

**Universidad Autónoma de Sinaloa  
Colegio en Ciencias Agropecuarias  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Doctorado en Ciencias Agropecuarias**



**TESIS**

“Estrategias de mitigación de estrés calórico en conejos Nueva Zelanda en el  
trópico seco”

**Que para obtener el grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias**

**PRESENTA:**

**Gamaliel Molina Gámez**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Horacio Dávila Ramos**

**CO-DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Juan Carlos Robles Estrada**

**Culiacán Rosales, Sinaloa, México; marzo de 2026**



**Universidad Autónoma de Sinaloa**

**Dirección General de Bibliotecas**

**Repositorio Institucional Buelna**

**Restricciones de uso**



Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Dirección General de Bibliotecas  
Ciudad Universitaria  
Av. de las Américas y Blvd.  
Universitarios  
C.P. 80010 Culiacán Sin. Méx.  
Tel (667) 713 78 32 y  
(667) 712 50 57  
dgbuas@uas.edu.mx

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría para superar cada desafío presentado a lo largo de este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, sus enseñanzas y por ser el pilar fundamental en mi formación personal y profesional. Gracias por creer siempre en mí y por impulsarme a alcanzar mis sueños.

A mi familia, por su apoyo constante, paciencia y comprensión durante los momentos de esfuerzo y dedicación que implicó la realización de este doctorado.

Finalmente, dedico este logro a todas aquellas personas que, de una u otra manera, me brindaron su apoyo, motivación y confianza para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo doctoral.

A mi director de tesis, por su orientación, apoyo, paciencia y valiosas aportaciones científicas a lo largo del desarrollo de esta investigación. Su guía fue fundamental para la realización y culminación de este trabajo.

A los miembros de mi comité, por sus observaciones, sugerencias y aportaciones que contribuyeron a mejorar la calidad científica de esta tesis.

A la institución donde realicé mis estudios y al programa de posgrado, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por el apoyo académico recibido durante este proceso.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA	
1.1. INTRODUCCIÓN .....	12
1.2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
1.2.1 Generalidades de los conejos .....	13
1.2.2. Contexto Internacional, nacional y estatal de la producción de carne de conejo .....	14
1.2.3. Sistemas de producción cunícola .....	15
1.2.3.1 Razas de conejos .....	16
1.2.4. Bienestar animal aplicado a la conducta de los conejos .....	16
1.2.5. Estrés calórico en conejos .....	17
1.2.6. Mecanismos de termorregulación del conejo en climas cálidos .....	17
1.2.7. Fisiopatología del estrés en conejos .....	18
1.2.8. Efectos negativos ocasionados por calor en conejos y estrategias de mitigación.....	19
1.2.8.1 Uso de agua fresca como bebida en conejos .....	22
1.2.8.2 Utilización de anabólicos en conejos de engorda .....	23
1.2.8.3 Mecanismo de acción de la hormona esteroide .....	26
1.3. CONCLUSIÓN .....	28
CAPITULO 2. Uso de agua de bebida fría como estrategia bajo condiciones de alta temperatura ambiental en conejos Nueva Zelanda: desempeño productivo, características de la canal y respuestas fisiológicas	
2.1. Resumen simple .....	30
2.2. Resumen .....	30
2.3. Introducción .....	32
2.4. Material y métodos .....	34
2.4.1. Área de estudio y datos climáticos .....	34
2.4.2. Manejo de animales y tratamientos .....	34
2.4.3. Desempeño productivo.....	36
2.4.4. Características de la canal .....	36

2.4.5.	Respuesta fisiológica .....	36
2.4.6.	Análisis estadístico .....	37
2.5.	Resultados .....	38
2.5.1.	Condiciones ambientales .....	38
2.5.2.	ITH matutino, vespertino y máximo .....	40
2.5.3.	Desempeño productivo y características de la canal .....	41
2.5.4.	Respuestas fisiológicas y termorregulación .....	43
2.5.5.	Índice de temperatura y humedad y respuestas de la temperatura corporal. ....	44
2.6.	Discusión .....	46
2.6.1.	Desempeño productivo, características de la canal y consumo de agua ...	46
2.6.2.	Respuestas fisiológicas y termorregulación .....	48
2.7.	Conclusiones .....	51
2.8	Referencias .....	52
	Capítulo 3. uso de undecilenato de boldenona en conejos raza nueva zelanda bajo condiciones de estrés calórico	
3.1.	Resumen .....	55
3.2.	Abstract .....	56
3.3.	Introducción .....	57
3.4.	Material y métodos .....	58
3.4.1.	Localización del área de estudio .....	58
3.4.2.	Determinación del índice de temperatura y humedad (ITH) .....	59
3.4.3.	Animales de experimentación y manejo .....	59
3.4.4.	Comportamiento productivo .....	60
3.4.5.	Determinación de metabolitos sanguíneos .....	60
3.4.6.	Características de la canal .....	60
3.4.7.	Determinación de calidad de la carne .....	61
3.4.8.	Análisis estadístico .....	61
3.5.	Resultados .....	62
3.6.	Discusión .....	65
3.7.	Conclusión .....	67
3.7.	Referencias.....	68
	Capítulo 4. CONCLUSIONES GENERALES .....	70
	Capítulo 5. LITERATURA CITADA .....	71

## INDICE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Mejora de los parámetros productivos en conejos al utilizar anabólicos comparados con un grupo testigo .....	25
2	Valores de ITH registrados en la mañana, en la tarde y el valor máximo durante el período experimental .....	41
3	Resumen descriptivo de los tratamientos de temperatura del agua de bebida.....	41
4	Efecto de la temperatura del agua de bebida sobre el desempeño productivo de los conejos .....	42
5	Efecto de la temperatura del agua de bebida sobre las características de la canal en conejos .....	42
6	Efecto de la temperatura del agua de bebida sobre el consumo de agua en conejos .....	43
7	Efecto de la temperatura del agua de bebida sobre la temperatura corporal matutina de los conejos .....	43
8	Efecto de la temperatura del agua de bebida sobre la temperatura corporal vespertina de los conejos .....	44
9	Correlaciones de Pearson entre el ITH y las temperaturas corporales durante la mañana .....	45
10	Correlaciones de Pearson entre el ITH y las temperaturas corporales durante la tarde .....	45
11	Promedio de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad .....	62
12	Comportamiento productivo en conejos de engorda en respuesta al anabólico boldenona .....	63
13	Características de canal y composición tisular en conejos de engorda en respuesta al anabólico boldenona .....	64
14	Metabolitos sanguíneos en conejos en engorda en respuesta al anabólico boldenona .....	64
15	Calidad de la carne en conejos de engorda en respuesta al anabólico boldenona .....	65

## INDICE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Producción mundial de carne de conejo por región (toneladas) .....	14
2	Mecanismo de acción de la hormona esteroide .....	27
3	Temperatura ambiental diaria registrada en la mañana y en la tarde durante el período experimental de 28 días .....	38
4	Humedad relativa (%) diaria registrada en la mañana y en la tarde durante el período experimental de 28 días .....	39
5	Valores diarios del índice de temperatura y humedad (ITH) registrados en la mañana, en la tarde y el valor máximo durante el período experimental de 28 días. La línea horizontal continua representa el umbral de estrés térmico (ITH = 27.8) según [11] .....	40

## RESUMEN

### “Estrategias de mitigación de estrés calórico en conejos Nueva Zelanda en el trópico seco”

Gamaliel Molina Gámez

Con el objetivo de estudiar los efectos ocasionados por el estrés por calor en conejos, se llevaron a cabo dos experimentos en Culiacán, Sinaloa, México. En el primer estudio se utilizaron 16 conejos machos de raza Nueva Zelanda y se evaluó el efecto de ofrecer agua a temperatura ambiente ( $33.9 \pm 1.5$  °C) o agua refrigerada ( $16.7 \pm 1.8$  °C), suministrada durante las horas de mayor temperatura ambiental (10:00–17:00 h) durante de cuatro semanas.

El consumo de agua, la ganancia diaria promedio y las características de la canal no fueron afectados por la temperatura del agua de bebida ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, la relación alimento/ganancia durante todo el período experimental fue mayor en los conejos que recibieron agua refrigerada ( $P = 0.03$ ). En contraste, la temperatura rectal durante la tarde se redujo ( $p < 0.05$ ) en los conejos que recibieron agua refrigerada, lo que se reflejó en una interacción significativa agua  $\times$  período ( $P = 0.03$ ), representando una reducción del 0.62% en comparación con los conejos que recibieron agua a temperatura normal, particularmente durante los períodos de mayor desafío térmico. Por su parte, la temperatura auricular y la temperatura superficial corporal estuvieron influenciadas principalmente por el período experimental ( $P < 0.01$ ).

En el segundo experimento se utilizaron 20 conejos machos raza Nueva Zelanda. Los tratamientos consistieron en un grupo testigo sin adición de anabólico y el segundo grupo al cual se administró 4.4 mg/kg IM de boldenona. El grupo tratado con boldenona presentó un mayor consumo de agua (38%), (249.90 vs 180.83 mL) un efecto que puede atribuirse a que la boldenona causa retención de agua corporal. Se observó que la pérdida de peso de la canal fue menor (50%) en el grupo tratado, lo cual se atribuye a la retención de agua a nivel tisular causada por el anabólico, además, el tratamiento con boldenona mejoró la proporción de músculo (3%) (82.34 vs 79.82 %) en la pierna. No se observó una mejora significativa en la ganancia diaria de peso (GDP) o la conversión alimenticia (CA), un resultado inesperado que se atribuye al estrés calórico severo al que estuvieron expuestos los conejos con resultados de  $ITH > 30$ . Se concluye que ambas estrategias mostraron efectos diferenciados como la mejora en la temperatura del conejo o el efecto anabolizantes a pesar de las adversidades climáticas a la que estuvieron expuestos.

**Palabras clave:** Conejo, estrés por calor, agua fresca, boldenona.

## ABSTRACT

### “Heat Stress Mitigation Strategies in New Zealand Rabbits under Dry Tropical Conditions”

**Gamaliel Molina Gamez**

With the objective of studying the effects caused by heat stress in rabbits, two experiments were conducted in Culiacán, Sinaloa, Mexico. In the first study, 16 male New Zealand rabbits were used, and the effect of providing water at room temperature ( $33.9 \pm 1.5$  °C) or refrigerated water ( $16.7 \pm 1.8$  °C) was evaluated. Water was supplied during the hours of highest environmental temperature (10:00–17:00 h) for four weeks.

Water intake, average daily gain, and carcass characteristics were not affected by the temperature of the drinking water ( $P > 0.05$ ). However, the feed-to-gain ratio throughout the entire experimental period was higher in rabbits that received refrigerated water ( $P = 0.03$ ). In contrast, rectal temperature during the afternoon was reduced ( $P < 0.05$ ) in rabbits that received refrigerated water, which was reflected in a significant water  $\times$  period interaction ( $P = 0.03$ ), representing a 0.62% reduction compared with rabbits that received water at normal temperature, particularly during periods of greater thermal challenge. Meanwhile, ear temperature and body surface temperature were mainly influenced by the experimental period ( $P < 0.01$ ).

In the second experiment, 20 male New Zealand rabbits were used. The treatments consisted of a control group without the addition of an anabolic agent and a second group that was administered 4.4 mg/kg IM of boldenone. The group treated with boldenone showed higher water consumption (38%) (249.90 vs 180.83 mL), an effect that may be attributed to the fact that boldenone causes body water retention. It was observed that carcass weight loss was lower (50%) in the treated group, which is attributed to water retention at the tissue level caused by the anabolic agent. In addition, treatment with boldenone improved the proportion of muscle (3%) (82.34 vs 79.82%) in the leg. No significant improvement was observed in average daily gain (ADG) or feed conversion ratio (FCR), an unexpected result attributed to the severe heat stress to which the rabbits were exposed, with THI results  $> 30$ .

It is concluded that both strategies showed differentiated effects, such as improvement in rabbit body temperature or anabolic effects, despite the climatic adversities to which they were exposed.

**Keywords:** Rabbit, heat stress, fresh water, boldenone.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1. INTRODUCCIÓN

El estrés térmico constituye un factor de alta relevancia para la productividad y el bienestar de los animales. El conejo doméstico (*Oryctolagus cuniculus*) muestra una alta susceptibilidad a las elevadas temperaturas, lo que representa uno de los principales desafíos de la cunicultura, particularmente en regiones de clima cálido. La vulnerabilidad de los conejos al calor se explica por sus limitados mecanismos de termorregulación, ya que cuentan con un número reducido de glándulas sudoríparas funcionales y presentan una capacidad restringida para disipar el exceso de calor corporal (Hesham *et al.*, 2016).

El estrés por calor se define como una condición provocada por factores ambientales adversos que desencadena alteraciones fisiológicas, afectando la capacidad del animal para mantener la homeostasis térmica. Esta situación genera una serie de modificaciones metabólicas y hormonales que repercuten negativamente en el desempeño productivo y el estado de salud del animal (Miranda, 2016).

Ante este desafío, diversas estrategias de mitigación han sido exploradas para contrarrestar los efectos del estrés térmico en conejos, entre las cuales destaca el uso de promotores de crecimiento, como el undecilenato de boldenona, un esteroide anabólico sintético. La boldenona ha sido evaluada por su potencial para mejorar indicadores productivos, tales como la ganancia diaria de peso (6 – 20 %) y la eficiencia alimenticia (15 – 25 %), así como las características de la canal en conejos. Asimismo, se ha reportado que este compuesto puede atenuar la respuesta al estrés al reducir los niveles plasmáticos de corticosterona hasta en un 28 % y aumentar las concentraciones de proteínas totales en suero, contribuyendo a contrarrestar los efectos fisiológicos adversos asociados a las altas temperaturas ambientales (Abdel-Hamid y Farahat, 2015).

Otra estrategia relevante de mitigación consiste en el ajuste del manejo ambiental, particularmente mediante el suministro de agua fresca para consumo. La provisión de agua de bebida a temperaturas aproximadas de 10 a 15 °C se ha implementado como una práctica eficaz para disminuir el impacto del estrés por calor en conejos.

Investigaciones previas indican que esta medida puede favorecer la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia durante periodos de altas temperaturas, además de reducir la temperatura rectal, lo que refleja mejoras en el bienestar y en la respuesta fisiológica de los animales (Hesham *et al.*, 2016). En este contexto, el objetivo general del presente estudio es evaluar diferentes estrategias de mitigación del estrés calórico en conejos de la raza Nueva Zelanda criados en condiciones de trópico seco, específicamente el uso de undecilenato de boldenona y el suministro de agua fresca de bebida, analizando su efecto sobre la respuesta productiva, las características de la canal, la composición tisular y los parámetros fisiológicos de los animales.

## **1.2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1.2.1 Generalidades de los conejos**

El conejo es un herbívoro con capacidad para consumir grandes cantidades de forraje, no es un rumiante ni un roedor, aunque presenta una dentición similar a la de estos. Se caracteriza por su eficiencia productiva con recursos limitados y por su adaptabilidad a una amplia variedad de alimentos, como forraje verde y seco, residuos agrícolas y subproductos industriales y domésticos. Desde el punto de vista anatómico, destacan las particularidades de su sistema digestivo, así como las características del aparato reproductor de las hembras, factores que han determinado la explotación productiva de la especie (Blas y Wiseman, 2020).

Siendo este un mamífero, es en el ciego es donde inicia el proceso de digestión bacteriana siendo capaz de digerir la fibra cruda mientras que en el resto del intestino grueso se reabsorben los nutrientes y el agua que requiere el cuerpo. El conejo, excreta las primeras heces fecales suaves y ricas en vitaminas del complejo B y minerales, posteriormente las ingiere, es decir, realiza el proceso llamado “cecotrofia” proceso por el cual deja a las segundas heces secas sin ningún nutriente (Blas y Wiseman, 2020).

### 1.2.2. Contexto Internacional, nacional y estatal de la producción de carne de conejo

Hoy en día, la globalización exige productos de origen animal que estén libres de contaminantes, asegurando que su consumo o preparación no represente riesgos para la salud del consumidor (SAGARPA, 2015).

Más de 90 % de la carne que se consume en el mundo es de cerdo, res y aves, sólo 0.5 % corresponde a la de conejo (FAO, 2007). En el mundo se produce 899, 726 toneladas de carne de conejo, que a su vez se distribuye de la siguiente manera: Asia: 634, 025 (70.5 %); Europa: 153, 150 (17.0 %); África: 97, 122 (10.8 %) y América: 15, 429 (1.7 %) (Figura 1) (Siddiqui *et al.*, 2023). En América, México ocupa el primer lugar, con una producción de 4,360.11 t de carne de conejo (FAOSTAT, 2017), principalmente distribuida en 95% por el sistema de traspatio o pequeña escala, el otro 5% alcanza niveles empresariales. Los principales estados productores son Puebla, Tlaxcala, Morelos, Ciudad de México, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Jalisco y Estado de México (SADER, 2016), y Sinaloa se encuentra en la décimo quinta posición en producción cunícola, según datos del Comité de Sistemas de Productos Cunícola del Distrito Federal actualizado al 2012. En México el consumo per cápita alcanza los 128 g (SADER, 2017).

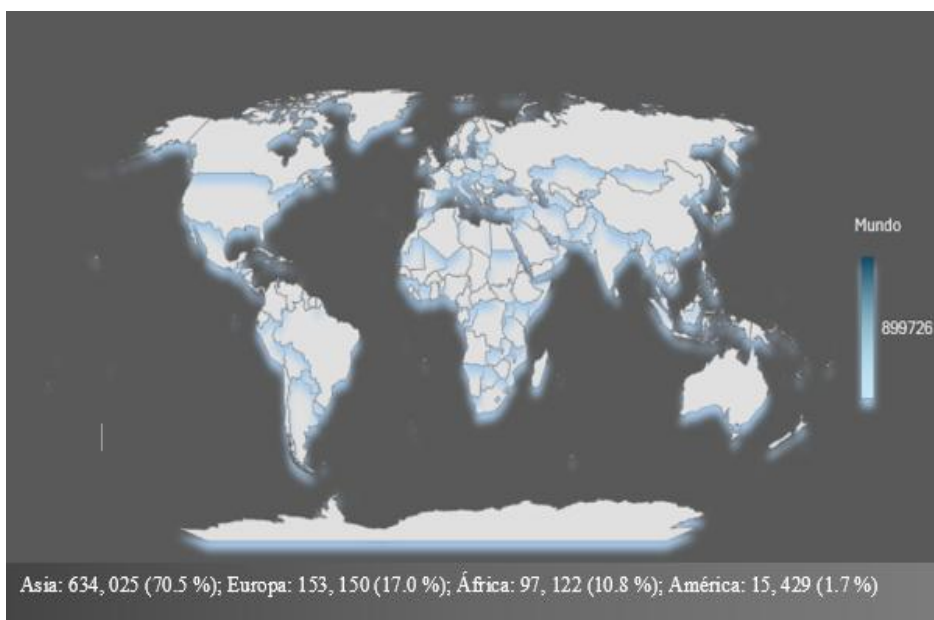


Figura 1. Producción mundial de carne de conejo por región (toneladas).

### **1.2.3. Sistemas de producción cunícola**

La producción cunícola de nuestro país se desarrolla en la actualidad en tres sistemas:

1. Granjas de traspatio o “familiares” (80 % de la población animal). El número de animales oscila entre los 10 y 20 reproductores. La producción está destinada al autoconsumo, se carece de tecnificación; los animales son explotados a nivel de piso o en jaulas hechas con material no adecuado para la especie. La alimentación se basa en productos agrícolas y desperdicios de casa (pan, tortilla, cáscaras de fruta o verdura); no existe control sanitario alguno. No hay control productivo ni reproductivo (Comité de Sistemas de Productos Cunícola del Distrito Federal, 2012).

2. Granjas semitecnificadas (15 % de la población). En este sistema cuenta con un mínimo de 50 hembras; se lleva un manejo reproductivo, productivo y sanitario controlado. En este sistema puede existir o no cierta tecnificación. La alimentación que reciben se basa en alimento concentrado. Su producción se comercializa, generalmente, por medio de intermediarios o de manera directa a clientes fijos (restaurantes, carnicerías), además se utiliza la venta al consumidor de manera directa (Comité de Sistemas de Productos Cunícola del Distrito Federal, 2012).

3. Granjas tecnificadas (5 % de la población). En este sistema se cuenta con un número de 100 a 200 o más hembras reproductoras; instalaciones semitecnificadas, tecnificadas e incluso automatizadas, en algunas granjas se ha puesto en práctica los conocimientos y la experiencia de los grandes países productores de carne de conejo (inseminación artificial y manejo en bandas); el manejo reproductivo, productivo y sanitario es estricto. Se hace indispensable el uso de registros y la utilización de alimentos concentrados. La producción que se obtiene de este sistema se destina a restaurantes, centros comerciales o al público de manera directa (Comité de Sistemas de Productos Cunícola del Distrito Federal, 2012).

### **1.2.3.1. Razas de conejos**

Dentro de las razas de conejos existen muchas con diferente función, por ejemplo:

Razas de carne: Nueva Zelanda, Californiano, Chinchilla

Razas de piel: Angora, Rex (Chinchilla, castor, albino), Chinchilla normal, plateado de champagne

Razas de mascota: Mini lop, cabeza de león, Holandes, Holandes enano, mini rex, english lop.

Es importante mencionar que en proyectos de investigación la raza más utilizada es la Nueva Zelanda, debido a que son animales altamente prolíficos, excelente habilidad materna y un crecimiento acelerado a la edad del sacrificio, se ha considerado como un modelo de estudio animal (Marai *et al.*, 2001; Hesham *et al.*, 2016).

### **1.2.4. Bienestar animal aplicado a la conducta de los conejos**

El bienestar animal se ha consolidado como un tema crucial en la producción cunícola, especialmente al enfrentar desafíos ambientales como el estrés calórico. La Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) ha indicado que el bienestar animal es el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las que vive y muere y que un animal experimenta bienestar si está sano, cómodo, bien alimentado, en seguridad, y si no padece sensaciones desagradables como dolor, miedo o desasosiego y es capaz de expresar comportamientos importantes para su estado de bienestar físico y mental.

La evaluación del bienestar debe llevarse a cabo de manera objetiva, sin tener en cuenta las preguntas éticas acerca de los sistemas, prácticas o condiciones para los individuos que están siendo comparados. Una vez se ha obtenido la evidencia científica sobre el bienestar, se pueden tomar las decisiones éticas (Broom y Johnson, 1993).

De acuerdo con (Postollec *et al.*, 2008) citado por (López *et al.*, 2021), los conejos tienen actividad crepuscular, es decir, tienen mayor actividad al ocultarse el sol y cesa cuando éste se mete, por lo tanto, es importante tener en cuenta su

comportamiento etológico al realizar mediciones en su comportamiento social y poder inferir en su bienestar.

Por otra parte, se ha descrito que los datos etológicos son más precisos si se utilizan cámaras de video que registren durante el tiempo del experimento las 24 horas de cada día. Se sugiere que, para garantizar condiciones adecuadas de bienestar y un desempeño zootécnico óptimo, no se excedan los 40 kg/m<sup>2</sup> en jaulas convencionales, cuando se manejan grupos conformados por 6 a 9 gazapos (López *et al.*, 2020). No obstante, a partir de los tres meses de edad, especialmente cuando se busca alcanzar pesos finales superiores a 2.5 kg, pueden presentarse conductas agresivas y establecimiento de jerarquías, asociadas a la etapa de pubertad, lo que afecta negativamente el bienestar animal. Por esta razón, se recomienda el uso de jaulas individuales o bicelulares en esta fase productiva (López *et al.*, 2020).

#### **1.2.5 Estrés calórico en conejos**

El estrés calórico se define como un estrés infligido por una amplia gama de condiciones ambientales que inducen un estado de problemas fisiológicos, haciendo que los animales sean incapaces de regular de forma pasiva su homeostasis térmica (Askar y Ismail, 2012). La respuesta del conejo cuando la carga de calor corporal supera su capacidad de pérdida de calor se denomina estrés térmico. El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) es un animal que carece de glándulas sudoríparas desarrolladas, estos no pueden eliminar el calor corporal por este medio, es decir, lo hacen mediante la evaporación a través del jadeo, cuando un animal se expone a un factor estresante, se produce la respuesta del síndrome general de adaptación, a la vez que aumentan la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal (Oladimeji *et al.*, 2022).

#### **1.2.6 Mecanismos de termorregulación del conejo en climas cálidos**

Los animales homeotérmicos mantienen una temperatura central constante, compensando la pérdida de calor mediante mecanismos morfológicos, fisiológicos y conductuales. En el rango de la zona termo neutral, el animal invoca

principalmente mecanismos posturales y vasomotores para conservar o disipar el calor corporal. Los conejos adoptan una postura de encogida a  $<10\text{ }^{\circ}\text{C}$  para disminuir su superficie por pérdidas de conducción o radiación. La postura extendida a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  permite una mayor disipación del calor sensible (Blas y Wiseman, 2020).

El estrés por calor en conejos se presenta cuando la temperatura ambiental supera la capacidad del animal para disipar el calor metabólico, lo que altera el equilibrio térmico corporal. Debido a que el conejo posee glándulas sudoríparas poco funcionales, su principal mecanismo de disipación de calor es la vasodilatación periférica, especialmente a nivel de las orejas, así como el incremento de la frecuencia respiratoria, lo que favorece la pérdida de calor por evaporación (Marai *et al.*, 2002).

En un ambiente cálido, los conejos utilizan el procedimiento menos costoso para la pérdida de calor: la vasodilatación cutánea. Cuando esto resulta insuficiente, la disminución de la ingesta de alimento, que disminuye el incremento de calor, y la evaporación de agua del tracto respiratorio son los mecanismos utilizados para perder el exceso de calor.

El estrés térmico en conejos se intensifica significativamente a temperaturas iguales o superiores a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La temperatura corporal comienza a incrementarse a partir de los  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  y presenta un aumento abrupto alrededor de los  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ , superando la capacidad de termorregulación del animal y dando lugar a la aparición de postración por calor (Blas y Wiseman, 2020).

### **1.2.7 Fisiopatología del estrés en conejos**

En las primeras etapas del estrés térmico en conejos, el aumento de la temperatura ambiente es percibido por los nervios simpáticos, que transmiten el impulso a la médula suprarrenal. Cuando los conejos se exponen a una temperatura ambiental superior a su zona termoneutral, se activa el eje hipotálamo-hipofisario-suprarrenal (HPA). La síntesis y secreción de la hormona liberadora de hormona corticotrópica (CRH) hipotalámica aumenta significativamente. La CRH actúa sobre la hipófisis anterior para inducir la liberación de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) y sobre la glándula suprarrenal para promover la síntesis y secreción de

glucocorticoides (cortisol o corticosterona) (Liang *et al.*, 2022). Los glucocorticoides desempeñan la función de respuesta autoinmune. El aumento de glucocorticoides inhibe la inmunidad celular y humoral; la síntesis de proteínas en el tejido linfoide y los órganos inmunitarios puede disminuir, lo que eventualmente conduce a una disminución significativa de la función inmunitaria general, y el peso del timo y el bazo también disminuye durante el tratamiento contra el estrés térmico. Por lo tanto, el estrés térmico reduce la función inmunitaria y hace que los conejos sean vulnerables a los patógenos, lo que conlleva graves pérdidas en la producción de conejos (Liang *et al.*, 2022).

Adicionalmente, el estrés térmico genera desequilibrios en el balance ácido-base, derivados de la hiperventilación, lo que puede ocasionar alcalosis respiratoria. A nivel celular, se incrementa la producción de especies reactivas de oxígeno, favoreciendo el estrés oxidativo, que afecta la integridad de tejidos y la función inmunológica del animal. Estas alteraciones fisiológicas comprometen el bienestar, la salud y el desempeño productivo del conejo, especialmente en sistemas intensivos de producción (Marai *et al.*, 2002).

#### **1.2.8. Efectos negativos ocasionados por calor en conejos y estrategias de mitigación**

Los conejos son muy susceptibles al estrés por calor, ya que tienen pocas glándulas sudoríparas funcionales y tienen dificultades para eliminar el exceso de calor corporal cuando la temperatura ambiental es alta, la limitación más evidente para la producción de conejos en una zona de clima cálido es la susceptibilidad de esta especie al estrés por calor, lo que evoca una serie de cambios drásticos en sus funciones biológicas que conducen al deterioro de la producción y reproducción (Marai *et al.*, 1991).

En los últimos años la temperatura parece ser una fluctuación global, con temperaturas ambientes altas, se ha reportado que entre 27 y 44 °C podría ser perjudicial para la productividad de los conejos (IyegheErakpotobor *et al.*, 2012).

La temperatura ambiental está relacionada con otros factores climáticos, tal como la humedad relativa, fotoperiodo, radiación solar o viento, sin embargo, la relación con la humedad relativa parece ser la más importante, debido a esto se mide el índice de temperatura y humedad (ITH) utilizando ambos factores con el propósito de evaluar los niveles de severidad al estrés por calor (Marai *et al.*, 2002).

Siguiendo la fórmula descrita por LPHSI. (1990) y modificada por Marai *et al.* (2001) los valores obtenidos se clasifican de la siguiente manera: <27.8= ausencia de estrés por calor, 27.8-28.9 = estrés por calor moderado, 28.9-30.0= estrés severo por calor y  $\geq 30.0$  = estrés muy severo por calor.

Cuando el ITH es superior a 30 unidades los conejos no pueden regular su temperatura interna y comienza la postración por calor (Marai *et al.*, 2002).

Se ha mencionado que el calor afecta negativamente la productividad de los conejos, por tal motivo se han implementado diversos estudios para disminuir dichos efectos, por su parte Sharaf *et al.* (2019) al evaluar un grupo de conejas gestantes durante la temporada cálida con un ITH de 31.4 unidades administraron vitamina E y selenio a un grupo y vitaminas A, D<sub>3</sub> y E a otro grupo directamente en agua potable y compararon contra un grupo testigo, sus resultados sugieren que a pesar de que se demostró que todos los grupos presentaron estrés severo por calor, los grupos tratados mejoraron en un 2.6% el peso corporal vivo ( $P < 0.05$ ), la ingesta de alimento en un 11% ( $P < 0.05$ ) y la ingesta de agua disminuyó en un 13% ( $P < 0.05$ ).

Asemota *et al.* (2017), evaluaron el ITH en conejos durante época seca y lluviosa e informaron que el ITH elevado (31 y 32 unidades) mostró tener un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) sobre la mortalidad de los gazapos en la época seca y un menor número de conejos que alcanzaron la madurez sexual ( $P < 0.05$ ), sin embargo, al final del estudio los conejos ganaron el 4% más de peso corporal durante la época seca ( $P < 0.05$ ), por lo tanto el ITH observado mostró que los conejos mantenidos a altas temperaturas pueden desarrollar mecanismos metabólicos para adaptarse al estrés por calor a un nivel tolerable, a pesar de esto, deben realizarse esfuerzos para reducir tal efecto y alcanzar una mayor productividad de los conejos.

Por otra parte, Marai *et al.* (2000), evaluaron la productividad y reproducción de conejos Nueva Zelanda mediante la suplementación de Zinc, Cobre, Calcio y Magnesio, obteniendo valores de ITH de 57.9 en invierno y 84.7 en verano, considerando que la fórmula no se había modificada por ello los resultados mayores. Sus resultados indican que los conejos en temporada de invierno estuvieron ausentes de estrés por calor (ITH <82), por el contrario los animales expuestos al calor severo (ITH >82) presentaron estrés por calor, debido a esto, en la época de verano el periodo de gestación y la mortalidad pre destete aumentó en un 1 y 16% respectivamente (P<0.05), mientras que el peso de la camada disminuyó en un 6% (P<0.05) durante la misma época, los autores sugieren que la suplementación de estos minerales ayuda a minimizar los efectos negativos del estrés y que sería importante mayor profundidad en el tema.

Marai *et al.* (2004) evaluaron la respuesta productiva en conejos en temporada cálida y templada, sus resultados sugieren que los conejos en temporada templada no presentaron estrés térmico por calor con un ITH de 18.5, mientras que los conejos en temporada cálida presentaron estrés térmico por calor con ITH de 33.9, por lo tanto el peso corporal en la temporada cálida disminuyó en un 16% (P<0.05) y la ganancia diaria de peso en un 23% (P<0.05), a su vez algunos factores fisiológicos fueron alterados en un aumento significativo (P<0.05) por la temporada cálida como la frecuencia respiratoria, temperatura de la oreja, temperatura rectal y temperatura de la piel, así mismo, el consumo de alimento disminuyó en un 35% (P<0.05) y el consumo de agua aumento en un 46% (P<0.05). Los autores atribuyen que la disminución en el consumo de alimento se debe al deterioro del apetito como resultado de la estimulación de los receptores térmicos periféricos por la temperatura ambiental para transmitir impulsos nerviosos supresores al centro del apetito en el hipotálamo que causa ese fenómeno y el consumo de agua excesivo ayuda a incrementar la pérdida de calor a través de la vaporización respiratoria del agua.

Dicho fenómeno provoca una deficiencia temporal de agua con el aumento de la concentración de líquidos corporales que estimula el centro de sed hipotalámico para aumentar el consumo de agua (Kechil *et al.*, 1981).

### **1.2.8.1. Uso de agua fresca como bebida en conejos**

Marai *et al.* (2001) determinaron el ITH en el área de hembras reproductoras y en crecimiento, observaron que en invierno no presentaron estrés por calor con un ITH de 14.9, mientras que en verano el ITH fue de 28.9 unidades por lo que consideraron estrés térmico, así mismo disminuyeron la tasa de concepción de un 57 a un 20%, la mortalidad pre destete en un 38% ( $P < 0.05$ ) y la ganancia de peso de pre destete en un 22% ( $P < 0.05$ ).

A su vez, en las hembras en crecimiento el estrés térmico disminuyó la ganancia de peso total en un 16% ( $P < 0.05$ ), la ganancia diaria de peso en un 25% ( $P < 0.05$ ), la ingesta de alimento en un 22% ( $P < 0.05$ ) y la conversión alimenticia aumento en un 1.8 % ( $P < 0.05$ ), así mismo, como parte del estudio se administró agua fresca (10 a 15°C) a las conejas durante la época cálida donde la ganancia diaria de peso mejoró en un 6% ( $P < 0.05$ ), la ingesta de alimento en un 9% ( $P < 0.05$ ), la conversión alimenticia en un 4% ( $P < 0.05$ ) y la ingesta de agua disminuyó en un 30 % ( $P < 0.05$ ), por lo tanto la administración de agua fresca es una práctica que se puede implementar para reducir el estrés por calor y evitar mayores pérdidas productivas.

Marai *et al.* (1999) determinaron el ITH en conejos en crecimiento, características en canal y parámetros sanguíneos durante las épocas cálida e invierno, los resultados indican que el peso corporal y la ganancia diaria de peso disminuyeron en un 11 y 20 % ( $P < 0.05$ ) respectivamente, la ingesta de alimento disminuyó en un 14 % debido al estrés por calor y la ingesta de agua aumento hasta en un 50 % para termorregular el organismo durante la época cálida, sin embargo al administrar agua fresca (10 a 15°C) durante el verano comparado con un grupo testigo en verano los conejos mejoran el peso corporal en un 7% ( $P < 0.05$ ) y ganancia diaria de peso en un 10 % ( $P < 0.05$ ), así mismo el consumo de agua disminuye en un 40% y la ingesta de alimento mejora un 14 %, por lo tanto podemos asegurar que la administración de agua fresca durante el verano mejorará los parámetros productivos, ayuda a eliminar el estrés por calor en conejos en climas cálidos.

En contraste, otros estudios han mostrado efectos neutros o incluso negativos del agua potable refrigerada sobre el rendimiento productivo, particularmente cuando

se utilizaron temperaturas de agua más bajas o cuando los animales fueron evaluados durante etapas fisiológicas sensibles, como el crecimiento temprano o la reproducción (Remois *et al.*, 1999; Wang *et al.*, 2019, Gerencsér *et al.*, 2021).

#### **1.2.8.2. Utilización de anabólicos en conejos de engorda**

Un anabólico esteroide se define como cualquier compuesto o mezcla de compuestos capaz de modificar la función metabólica del animal con el fin de incrementar la síntesis de proteína (Bavera *et al.*, 2002). Entre los anabólicos naturales se encuentran el  $17\beta$ -estradiol, la testosterona, la progesterona, la somatotrofina y sus factores liberadores. Por su parte, los anabólicos esteroides sintéticos incluyen el acetato de melengestrol, el zeranol, el acetato de trembolona y el undecilenato de boldenona (Bavera *et al.*, 2002).

En 2015, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), autorizó el uso de anabólicos en conejos, bajo la supervisión de un Médico Veterinario Zootecnista responsable y mediante receta cuantificada. Asimismo, la carne solo puede destinarse al consumo humano después de cumplir un periodo de retiro de 30 días desde la última administración, conforme a lo recomendado por el laboratorio fabricante (Equi-gan®, Lab Tornel, México).

Lobley *et al.* (1983), administraron 10 mg de Acetato de trembolona vía subcutánea 3 veces por semana a 18 conejas de raza Nueva Zelanda con Californiano y reportaron mejoras en ganancias diarias de peso ( $P < 0.05$ ) del 6.2 % para el grupo tratado en comparación con el grupo testigo, así como una mejora en disminución ( $P < 0.05$ ) del 5.4 % en la conversión alimenticia, además reportaron una mayor retención de nitrógeno ( $P < 0.05$ ) del 19 % para el grupo tratado debido a efectos anabólicos.

Por otra parte, Dean *et al.* (1999), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar si el anabólico Decaonato de Nandrolona inyectado vía intramuscular a 48 conejos maduros de raza Nueva Zelanda (15 mg/kg cada semana por 8 semanas) causaría atrofia muscular al implementar un yeso en 1 miembro posterior y restricción de movimiento. Sin embargo, se demostró que el grupo tratado mejoró

la ganancia de peso final ( $P < 0.05$ ) en un 3.5 % en comparación al grupo testigo y los músculos inmovilizados eran más pesados ( $P < 0.05$ ) en contraparte al grupo testigo.

Thabet *et al.* (2010), llevaron a cabo un experimento donde utilizaron 60 conejos de raza Nueva Zelanda y los asignaron a tres grupos (testigo, tratamiento 1 (4.5 mg/kg intramuscular de Boldenona) y tratamiento 2 (9 mg/kg intramuscular de Boldenona). La alimentación consistió en pellets a una ración de 60 g/kg de peso vivo. El peso final y la eficiencia alimenticia mejoró ( $P < 0.05$ ) en un 26 y 28 % al comparar el tratamiento 2 con respecto al grupo testigo y de igual manera la conversión alimenticia se vio favorecida ( $P < 0.05$ ) al disminuir en un 20 %.

Abdel-Hamid. (2014), realizó un experimento utilizando 135 conejos machos 45 Nueva Zelanda, 45 Californianos y 45 Rex, divididos en tres grupos. D0 ó testigo, D1 4.4 mg/kg Boldenona y D2 8.4 mg/kg Boldenona. Todos los conejos fueron inyectados vía intramuscular el día 40 de edad y repetido a los 47 días de edad. Los resultados sugieren que el tratamiento D1 mejoró ( $P < 0.05$ ) la ganancia diaria de peso en un 9.3 % y la ganancia de peso final en un 8.6 % comparada con el grupo testigo.

Abdel-Hamid y Farahat. (2015), realizaron un estudio para determinar los efectos de Undecilenato de Boldenona en las características de la canal y los parámetros fisiológicos en época de verano, utilizaron 170 conejos machos de las razas Nueva Zelanda, Californiano y Rex, se dividieron en 3 grupos que fueron: (D0), Grupo testigo sin adición de anabólico, (D1) 4.4 mg/kg Boldenona y (D2) 8.8 mg/kg Boldenona. Resultando mejor el tratamiento D1 ya que mejoró ( $P < 0.001$ ) en un 11 % el peso al sacrificio en comparación con los otros tratamientos. Respecto a las características de la canal mejoró ( $P < 0.05$ ) el peso del estómago (13 %), peso hepático (26 %), peso intestinal (11 %), peso de la canal caliente (10 %) y grasa perirenal (15 %) respectivamente, además mejoró ( $P < 0.05$ ) las proteínas totales (11 %), globulinas (49 %), colesterol (10 %) y disminuyó en un 28 % la corticosterona.

Por otra parte, Hesham *et al.* (2016), administraron 5 mg/kg de Undecilenato de Boldenona inyectado vía intramuscular a un grupo de 60 conejos machos de raza

Nueva Zelanda y observaron mejoras ( $P<0.05$ ) en la ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia del 19 y 23 % respectivamente, así como una mejora ( $P<0.05$ ) en disminución en la conversión alimenticia del 15.59 % en los grupos tratados en comparación con el grupo testigo. Ellos argumentan que el efecto en el aumento de peso se debe además del anabólico a un efecto en comportamiento que el mismo ocasiona y que existen correlaciones de comportamiento hormonal a través de la mejora de los comportamientos de ingesta y locomoción del animal tratado ( $P<0.05$ ). Las hormonas pueden afectar el comportamiento y el comportamiento pueden alterar los niveles hormonales (Christiansen, 2004).

Miranda. (2016), realizó un estudio donde utilizó 48 conejos (24 machos y 24 hembras) de raza Nueva Zelanda divididos en 3 tratamientos y se les administró 2 mg de Zeranol y 2 mg Ivermectina vía subcutánea, 5.6 mg Boldenona y 2 mg Ivermectina vía intramuscular y al grupo testigo 0.20 ml Ivermectina. Los resultados sugieren que el usar los anabólicos Zeranol y Boldenona mejoran ( $P<0.0001$ ) en un 27 y 17 % la ganancia de peso final respectivamente al compararlo con el grupo testigo. También mejoró ( $P<0.0001$ ) al disminuir la conversión alimenticia para Zeranol y Boldenona en un 22.6 y 15.7 % respectivamente al compararlo con el grupo testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Mejora de los parámetros productivos en conejos al utilizar anabólicos comparados con un grupo testigo

	Lobley <i>et al.</i> , 1983	Dean <i>et al.</i> , 1999	Thabet <i>et al.</i> , 2010	Abdel-Hamid. 2014	Abdel-Hamid y Farahat. (2015)	Hesham <i>et al.</i> , 2016	Miranda. 2016
Anabólico	ATB	NAN	BOL	BOL	BOL	BOL	Zeranol ó BOL
Dosis	10 mg/kg	15 mg/kg	4.5 y 9 mg/kg	4.4 y 8.8 mg/kg	4.4 y 8.8 mg/kg	5 mg/kg	Zeranol y 5.6 mg/kg Bol
Tiempo	38 días	56 días	70 días	72 días	45 días	70 días	100 días
Tipo animal	NZ x CAL	NZ	NZ	NZ,CAL, Rex	NZ	NZ	NZ

Sexo	Hembra	Macho	Machos	Macho	Macho	Macho	Machos/Hembras
n	18	48	60	135	170	60	48
Consumo	<b>131 g</b>		117 g			79.5 g	
GDP	+6.2 %		+26 %	+9.3 %	<b>+16.2%</b>	+19 %	<b>+40 y 25 %</b>
Peso final		+3.5 %	+26 %	+8.6 %	+11 %	13.3 %	+27 y 17 %
CA	-5.4 %		-20 %			-15.59 %	-22.6 y -15.7 %
EA	<b>+3.7 %</b>		+28 %			+23 %	<b>+25 y 15 %</b>
PCC					+10 %		+3.5 %
GPR					+15 %		
Rendimiento en canal					-1 %	+3.6 %	+0.56 %

ATB= Acetato trembolona, NAN= Decaonato de Nandrolona, BOL= Undecilenato de Boldenona, NZ=Nueva Zelanda, CAL= Californiano, PCC=Peso canal caliente.GPR=Grasa perirrenal, CA= conversión alimenticia, EA= Eficiencia alimenticia.

### 1.2.8.3. Mecanismo de acción de la hormona esteroide

**Estrógenos:** Tienen una acción indirecta, ya que actúan a nivel de hipotálamo; la secreción de la adenohipófisis está controlada por hormonas llamadas hormonas o factores de liberación y de inhibición hipotalámicas; las cuales se sintetizan en el hipotálamo y pasan a la adenohipófisis (Guyton y Hall, 2011), estimulando la producción de hormonas somatotropinas (STH), tirotropina (TSH) y adrenocorticotropina (ACTH), el eje somatotrópico (crecimiento), inicia la regulación de secreción de la hormona del crecimiento (GH) en hipotálamo, para liberar los factores del crecimiento similares a la insulina (IGF), que se unen a proteínas de tejidos, la GH es regulada por un sistema dual de hormonas del hipotálamo; el factor de liberación HG (GHRH), que estimula su liberación y la somatostatina que la inhibe (Bavera *et al.*, 2002). En este sentido, Bavera *et al.* (2002) indicaron que altas concentraciones de la hormona del crecimiento aumentan la retención de nitrógeno, favoreciendo la síntesis proteica.

**Andrógenos:** Los andrógenos actúan directamente sobre las células satélite del músculo, promoviendo su crecimiento (Ocampo y Garcés., 2010). Al igual que los estrógenos, son regulados por el eje, hipotálamo-hipófisis, son principalmente miotróficos (actúan directamente sobre células musculares).

La hormona penetra en la célula y se fija a un receptor del citoplasma que va al núcleo, posteriormente se estimula la producción de un RNA mensajero que elabora una enzima que actúa en el proceso de la transcripción genética para la síntesis proteica, como se indica en la Figura 2. Se produce una hipertrofia muscular con disminución de los aminoácidos plasmáticos y de la urea plasmática, con un balance nitrogenado positivo, disminuyendo la excreción de N en la orina; observándose un aumento en los niveles plasmáticos de somatotropina (STH). Los andrógenos son mucho más potentes, como promotores del crecimiento, que los estrógenos (Bavera *et al.*, 2002).

Los receptores de la hormona esteroide se pueden localizar en el citoplasma pero también se ha descrito que pueden estar presentes en el núcleo, debido a la homología de los receptores que son compartidos con la familia de los corticosteroides, en un tipo celular determinado, la cantidad y el tipo de receptor expresado determinará la sensibilidad a la hormona y la función biológica, es decir, que compiten por los receptores pero al haber una mayor cantidad de esteroides exógenos estos se expresaran en mayor medida, además, existe una enzima, la 11- $\beta$ -hidroxiesteroide deshidrogenasa 2 (11 $\beta$ -HDH2), que degrada el cortisol a cortisona que es un metabolito incapaz de unirse a dichos receptores, pero también puede revertir su acción en menor medida (Brandan *et al.*, 2014).

Por otra parte, el efecto anabólico de los esteroides conlleva a una lipólisis y la enzima 11- $\beta$ -hidroxiesteroide deshidrogenasa se encuentra principalmente en el tejido adiposo, por lo tanto, al haber menor tejido adiposo habrá menor actividad de esta enzima y una menor producción de cortisol (Serra *et al.*, 2012).

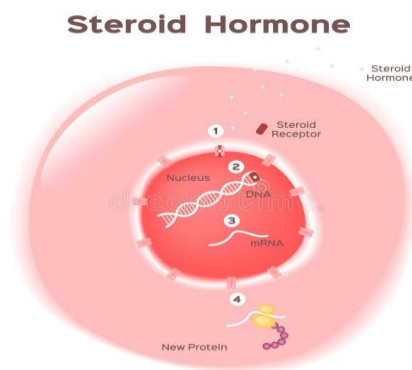


Figura 2. Mecanismo de acción de la hormona esteroide.

### 1.3. CONCLUSIÓN

Ambas estrategias presentan mecanismos de acción claramente diferenciados en la mitigación del estrés calórico en conejos. Por un lado, el suministro de agua fresca desempeña un papel fundamental en la mejora de la termorregulación a nivel fisiológico, facilitando la pérdida de calor corporal y ayudando a mantener la homeostasis térmica durante períodos de altas temperaturas ambientales. Por otro lado, la administración de boldenona actúa directamente sobre el metabolismo anabólico y la composición corporal de los conejos, promoviendo el crecimiento muscular y la retención de nitrógeno, lo cual puede contrarrestar en parte las pérdidas productivas derivadas del estrés calórico. No obstante, es importante destacar que, aunque ambas estrategias ofrecen beneficios relevantes, el estrés calórico sigue representando un desafío significativo que afecta tanto el desempeño productivo como la salud fisiológica de los animales. Por ello, resulta indispensable profundizar en la investigación de estrategias de mitigación del estrés calórico, especialmente en regiones con climas cálidos y secos, donde las condiciones ambientales pueden ser particularmente desafiantes para la producción animal.

## **CAPITULO 2. Uso de agua de bebida fría como estrategia bajo condiciones de alta temperatura ambiental en conejos Nueva Zelanda: desempeño productivo, características de la canal y respuestas fisiológicas**

De acuerdo con la reglamentación del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, el capítulo 2 se integra por el artículo aceptado o publicado en revistas científicas incluidas en la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) o en Journal of Citation Report®. El escrito que integra este apartado pretende contribuir parcialmente al objetivo general del documento de tesis; el artículo fue publicado en la Revista **Veterinary Sciences**, editada por la Universidad de Yangzhou, cuyo objetivo es crear un espacio para la discusión y divulgación de resultados y avances de investigación de alto nivel. Los artículos o contribuciones son productos de investigaciones originales o revisiones bibliográficas, en las áreas de Ciencias Agropecuarias, Química, Bioquímica y Ciencias Asociadas, Biomédicas, Nutrición, Cultura Física y Deportes, Toxicología, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Biología, Recursos Naturales Terrestres, Acuáticos y Conservación de Recursos Naturales.

Artículo 1. \_\_\_\_\_

**Título:** Uso de agua de bebida fría como estrategia bajo condiciones de alta temperatura ambiental en conejos nueva zelanda: desempeño productivo, características de la canal y respuestas fisiológicas

Autores: Gamaliel Molina-Gómez<sup>1</sup>, Juan C. Robles-Estrada<sup>1\*</sup>, Jaime N. Sánchez-Pérez<sup>1</sup>, Francisco G. Ríos-Rincón<sup>1</sup>, Jesús J. Portillo-Loera<sup>1</sup>, Juan E. Sánchez-Torres<sup>2</sup>, and Horacio Dávila-Ramos<sup>1\*</sup>

Revista: "La revista Veterinary Sciences (Universidad de Yangzhou) está indexada en bases internacionales como Web of Science y Scopus, con factor de impacto ~2.3 y clasificada en Q1, lo que la reconoce como una publicación de competencia internacional."

ISSN: - ISSN 2306-7381

## **Uso de agua de bebida fría como estrategia bajo condiciones de alta temperatura ambiental en conejos Nueva Zelanda: desempeño productivo, características de la canal y respuestas fisiológicas**

**Gamaliel Molina-Gómez<sup>1</sup>, Juan C. Robles-Estrada<sup>1,\*</sup>, Jaime N. Sánchez-Pérez<sup>1</sup>, Francisco G. Ríos-Rincón<sup>1</sup>, Jesús J. Portillo-Loera<sup>1</sup>, Juan E. Sánchez-Torres<sup>2</sup> y Horacio Dávila-Ramos<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán 80246, Sinaloa, México.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca 50090, Estado de México, México.

\* Autores de correspondencia.

<https://doi.org/10.3390/vetsci13030262>

### **2.1. Resumen Simple**

Los conejos criados en climas tropicales se encuentran frecuentemente expuestos a altas temperaturas y niveles elevados de humedad, lo que puede comprometer su capacidad para regular la temperatura corporal y mantener el equilibrio térmico. Proporcionar agua de bebida fría se ha propuesto como una estrategia de manejo sencilla para ayudar a los animales a afrontar el estrés térmico. En este estudio, conejos en crecimiento recibieron agua de bebida a temperatura ambiente o agua moderadamente enfriada durante las horas más calurosas del día. Aunque la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento, las características de la canal y el consumo de agua no se vieron afectados por la temperatura del agua, los conejos que recibieron agua enfriada mostraron una menor temperatura corporal central durante la tarde, cuando el estrés térmico era mayor. Sin embargo, la conversión alimenticia durante todo el periodo experimental fue mayor en los conejos que recibieron agua enfriada. Estas respuestas indican un ajuste termorregulador localizado sin ventajas productivas claras. Los resultados sugieren que el enfriamiento moderado del agua de bebida puede contribuir a apoyar la termorregulación bajo condiciones de estrés térmico en sistemas de producción de conejos en ambientes tropicales.

## 2.2. Resumen

El estrés térmico representa uno de los principales desafíos para la producción de conejos en regiones tropicales, donde valores elevados del índice temperatura–humedad (ITH) comprometen la homeostasis térmica y el bienestar animal. Este estudio evaluó el efecto de proporcionar agua de bebida fría como estrategia para mitigar el estrés térmico sobre el desempeño productivo, las características de la canal, el consumo de agua y las respuestas fisiológicas en conejos Nueva Zelanda en crecimiento.

Dieciséis conejos machos fueron asignados a recibir agua de bebida a temperatura ambiente ( $33.9 \pm 1.5$  °C) o agua enfriada ( $16.7 \pm 1.8$  °C), suministrada durante los periodos de mayor carga térmica (10:00–17:00 h) durante un periodo experimental de cuatro semanas. La temperatura ambiental y la humedad relativa fueron monitoreadas para calcular el índice de temperatura–humedad (ITH), y las temperaturas corporales fueron registradas durante los periodos de la mañana y la tarde. La ganancia diaria promedio, las características de la canal y el consumo de agua no se vieron afectados por la temperatura del agua de bebida ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, la conversión alimenticia durante todo el periodo experimental fue mayor en los conejos que recibieron agua enfriada ( $p = 0.03$ ). En contraste, la temperatura rectal durante la tarde se redujo significativamente en los conejos que recibieron agua enfriada, reflejada por una interacción significativa agua  $\times$  periodo ( $p = 0.03$ ), lo que representó una reducción del 0.62 % en comparación con los conejos que recibieron agua de bebida normal, particularmente durante los periodos de mayor desafío térmico. Por su parte, la temperatura auricular y de superficie corporal estuvieron influenciadas principalmente por el periodo experimental ( $p < 0.01$ ). Estos resultados indican que el enfriamiento moderado del agua de bebida genera respuestas fisiológicas medibles asociadas con ajustes termorreguladores de corto plazo, sin mejorar el desempeño productivo. Proporcionar agua de bebida fría representa una estrategia práctica para apoyar la termorregulación bajo condiciones de estrés térmico en sistemas de producción de conejos en climas tropicales.

### 2.3. Introducción

El estrés térmico representa uno de los principales factores limitantes en la producción pecuaria a nivel mundial, particularmente en regiones tropicales y subtropicales, donde las altas temperaturas y la elevada humedad ambiental afectan negativamente la productividad animal. El estrés térmico se asocia con reducciones en el consumo voluntario de alimento, el crecimiento y la eficiencia productiva, comprometiendo así el desempeño productivo general y la calidad de la carne en los sistemas de producción animal [1].

La carne de conejo representa una alternativa relevante como fuente de proteína animal de alta calidad, caracterizada por su bajo contenido de grasa y colesterol, así como por su alto valor biológico. Además, la producción de conejos se distingue por su rápido ciclo productivo y su elevada eficiencia reproductiva [2]. Sin embargo, los conejos son particularmente susceptibles a las altas temperaturas ambientales, ya que carecen de glándulas sudoríparas funcionales y poseen una capacidad limitada para disipar el exceso de calor corporal. En esta especie, la evaporación asociada al jadeo y la vasodilatación periférica, especialmente a nivel auricular, constituyen los principales mecanismos de termorregulación [3,4].

El estrés térmico induce alteraciones fisiológicas que dificultan el mantenimiento de la homeostasis térmica, las cuales en los conejos se manifiestan mediante cambios en la frecuencia cardíaca y respiratoria, desequilibrios electrolíticos, reducciones en el consumo de alimento de hasta un 28 % y modificaciones en el metabolismo energético [3,5]. Estas alteraciones pueden traducirse en disminuciones de hasta un 25 % en la ganancia de peso y de un 15 % en la eficiencia alimenticia, además de un incremento en la mortalidad bajo condiciones severas de estrés térmico, que puede alcanzar entre 9 y 12 % [6,7]. El rango óptimo de temperatura ambiental para los conejos se sitúa entre 15 y 25 °C, con una humedad relativa de 55–65 %. El estrés térmico ocurre cuando la temperatura ambiental supera los 30 °C y se vuelve crítico por encima de los 35 °C, momento en el que los conejos presentan una capacidad limitada para regular su temperatura corporal [6]. Las condiciones de

estrés térmico en conejos se clasifican mediante el índice de temperatura y humedad (ITH) en categorías de estrés térmico nulo, moderado, severo y muy severo [8,9].

Las estrategias orientadas a mitigar los efectos negativos del estrés térmico en los animales pueden agruparse en aquellas enfocadas en reducir la producción de calor metabólico, mejorar la disipación del calor corporal o incrementar la tolerancia al calor mediante selección genética [10]. En conejos, las principales medidas incluyen mejoras en la infraestructura de alojamiento, como ventilación y sombreado, así como estrategias complementarias que incluyen suplementación nutricional y el uso de agua de bebida a baja temperatura como una alternativa de manejo para facilitar la termorregulación [6]. El uso de agua fría representa una estrategia de manejo para mitigar el estrés térmico en conejos, ya sea mediante el suministro de agua de bebida o mediante contacto físico directo [11]. Por un lado, el enfriamiento por conducción logrado mediante la colocación de botellas con agua fría dentro de la jaula reduce significativamente la frecuencia respiratoria y la temperatura rectal, al mismo tiempo que incrementa el consumo de alimento [12]. De forma complementaria, el suministro de agua de bebida enfriada durante los periodos de mayor carga térmica facilita la termorregulación interna, lo que puede traducirse en mejoras en la ganancia de peso y en la eficiencia alimenticia [13].

Aunque se han evaluado diversas estrategias para mitigar el estrés térmico en conejos, la mayoría de los estudios se han realizado bajo condiciones climáticas o de manejo distintas a las que prevalecen en regiones tropicales secas. Estos ambientes, caracterizados por altos valores del índice temperatura–humedad y marcadas variaciones térmicas diarias, pueden influir en las respuestas fisiológicas y productivas de los conejos. En México, la producción de conejos ha cobrado interés como un sistema pecuario alternativo en regiones cálidas; sin embargo, la evidencia experimental generada localmente que respalde la toma de decisiones de manejo bajo estas condiciones ambientales aún es limitada. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de proporcionar agua de bebida

moderadamente enfriada durante los periodos de mayor carga térmica sobre el desempeño productivo, las características de la canal y las respuestas fisiológicas de conejos Nueva Zelanda en crecimiento criados bajo condiciones de trópico seco.

## **2.4 Materiales y Métodos**

### **2.4.1. Área de estudio y datos climáticos**

Este estudio se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Conejos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en Culiacán, Sinaloa, México (24.77200° N, 107.35439° O). El experimento se realizó en una nave rectangular para conejos con lados abiertos, con dimensiones de 4.5 m de ancho y 17 m de largo. El edificio estaba completamente techado, con una altura central de 4.0 m y 2.1 m en ambos extremos laterales.

Las paredes laterales estaban equipadas con sistemas de cortinas que permitían ventilación e iluminación naturales pasiva a través de la sección inferior de la estructura. La temperatura ambiental y la humedad relativa se registraron *in situ* seis veces al día a las 10:00, 11:30, 13:00, 14:30, 16:00 y 17:00 h durante todo el período experimental. Los registros obtenidos a las 10:00 y 11:30 h se consideraron mediciones matutinas, mientras que los obtenidos a las 13:00, 14:30, 16:00 y 17:00 h se consideraron mediciones vespertinas. El índice de temperatura y humedad (ITH) se calculó utilizando la ecuación descrita por [11]:

$$\text{ITH} = \text{db}^{\circ}\text{C} - \{(0.31 - 0.31 \times \text{RH}) \times (\text{db}^{\circ}\text{C} - 14.4)\}$$

donde: db°C es la temperatura de bulbo seco expresada en grados Celsius; RH es la humedad relativa expresada como fracción decimal. Los valores de ITH se clasificaron de la siguiente manera: Sin estrés térmico (< 27.8), Estrés térmico moderado (27.8–28.9), Estrés térmico severo (28.9–30.0) y estrés térmico muy severo (> 30.0) [11].

### **2.4.2. Manejo de animales y tratamientos**

Los conejos utilizados en el experimento se obtuvieron de la población reproductora mantenida en el mismo centro de investigación. Todos los animales eran machos en crecimiento de edad similar (seis semanas), clínicamente sanos y criados bajo

condiciones idénticas. De la población disponible, los dieciséis conejos incluidos en el estudio cumplieron con los criterios de salud y el rango de peso corporal inicial requerido para su inclusión en el experimento.

Se utilizaron dieciséis conejos machos de la raza Nueva Zelanda Blanca (*Oryctolagus cuniculus*) con un peso vivo inicial promedio de  $1429 \pm 208$  g. Los conejos se asignaron a los tratamientos utilizando un diseño de bloques completos al azar, en el cual el peso vivo inicial se utilizó como factor de bloqueo para minimizar la variabilidad entre animales. Dentro de cada bloque, los conejos se asignaron aleatoriamente a uno de los dos tratamientos experimentales. Los conejos se alojaron individualmente en jaulas de alambre galvanizado con dimensiones de 78 cm de largo  $\times$  48 cm de ancho  $\times$  28 cm de alto, equipadas con comederos metálicos galvanizados y bebederos tipo chupón.

Todos los animales tuvieron acceso ad libitum a una dieta comercial peletizada que contenía: 18 % de proteína cruda, 14 % de fibra y 2.86 Mcal/kg de materia seca de energía digestible. El alimento fresco se ofreció una vez al día a las 08:00 h, permitiendo un margen diario de rechazo para asegurar el consumo voluntario y minimizar la acumulación de polvo asociada con las dietas peletizadas.

Los tratamientos experimentales consistieron en: Agua de bebida a temperatura ambiente ( $33.9 \pm 1.5$  °C; Normal, grupo control) y Agua de bebida fría ( $16.7 \pm 1.8$  °C; Cool). El agua fría se suministró durante las horas de mayor carga térmica (10:00 a 17:00 h). El agua de bebida se proporcionó a cada conejo utilizando botellas de plástico con capacidad de 375 mL, colocadas en el exterior de cada jaula y conectadas a un chupón de acero inoxidable mediante un tubo de 8 cm [14].

En el tratamiento de enfriamiento, las botellas se cubrieron externamente con espuma de poliestireno expandido para reducir el intercambio de calor con el ambiente. A las 10:00 h, el agua residual del día anterior se eliminó completamente para permitir el cálculo del consumo diario de agua. Inmediatamente después, se añadieron 250 mL de agua previamente enfriada (13 °C) a cada botella y el recipiente se selló. Para mantener la temperatura reducida del agua durante el período de mayor carga térmica (10:00–17:00 h), se añadieron 35 mL de agua congelada (hielo) a intervalos de 1.5 h (11:30, 13:00, 14:30, 16:00 y 17:00 h),

coincidiendo con las mediciones ambientales. El volumen de hielo fue previamente estimado para mantener la temperatura del agua dentro del rango objetivo durante el período de calor diurno. La temperatura del agua se midió directamente dentro de cada botella para ambos tratamientos en cada punto de medición programado (10:00, 11:30, 13:00, 14:30, 16:00 y 17:00 h) utilizando un termómetro digital calibrado.

#### **2.4.3. Desempeño productivo**

Los conejos se pesaron en los días 1, 8, 15, 22 y 29 del experimento antes de la entrega del alimento. El consumo de alimento y de agua se determinó calculando la diferencia entre la cantidad ofrecida y los rechazos. La ganancia diaria promedio se calculó como la diferencia entre el peso corporal final e inicial dividida entre el número de días del período de evaluación. La conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo diario de alimento entre la ganancia diaria promedio [13].

#### **2.4.4. Características de la canal**

Los animales fueron sacrificados siguiendo las directrices de la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, la cual establece procedimientos humanitarios para minimizar el dolor, el estrés y el sufrimiento. El peso de la canal caliente se registró 15–30 minutos después del sacrificio, una vez completado el sangrado y retiradas: la piel, la cabeza, las partes distales de las extremidades anteriores y posteriores, y los tractos gastrointestinal y urogenital. Posteriormente, las canales se refrigeraron durante 24 h en una cámara fría ventilada a 2–4 °C, tras lo cual se determinó el peso de la canal fría. El rendimiento de canal se calculó como la relación entre el peso de la canal fría y el peso vivo final [15].

#### **2.4.5. Respuesta fisiológica**

La temperatura auricular y de superficie corporal se registraron diariamente a las 08:00 y 14:30 h (periodos de mañana y tarde) utilizando un termómetro infrarrojo digital. La temperatura auricular se midió a una distancia aproximada de 5 cm desde la zona central del pabellón auricular. La temperatura de la superficie corporal se registró apuntando el termómetro hacia la región dorsal entre el cuello y el lomo. La

temperatura rectal se registró dos veces por semana utilizando un termómetro digital, introducido aproximadamente 2 cm en el recto. Todas las mediciones de temperatura se realizaron por triplicado, y el valor promedio se utilizó para el análisis estadístico [16].

#### **2.4.6. Análisis estadístico**

Las variables de desempeño productivo y características de la canal se analizaron utilizando un diseño de bloques completos al azar, donde el peso vivo inicial se utilizó como criterio de bloqueo. Se formaron cuatro bloques, cada uno compuesto por cuatro conejos alojados individualmente (dos conejos por tratamiento dentro de cada bloque). Para estas variables, la unidad experimental se definió como el promedio de los dos conejos asignados a cada tratamiento dentro de un bloque.

Las variables se analizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS, con el tratamiento incluido como efecto fijo y el bloque como efecto aleatorio. El peso vivo se analizó como medida repetida en el tiempo. El consumo de materia seca, la ganancia diaria promedio y la conversión alimenticia se calcularon por períodos experimentales (días 1–14, 15–28 y 1–28) y se analizaron mediante modelos mixtos.

Las variables fisiológicas, incluidas la temperatura auricular, de superficie corporal y rectal, así como el consumo de agua, se analizaron utilizando modelos lineales mixtos con medidas repetidas, considerando al conejo individual como unidad experimental. El tratamiento, el período y su interacción se incluyeron como efectos fijos, mientras que el conejo individual se incluyó como efecto aleatorio.

Cuando se detectaron interacciones significativas tratamiento  $\times$  período, se realizaron análisis de efectos simples para evaluar las diferencias entre tratamientos dentro de cada período. La significancia estadística se declaró en  $p \leq 0.05$ , mientras que valores de  $p \leq 0.10$  se consideraron indicativos de tendencias estadísticas. Se calcularon coeficientes de correlación de Pearson para explorar asociaciones lineales entre el ITH y las variables fisiológicas. Los análisis de correlación se utilizaron con fines descriptivos, y la significancia estadística se declaró en  $p \leq 0.05$ .

## 2.5. Resultados

### 2.5.1. Condiciones ambientales

La temperatura ambiental diaria registrada durante el período experimental de 28 días se presenta en la Figura 3. La temperatura ambiental matutina osciló entre 27.0 y 31.9 °C, con la mayoría de los valores entre 29 y 31.5 °C. En contraste, la temperatura vespertina osciló entre 31.9 y 37.9 °C y superó los 34 °C en 24 de los 28 días experimentales. Se registraron valores máximos vespertinos  $\geq 37$  °C en siete días, lo que indica una exposición sostenida a una elevada carga térmica durante las horas de mayor calor.

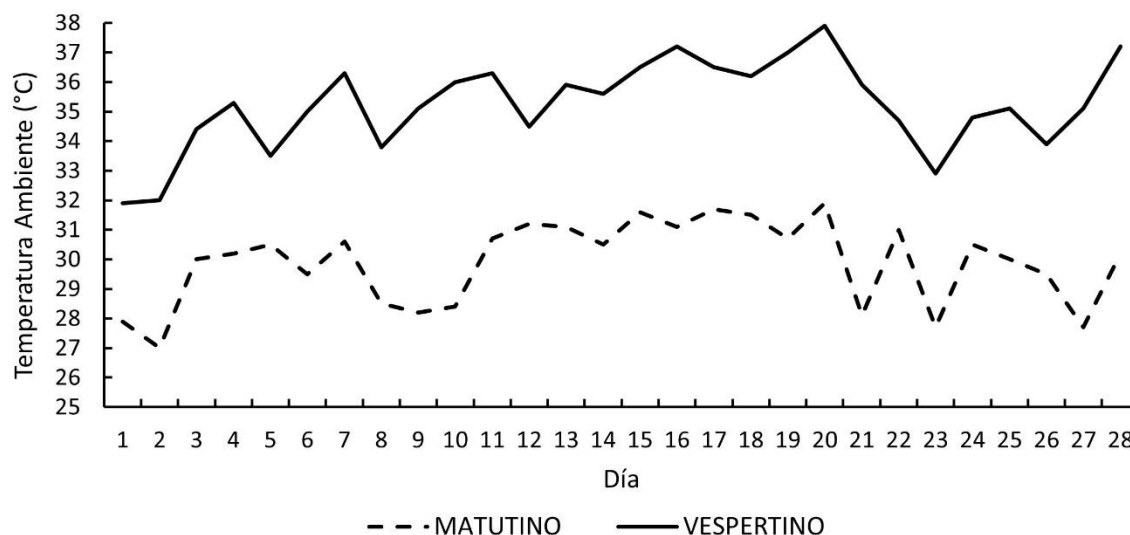


Figura 3. Temperatura ambiental diaria por la mañana y la tarde durante el periodo experimental de 28 días.

La humedad relativa diaria registrada durante el período experimental se presenta en la Figura 4. La humedad relativa matutina osciló entre 59 y 96 %, generalmente superando el 70 % en la mayoría de los días. En contraste, la humedad relativa vespertina osciló entre 45 y 72 %, reflejando la disminución diurna típica asociada con el aumento de la temperatura ambiental.

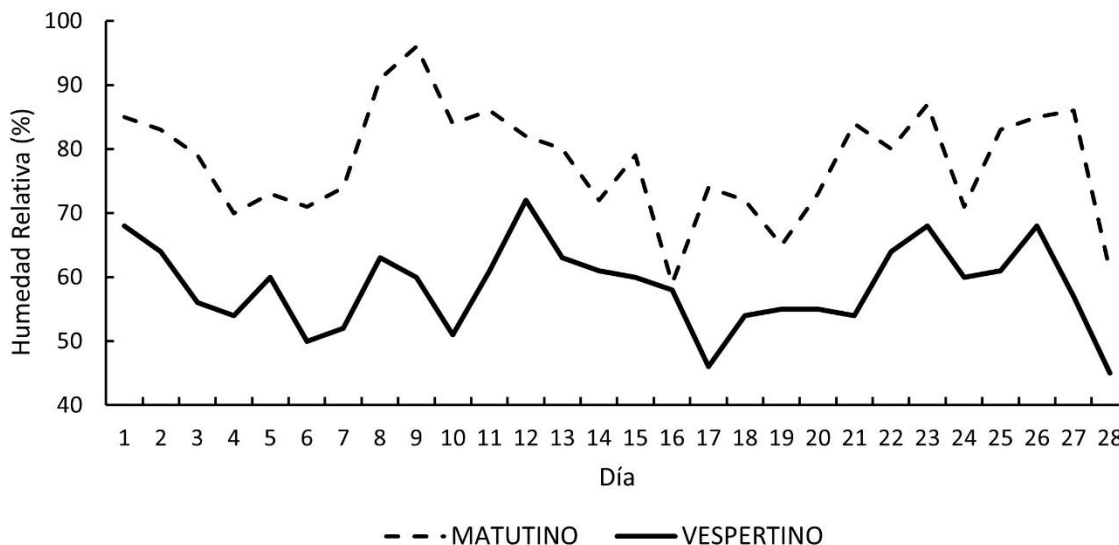


Figura 4. Humedad relativa diaria (%) de la mañana y la tarde durante el periodo experimental de 28 días.

Como se muestra en la Figura 5, el ITH matutino osciló entre 26 y 30. De acuerdo con la clasificación propuesta por [11], cinco días se clasificaron como sin estrés térmico (< 27.8), cinco como estrés térmico moderado (27.8–28.9) y dieciocho como estrés térmico severo (28.9–30.0). El ITH matutino no superó 30.0 en ningún día.

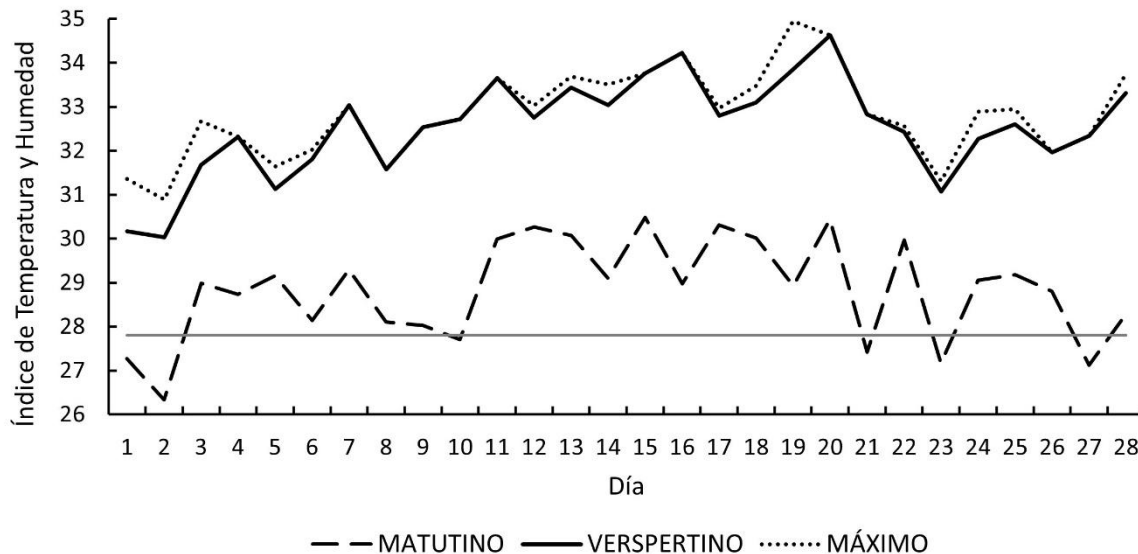


Figura 5. Valores diarios de la mañana, tarde y máximo del índice de temperatura-humedad (ITH) registrados durante el periodo experimental de 28 días. La línea horizontal sólida representa el umbral térmico (ITH = 27,8) según [11].

En contraste, los valores de ITH vespertino oscilaron entre 30 y 35. En 26 de los 28 días experimentales, los valores de ITH fueron > 30.0, correspondientes a la categoría de estrés térmico muy severo, mientras que dos días (ITH = 30.0) se clasificaron como estrés severo. Los valores máximos diarios de ITH oscilaron entre 31 y 35 y se clasificaron consistentemente como estrés térmico muy severo durante todo el período experimental. Estos resultados confirman una exposición sostenida de los conejos a condiciones de estrés térmico severo a muy severo según los criterios establecidos por [11].

### 2.5.2. ITH matutino, vespertino y máximo

Los valores de ITH registrados por período experimental se presentan en el cuadro 2. El ITH matutino no difirió significativamente entre los períodos experimentales ( $p > 0.05$ ) y no mostró tendencia lineal a lo largo del tiempo. En contraste, el ITH vespertino difirió significativamente entre períodos ( $p < 0.01$ ), con los valores más altos observados durante el período 3, seguido de los períodos 2 y 4, mientras que el período 1 presentó los valores más bajos. Se detectó una tendencia lineal significativa a lo largo de los períodos experimentales para el ITH vespertino ( $p =$

0.02). El ITH máximo también difirió significativamente entre periodos ( $p < 0.01$ ), con los valores más altos registrados en el período 3. Se observó una tendencia lineal marginal para el ITH máximo durante el experimento ( $p = 0.06$ ).

Cuadro 2. Valores de la mañana, tarde y máximos de ITH registrados durante el experimento.

Período <sup>1</sup>	Periodo					EEM <sup>2</sup>	Valor de p	
	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Periodo		Lineal	Cuadrático
ITH matutino	28.27	29.04	29.50	28.53	0.42	0.19	0.51	0.04
ITH vespertino	31.44 <sup>c</sup>	32.81 <sup>b</sup>	33.59 <sup>a</sup>	32.29 <sup>bc</sup>	0.30	<0.01	0.02	<0.01
ITH máximo	31.99 <sup>c</sup>	32.95 <sup>bc</sup>	33.83 <sup>a</sup>	32.54 <sup>bc</sup>	0.29	<0.01	0.06	<0.01

<sup>1</sup>, ITH = índice de temperatura y humedad. Diferentes letras minúsculas dentro de la misma fila indican diferencias significativas entre los periodos ( $p < 0,05$ ), Sem = Semana, <sup>2</sup>Error estándar de la media.

### 2.5.3. Desempeño productivo y características de la canal

El análisis descriptivo (Cuadro 3) mostró que el agua a temperatura ambiente presentó baja variabilidad durante el período experimental ( $CV < 5\%$ ), lo que indica condiciones térmicas estables. En contraste, el agua enfriada presentó un coeficiente de variación más alto, reflejando la dinámica del sistema de enfriamiento.

Cuadro 3. Resumen descriptivo de la temperatura de agua normal y fría.

Agua <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	Media (°C)	DE <sup>3</sup>	CV (%) <sup>4</sup>
Normal	28	33.9	1.5	4.4
Fría	28	16.7	1.8	10.8

<sup>1</sup>, Tratamientos, Normal = agua potable a temperatura ambiente; Fría = agua fresca de bebida a  $16.7 \pm 1.8$  °C. <sup>2</sup> n = Una observación por tratamiento por día; <sup>3</sup> DE = Desviación estandar ; <sup>4</sup> CV = coeficiente de variación.

Los efectos de la temperatura del agua sobre el desempeño productivo se presentan en el cuadro 4. La temperatura del agua no afectó peso vivo, consumo de materia seca y ganancia diaria promedio en ninguno de los periodos evaluados ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, durante el período experimental total (días 1–28), los conejos que recibieron agua a temperatura ambiente presentaron una conversión alimenticia menor que aquellos que recibieron agua fría ( $p = 0.03$ ).

Cuadro 4. Efecto de la temperatura del agua de bebida en crecimiento de los conejos.

Variable <sup>2</sup>	Agua de bebida <sup>1</sup>		EEM <sup>3</sup>	Valor de <i>p</i>
	Normal	Fría		
Peso inicial (g)	1415	1443	40.1	0.63
Peso día 14 (g)	1804	1766	40.1	0.53
Peso día 28 (g)	2032	1973	40.1	0.33
CMS días 1–14	96.90	90.38	5.60	0.46
CMS días 15–28	92.75	88.06	2.30	0.25
CMS días 1–28	94.80	89.23	3.60	0.35
GDP días 1–14	27.73	23.04	2.48	0.27
GDP días 15–28	16.32	14.80	1.05	0.38
GDP días 1–28	22.03	18.92	0.93	0.10
CA días 1–14	3.13	3.73	0.30	0.13
CA días 15–28	5.55	5.55	0.30	0.99
CA días 1–28	3.98	4.40	0.30	0.03

<sup>1</sup>, Tratamientos, Normal = agua de bebida a temperatura ambiente; Fría = agua fresca de bebida a  $16,7 \pm 1,8$  °C. <sup>2</sup>, CMS = Consumo de materia seca; GDP = ganancia diaria de peso; CA = conversión alimenticia; <sup>3</sup>, EEM = error estándar de la media.

Los efectos de la temperatura del agua sobre las características de la canal se presentan en el cuadro 5. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos para peso de canal caliente, peso de canal fría y rendimiento de canal ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 5. Efecto de la temperatura del agua de bebida en las características de canal de conejos.

Variable	Agua de bebida <sup>1</sup>		EEM <sup>2</sup>	Valor de <i>p</i>
	Normal	Fría		
Peso canal caliente	1079.0	1060.0	32.3	0.705
Peso canal fría (g)	1068.38	1046.63	32.54	0.669
Rendimiento (%)	52.97	53.70	0.69	0.507

<sup>1</sup>, Tratamientos, Normal = agua bebida a temperatura ambiente; Frío = agua fresca para beber a  $16,7 \pm 1,8$  °C. <sup>2</sup> EEM = error estándar de la media.

Los efectos de la temperatura del agua sobre el consumo de agua se presentan en el cuadro 6. El consumo de agua no difirió significativamente entre tratamientos en ninguna de las semanas experimentales ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 6. Efecto de la temperatura del agua en la ingesta de conejos.

Semana	Agua de bebida <sup>1</sup>		EEM <sup>2</sup>	p
	Normal	Fría		
1	250.56	239.91	21.83	0.625
2	217.55	195.36	21.83	0.313
3	215.08	207.37	21.83	0.723
4	215.65	196.72	21.83	0.388

<sup>1</sup>, Tratamientos, Normal = agua de bebida a temperatura ambiente; Fría = agua fresca para beber a  $16,7 \pm 1,8$  °C. <sup>2</sup>, EEM = error estándar de la media.

#### 2.5.4. Respuestas fisiológicas y termorregulación

Las temperaturas corporales matutinas se presentan en el cuadro 7. Durante la mañana la temperatura auricular y corporal fueron afectadas por el período ( $p < 0.01$ ) y la temperatura del agua no tuvo efecto significativo. La temperatura rectal permaneció estable entre tratamientos y períodos.

Cuadro 7. Efecto de la temperatura del agua de bebida en las temperaturas corporales matutinas de los conejos.

	Agua <sup>1</sup>	Periodo				EEM <sup>2</sup>	Valor de $p$ <sup>3</sup>		
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4		Agua	Periodo	Agua × Periodo
Oreja	Normal	38.69	39.33	39.68	39.40	0.19	0.36	<0.01	0.99
	Fría	38.91	39.51	39.84	39.62				
Cuerpo	Normal	36.29	36.14	36.66	36.35*	0.07	0.27	<0.01	0.10
	Fría	36.27	36.06	36.72	36.10*				
Rectal	Normal	39.24	39.06	39.36	39.29	0.11	0.93	0.24	0.16
	Fría	39.22	39.29	39.31	39.17				

<sup>1</sup>, Tratamientos, Normal = agua de bebida a temperatura ambiente; Frío = agua de bebida fría a  $16,7 \pm 1,8$  °C; <sup>2</sup>, EEM = error estándar de la media. Se declaró significación estadística en  $P \leq 0,05$ , mientras que los valores de  $P \leq 0,10$  fueron considerados indicativo de tendencias estadísticas.

Las temperaturas corporales vespertinas se presentan en el cuadro 8. Durante la tarde la temperatura rectal sí fue afectada por el tratamiento y se detectó interacción agua × período ( $p = 0.03$ ). Los conejos con agua fría mostraron menor temperatura rectal, especialmente en la semana 4.

Cuadro 8. Efecto de la temperatura del agua de bebida en las temperaturas corporales vespertinas de los conejos.

	Agua <sup>1</sup>	Periodo				EEM <sup>2</sup>	Valor de $p$ <sup>3</sup>		
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4		Agua	Periodo	Agua × Periodo
Oreja	Normal	41.21	41.83	42.00	41.23	0.13	0.93	<0.01	0.36
	Fría	41.04	41.8	41.98	41.35				
Cuerpo	Normal	38.48	39.34	40.29	38.76	0.09	0.58	<0.01	0.86
	Fría	38.45	39.34	40.16	38.71				
Rectal	Normal	40.50	40.25	40.20	40.22**	0.09	0.04	<0.01	0.03
	Fría	40.41	40.00	40.00	39.76**				

<sup>1</sup>, Tratamientos, Normal = agua de bebida a temperatura ambiente; Frío = agua de bebida fría a  $16,7 \pm 1,8$  °C; <sup>2</sup>, EEM = error estándar de la media. Se declaró significación estadística en  $P \leq 0,05$ , mientras que los valores de  $P \leq 0,10$  fueron considerados indicativo de tendencias estadísticas.

### 2.5.5. Índice de temperatura y humedad y respuestas de la temperatura corporal

Los coeficientes de correlación de Pearson entre el ITH (Índice Temperatura–Humedad) y las temperaturas corporales registradas durante la mañana y la tarde se presentan en los cuadros 9 y 10, respectivamente. En general, independientemente del tratamiento, las correlaciones entre el ITH y las variables de temperatura mostraron un patrón consistente en ambas tablas.

Las temperaturas auricular y superficial corporal presentaron las mayores magnitudes de correlación, mientras que la temperatura rectal mostró valores más bajos, lo que indica una asociación más débil con las condiciones ambientales evaluadas.

Cuadro 9. Correlaciones de Pearson entre el ITH (Índice Temperatura–Humedad) y las temperaturas corporales durante la mañana.

<sup>1</sup>, Tratamientos, Normal = agua de bebida a temperatura ambiente; Frío = agua de bebida fría a

Agua <sup>1</sup>	Temperatura	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Normal	Oreja	0.72	0.29	0.05	0.41
	Cuerpo	0.72	0.53	0.39	0.54
	Rectal	0.36	0.62	0.49	0.74
Fría	Oreja	0.80	0.20	0.20	0.44
	Cuerpo	0.60	0.48	0.27	0.62
	Rectal	0.58	-0.24	0.51	0.28

16,7±1,8 °C.

Cuadro 10. Correlaciones de Pearson entre el ITH (Índice Temperatura–Humedad) y las temperaturas corporales durante la tarde

Agua <sup>1</sup>	Temperatura	Semana	Semana	Semana	Semana
Normal	Oreja	0.76	0.15	0.38	0.66
	Cuerpo	0.93	0.15	0.65	0.85
	Rectal	0.54	0.12	-0.28	0.12
Fría	Oreja	0.75	0.32	0.47	0.48
	Cuerpo	0.91	0.37	0.68	0.85
	Rectal	0.58	-0.09	-0.02	0.15

<sup>1</sup>, Tratamientos, Normal = agua de bebida a temperatura ambiente; Frío = agua de bebida fría a 16,7±1,8 °C.

Al comparar las mediciones de la mañana y de la tarde, se observaron patrones similares; sin embargo, durante la tarde, la temperatura rectal tendió a presentar correlaciones más bajas con el ITH, e incluso valores negativos en algunos períodos en comparación con la mañana, lo que indica una menor dependencia de la temperatura central respecto a las condiciones ambientales en este momento del día en relación con las temperaturas periféricas.

Al considerar el efecto de los tratamientos sobre la temperatura rectal, el suministro de agua de bebida fría se asoció con valores de correlación más bajos con el ITH, particularmente durante la mañana en los períodos 2 y 4, así como durante la tarde en el período 2. En contraste, las temperaturas auricular y superficial corporal

mantuvieron asociaciones de magnitud similar con el ITH, independientemente del tratamiento.

## **2.6. Discusión**

El mayor coeficiente de variación observado para el agua de bebida enfriada refleja la dinámica inherente del sistema de enfriamiento y debe interpretarse como una característica del manejo térmico más que como un error de medición. En contraste, el agua de bebida a temperatura ambiente mostró baja variabilidad, lo que indica condiciones estables determinadas por la temperatura ambiental.

### **2.6.1. Desempeño productivo, características de la canal y consumo de agua**

En el presente estudio, el suministro de agua de bebida fría durante las horas de mayor carga térmica no resultó en mejoras en el peso vivo, el consumo de materia seca ni en la ganancia diaria promedio. Estos resultados indican que, bajo las condiciones ambientales evaluadas, esta estrategia de mitigación no mejoró el desempeño productivo, a pesar de la exposición de los conejos a condiciones de estrés térmico.

Como se demostró en la caracterización ambiental (Figuras 1 y 3), la temperatura ambiental vespertina superó consistentemente los 34 °C y alcanzó hasta 37.9 °C, mientras que los valores de ITH vespertino se clasificaron como estrés térmico muy severo ( $\geq 30.0$ ) durante los 28 días del período experimental. Por lo tanto, la ausencia de mejoras en el desempeño productivo no puede atribuirse a una carga térmica insuficiente. Estudios previos han reportado mejoras en el desempeño productivo cuando se suministró agua de bebida fría a conejos expuestos a estrés térmico; sin embargo, estas respuestas han sido altamente variables y dependen en gran medida de las condiciones experimentales. Se han reportado efectos positivos sobre la ganancia diaria promedio y la eficiencia alimenticia cuando se

proporcionó agua a temperaturas entre 10 y 15 °C bajo condiciones de estrés térmico severo [11,17].

En contraste, otros estudios han mostrado efectos neutrales o incluso negativos del uso de agua de bebida enfriada sobre el desempeño productivo, particularmente cuando se utilizaron temperaturas de agua más bajas o cuando los animales fueron evaluados en etapas fisiológicas sensibles, como el crecimiento temprano o la reproducción [14,18,19]. En el presente estudio, aunque la ganancia diaria promedio y el consumo de materia seca no se vieron afectados por el tratamiento, los conejos que recibieron agua de bebida fría presentaron una mayor conversión alimenticia durante el período experimental total (días 1–28) en comparación con aquellos que recibieron agua a temperatura ambiente. Esta respuesta sugiere que, bajo las condiciones de estrés térmico de este experimento, los ajustes fisiológicos inducidos por el agua enfriada pueden no traducirse en mejoras en la eficiencia alimenticia. Autores previos han reportado que la conversión alimenticia de conejos que consumen agua fría puede ser mayor que la de aquellos que consumen agua a temperaturas más altas [19].

En estas circunstancias, la contribución del agua de bebida enfriada parece limitarse a apoyar el equilibrio termorregulador más que a mejorar directamente la eficiencia productiva. Las características de la canal en conejos reflejan en gran medida las respuestas acumulativas del crecimiento y la partición de nutrientes a lo largo del tiempo; por lo tanto, en ausencia de diferencias sostenidas en el consumo de alimento o en la ganancia de peso, no se esperan alteraciones importantes en la composición de la canal.

En el presente estudio, el consumo de agua no se vio afectado significativamente por la temperatura del agua de bebida durante todo el período experimental. Los conejos que recibieron agua enfriada mostraron patrones de consumo comparables a los de aquellos que recibieron agua a temperatura ambiente, lo que indica que el enfriamiento moderado del agua no alteró el consumo voluntario bajo las condiciones de estrés térmico evaluadas. Estudios previos han reportado efectos inconsistentes de la temperatura del agua sobre el consumo de agua en conejos expuestos a altas temperaturas ambientales. Se han observado reducciones en el

consumo de agua cuando se suministró agua enfriada a temperaturas muy bajas (aproximadamente 10–15 °C), particularmente bajo condiciones de estrés térmico intenso (ITH > 30 con temperaturas de 35–38 °C) [11].

En contraste, otros estudios han reportado que no se producen cambios en el consumo de agua cuando los conejos reciben agua de bebida enfriada dentro de un rango moderado de temperatura, similar al utilizado en el presente estudio [13,17]. Estos resultados sugieren que el efecto de la temperatura del agua sobre el consumo depende tanto del grado de enfriamiento como de las condiciones ambientales. Los conejos regulan el consumo de agua principalmente en respuesta a sus necesidades de hidratación, más que utilizando el comportamiento de bebida como una estrategia termorreguladora primaria [14].

### **2.6.2. Respuestas fisiológicas y termorregulación**

Las respuestas fisiológicas observadas en el presente estudio indican que el agua de bebida fría influyó en los procesos de termorregulación en conejos en crecimiento expuestos a estrés térmico, incluso en ausencia de mejoras productivas. Las respuestas de la temperatura corporal difirieron entre las mediciones realizadas en la mañana y en la tarde, lo que resalta la importancia de evaluar las variables fisiológicas en relación con la carga térmica diaria.

Durante el período matutino, la temperatura auricular, de superficie corporal y rectal estuvieron influenciadas principalmente por el período experimental, lo que refleja cambios temporales en las condiciones ambientales. La temperatura del agua de bebida no afectó estas variables y no se detectó interacción tratamiento × período. Esta respuesta sugiere que las condiciones térmicas durante la mañana no fueron lo suficientemente desafiantes para generar respuestas fisiológicas diferenciales entre tratamientos, y que los conejos pudieron mantener la homeostasis térmica independientemente del tratamiento. No obstante, se observó una tendencia hacia una interacción agua × período para la temperatura de superficie corporal ( $p = 0.10$ ), lo que sugiere que las diferencias relacionadas con el tratamiento pueden comenzar a manifestarse a medida que las condiciones térmicas se intensifican entre períodos. En contraste, durante la tarde cuando la temperatura ambiental y el ITH alcanzaron sus valores más altos la temperatura rectal se vio significativamente

afectada por la temperatura del agua de bebida y por la interacción tratamiento × período.

Los conejos que recibieron agua de bebida fría presentaron temperaturas rectales más bajas durante los períodos de mayor desafío térmico, lo que indica una regulación más eficiente de la temperatura corporal central en el corto plazo bajo condiciones de alta carga térmica. Aunque la magnitud de la reducción fue moderada, esta respuesta es biológicamente relevante, ya que pequeños cambios en la temperatura rectal en conejos se han asociado con mejoras significativas en el equilibrio térmico [20].

El análisis de correlación de Pearson proporcionó una evaluación descriptiva de la relación entre la carga térmica ambiental y las respuestas de temperatura corporal a lo largo de los períodos experimentales. En general, las correlaciones más fuertes observadas para la temperatura auricular y de superficie corporal en comparación con la temperatura rectal respaldan la mayor sensibilidad de las medidas térmicas periféricas frente a los cambios en el ITH. Por el contrario, los valores de correlación más bajos para la temperatura rectal son consistentes con su regulación fisiológica más estricta. Aunque las mediciones matutinas y vespertinas mostraron patrones generales similares, la temperatura rectal tendió a presentar correlaciones más bajas e incluso valores negativos en algunos períodos durante la tarde, lo que indica una menor dependencia de la temperatura central respecto a las condiciones ambientales en comparación con las temperaturas periféricas.

Los valores de correlación más bajos observados para la temperatura rectal bajo el tratamiento con agua enfriada en determinados períodos sugieren un posible efecto modulador de la temperatura del agua sobre la relación entre el ITH y la temperatura central. Sin embargo, este patrón debe interpretarse con cautela, considerando el rango fisiológico relativamente estrecho de la temperatura rectal y el número limitado de observaciones.

La ausencia de efectos del tratamiento sobre la temperatura auricular y de superficie corporal sugiere que el principal beneficio termorregulador del agua de bebida fría ocurrió a nivel interno más que a través de una mayor disipación periférica de calor. En los conejos, la región auricular desempeña un papel central en la pérdida de

calor mediante vasodilatación; sin embargo, cuando las temperaturas ambientales permanecen elevadas, los mecanismos periféricos por sí solos pueden ser insuficientes para reducir la temperatura corporal central. Bajo estas condiciones, la ingestión de agua más fría puede contribuir al intercambio térmico interno, facilitando la disipación del exceso de calor corporal sin necesariamente alterar los patrones de temperatura superficial. Reducciones similares en la temperatura rectal asociadas con el uso de agua de bebida fría han sido reportadas en estudios previos realizados bajo condiciones de estrés térmico [13,21,22].

En conjunto, estos resultados indican que la temperatura del agua de bebida puede modular las respuestas fisiológicas al estrés térmico, incluso cuando el desempeño productivo permanece sin cambios. Los resultados del ITH proporcionan un contexto esencial para interpretar las respuestas fisiológicas observadas en este estudio. La ausencia de diferencias en el ITH matutino entre períodos experimentales indica condiciones térmicas relativamente estables durante esta parte del día, lo que es consistente con la falta de efectos del tratamiento sobre las variables fisiológicas medidas por la mañana. En contraste, la variación significativa observada en el ITH vespertino y máximo entre períodos particularmente los valores máximos registrados durante el tercer período refleja una intensificación progresiva del desafío térmico a lo largo del experimento. Este patrón respalda la idea de que los efectos fisiológicos del agua de bebida fría se vuelven evidentes solo cuando la carga térmica ambiental supera un umbral crítico, lo que explica los efectos significativos del tratamiento sobre la temperatura rectal.

La reducción de la temperatura rectal observada durante los períodos de máxima carga térmica indica un beneficio termorregulador localizado asociado con el suministro de agua de bebida fría bajo condiciones de estrés térmico. Sin embargo, esta respuesta fisiológica no estuvo acompañada por mejoras en el desempeño productivo, y la eficiencia alimenticia se redujo durante el período experimental total. Aunque la fisiología digestiva no se evaluó directamente en este estudio, la mayor conversión alimenticia observada en los conejos que recibieron agua de bebida fría sugiere que los beneficios termorreguladores pueden haber estado acompañados por costos metabólicos o digestivos sutiles.

La ingestión de agua fría puede incrementar la demanda energética necesaria para restablecer la temperatura del contenido digestivo a la temperatura corporal, desviando potencialmente energía de los procesos productivos [19]. Por lo tanto, estas respuestas deben interpretarse como indicativas de apoyo termorregulador de corto plazo, más que como evidencia de mejoras amplias en la eficiencia productiva. Aunque el presente estudio demuestra que el enfriamiento moderado del agua de bebida puede favorecer respuestas termorreguladoras de corto plazo bajo condiciones de estrés térmico, investigaciones futuras que evalúen períodos experimentales más largos y la integración de estrategias adicionales de enfriamiento podrían ayudar a caracterizar con mayor precisión los beneficios potenciales de la mitigación del estrés térmico en sistemas de producción cunícola.

## **2.7. Conclusiones**

Los resultados de este estudio indican que el suministro de agua de bebida fría bajo condiciones de alta carga térmica ambiental induce respuestas fisiológicas medibles en conejos en crecimiento, particularmente una reducción de la temperatura corporal central durante la tarde. Estos efectos se observaron en ausencia de cambios detectables en la ganancia de peso vivo, el consumo de materia seca o las características de la canal. Sin embargo, la conversión alimenticia durante todo el período experimental fue mayor en los conejos que recibieron agua de bebida enfriada, lo que indica una menor eficiencia alimenticia en comparación con los conejos que recibieron agua a temperatura ambiente.

Bajo las condiciones ambientales evaluadas, el enfriamiento moderado del agua de bebida actuó principalmente como un apoyo termorregulador de corto plazo, más que como una estrategia para mejorar el desempeño productivo. En general, los resultados sugieren que el uso de agua de bebida fría representa una opción de manejo práctica y fácilmente implementable para apoyar las respuestas termorreguladoras en sistemas de producción de conejos expuestos a altas temperaturas ambientales, particularmente en climas tropicales secos.

## 2.8. Referencias

1. Sejian, V.; Bhatta, R.; Gaughan, J.B.; Dunshea, F.R.; Lacetera, N. Review: Adaptation of Animals to Heat Stress. *Animal* 2018, 12, S431–S444.
2. Siddiqui, S.A.; Gerini, F.; Ikram, A.; Saeed, F.; Feng, X.; Chen, Y. Rabbit Meat—Production, Consumption and Consumers' Attitudes and Behavior. *Sustainability* 2023, 15, 2008.
3. Marai, I.F.M.; Habeeb, A.A.M.; Gad, A.E. Rabbits' Productive, Reproductive and Physiological Performance Traits as Affected by Heat Stress: A Review. *Livestock Production Science* 2002, 78, 71–90.
4. Habeeb, A.A.; Elhanafy, A.I.A.; Sharaf, A.K.; Atta, M.A.A. The Role of Bio-C Plus in Reducing the Detrimental Impacts of Heat Stress on the Production and Reproduction of Pregnant Rabbits and Their Young from Birth to Weaning. *Tropical Animal Health and Production* 2025, 57, 158.
5. Askar, A.A.; Ismail, E.I. Impact of Heat Stress Exposure on Some Reproductive and Physiological Traits of Rabbit Does. *Egyptian Journal of Animal Production* 2012, 49, 151–159.
6. Liang, Z.L.; Chen, F.; Park, S.; Balasubramanian, B.; Liu, W.C. Impacts of Heat Stress on Rabbit Immune Function, Endocrine, Blood Biochemical Changes, Antioxidant Capacity and Production Performance, and the Potential Mitigation Strategies of Nutritional Intervention. *Frontiers in Veterinary Science* 2022, 9, 906084.
7. Zeferino, C.P.; Moura, A.S.A.M.T.; Fernandes, S.; Kanayama, J.S.; Scapinello, C.; Sartori, J.R. Genetic Group × Ambient Temperature Interaction Effects on Physiological Responses and Growth Performance of Rabbits. *Livestock Science* 2011, 140, 177–183.
8. Asemota, O.D.; Aduba, P.; Bello-Onaghise, G.; Orheruata, A. Effect of Temperature-Humidity Index (ITH) on the Performance of Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in the Humid Tropics. *Archivos de Zootecnia* 2017, 66, 257–261.
9. Li, K.; Abdelsattar, M.M.; Gu, M.; Zhao, W.; Liu, H.; Li, Y.; Guo, P.; Huang, C.; Fang, S.; Gan, Q. The Effects of Temperature and Humidity Index on Growth Performance, Colon Microbiota, and Serum Metabolome of Ira Rabbits. *Animals* 2023, 13, 1971.
10. Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; De Basilio, V.; Gourdine, J.L.; Collier, R.J. Adaptation to Hot Climate and Strategies to Alleviate Heat Stress in Livestock Production. *Animal* 2012, 6, 707–728.
11. Marai, I.F.; Ayyat, M.S.; Abd El-Monem, A.B. Growth Performance and Reproductive Traits at First Parity of New Zealand White Female Rabbits as Affected by Heat and Its Alleviation under Egyptian Conditions. *Tropical Animal Health and Production* 2001, 33, 451–462.

12. Mousa-Balabel, T.M. Effect of Heat Stress on New Zealand White Rabbits' Behaviour and Performance. *Minufiya Veterinary Journal* 2004, 3, 125–134.
13. Saidy, N.; Fatma, F.; Allam, E.; Balabel, T.; ElMidany, S. Evaluation of Using Honey, Cool Water and Levamisole against Heat Stress on Different Traits of Rabbits under Egyptian Summer Conditions. *World's Veterinary Journal* 2016, 6, 10.
14. Remois, G.; Lafargue-Hauret, G.; Sureault, A. Effect of Water Temperature on the Feed and Water Consumption of Fattening Rabbits. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Rabbit Production in Hot Climates*; CIHEAM: Zaragoza, Spain, 1999; pp. 31–34.
15. Blasco, A.; Ouhayoun, J. Harmonization of Criteria and Terminology in Rabbit Meat Research. *World Rabbit Science* 1996, 4, 93–99.
16. Marai, F.M.; Habeeb, A.M.; Gad, A.E. Growth Performance Traits and the Physiological Background of Young Doe Rabbits as Affected by Climatic Conditions and Lighting Regime under Sub-Tropical Conditions of Egypt. 2004.
17. El-Moneim, A.; Abd El-Moneim, E.; Attia, A.I.; Askar, A.A.; Abu-Taleb, A.M.; Mahmoud, M.H. Response of Growing Rabbits Supplemented with Copper Sulfate, Ascorbic Acid or Drinking Cooled Water under Egyptian Summer Conditions. *Zagazig Journal of Agricultural Research* 2013, 40, 511–523.
18. Gerencsér, Z.; Matics, Z.; Dalle Zotte, A.; Szendrő, Z. World Rabbit Science Association 12th World Rabbit Congress Proceedings. 2021.
19. Wang, Q.; Fu, W.; Guo, Y.; Tang, Y.; Du, H.; Wang, M.; Liu, Z.; Li, Q.; An, L.; Tian, J.; et al. Drinking Warm Water Improves Growth Performance and Optimizes the Gut Microbiota in Early Postweaning Rabbits during Winter. *Animals* 2019, 9, 346.
20. Marai, F.M.; Ayyat, M.S.; Gaber, H.A.; Abdel-Monem, U.M. Effects of Heat Stress and Its Amelioration on Reproduction Performance of New Zealand White Adult Female and Male Rabbits under Egyptian Conditions. 1996.
21. Abdel-Samee, A.M. Response of New Zealand White Rabbits to Thermal Stress and Its Amelioration during Winter and Summer of North Sinai, Egypt. *Journal of Arid Environments* 1997, 36, 333–342.
22. Marai, I.F.; Ayyat, M.S.; Gabr, H.; Abdel-Monem, U. Growth Performance, Some Blood Metabolites and Carcass Traits of New Zealand White Broiler Male Rabbits as Affected by Heat Stress and Its Alleviation under Egyptian Conditions. *Options Méditerranéennes* 1999, 41, 35–42.

### **CAPITULO 3. USO DE UNDECILENATO DE BOLDENONA EN CONEJOS RAZA NUEVA ZELANDA BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS CALÓRICO**

De acuerdo con la reglamentación del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, el capítulo 3 se integra por el artículo enviado para su publicación en revistas científicas incluidas en la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) o en Journal of Citation Report®. El escrito que integra este apartado pretende contribuir parcialmente al objetivo general del documento de tesis; el artículo fue enviado para su publicación en la Revista World Rabbit Science, editada por la Universidad Politécnica de Valencia, cuyo objetivo es crear un espacio para la discusión y divulgación de resultados y avances de investigación de alto nivel. Los artículos o contribuciones son productos de investigaciones originales o revisiones bibliográficas, en las áreas de Ciencias Agropecuarias, Química, Bioquímica y Ciencias Asociadas, Biomédicas, Nutrición, Cultura Física y Deportes, Toxicología, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Biología, Recursos Naturales Terrestres, Acuáticos y Conservación de Recursos Naturales.

Artículo 2.

---

**Título: Uso de undecilenato de boldenona en conejos raza nueva zelanda bajo condiciones de estrés calórico.**

Autores: Gamaliel Molina Gámez, Jesús José Portillo-Loera, Juan Carlos Robles Estrada, Jaime Noé Sánchez Pérez, Juan Edrei Sánchez Torres, Horacio Dávila Ramos.

Revista: World Rabbit Science

ISSN: e-ISSN: 1989-8886 ISSN: 1257-5011

## **Uso de undecilenato de boldenona en conejos raza Nueva Zelanda bajo condiciones de estrés calórico**

## **Use of boldenone undecylenate in New Zealand rabbits under heat stress conditions**

### **Efecto de boldenona en conejos**

Gamaliel Molina Gámez<sup>1</sup> M.Sc; Jesús José Portillo Loera<sup>1</sup> Ph.D; Juan Carlos Robles Estrada<sup>1</sup> Ph.D; Jaime Noé Sánchez Pérez<sup>1</sup> Ph.D; Juan Edrei Sánchez Torres<sup>2</sup> Ph.D; Horacio Dávila Ramos<sup>1\*</sup> Ph.D.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Culiacán, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Estado de México, Toluca.

\*Correspondencia: [davila-ramos@uas.edu.mx](mailto:davila-ramos@uas.edu.mx)

### **3.1 Resumen**

**Objetivo.** Evaluar el efecto del anabólico undecilenato de boldenona en la respuesta productiva, características de canal, composición tisular, metabolitos sanguíneos y calidad de la carne. **Material y métodos.** Se utilizaron 20 conejos machos raza Nueva Zelanda, aleatorizados en un diseño de bloques completos al azar donde el criterio de bloqueo fue el peso inicial. Los tratamientos consistieron en un grupo

testigo y un grupo que se le administró 4.4 mg/kg de undecilenato de boldenona por vía intramuscular. Se registró temperatura y humedad del sitio experimental para obtener el ITH (índice de la temperatura y humedad). El agua y alimento se ofrecieron *ad libitum*. Al finalizar el experimento se obtuvieron muestras sanguíneas al momento del sacrificio y llevadas al laboratorio para análisis. Las muestras del lomo *Longissimus dorsi* fueron congeladas y enviadas al laboratorio para la evaluación de calidad de la carne. **Resultados.** El consumo alimento (CALI) aumentó en el grupo tratado con boldenona en 11%. El consumo de agua se incrementó en el grupo tratado con boldenona (38%,  $p \leq 0.0004$ ). La pérdida de peso de la canal del grupo tratado con boldenona fue menor (50%,  $p \leq 0.04$ ). **Conclusiones.** El tratamiento mejoró la proporción de músculo (3%,  $p \leq 0.02$ ). Se concluye que undecilenato de boldenona modificó el CALI y el consumo de agua, mejoró la relación de músculo en la pierna.

**Palabras clave:** Anabólico; Conejos; ITH; Estrés calórico.

### 3.2 Abstract

**Objective.** To evaluate the effect of the anabolic steroid Boldenone undecylenate on productive response, carcass characteristics, tissue composition, blood metabolites, and meat quality. **Materials and methods.** Twenty male New Zealand rabbits were randomized in a randomized complete block design with initial body weight as the blocking criterion. Treatments consisted of a control group and a group administered 4.4 mg/kg of Boldenone undecylenate intramuscularly. The temperature and humidity of the experimental site were recorded to obtain the THI (Temperature Humidity Index). Water and feed were offered *ad libitum*. At the end of the experiment, blood samples were obtained at slaughter and sent to the laboratory for analysis. Longissimus dorsi loin samples were frozen and sent to the

laboratory for meat quality assessment. **Results.** Food intake (CALI) increased by 11% in the Boldenone-treated group. Water consumption increased in the boldenone-treated group (38%,  $p \leq 0.0004$ ). Carcass weight loss was lower in the boldenone-treated group (50%,  $p \leq 0.04$ ). **Conclusions.** Treatment improved the muscle ratio (3%,  $p \leq 0.02$ ). It is concluded that boldenone undecylenate modified the CALI and water consumption and improved the muscle ratio in the leg.

**Keywords:** Anabolic; Rabbits; ITH; Heat stress.

### 3.3 Introducción

El conejo doméstico (*Oryctolagus cuniculus*) es una alternativa para la producción de alimentos de origen animal, la calidad de su carne aporta beneficios al consumidor, ésta contiene 21% proteína y 2% grasa lo que la convierte en una carne de mejor calidad comparada con otras especies de granja (1). Los conejos son animales que carecen de glándulas sudoríparas. El mecanismo principal que utilizan para disipar el calor consiste en la evaporación a través del jadeo(2). Sin embargo, la temperatura y humedad relativa elevados son factores que afectan la disipación de calor por medio del jadeo. Se ha reportado que temperaturas superiores a los 30 °C tienen un efecto negativo en la disipación de calor en los conejos(3).

En el Noroeste de México prevalecen condiciones medioambientales que dificultan la producción cunícola debido al estrés por calor al que los conejos están expuestos(2).

El estrés ocasionado en los conejos bajo condiciones climáticas adversas implica que se liberan glucocorticoides desde las glándulas adrenales, el exceso de cortisol sanguíneo tiene repercusiones negativas en la producción, además es un factor que incrementa el riesgo de enfermedades(4). En este sentido, se ha reportado que en conejos bajo condiciones de estrés severo por calor afecta negativamente el peso

final (11%, 6.69%, 16.4%), ganancia diaria de peso (20%, 10.2%, 21.41%), CMS (14%, 2.4%, 2.80%) y la ingesta de agua aumenta en un (50% y 46.6%) (2) (3) (5). Una alternativa que recientemente se ha propuesto es el uso de fármacos con capacidad de bloquear los receptores de glucocorticoides de las células. La boldenona, es un anabólico que tiene la capacidad de unirse a estos receptores presentes en las membranas celulares, esta compite con la hormona del estrés por los sitios de unión en las células, lo que provoca una inhibición de la respuesta negativa al cortisol(4). Además, la boldenona al ser un anabólico ocasiona una retención de nitrógeno lo que conlleva a un aumento de la síntesis de proteína.

Boldenona se puede utilizar en situaciones de estrés por calor promoviendo su actividad anabólica(5). El Undecilenato de boldenona es un anabólico esteroide sintético de uso veterinario que se ha implementado para mejorar la producción en conejos a dosis de 4.4 mg/kg(5). Se ha reportado que con el uso de la boldenona en conejos mejora la ganancia diaria de peso (19.21%), la conversión alimenticia (15.59%), peso de la canal caliente (6.5%) y porcentaje de rendimiento de la canal (3.64%)(5) (6). Su uso podría tener implicación al eficientar el crecimiento de los conejos bajo condiciones poco favorables para los conejos, por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la adición de undecilenato de boldenona en el comportamiento productivo, características de la canal, composición tisular, metabolitos sanguíneos y calidad de la carne en conejos de raza Nueva Zelanda bajo condición de estrés calórico.

### **3.4 Material y métodos**

#### **3.4.1 Localización del área de estudio.**

El experimento se realizó en los meses de septiembre a octubre de 2022 en la Unidad Cunícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ubicada en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México (24°2'4.92"N a 25°16'33.6"N). El clima es semiseco, con temperatura media anual de 25°C, la temperatura mínima promedio es de 10.5°C en enero y máxima mayor a 36°C en los meses de mayo a julio, las

lluvias son de los meses julio a septiembre y la precipitación media anual de Sinaloa es de 790 mm(7).

### **3.4.2 Determinación del índice de temperatura y humedad (ITH)**

La temperatura y humedad fueron registradas diariamente con un termohigrómetro marca Htc-1®. Los valores de ITH se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$THI = \text{dbo C} - [(0.31 - 0.31 \text{ RH}) (\text{dbo C} - 14.4)](3).$$

Donde dbo C es la temperatura del bulbo seco en grados Celsius y RH es el porcentaje de humedad relativa.

Los valores calculados de ITH se clasificaron como: ausencia de estrés por calor (ITH < 27.8), estrés por calor moderado (ITH de 27.8 a 28.9), estrés severo por calor (ITH ≥ 28.9 a 30.0) y estrés muy severo por calor (ITH ≥ 30.0)(3).

### **3.4.3 Animales de experimentación y manejo**

El procedimiento experimental se llevó a cabo bajo los lineamientos de ética, bioseguridad y bienestar animal del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales "CICUA" de la Universidad Autónoma de Sinaloa (CICUA-FMVZ/01-08-2022). Se utilizaron 20 conejos machos raza Nueva Zelanda con un peso promedio de 1957.90 ± 379.11g y una duración de 30 días. A todos los conejos se les administró Ivermectina (Iverfull®; Lab Aranda Co., México) a dosis de 0.2 mg/kg vía subcutánea como medida profiláctica. El experimento consistió en un grupo testigo y otro grupo tratado al que se le administró el día 1 del experimento Undecilenato de Boldenona (Bol; (Equi-gan®; Lab Tornel, Co., México)) a dosis de 4.4 mg/kg vía intramuscular en el miembro posterior derecho, respetando el tiempo de retiro de mínimo 28 días desde su última aplicación. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar y el criterio de bloqueo se basó en el peso

vivo inicial de los conejos. Los conejos fueron alojados individualmente en jaulas de alambre galvanizado con medidas de 78 cm x 48 cm x 28 cm, así mismo, cada 2 conejos fueron considerados como una unidad experimental y estuvieron bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo.

#### **3.4.4. Comportamiento productivo**

Para determinar el consumo de alimento, el consumo total de alimento se dividió entre 30 días que duró el experimento. El consumo de agua fue determinado utilizando una probeta graduada con una precisión de 5 mL y los recipientes fueron rellenados de forma manual. La ganancia diaria de peso (GDP) se obtuvo dividiendo la ganancia total entre los días 30 días que duró el experimento. Para obtener la conversión alimenticia (CA) se dividió el consumo diario de alimento entre la ganancia diaria de peso. La eficiencia alimenticia (EA) se obtuvo dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo diario de alimento(6).

#### **3.4.5. Determinación de metabolitos sanguíneos**

El valor de la glucosa se obtuvo con una gota de sangre de la vena yugular al momento del sacrificio para lo cual se utilizó un dispositivo marca Accu Chek® que funciona mediante tiras reactivas. Para la medición de proteínas totales (g/dL), albúmina (g/dL), globulina (g/dL) se enviaron muestras de sangre al laboratorio en tubos estériles sin EDTA, los cuales fueron colectados inmediatamente al sacrificio.

#### **3.4.6. Características de la canal**

El peso de la canal caliente (PCC) se obtuvo inmediatamente después del sacrificio de los conejos. Para el obtener el rendimiento de la canal se utilizó el peso de la canal caliente dividido entre el peso vivo final x 100. Posteriormente, las canales se refrigeraron a 4°C durante 24 horas, se obtuvo el peso de la canal fría (PCF). La

pérdida de peso de la canal fue registrada con el PCF menos el PCC, seguidamente de forma manual se retiró la grasa riñonada y grasa periescapular. De la canal fría se obtuvieron la parte anterior, parte media y parte posterior realizando cortes entre la 7ma y 8va vértebra torácica, entre la 12va y 13va vértebra torácica, y entre la 6ta y 7ma vértebra lumbar, respectivamente. Para obtener el lomo (*Longissimus dorsi*) se realizó el corte entre la 1ra y 6ta vértebra lumbar. La composición tisular se determinó a partir del miembro izquierdo de la canal y se diseccionó para obtener la cantidad de músculo y hueso(9).

### **3.4.7 Determinación de calidad de la carne**

Las muestras del músculo *Longissimus dorsi* fueron enviadas al Laboratorio de Calidad de la Carne de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México en Toluca Estado de México. En donde se determinó el pH, el color L\* (luminosidad) de claro a oscuro, a\* de verde a rojo y b\* de azul a amarillo, croma o saturación (c\*) y Hue o tono (H\*), pérdida por cocción (%) y fuerza del corte (kg/cm<sup>2</sup>).

### **3.4.8. Análisis estadístico**

El experimento constó de 5 bloques y a su vez cada bloque tuvo 1 réplica por tratamiento. Se probó normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de la varianza con la prueba de Levene.

El análisis estadístico se realizó con el procedimiento GLM de SAS (SAS Inst. Inc. Cary, NC).

El modelo de bloques completos al azar fue:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + t_j + e_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$ = Variable respuesta,  $\mu$ = Media general,  $\beta_i$ = Efecto del bloque,  $t_j$ = Efecto del tratamiento,  $e_{ij}$ = Error aleatorio. Para analizar los tratamientos se realizó un ANDEVA y se realizó comparación de medias con la prueba de rango múltiple de Tukey y se consideró significativo cuando el valor de p fue  $\leq 0.05$  y tendencia cuando el valor de p estuvo entre 0.05 y 0.10.

El alimento pelletizado comercial fue ofrecido *ad libitum*. El contenido nutrimental fue de 18% de proteína, 14% fibra y 2.860 Mcal/kg alimento de energía digestible. Se utilizaron comederos de lámina galvanizada Tipo “J” de llenado manual con capacidad de 500 g. El agua potable se ofreció *ad libitum* en recipientes con capacidad de 500 mL, los cuales estaban habilitados con bebederos automáticos.

Al finalizar el experimento los conejos fueron sacrificados bajo lineamientos de bienestar animal como lo indica la norma oficial mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014(8): Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres.

### 3.5. Resultados

En el cuadro 11 se muestra el promedio de temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad (ITH). Durante la semana 1 y semana 2 la media de ITH fue de 28.6 con un máximo de 31.7. Mientras que para la semana 3 la media del ITH fue de 27.4 con un máximo de 30.9. Finalmente, en la semana 4 se registró una media de ITH de 27.1 y un máximo de 28.8.

Cuadro 11. Promedio de la temperatura ambiental, humedad relativa e índice de temperatura y humedad.

Semana	Temperatura °C			Humedad relativa, %			ITH*		
	Min	Máx.	Media	Min.	Máx.	Media	Min.	Máx.	Media
1	26.1	32.3	30.25	60.1	89	70.7	24.6	31.7	28.6
2	24.1	32.5	30.9	47.8	86.9	58.2	22.5	31.7	28.6
3	24.4	31.8	29.1	47.2	83.1	63.8	22.8	30.9	27.4
4	24.0	30.5	28.7	55.1	84.3	65.7	22.7	29.8	27.1
Promedio	24.7	31.8	29.8	52.8	85.7	64.6	23.2	31.1	28.0
D.E.	0.96	0.8	1.0	6.3	2.7	5.1	1.0	0.93	0.83
C.V %	3.89	2.7	3.3	11.9	3.2	7.9	4.3	3.0	2.99

\*Los valores calculados de ITH se clasificaron como: ausencia de estrés por calor (ITH<27.8), estrés por calor moderado (ITH de 27.8 a 28.9), estrés severo por calor (ITH de 28.9 a 30.0) y estrés muy severo por calor (ITH≥30.0), D.E.= Desviación estándar, C.V % = Coeficiente de variación.

El efecto del tratamiento en el comportamiento productivo de los conejos se muestra en el cuadro 12. El tratamiento modificó el CALI ( $p \leq 0.07$ ) puesto que los conejos del grupo tratado consumieron un 11 % más alimento. También, el grupo tratado con boldenona consumió mayor cantidad de agua (38.19%), siendo estadísticamente significativo ( $p \leq 0.0004$ ). Por otra parte, no se observó diferencia estadística significativa en la GDP, ganancia total, CA, EA y peso final ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 12. Comportamiento productivo en conejos de engorda en respuesta al anabólico boldenona.

<b>Variable</b>	<b>Testigo<sup>1</sup></b>	<b>Boldenona<sup>2</sup></b>	<b>EEM<sup>3</sup></b>	<b>Valor P</b>
n	10	10		
Peso inicial, g	1961.10	1954.70	119.88	0.71
CALI, g	88.42	98.32	3.63	0.07
Consumo agua, mL	180.83	249.90	14.52	0.0004
GDP, g	18.01	21.32	1.60	0.21
Ganancia total, g	540.30	639.75	48.01	0.21
CA	5.64	5.07	0.56	0.30
EA	0.20	0.22	0.02	0.49
Peso final, g	2501.40	2594.45	94.61	0.23

<sup>1</sup>grupo sin administración de boldenona, <sup>2</sup>grupo con administración de boldenona, <sup>3</sup>error estándar de la media, CALI = consumo de alimento, GDP = ganancia diaria de peso, CA = conversión alimenticia, EA = eficiencia alimenticia.

Los efectos de tratamiento en las características de la canal y composición tisular de los conejos se muestran en el cuadro 13. Se observó diferencia significativa ( $p \leq 0.04$ ) en la pérdida de peso de la canal, las canales del grupo testigo perdieron más peso comparadas con el grupo boldenona. También, en la composición tisular se observó diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.02$ ) en el músculo y hueso, siendo mayor la proporción de músculo y menor la proporción de hueso en el grupo boldenona, así mismo, hubo cambios la relación músculo / hueso ( $p \leq 0.09$ ).

Cuadro 13. Características de canal y composición tisular en conejos de engorda en respuesta al anabólico boldenona.

<b>Variable</b>	<b>Testigo<sup>1</sup></b>	<b>Boldenona<sup>2</sup></b>	<b>EEM<sup>3</sup></b>	<b>Valor P</b>
N	10	10		
PCC, g	1365.39	1394.08	68.52	0.47
Rendimiento, %	54.27	53.43	0.89	0.42
PCF, g	1357.17	1390.01	68.48	0.41
Pérdida de peso de la canal, g	8.20	4.07	1.03	0.04
Grasa riñonada, %	2.32	2.32	0.26	0.99
Grasa periescapular, %	0.82	0.57	0.07	0.15
Grasa total, %	3.14	2.89	0.30	0.47
Parte anterior, %	29.41	29.25	0.23	0.79
Parte media, %	9.33	9.54	0.10	0.17
Parte posterior, %	37.53	38.38	0.43	0.30
Pierna, %	15.59	15.97	0.20	0.36
Lomo, %	19.61	19.29	0.34	0.68
<b>Composición tisular*</b>				
Músculo, %	79.82	82.34	0.72	0.02
Hueso, %	20.17	17.65	0.72	0.02
Músculo / hueso	3.98	4.88	0.29	0.09

<sup>1</sup>Grupo sin administración de boldenona, <sup>2</sup>Grupo con administración de boldenona, <sup>3</sup>Error estándar de la media, PCC = Peso canal caliente, PCF = Peso canal fría, \*Se obtuvo a partir de la disección de la pierna.

Los resultados de los metabolitos sanguíneos en los conejos de engorda se muestran en el cuadro 14. Los resultados indican que la glucosa fue un 6% menor en el grupo boldenona siendo significativamente diferente ( $p \leq 0.02$ ). Las proteínas totales, albúmina y globulina no tuvieron efectos significativos ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 14. Metabolitos sanguíneos en conejos en engorda en respuesta al anabólico boldenona.

<b>Parámetros</b>	<b>Testigo<sup>1</sup></b>	<b>Boldenona<sup>2</sup></b>	<b>EEM<sup>3</sup></b>	<b>Valor P</b>
n	10	10		
Glucosa, mg/dL	115.30	108.00	1.75	0.02
Proteínas totales, g/L	61.40	61.60	1.21	0.95
Albúmina, g/L	38.70	38.60	0.95	0.96
Globulina, g/L	22.70	23.00	0.66	0.87

<sup>1</sup>Grupo sin administración de boldenona, <sup>2</sup>Grupo con administración de boldenona, <sup>3</sup>Error estándar de la media.

Los resultados sobre calidad de la carne de los conejos en respuesta al anabólico boldenona se presentan en el cuadro 15. El tratamiento no modificó las variables evaluadas ( $p > 0.05$ ).

Cuadro 15. Calidad de la carne en conejos de engorda en respuesta al anabólico boldenona.

<b>Parámetros</b>	<b>Testigo<sup>1</sup></b>	<b>Boldenona<sup>2</sup></b>	<b>EEM<sup>3</sup></b>	<b>Valor P</b>
n	10	10		
pH	5.65	5.65	0.05	0.91
L	62.21	60.63	1.82	0.24
a	5.36	5.57	0.55	0.58
b	7.46	7.13	0.68	0.49
c	9.15	8.98	0.80	0.75
H	54.52	55.04	2.08	0.71
Pérdida por cocción, %	29.34	29.06	1.57	0.78
Fuerza del corte Kg/cm <sup>2</sup>	1.90	1.83	0.07	0.25

<sup>1</sup>Grupo sin administración de boldenona, <sup>2</sup>Grupo con administración de boldenona, <sup>3</sup>Error estándar de la media.

### 3.6. Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos de ITH, durante las primeras 3 semanas los conejos estuvieron bajo condiciones de estrés por calor muy severo. Mientras que en la semana 4 los conejos estuvieron expuestos a estrés por calor moderado.

En el presente estudio fue modificado el CALI en el grupo tratado con boldenona, ya que fue mayor con respecto al grupo testigo. Esta tendencia podría deberse al efecto anabolizante de la boldenona que ocasiona un aumento en el requerimiento nutricional para la síntesis de proteínas, derivado de la mayor retención de nitrógeno(10), sin embargo, las condiciones climatológicas adversas no permitieron una mayor expresión del comportamiento productivo. Al respecto, en un estudio en el cual se utilizó boldenona, no se observó diferencia significativa en el CALI a diferencia del presente estudio en el cual fue si fue modificado(6). Además, en el

estudio citado previamente se observó diferencia estadística significativa en GDP, CA, EA y peso final con el uso de boldenona, contrariamente a nuestros resultados en los que no hubo diferencia(6). Se puede atribuir esta diferencia en los resultados entre trabajos debido al estrés por calor severo al que estuvieron expuestos los conejos durante el periodo experimental del presente estudio.

El grupo tratado con boldenona consumió un 38.19% más agua que el grupo testigo. Este efecto se puede explicar debido a que la boldenona causa retención de agua corporal(10). Así mismo, por efecto de la boldenona, se requiere un mayor recambio de agua corporal para realizar la oxidación de nutrimentos, entre ellos las proteínas, entonces los conejos necesitaron un mayor consumo de agua(11). Otro factor que pudo influir en el consumo de agua es el estrés por calor al que estuvieron expuestos los conejos, debido a que se ha observado la influencia que tiene las condiciones de estrés por calor en los conejos. En un estudio se observó en conejos bajo condiciones de estrés por calor (ITH de 33.9) que el consumo de agua aumentó en un 46% cuando se contrastó con animales sin estrés por calor(3).

En el presente estudio se observó que las canales del grupo tratado con boldenona perdieron menos peso (50%) con respecto al grupo testigo ( $p \leq 0.04$ ). La diferencia que se observó en la pérdida de peso se debe a la pérdida de agua de las canales; esto se puede atribuir a que el tratamiento con boldenona causó retención de agua a nivel tisular. Esto se ha documentado en estudios previos con el uso de boldenona(10).

La composición tisular de la pierna diseccionada fue modificada por efecto de la boldenona. Se observó, que las piernas de los conejos tratados con boldenona tuvieron una mayor proporción de músculo / hueso con relación al grupo testigo ( $p \leq 0.02$ ). En un estudio previo se reportó aumento en el peso de la canal y en las piernas de los conejos tratados con boldenona, esto coincide con los resultados de nuestro estudio(5).

En el presente trabajo se observó que en el grupo tratado con boldenona la glucosa sanguínea al momento del sacrificio fue un 6% menor. Estos resultados explican parcialmente la falta de respuesta productiva esperada (GDP, CA, EA, ganancia total), debido al menor aporte energético disponible en el grupo tratado. La boldenona bloquea los receptores de glucocorticoides, lo que resulta en un efecto anticatabólico y una inhibición de la gluconeogénesis(4).

El tratamiento no modificó las variables de la calidad de la carne. Al respecto, no se han reportado trabajos con el uso de boldenona en los que evalúen la calidad de la carne en conejos, por lo tanto, es importante realizar trabajos que implique su uso en condiciones diferentes a nuestro estudio.

### **Conclusión**

Se concluye que los efectos que tiene boldenona en los conejos son atribuidos a su efecto anabolizante, el cual se reflejó en un 3% de incremento de la masa muscular de la pierna, 11% en el CALI, 38% el consumo de agua y la glucosa disminuyó en un 6%, sin embargo, es necesario seguir realizando investigaciones para esclarecer los efectos que boldenona pueda ocasionar para mantener su uso como un anabólico promotor del crecimiento.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma de Sinaloa por el apoyo para el desarrollo del experimento y

### **Conflicto de interés**

No existen conflicto de intereses.

### **Financiación**

Los autores agradecen a SECIHTI México por el apoyo financiero brindado para recurso de capital humano (GMG 850391).

## Contribución de autores

Conceptualización: Molina Gámez.

Curación de datos: Molina Gámez, Portillo Loera.

Análisis formal: Molina Gámez, Sánchez Pérez.

Adquisición de financiación: Molina Gámez.

Metodología: Dávila Ramos, Robles Estrada.

Validación: Dávila Ramos

Redacción – borrador original: Dávila Ramos, Molina Gámez, Sánchez Pérez, Robles Estrada.

Redacción – revisión y edición: Portillo Loera, Sánchez Torres.

## 3.7 Referencias

1. Frunza G, Murario OC, Ciobanu MM, Radu-Rusu RM, Simeanu D, Boistenu PC. Meat Quality in Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and Hare (*Lepus europaeus* Pallas)—A Nutritional and Technological Perspective. *Agriculture*. 2023; 13(126):1-17. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010126>
2. Marai IFM, Ayyat MS, Gabr HA, Abdel MUM. Growth performance, some blood metabolites and carcass traits of New Zeland White broiler male rabbits as affected by heat stress and alleviation, under Egyptian conditions. *Chiheam*. 1999; (41):35-42. [https://om.ciheam.org/web/controleurFrontal.php?action=afficherArticle&IDP\\_DF=99600097](https://om.ciheam.org/web/controleurFrontal.php?action=afficherArticle&IDP_DF=99600097)
3. Marai IFM, Ayyat MS, EI-MUA. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zeland White female rabbit as affected by heat stress and its alleviation under egyptian conditions. *Trop Anim Health and Prod*. 2001; 33(6):451-462. <https://doi.org/10.1023/a:1012772311177>
4. Barrientos PM. Uso de anabólicos por atletas adolescentes. *Revista de Endocrinología y Nutrición*. 2001; 9(3):133-140. [ISSN 0188-9796](https://doi.org/10.1023/a:1012772311177)
5. Abdel HT, Hosney FM. Carcass traits and some blood stress parameters of summer stressed growing male rabbits of different breeds in response to boldenone undecylenate. *J Adv Vet Anim Res*. 2015; 2(3):263-270. <https://doi.org/10.5455/javar.2015.b64>
6. Hesham HM, Badawi ME, EI-TMS, Rania M. Effects of boldenone undecylenate on growth performance, maintenance behaviour, reproductive

- hormones and carcass traits of growing rabbits. Polish Journal of Veterinary Sciences. 2016; 19 (2):245–251. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2016-0031>
7. INEGI. (2020). Instituto de estadística y geografía. Áreas Geográficas. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=culiacan+sinaloa#tabMCcollapse-Indicadores>
  8. NOM-033-SAG/ZOO-2014. (2014). Método para dar muerte a los animales domésticos y silvestres: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015)
  9. Blasco A, Ouhayoun J. Harmonization of criterio and terminology in rabbit meat rearch. Revised proposal. World Rabbit Science. 1993; 4 (2): 93-99. <https://doi.org//10.4995/wrs.1993.189>
  10. Tousson E, Alm-EA, El-MM. p53 and Bcl-2expression in response to boldenone induced liver cells injury. Toxicology and Industrial Health. 2011; 27(8):711–718. <https://doi.org/10.1177/0748233710395350>
  11. Church DC, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2nd ed.: Editorial Limusa Wiley.; 2005. ISBN: 9789681852993

## CAPITULO 4. CONCLUSIONES GENERALES

La producción cunícola enfrenta desafíos, siendo el estrés por calor la limitación más evidente en climas cálidos. El suministro de agua fresca se implementó específicamente para reducir la carga de calor ambiental logrando mitigar el estrés calórico a nivel fisiológico, por su parte, boldenona fue implementado para evaluar su efecto como promotor de crecimiento bajo condiciones de alta carga calórica y los resultados observados en este estudio reflejaron principalmente su mecanismo de acción anabolizante.

Mientras que la boldenona mostró sus efectos a nivel tisular y metabólico, y el agua fresca mejoró el bienestar fisiológico de los conejos, ninguna de las dos estrategias logró optimizar los parámetros productivos de manera positiva en las condiciones de estrés muy severo evaluadas. Se subraya la necesidad de seguir investigando para determinar la medida en que la mejora fisiológica proporcionada por el agua fresca pueda resultar en beneficios productivos o para confirmar los efectos de la boldenona en el crecimiento en condiciones menos estresantes.

## CAPITULO 5. LITERATURA CITADA

Abdel, H. T., & Hosney, F. M. (2015). *Carcass traits and some blood stress parameters of summer-stressed growing male rabbits of different breeds in response to boldenone undecylenate*. Journal of Advanced Veterinary and Animal Research, 2(3), 263–270. <https://doi.org/10.5455/javar.2015.b64>

Askar, A. A., & Ismail, E. I. (2012). *Impact of heat stress exposure on some reproductive and physiological traits of rabbit does*. Animal Science Journal, 49.

Barrientos, P. M. (2001). *Uso de anabólicos por atletas adolescentes*. Revista de Endocrinología y Nutrición, 9(3), 133–140.

Blasco, A., & Ouhayoun, J. (1993). *Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal*. World Rabbit Science, 4(2), 93–99. <https://doi.org/10.4995/wrs.1993.189>

Blasco, A., & Ouhayoun, J. (1996). *Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research*. World Rabbit Science, xx.

Church, D. C., Pond, W. G., & Pond, K. R. (2005). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales* (2nd ed.). Editorial Limusa Wiley. ISBN: 9789681852993

Habeeb, A. A., Elhanafy, A. I. A., Sharaf, A. K., & Atta, M. A. A. (2025). *The role of Bio-C Plus in reducing the detrimental impacts of heat stress on the production and reproduction of pregnant rabbits and their young from birth to weaning*. Tropical Animal Health and Production, 57. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04374-y>

Hesham, H. M., Badawi, M. E., El-TMS, & Rania, M. (2016). *Effects of boldenone undecylenate on growth performance, maintenance behaviour, reproductive hormones and carcass traits of growing rabbits*. Polish Journal of Veterinary Sciences, 19(2), 245–251. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2016-0031>

INEGI. (2020). *Instituto de estadística y geografía. Áreas geográficas*. <https://www.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=culiacan+sinaloa#tabMCcollapse-Indicadores>

Li, K., Abdelsattar, M. M., Gu, M., Zhao, W., Liu, H., Li, Y., Guo, P., Huang, C., Fang, S., & Gan, Q. (2023). *The effects of temperature and humidity index on growth performance, colon microbiota, and serum metabolome of Ira rabbits*. *Animals*, 13. <https://doi.org/10.3390/ani13121971>

Liang, Z.-L., Chen, F., Park, S., Balasubramanian, B., & Liu, W. C. (2022). *Impacts of heat stress on rabbit immune function, endocrine, blood biochemical changes, antioxidant capacity and production performance, and the potential mitigation strategies of nutritional intervention*. *Frontiers in Veterinary Science*, 9.

Marai, I. F. M., Ayyat, M. S., & El-MUA. (2001). *Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions*. *Tropical Animal Health and Production*, 33(6), 451–462. <https://doi.org/10.1023/a:1012772311177>

Marai, I. F. M., Ayyat, M. S., Gabr, H. A., & Abdel, M. U. M. (1999). *Growth performance, some blood metabolites and carcass traits of New Zealand White broiler male rabbits as affected by heat stress and alleviation, under Egyptian conditions*. *Chiheam*, 41, 35–42. <https://om.ciheam.org/web/controlleurFrontal.php?action=afficherArticle&IDPDF=99600097>

Marai, I. F. M., Habeeb, A. A. M., & Gad, A. E. R. (2002). *Rabbits' productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: A review*. *Livestock Production Science*, 78(2), 71–90. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00091-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00091-X)

NOM-033-SAG/ZOO-2014. (2014). *Método para dar muerte a los animales domésticos y silvestres*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015)

Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., De Basilio, V., Gourdine, J. L., & Collier, R. J. (2012). *Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production*. In *Animal*, 6 (pp. 707–728).

Saidy, N., Fatma, F., Allam, E., Balabel, T., & ElMidany, S. (2016). *Evaluation of using honey, cool water and levamisole against heat stress on different traits of rabbits under Egyptian summer conditions*. *World's Veterinary Journal*, 6(10). <https://doi.org/10.5455/wvj.20160261>

Siddiqui, S. A., Gerini, F., Ikram, A., Saeed, F., Feng, X., & Chen, Y. (2023). *Rabbit meat—Production, consumption and consumers' attitudes and behavior*. *Sustainability*, 15(3), 2008. <https://doi.org/10.3390/su15032008>

Tousson, E., Alm-EA, & El-MM. (2011). *p53 and Bcl-2 expression in response to boldenone-induced liver cell injury*. *Toxicology and Industrial Health*, 27(8), 711–718. <https://doi.org/10.1177/0748233710395350>

Wang, Q., Fu, W., Guo, Y., Tang, Y., Du, H., Wang, M., Liu, Z., Li, Q., An, L., & Tian, J. (2019). *Drinking warm water improves growth performance and optimizes the gut microbiota in early postweaning rabbits during winter*. *Animals*, 9. <https://doi.org/10.3390/ani9060346>

Zeferino, C. P., Moura, A. S. A. M. T., Fernandes, S., Kanayama, J. S., Scapinello, C., & Sartori, J. R. (2011). *Genetic group × ambient temperature interaction effects on physiological responses and growth performance of rabbits*. *Livestock Science*, 140, 177–183. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.027>

Abd El-Moneim., Abd El-Moneim, E., Attia A., Askar A., Abu-Taleb A., & Mahmoud M. (2013). *Response of growing rabbits supplemented with copper sulfate, ascorbic acid or drinking cooled water under Egyptian summer conditions*. *Zagazig J. Agric. Res.* 40(3), 511–523. <https://doi.org/10.21608/zjar.2018.50069>

Abdel-Hamid, T. M. (2014). *Growth traits and body dimensions of growing male rabbit as affected by breed and dose of boldenone undecylenate*. *Global Veterinaria*, 13(6), 1051–1055. <https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2014.13.06.86249>

Abdel-Samee A. (1997). Response of New Zealand white rabbits to thermal stress and its amelioration during winter and summer of North Sinai, Egypt. *Journal of Arid Environments*. 36(2), 333-342 <https://doi.org.10.1006/jare.1996.0189>

Asemota O, Aduba P, Bello-Onaghise G, & Orheruata A. (2017). Effect of temperature-humidity index (ITH) on the performance of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in the humid tropics. *Archivos de Zootecnia*. 66 (254), 257-261 <https://doi.org.doi.10.21071/az.v66i254.2330>

Bavera, G., Bocco, Ó., Beguet, H., & Petryna, A. (2002). Promotores del crecimiento y modificadores del metabolismo. *Producción-Animal.com.ar*. <https://www.produccion-animal.com.ar>

Blas, C. Wiseman, J. (2020). *Nutrition of the Rabbit*. 3rd Ed. Madrid, España: Cabi; .p. 289-307. ISBN-13: 978 1 78924 127 3.

Brandan, N.C., I.C. Llanos., F.A, Horak., H.O. Tannuri. y A.N. Rodriguez. 2014. *Principios de endocrinología*. Cátedra de Bioquímica. UNNE. CEMIC. Argentina.

Broom, D. M., & Johnson, K. G. (1993). *Stress and animal welfare* (Reprinted with corrections 2000). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Comité de Sistemas de Productos Cunícola del Distrito Federal actualizado (2012). *Plan Rector Sistema Producto Cunícola del Distrito Federal*

FAO-Base de datos estadísticos de la FAO (FAOSTAT). 2007. Base de datos. <http://www.fao.org>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *FAOSTAT statistical database* [Data set]. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Frunza, G., Murario, O. C., Ciobanu, M. M., Radu-Rusu, R. M., Simeanu, D., & Boistenu, P. C. (2023). *Meat quality in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and hare (*Lepus europaeus Pallas*)—A nutritional and technological perspective*. *Agriculture*, 13(126), 1–17. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010126>

Gerencsér ZS, Kasza R, Radnai I, Matics ZS, Dalle Zote A, Cullere M, & Szendrő ZS. (2021). Effect of drinking water cooling on the reproductive performance of rabbit does housed under high ambient temperature. Institute of Animal Science, Kaposvar, Hungary.

Iyeghe-Erakpolobor, G.T.; Akinsola, O.M.; Adeyinka, I.A.; Samuel, T.T. and Pekar, P. 2012. Growth and physiological performance of rabbit grandparent stock (Hyla) in a tropical environment. In: I.I. Bitto, F.G. Kaankuka and S. Attah (Eds.). Sustainable Animal Production for National Food Security and Poverty Alleviation. Proc. 37th Ann. Conf. Nig. Soc. for Anim. Prod. University of Agriculture. Makurdi. Nigeria. pp. 95-98.

Kechil, A. A., Richards, S. A., & Sykes, A. H. (1981). An acute drinking response in hens induced by thermal stimuli. *Physiology & Behavior*, 27(1), 73–76. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(81\)90301-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(81)90301-2)

Lobley, G. E. (1983). The effect of trenbolone acetate on growth rate and carcass composition of young female rabbits | *Animal Science*. Cambridge Core. <https://www.cambridge.org/core/journals/animal-science/article/effect-of-trenbolone-acetate-on-rowth-rate-and-carcass-composition-of-young-female-rabbits/B5701DEF22CD04B1E9C422C5EBAFBC78>

López Sánchez, M. I., Cervera, C., & Pascual Amorós, J. J. (2021). *Bienestar y resultados zootécnicos en conejos de carne durante su lactancia y engorde: Revisión bibliográfica*. ITEA, *Información Técnica Económica Agraria*, 117(2), 108–129.

Marai I, Ayyat M, & Abd El-Monem U. (2001). Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand white female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. *Tropical animal health and production*. 33(6), 451-462. <https://doi.org/10.1023/a:1012772311177>

Marai IF, Ayyat MS, Gaber HA, & Abdel-Monem UM. (1996). Effects of heat stress and its amelioration on reproduction performance of New Zealand white adult

female and male rabbits, under Egyptian conditions. Department of animal production, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt. 2, 197–202. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-1996-Toulouse/Papers-pdf/04-General-Physiology/MARAI.pdf>

Marai If, Ayyat MS, Gabr HA, & Abdel-Monem UM. (1999). Growth performance, some blood metabolites and carcass traits of new zealand white broiler male rabbits as affected by heat stress and its alleviation, under egyptian conditions. Department of Animal Production, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt. <https://om.ciheam.org/web/controleurFrontal.php?action=afficherArticle&IDPDF=99600097>

Marai IF, Haeheb AA, & Gad AE. (2004). Growth performance traits and the physiological background of young doe rabbits as affected by climatic conditions and lighting regime, under sub-tropical conditions of egypt. Proceedings - 8th World Rabbit Congress –September 7-10, 2004 – Puebla, Mexico. <https://www.semanticscholar.org/paper/GROWTH-PERFORMANCE-TRAITS-AND-THE-PHYSIOLOGICAL-OF-Marai-Haeheb/7af68cf981f60f48f0eda9a33d33c693349ae093>

Marai, I. F. M., Ayyat, M. S., & Abdel-Monem, U. M. (2000). Young doe rabbit performance traits as affected by dietary zinc, copper, calcium or magnesium supplements, under winter and summer conditions of Egypt. In *Proceedings of the 7th World Rabbit Congress* (pp. 313–318). Valencia, Spain. <https://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2000-Valencia/Papers/Nutrition%26%20Digestion/N36-Marai.pdf>

Miranda Guerrero , Y. A. (2016). Efecto de la utilización de industores de crecimiento en el manejo de conejos neozalandés. Efecto de la utilización de industores de crecimiento en el manejo de conejos neozalandés. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/5360>

Mousa-Balabel T. (2004). Effect of heat stress on New Zealand white rabbits`behaviour and performance. *Minufiya Vet.J.* 3(1), 125–134.

Ocampo, L y Garcés, P. (2010) Uso de implantes. Diplomado en línea de Producción de carne en corral de engorda. Modulo 4, Tema 5. <http://diplomados2-8.fmvz.unam.mx/>

OIE (OMSA). (2021). *Terrestrial Animal Health Code - Chapter 7.1: Introduction to the recommendations for animal welfare*. World Organisation for Animal Health.

Oladimeji, A. M., Johnson, T. G., Metwally, K., Farghly, M., & Mahrose, K. M. (2022). Environmental heat stress in rabbits: Implications and ameliorations. *International Journal of Biometeorology*, 66(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02191-0>

Remois G, Lafargue HP, & Sureault A. (1999). Effect of water temperature on the feed and water consumption of fattening rabbits 2. effect of the cold water. *International Conference on Rabbit Production in Hot Climates*. Zaragoza. <https://om.ciheam.org/web/controleurFrontal.php?action=afficherArticle&IDPDF=99600096>

SADER (2015). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Manual de buenas prácticas de producción de carne de conejo. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/95448/Manual de Buenas Prcticas de Producci n de Carne de Conejo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/95448/Manual_de_Buenas_Practicas_de_Produccion_de_Carne_de_Conejo.pdf)

SADER (2017). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Carne de conejo mexicano, un bocado apetecible. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/carne-de-conejo-mexicano-un-bocado-apetecible>

Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R., & Lacetera, N. (2018). *Adaptation of animals to heat stress*. *Animal*, 12(S2), S431–S444. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001945>

Serra, H., J. Roganovich., L. Rizzo. 2012. Glucocorticoides: Paradigma de medicina traslacional de lo molecular al uso clínico. *Medicina*. 72: 158-170

Sharaf, A. K., El-Darawany, A. A., Nasr, A. S., & Habeeb, A. A. M. (2019). Recent techniques for amelioration the effect of heat stress conditions on male rabbits. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 46(2), 501–514. <https://doi.org/10.21608/zjar.2019.33404>

Taylor, D. C., Brooks, D. E., & Ryan, J. B. (1999). Anabolic-androgenic steroid administration causes hypertrophy of immobilized and nonimmobilized skeletal muscle in a sedentary rabbit model. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(6), 718–727. <https://doi.org/10.1177/03635465990270060601>

Thabet, N., Abdel-Wahab, A. A., El-Sayed, S. A., & El-Foll, A. H. (2010). Effect of the anabolic steroid Boldenone Undecylenate on reproductive performance in male rabbits. *Journal of Reproduction and Infertility*, 1(1), 8–17. [https://www.researchgate.net/publication/316441640\\_Effect\\_of\\_the\\_Anabolic\\_Steroid\\_Boldenone\\_Undecylenate\\_on\\_reproductive\\_performance\\_in\\_male\\_rabbits](https://www.researchgate.net/publication/316441640_Effect_of_the_Anabolic_Steroid_Boldenone_Undecylenate_on_reproductive_performance_in_male_rabbits)