*, 1–12.
- Kegley, E. B., & Spears, J. W. (1994). Effect of Zinc Supplementation on Performance and Zinc Metabolism of Lambs Fed Forage-Based Diets. *The Journal of Agricultural Science*, 123(2), 287–292. <https://doi.org/10.1017/S002185960006857X>
- Kenny, D. A., & Byrne, C. J. (2018). Review: The effect of nutrition on timing of pubertal onset and subsequent fertility in the bull. *Animal*, 12(s1), s36–s44. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000514>
- Kerns, K., Zigo, M., & Sutovsky, P. (2018). Zinc: A necessary ion for mammalian sperm fertilization competency. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(12). <https://doi.org/10.3390/ijms19124097>
- Khan, M. K. I., Hossain, M. I., & Momin, M. M. (2022). Impact of protein supplementation on semen quality, fertility, and BMP1R gene expression in sheep of Bangladesh. *Translational Animal Science*, 6(3), 1–8. <https://doi.org/10.1093/tas/txac072>
- Khodaei-Motlagh, M., Masoudi, R., Karimi-Sabet, M. J., & Hatefi, A. (2022). Supplementation of sperm cooling medium with Zinc and Zinc oxide nanoparticles preserves rooster sperm quality and fertility potential. *Theriogenology*, 183, 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.02.015>
- Kim, S. W., Less, J. F., Wang, L., Yan, T., Kiron, V., Kaushik, S. J., & Lei, X. G. (2019). Meeting Global Feed Protein Demand: Challenge, Opportunity, and Strategy. *Annual Review of Animal Biosciences*, 7(November 2018), 221–243. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-030117-014838>
- Kumar, N., Verma, R. P., Singh, L. P., Varshney, V. P., & Dass, R. S. (2006). Effect of different levels and sources of zinc supplementation on quantitative and qualitative semen attributes and serum testosterone

- level in crossbred cattle (*Bos indicus* × *Bos taurus*) bulls. *Reproduction Nutrition Development*, 46(6), 663–675. <https://doi.org/10.1051/rnd:2006041>
- Kusch-Brandt, S. (2020). Towards more sustainable food systems—14 lessons learned. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph17114005>
- Lamand, M., Lab, C., & Tressol, J. C. (1980). Comparison of the efficiency of zinc injected as metal or oxide for zinc deficiency treatment in sheep. *Annales de Recherches Veterinaires*, 11(2), 147–149.
- Li, B., Sun, X., Huo, Q., Zhang, G., Wu, T., You, P., He, Y., Tian, W., Li, R., Li, C., Li, J., Wang, C., & Song, B. (2021). Pelleting of a Total Mixed Ration Affects Growth Performance of Fattening Lambs. *Frontiers in Veterinary Science*, 8(February), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.629016>
- Li, W., Tao, H., Ma, T., Zhang, N., Deng, K., & Diao, Q. (2021). Effect of fat levels in early phase on growth performance and meat characteristics in twin lambs. *Czech Journal of Animal Science*, 66(6), 217–224. <https://doi.org/10.17221/177/2020-CJAS>
- Love, C. C. (1992). Semen collection techniques. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 8(1), 111–128. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30470-4](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30470-4)
- MA, T., Deng, K. Dong, TU, Y., Zhang, N. Feng, Zhao, Q. Nan, LI, C. Qing, Jin, H., & Diao, Q. Yu. (2022). Recent advances in nutrient requirements of meat-type sheep in China: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63625-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63625-0)
- Mandolesi, S., Naspetti, S., Arsenos, G., Caramelle-Holtz, E., Latvala, T., Martin-Collado, D., Orsini, S., Ozturk, E., & Zanolli, R. (2020). Motivations and barriers for sheep and goat meat consumption in

- europa: A means–end chain study. *Animals*, 10(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ANI10061105>
- Martin, G. B., Blache, D., Miller, D. W., & Vercoe, P. E. (2010). Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*, 4(7), 1214–1226. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991674>
- Martin, G. B., Rodger, J., & Blache, D. (2004). Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(4), 491–501. <https://doi.org/10.1071/RD04035>
- Martínez-Partida, J., Jiménez-Sánchez, L., Herrera-Haro, J., Valtierra-Pacheco, E., Sánchez-López, E., López-Reyna, M., & Martínez, J. (2011). Ganadería ovino - caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California. *Universidad y Ciencia*, 27(3), 331–344. <https://doi.org/10.19136/era.a27n3.113>
- Matsuyama, S., & Kimura, K. (2015). Regulation of gonadotropin secretion by monitoring energy availability. *Reproductive Medicine and Biology*, 14(2), 39–47. <https://doi.org/10.1007/s12522-014-0194-0>
- Maurya, V. P., Sejian, V., Kumar, D., & Naqvi, S. M. K. (2010). Effect of induced body condition score differences on sexual behavior, scrotal measurements, semen attributes and endocrine responses in Malpura rams under hot semi-arid environment. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94(6). <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01012.x>
- Miguel, R., Juan, R., Briceida, O., Rubén, B., Soila, G., & Javier, R. (2016a). Respuesta al consumo adicional de zinc orgánico en la calidad seminal de ovinos de pelo. *Abanico Veterinario*, 6(3), 24–34. <https://doi.org/10.21929/abavet2016.63.2>
- Miguel, R., Juan, R., Briceida, O., Rubén, B., Soila, G., & Javier, R. (2016b). Respuesta al consumo adicional de zinc orgánico en la calidad

- seminal de ovinos de pelo. *Abanico Veterinario*, 6(3), 24–34. <https://doi.org/10.21929/abavet2016.63.2>
- Miller, D. W. (1996). Relationship between nutritional stimulation of gonadotrophin secretion and the peripheral and cerebrospinal fluid (CSF) concentrations of glucose and insulin in rams. *Animal Reproduction Science*, 41(3–4), 201–214. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(95\)01462-4](https://doi.org/10.1016/0378-4320(95)01462-4)
- Miltko, R., Majewska, M. G. P., Bełzecki, G., Kula, K., & Kowalik, B. (2019). Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented different vegetable oils. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(6), 767–775. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0482>
- Mir, S. H., Mani, V., Pal, R. P., Malik, T. A., & Sharma, H. (2020). Zinc in Ruminants: Metabolism and Homeostasis. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences*, 90(1), 9–19. <https://doi.org/10.1007/s40011-018-1048-z>
- Muñoz-osorio, G. A., Aguilar-, A. J., Sarmiento-franco, L. A., & Cámara-sarmiento, W. R. (2015). Descripción de los sistemas intensivos de engorda de corderos en Yucatán, México. *Nova Scientia*, 7(3), 207–226.
- Naruszewicz, M., Zapolska-Downar, D., Kośmider, A., Nowicka, G., Kozłowska-Wojciechowska, M., Vikström, A. S., & Törnqvist, M. (2009). Chronic intake of potato chips in humans increases the production of reactive oxygen radicals by leukocytes and increases plasma C-reactive protein: A pilot study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89(3), 773–777. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26647>
- NRC. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*, 2007. <https://doi.org/10.17226/11654>

- Ognjenovic, M., Ambrosini, G. L., Malacova, E., Doherty, D. A., Oddy, W. H., Handelsman, D. J., McLachlan, R., Dickinson, J., & Hart, R. J. (2019). Associations between major dietary patterns and testicular function in a population-based cohort of young men: results from the Western Australian Pregnancy Cohort (Raine) Study. *Andrology*, 7(3), 273–280. <https://doi.org/10.1111/andr.12598>
- Omidi, Z., Piravar, Z., & Ramezani, M. (2020). The effect of acrylamide on mitochondrial membrane potential and glutathione extraction in human spermatozoa: A laboratory study. *International Journal of Reproductive BioMedicine*, 18(10), 855–864. <https://doi.org/10.18502/ijrm.v13i10.7770>
- Páez-Barón, E. M., & Corredor-Camargo, E. S. (2014). Evaluación de la aptitud reproductiva del toro. *Ciencia Y Agricultura*, 11(2), 49. <https://doi.org/10.19053/01228420.3837>
- Partida de la Peña, J. A., Ríos Rincón, F. G., Colín, C., Domínguez Vara, I. A., & Buendía Rodríguez, G. (2017). Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 269–277.
- Peng, Y., Wang, J., Lin, J., & Liu, J. (2016). Effect of dietary soybean oil and antioxidants on fatty acids and volatile compounds of tail subcutaneous and perirenal fat tissues in fattening lambs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0083-y>
- Pourentezari, M., Talebi, A., Abbasi, A., Khalili, M. A., Mangoli, E., & Anvari, M. (2014). Effects of acrylamide on sperm parameters, chromatin quality, and the level of blood testosterone in mice. *Iranian Journal of Reproductive Medicine*, 12(5), 335–342.
- Prima, A., Purbowati, E., Rianto, E., & Purnomoadi, A. (2019). The effect of dietary protein levels on body weight gain, carcass production, nitrogen emission, and efficiency of productions related to emissions

in thin-tailed lambs. *Veterinary World*, 12(1), 72–78.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.72-78>

Print, I., Online, I., & Al-sowayan, N. S. (2014). Effects of acrylamide and children snack food on sex hormones nucleic acid and chromosomes of mature male Wister rats. *World Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2(11), 1416-1591.

Ramírez-López, A., Figueroa-Sandoval, B., Figueroa-Rodríguez, K. A., & Ramírez-Valverde, B. (2020). Structure and concentration of the global sheep meat market. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49.
<https://doi.org/10.37496/RBZ4920190033>

Ríos-Rincón, F. G., Estrada-Angulo, A., Plascencia, A., López-Soto, M. A., Castro-Pérez, B. I., Portillo-Loera, J. J., Robles-Estrada, J. C., Calderón-Cortes, J. F., & Dávila-Ramos, H. (2014). Influence of protein and energy level in finishing diets for feedlot hair lambs: Growth performance, dietary energetics and carcass characteristics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(1), 55–61.
<https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13307>

Rodríguez-Hernández, K., Maldonado-Jáquez, J. A., Granados-Rivera, L. D., Sánchez-Duarte, J. I., Domínguez-Martínez, P. A., Torres-Hernández, G., & Argüelles-Verdugo, E. A. (2019). Finishing lambs using an integral feed under a restricted-feeding program in an intensive production system in Northern Mexico. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 51(3), 105–111. <https://doi.org/10.4067/s0719-81322019000300105>

Rosa, D. E., Fazzio, L. E., Picco, S. J., Furnus, C. C., & Mattioli, G. A. (2008). Metabolismo y deficiencia de zinc en bovinos. *Analecta Veterinaria*, 28(2), 34–44.

Saleem, A. M., & Singer, A. M. (2018). Growth performance and digestion of growing lambs fed diets supplemented with glycerol. *Animal*, 12(5), 959–963. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001793>

- Samplaski, M. K., Falk, O., Honig, S., Shin, D., Matthews, W., & Smith, J. F. (2021). Development and validation of a novel mail-in semen analysis system and the correlation between one hour and delayed semen analysis testing. *Fertility and Sterility*, 115(4), 922–929. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2020.10.047>
- Schader, C., Muller, A., El-Hage Scialabba, N., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K. H., Smith, P., Makkar, H. P. S., Klocke, P., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M., & Niggli, U. (2015). Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *Journal of the Royal Society Interface*, 12(113). <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0891>
- SIAP. (2020). Panorama agroalimentario 2020. In *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf> %0A<https://hdl.handle.net/20.500.12380/245180>%0A<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003>%0A<https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001>%0A<http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12>
- Sindhu, A. A., Khan, M. A., And, M.-U.-N., & Sarwar, M. (2018). Review Agro-Industrial By-Products as a Potential Source of Livestock Feed. *International Journal of Agriculture & Biology*, May. <http://www.ijab.org>
- Sindhu, A. A., Khan, M. A., Mahr-Un-Nisa, & Sarwar, M. (2002). Review Agro-Industrial By-Products as a Potential Source of Livestock Feed. *International Journal of Agriculture & Biology*, 8530, 4–2. <http://www.ijab.org>
- Sutama, I. K., & Edey, T. N. (1986). Postpubertal sexual development in merino rams after differential feeding through puberty. *Theriogenology*, 25(4), 601–607. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(86\)90144-5](https://doi.org/10.1016/0093-691X(86)90144-5)
- Sylla, L., Palombi, C., Stradaioli, G., Vagniluca, A., & Monaci, M. (2015). Effect of semen collection by transrectal massage of accessory sexual

- glands or artificial vagina on the outcome of breeding soundness examinations of Italian yearling beef bulls. *Theriogenology*, *83*(5), 779–785. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.11.011>
- Tarmizi, R., Keng Chee, Y., Sipangkui, S., Zainuddin, Z. Z., & Fitri, W.-N. (2020). The Comparison of Semen Collection in Electroejaculation, Rectal Massage and Combination of Both Methods in the Critically Endangered Malayan Pangolin, *Manis javanica*. *Animals*, *10*(11), 1948. <https://doi.org/10.3390/ani10111948>
- Teixeira, A., Silva, S., Guedes, C., & Rodrigues, S. (2020). Sheep and Goat Meat Processed Products Quality: A Review. *Foods*, *9*(7), 1–21. <https://doi.org/10.3390/foods9070960>
- Tekin, K., Cil, B., Alemdar, H., Olgac, K. T., Tirpan, M. B., Daskin, A., & Stelletta, C. (2020). Semen collection by trans-rectal digital stimulation and insemination campaign in goat. *Andrologia*, *52*(2), 1–7. <https://doi.org/10.1111/and.13458>
- Vasan, S. S. (2011). Semen analysis and sperm function tests: How much to test. *Indian Journal of Urology*, *27*(1), 41–48. <https://doi.org/10.4103/0970-1591.78424>
- Vastolo, A., Calabrò, S., & Cutrignelli, M. I. (2022). A review on the use of agro-industrial CO-products in animals' diets. *Italian Journal of Animal Science*, *21*(1), 577–594. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2039562>
- Vélez, A., Espinosa, J. A., De la Cruz, L., Rangel, J., Espinoza, I., & Barba, C. (2016). Caracterización de la producción de ovino de carne del estado de Hidalgo, Mexico. *Archivos de Zootecnia*, *65*(251), 425. <https://doi.org/10.21071/az.v65i251.708>
- Virk-Baker, M. K., Nagy, T. R., Barnes, S., & Groopman, J. (2014). Dietary acrylamide and human cancer: A systematic review of literature. *Nutrition and Cancer*, *66*(5), 774–790. <https://doi.org/10.1080/01635581.2014.916323>

- Wang, Y., Wang, Q., Dai, C., Li, J., Huang, P., Li, Y., Ding, X., Huang, J., Hussain, T., & Yang, H. (2020). Effects of dietary energy on growth performance, carcass characteristics, serum biochemical index, and meat quality of female Hu lambs. *Animal Nutrition*, 6(4), 499–506. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.05.008>
- Wang, Y., Wang, Q., Dai, C., Li, J., Huang, P., Li, Y., Ding, X., Huang, J., Hussain, T., & Yang, H. (2021). Effect of dietary protein level on growth, carcass characteristics, serum biochemical index, and meat quality of Hu male lambs. *Small Ruminant Research*, 194(April), 106294. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106294>
- Wang, Z. jun, Liu, H., Zeng, F. kui, Yang, Y. chen, Xu, D., Zhao, Y. C., Liu, X. feng, Kaur, L., Liu, G., & Singh, J. (2023). Potato Processing Industry in China: Current Scenario, Future Trends and Global Impact. *Potato Research*, 66(2), 543–562. <https://doi.org/10.1007/s11540-022-09588-3>
- Whitton, C., Bogueva, D., Marinova, D., & Phillips, C. J. C. (2021). Are we approaching peak meat consumption? Analysis of meat consumption from 2000 to 2019 in 35 countries and its relationship to gross domestic product. *Animals*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/ani11123466>
- Wysokińska, A. (2022). Animal Reproduction: Semen Quality Assessment. *Animals*, 12(21), 10–12. <https://doi.org/10.3390/ani12212905>
- Yang, K., Qing, Y., Yu, Q., Tang, X., Chen, G., Fang, R., & Liu, H. (2021). By-product feeds: Current understanding and future perspectives. *Agriculture (Switzerland)*, 11(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030207>
- Zhang, C., Zhang, C., Du, M., Wang, Y., Zhang, G., & Lee, Y. (2021). Effects of dietary supplementation with different fermented feeds on performance, nutrient digestibility, and serum biochemical indexes of

fattening lambs. *Animal Bioscience*, 34(4), 633–641.
<https://doi.org/10.5713/ajas.20.0445>

Žilić, S., Nikolić, V., Mogol, B. A., Hamzalloğlu, A., Taş, N. G., Kocadağlı, T., Simić, M., & Gokmen, V. (2022). Acrylamide in Corn-Based Thermally Processed Foods: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(14), 4165–4181.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c07249>