



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

Efecto del estrés calórico en productividad de cerdas gestantes en el
trópico ecuatoriano.

AUTOR:

Dayan Rosendo Jurado Bastidas

TUTOR:

Ing. María Gabriela Cabanilla Campos. MSc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2025

RESUMEN

En el desarrollo de la investigación basada en los “Efecto del estrés calórico en productividad de cerdas gestantes en el trópico ecuatoriano”. En la cual se presentó como objetivo el analizar el estrés calórico en productividad de cerdas gestantes. En cuanto a la metodología se determinó que el estudio se realizó en un tipo descriptivo, con un diseño investigativo bibliográfico, dentro del desarrollo se tomaron temas como el cambio climático en el mundo y en el país, y diseños y características de las instalaciones porcinas en el trópico ecuatoriano las estrategias de manejo para mitigar los efectos del estrés calórico en cerdas gestantes, el control y monitoreo constante de la temperatura, además, el impacto que tiene estrés calórico en la productividad de las cerdas gestantes y por ultimo los parámetros fisiológicos que producen el estrés calórico en cerdas gestantes. En cuanto a los resultados, el estudio demostró que, tanto natural como forzada, la ventilación es una de las tácticas más utilizadas para atenuar los impactos del estrés calórico, si no se toma en cuenta este estrés, lo cual podría poner en riesgo el crecimiento fetal y el incremento en la tasa de mortalidad de los lechones. En las conclusiones los sistemas como la refrigeración por evaporación y la utilización de materiales reflectantes y aislantes termino resultan eficaces para disminuir la temperatura del ambiente, estas reacciones, a pesar de ser necesarias, elevan el consumo de energía y pueden provocar cansancio y reducción de la actividad física, además el estrés térmico índice en la frecuencia cardíaca y genera desbalances hormonales.

Palabras claves: Cerdas, estrés, gestación, productividad, trópicos.

SUMMARY

In the development of the research based on the "Effect of heat stress on the productivity of gestating sows in the Ecuadorian tropics." The objective was to analyze heat stress on the productivity of gestating sows. Regarding the methodology, it was determined that the study was carried out in a descriptive type, with a bibliographic research design. Within the development, topics such as climate change in the world and in the country, and designs and characteristics of pig facilities in the Ecuadorian tropics, management strategies to mitigate the effects of heat stress on gestating sows, constant temperature control and monitoring, in addition, the impact that heat stress has on the productivity of gestating sows and finally the physiological parameters that produce heat stress in gestating sows. Regarding the results, the study showed that ventilation, both natural and forced, is one of the most widely used tactics to mitigate the impacts of heat stress. If this stress is not taken into account, it could jeopardize fetal growth and increase the mortality rate of piglets. In conclusion, systems such as evaporative cooling and the use of reflective and thermally insulating materials are effective in reducing ambient temperature. These reactions, despite being necessary, increase energy consumption and can cause fatigue and reduced physical activity. Furthermore, heat stress affects heart rate and generates hormonal imbalances.

Keywords: Sows, stress, gestation, productivity, tropics.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción.	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.	5
1.4.1. Objetivo general.	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Líneas de investigación.....	5
2. DESARROLLO.	6
2.1 Marco conceptual.	6
2.1.1. Introducción al estrés calórico en la porcicultura.....	6
2.1.2. Concepto y origen del estrés calórico.....	6
2.1.2.1. Como se trasfiere el calor entre animales en su entorno.	6
2.1.3. Relación entre estrés calórico y zonas tropicales	8
2.1.3.1. Principales zonas tropicales del Ecuador.	9
2.1.3.2. Trópico de la provincia de Los Ríos.....	10
2.1.4. Cambio climático en el mundo y en el país.	10
2.1.4.1. Adaptación y mitigación del cambio climático en Ecuador.	11
2.1.5. Producción de cerdos en el Ecuador.	12
2.1.6. Diseño y características de las instalaciones porcinas en el trópico ecuatoriano.....	13
2.1.6.1. Adaptación de los materiales de construcción para el calor.	13
2.1.6.2. Sistemas de ventilación natural y forzada para metatizar el estrés calórico.	14
2.1.6.3. Espaciado y distribución de las instalaciones en función de cerdas gestantes.	14
2.1.6.4. Instalaciones para la sala de maternidad.	15
2.1.7. Estrategias de manejo para mitigar los efectos del estrés calórico en cerdas gestantes. .	15
2.1.7.1. Ventilación natural o forzada.	15
2.1.7.2. Uso de sistemas de refrigeración por evaporación o nebulizadores.	16
2.1.7.3. Diseño de instalaciones con materiales aislamiento de reflectantes.	16
2.1.7.4. Control y monitoreo constante de la temperatura.	16
2.1.7.5. Manejo nutricional en condiciones de calor.....	17
2.1.7.6. Sistemas de sombras y protección solar.....	17
2.1.7.7. Hidratación adecuada para cerdas gestante.	18
2.1.8. Impacto que tiene estrés calórico en la productividad de las cerdas gestantes.....	18

2.1.8.1. Reducción de la ingesta de alimentos.	18
2.1.8.2. Aumento de la tasa de mortalidad de los lechones.....	19
2.1.8.3. Compromiso del sistema inmune.	19
2.1.8.4. Alteraciones en la reproducción.....	20
2.1.9. Parámetros fisiológicos que producen el estrés calórico en cerdas gestantes.	22
2.1.9.1. Temperatura corporal.	22
2.1.9.2. Frecuencia respiratoria.....	23
2.1.9.3. Frecuencia cardíaca.	23
2.1.9.4. Incremento de Cortisoles.	23
2.1.9.5. Consumo de alimento.	24
2.1.9.6. Producción de leche.	24
2.1.9.7. Niveles de progesterona y estrógenos	24
2.1.9.8. Tasa de sudoración.....	25
2.1.9.9. pH sanguíneo.....	25
2.1.9.10. Tasa de eliminación de calor metabólico, balance hídrico, nivel de glucosa e insulina.	25
2.2. Marco metodológico.	28
2.3. Resultados.	29
2.4. Discusión de resultados.....	31
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
3.1. Conclusiones.	33
3.2. Recomendaciones.	34
4. REFERENCIAS Y ANEXOS.	35
4.1. Referencias bibliográficas.....	35

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Porcentaje de transmisión calórico entre cerdos.</i>	8
Figura 2. <i>Tipos de clima ecuatoriano.</i>	10
Figura 3. <i>Producción de cerdos 2020- 2023.</i>	13

Índice de tabla.

Tabla 1. <i>Porcentaje de daño causado por el estrés calórico</i>	21
Tabla 2. <i>Principales razas utilizadas en el trópico ecuatoriano y su impacto ante el estrés calórico.</i>	21
Tabla 3. <i>Parámetros fisiológicos que producen el estrés calórico en cerdas gestantes.</i>	26

1.CONTEXTUALIZACIÓN.

1.1. Introducción.

En América Latina, Brasil lidera la producción de carne porcina, contribuyendo con cerca del 50% del total regional, con una producción cercana a 5 millones de toneladas anuales para 2023, México se sitúa en la segunda posición, constituyendo aproximadamente el 18% de la producción de América Latina, con una proyección de producción de 1.6 millones de toneladas en el mismo año, además Argentina se sitúa en la tercera posición, con una producción muy elevada seguida de Colombia y Chile con alrededor de 460,000 toneladas en el mismo año (Hernández et al., 2020).

En América Latina, la producción de carne porcina ha aumentado considerablemente en los últimos años, dentro del país sobresaliendo provincias costeras, debido a avances en la administración genética de los animales. No obstante, el cambio climático presenta retos críticos, como el estrés térmico en los animales, que impacta su salud, reproducción y productividad, además de aumentar la prevalencia de enfermedades; el análisis de estas interacciones facilitaría la creación de estrategias de adaptación al clima y sostenibilidad en el sector porcino.

En los años recientes, la producción porcina en Ecuador ha registrado un incremento considerable, especialmente en la cría de lechones para producción de carne, las provincias de Pichincha, Guayas y Manabí sobresalen en términos de producción, abarcando cerca del 60% de la producción del país. Con un 25%, Pichincha encabeza, seguido por Guayas con un 20% y Manabí con un 15%; este aumento se debe a la implementación de métodos de gestión más eficaces al perfeccionamiento genético de las cerdas, lo que ha posibilitado maximizar la productividad y cubrir la demanda creciente interna de carne porcina (Cuéllar, 2021).

El cambio climático repercute de manera considerable en los animales de consumo, provocando un estrés térmico que impacta su salud, bienestar y rendimiento, el incremento de las temperaturas, las tormentas de calor, las variaciones en los ciclos de lluvia disminuyen la presencia de alimentos y agua, condiciones vitales; este estrés térmico puede causar una reducción en la

producción láctea, una reducción en el incremento de peso en bovinos, porcinos, aves, y problemas en la reproducción; adicionalmente, el cambio climático aumenta la incidencia de enfermedades al propiciar la multiplicación de parásitos, patógenos en entornos cálidos y húmedos (Crespo, 2022).

1.2. Planteamiento del problema

El estrés calórico se ha convertido en un desafío crítico para la producción porcina debido al aumento de las temperaturas globales y las condiciones climáticas extremas; las cerdas gestantes son particularmente vulnerables, ya que su alta tasa metabólica genera un exceso de calor corporal, exacerbado por ambientes cálidos y mal ventilados, estas condiciones generan estrés térmico, lo que provoca alteraciones fisiológicas, como incremento en la frecuencia respiratoria y disminución del consumo de alimento, impactando negativamente su bienestar.

Uno de los efectos más relevante del estrés calórico en las cerdas gestantes es la disminución de la productividad, lo que incluye una tasa de crecimiento fetal más baja y una reducción en el peso al nacer de las camadas, no solo impacta en la supervivencia de los lechones, sino que también pone en riesgo su desarrollo futuro, ocasionando pérdidas económicas considerables para los productores; pese a su importancia, el entendimiento del efecto de este fenómeno y las tácticas de mitigación todavía es restringido, particularmente en naciones con climas tropicales como Ecuador.

Adicionalmente, el estrés por calor puede modificar los patrones hormonales de las cerdas gestantes, impactando su habilidad reproductiva en ciclos subsiguientes, estos impactos se intensifican en granjas con recursos escasos, donde las tecnologías para regular la temperatura y optimizar las condiciones del entorno son insuficientes; la ausencia de soluciones eficaces asequibles para abordar este problema pone en riesgo no solo la viabilidad de las granjas de ganado, sino también la seguridad alimentaria en zonas que dependen de esta fuente de proteína.

1.3. Justificación

Es esencial analizar el impacto del estrés calórico en las cerdas gestantes para encontrar soluciones que reduzcan los efectos adversos de las temperaturas elevadas en su bienestar y salud, entender los procesos fisiológicos impactados por el estrés térmico facilitará la creación de tácticas eficaces para optimizar las condiciones ambientales en las granjas de ganado, garantizando un ambiente que fomente el bienestar de los animales y reduzca los peligros vinculados al incremento de las temperaturas a nivel mundial.

La reducción en la productividad de las cerdas gestantes, provocada por el estrés calórico, supone un reto económico y productivo para los sistemas de producción de ganado, es importante estudiar este fenómeno en el marco de climas tropicales, como el de Ecuador, para analizar estrategias ajustadas a estas circunstancias particulares; como ventilación en el establo o la implementación de nebulizadores, por último es fundamental garantizar un suministro contante de agua u ofrecer una dieta adaptada con niveles bajos en fibras entre otras estrategias.

El efecto del estrés calórico en los patrones hormonales de las cerdas gestantes para asegurar su capacidad reproductiva a largo plazo, este trabajo intentará sugerir soluciones asequibles que optimicen las condiciones ambientales y de gestión en granjas con recursos escasos, fomentando la sustentabilidad de las actividades de la ganadería; estas medidas tienen como objetivo asegurar la viabilidad financiera de los productores y la seguridad alimentaria en zonas donde la ingesta de carne porcina es esencial para la alimentación de la población

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

- Analizar el estrés calórico en productividad de cerdas gestantes.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Compilar estrategias de manejo para mitigar los efectos del estrés calórico en cerdas gestantes.
- Determinar el impacto que tiene estrés calórico en la productividad de las cerdas gestantes.
- Identificar los parámetros fisiológicos que producen el estrés calórico en cerdas gestantes.

1.5. Líneas de investigación.

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: “Efecto del estrés calórico en productividad de cerdas gestantes”. En este contexto, específicamente se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de sanidad agropecuaria.

2. DESARROLLO.

2.1 Marco conceptual.

2.1.1. Introducción al estrés calórico en la porcicultura.

El estrés calórico es un estado fisiológico que sucede cuando un animal no logra eliminar de manera eficiente el calor acumulado en su cuerpo, ya sea por un entorno caluroso, una alta humedad relativa, o por ambas razones, este suceso causa un desbalance térmico, lo que impulsa al animal a poner en marcha mecanismos de adaptación que intentan controlar la temperatura interna, pero que frecuentemente resultan insuficientes; en las cerdas gestantes, el estrés calórico se agudiza debido al incremento metabólico vinculado a la gestación, lo que repercute de manera adversa en su bienestar y desempeño laboral (Canales, 2024).

2.1.2. Concepto y origen del estrés calórico.

El estrés calórico ocurre cuando las circunstancias del entorno exceden la capacidad del animal para regular su temperatura corporal, o sea, su capacidad para conservar una temperatura corporal constante en el área de confort térmico. Este intervalo de temperatura, denominado zona de termoneutralidad, se basa en elementos como la especie, la fase vital y la condición fisiológica; las cerdas en estado gestacional producen más calor interno a causa del incremento en las velocidades metabólicas propias del embarazo, lo que aumenta su susceptibilidad al estrés por calor, este problema se intensifica cuando las tácticas naturales de disipación de calor, como la evaporación por medio de la respiración (March, 2022).

2.1.2.1. Como se trasfiere el calor entre animales en su entorno.

Comprender cómo los animales ganan o pierden energía es clave para comprender la interacción del animal con el medio ambiente;

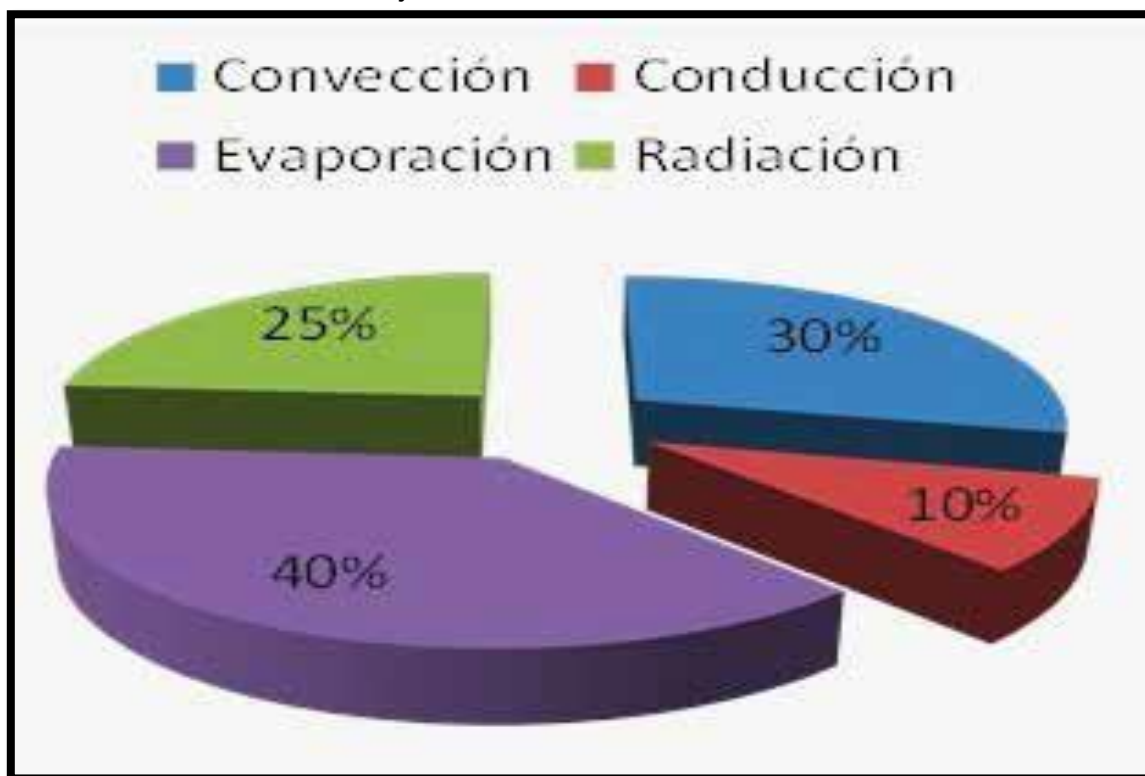
- **Conducción:** la transferencia de calor se produce como resultado del contacto del animal con otra superficie, que difiere de la temperatura corporal (39,5 °C); generalmente, la conducción de calor se realiza a través del suelo, un animal parado pierde poco calor por conducción, la conducción representa del 5% al 10% del calor total intercambiado en climas cálidos, porque la diferencia de temperatura es pequeña y solo el

20% de la piel del animal entra en contacto con la superficie del suelo (Bavera et al., 2021).

- **Convección:** la transferencia del calor se produce como resultado del contacto físico del animal con el aire (agua o barro) a una temperatura diferente a la corporal, los principales componentes que afectan la velocidad de convección son la diferencia entre la temperatura de la superficie y del fluido, la velocidad del fluido y el área de contacto; este es un método eficiente de enfriamiento siempre que se cumplan algunas condiciones, velocidad del aire de al menos 1 metro/segundo, con temperaturas del aire entre 25 °C y 35 °C, los cerdos pueden disipar hasta un 30% de su calor corporal por convección en el aire circundante (Martines, 2022).
- **Radiación:** la pérdida de calor está directamente relacionada con la aislación del galpón que mantiene las superficies internas más frescas en verano, especialmente el techo y las paredes, la radiación suele representar aproximadamente un 25% del intercambio de calor total del animal en verano, pero si la temperatura de la superficie es superior a la del animal, el animal ganará calor, la superficie de la piel del animal está constantemente irradiando o recibiendo radiación de su entorno (Cuéllar, 2021).
- **Evaporación:** la pérdida de calor a través de la respiración es un proceso importante, especialmente a altas temperaturas, los componentes que más afectan la tasa de evaporación y la transferencia de calor son la cantidad de vapor de agua (humedad relativa), la temperatura del aire alrededor del animal, la velocidad del aire sobre el área húmeda del animal y el volumen de aire que respira., la respiración representa aproximadamente el 40% de la pérdida total de calor (Bavera et al., 2021).

Figura 1.

Porcentaje de trasmisión calórico entre cerdos.



Fuente: Bavera et al., (2021).

2.1.3. Relación entre estrés calórico y zonas tropicales.

Las regiones tropicales se distinguen por mantener temperaturas elevadas a lo largo de todo el año, junto con una humedad relativamente alta, estas circunstancias restringen la habilidad de los animales para emitir calor a través de procedimientos como la evaporación, dado que el aire húmedo disminuye la eficacia de tal proceso; para las cerdas en gestación, este problema se intensifica ya que las temperaturas del entorno suelen sobrepasar su zona de confort térmico, que es inferior en comparación con otras especies de animales, en consecuencia, el calor acumulado no solo altera el balance térmico, sino que también provoca cambios metabólicos y hormonales que impactan en su rendimiento (Crespo, 2022).

En las regiones tropicales, el estrés calórico representa un reto permanente para la porcicultura debido a la mezcla de factores climáticos desfavorables y restricciones en la infraestructura apropiada para la gestión del calor, en numerosas granjas tropicales, las circunstancias no son ideales para la regulación de la

temperatura, lo que incrementa la probabilidad de problemas reproductivos, disminución en el peso de las camadas y reducción en la ingesta de alimentos; este fenómeno no solo repercute en la salud de los animales, sino que también conlleva importantes consecuencias económicas para los productores, particularmente en zonas como el trópico de Ecuador (Delgado, s.f.).

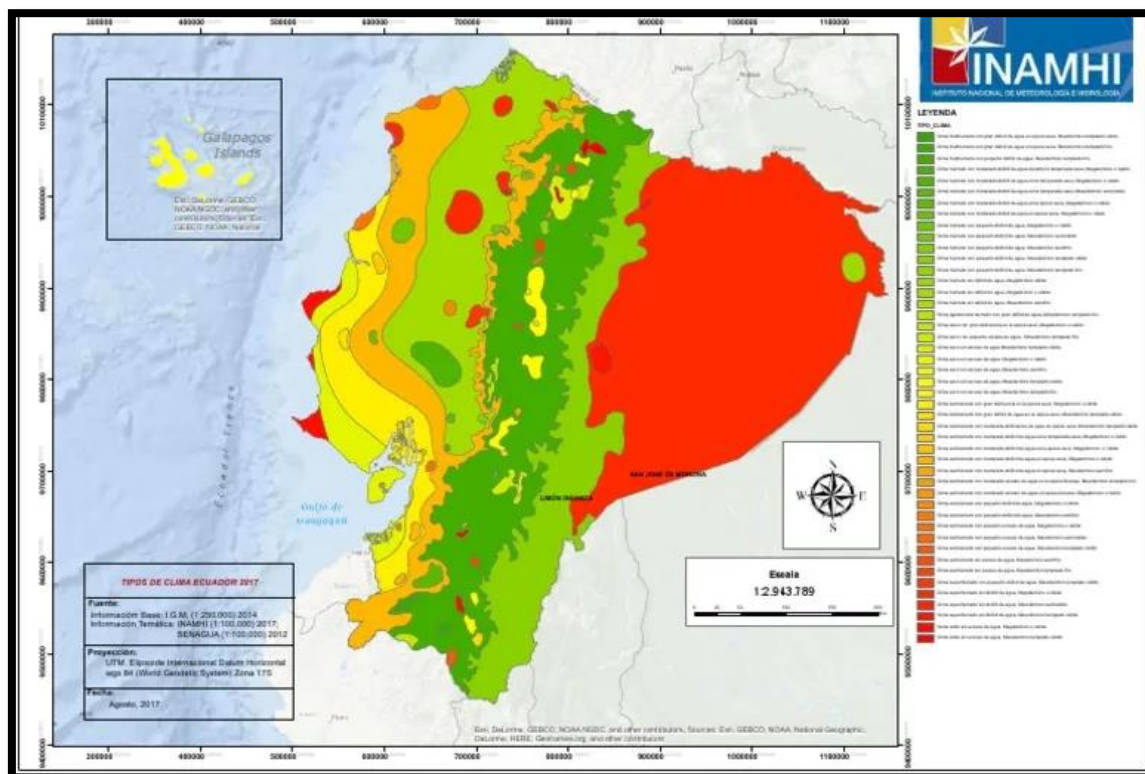
2.1.3.1. Principales zonas tropicales del Ecuador.

Ecuador, situado en la región ecuatorial, cuenta con varias zonas de clima tropical, distinguidas por sus elevadas temperaturas y su alta humedad relativa a lo largo de todo el año. Dentro de las regiones tropicales más destacadas se hallan las provincias costeras, tales como Guayas, Los Ríos, Manabí y El Oro; estas regiones se caracterizan por su clima cálido-húmedo con temperaturas medias que varían entre los 24 °C y 28 °C, además de lluvias abundantes durante la estación de lluvias, que se extiende desde diciembre hasta mayo, las circunstancias de estas áreas promueven una actividad agropecuaria activa, pero también presentan retos como la gestión del estrés calórico en los animales de producción (Espín y Procel, 2021).

Los trópicos de Ecuador abarcan una variedad de paisajes, desde terrenos agrícolas bajos hasta áreas húmedas próximas a los ríos principales, ofreciendo una fuente constante de agua; estas particularidades convierten a esta zona en el lugar perfecto para el cultivo y la crianza de animales, aunque las elevadas temperaturas, sumadas a una humedad relativa que supera el 70%, crean entornos favorables para problemas como el estrés calórico en la actividad ganadera, es esencial una correcta administración del ambiente, que incluya infraestructura personalizada y prácticas específicas, para atenuar estos retos y potenciar la productividad en estas áreas (Quintana et al., 2021).

Figura 2.

Tipos de clima ecuatoriano.



Fuente: Espín y Procel, (2021).

2.1.3.2. Trópico de la provincia de Los Ríos.

La provincia de Los Ríos, situada en la región Costa del Ecuador, es un modelo representativo de área tropical, distinguida por su clima cálido y húmedo con temperaturas medias entre 24 y 27 °C y una humedad relativa que excede el 75%; esta zona está circundada por una amplia red de ríos, tales como el Babahoyo y el Vinces, que favorecen la fertilidad de sus terrenos enriquecidos con agua, perfectos para la agricultura y la ganadería, la mezcla de abundantes precipitaciones durante la estación invernal y un sistema de agua constante facilita el crecimiento de cultivos como el arroz, el plátano y el cacao, así como de actividades pecuarias, incluyendo la porcicultura (Prieto et al., 2012).

2.1.4. Cambio climático en el mundo y en el país.

El cambio climático se presenta como uno de los retos globales más grandes del siglo XXI, originado principalmente por la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en el aire, tales como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O); este fenómeno ha causado un incremento constante en la

temperatura media mundial, modificaciones en los patrones de lluvia, derramamiento de glaciares y un aumento en la frecuencia de fenómenos climáticos extremos, tales como huracanes, sequías e inundaciones, las acciones humanas, en particular la incineración de combustibles fósiles, la tala masiva de árboles y la agricultura intensiva (Fernández et al., 2015).

Dado su emplazamiento geográfico en la línea ecuatorial y su variedad de ecosistemas, Ecuador es especialmente susceptible a las consecuencias del cambio climático. Las modificaciones en los patrones de lluvia y temperatura ya están impactando en los sistemas de agricultura, con repercusiones en cultivos fundamentales como el cacao, el plátano y el arroz y sistemas de productivos de animales para el consumo humano; adicionalmente, el incremento del nivel del mar supone un peligro para las comunidades costeras, mientras que la intensificación de fenómenos climáticos extremos impacta en las infraestructuras y en la seguridad de los alimentos (Perratt et al., 2020)

2.1.4.1. Adaptación y mitigación del cambio climático en Ecuador.

Ecuador ha elaborado estrategias particulares de adaptación al cambio climático para la industria ganadera, reconociendo su relevancia en la seguridad alimentaria y la economía del campo, en la producción de animales, como cerdos y ganado, las estrategias de adaptación comprenden la puesta en marcha de sistemas de gestión diseñados para disminuir el efecto de las elevadas temperaturas y la falta de agua; por ejemplo, se fomenta la implementación de sistemas de sombra, ventilación y refrigeración en granjas con el objetivo de reducir el estrés calórico, que impacta en el desempeño y la salud animal (Morelia, 2022).

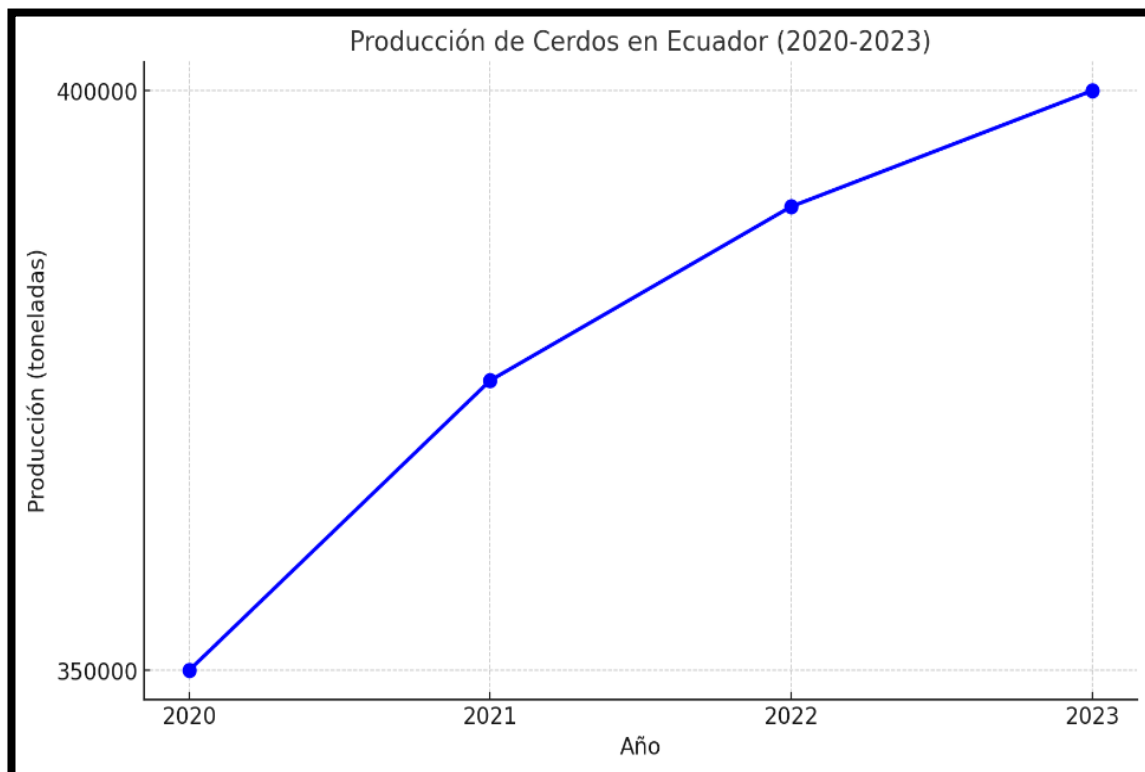
Pese a estos progresos, el sector se topa con retos considerables, tales como la carencia de acceso a tecnologías de vanguardia y la escasa formación de los productores en prácticas inteligentes climáticamente, para potenciar las estrategias de adaptación y mitigación, resulta esencial aumentar la inversión en investigación y desarrollo, impulsar políticas públicas que promuevan la implementación de tecnologías sustentables y promover la cooperación entre entidades gubernamentales, privadas y académicas; esto asegurará que los sistemas de producción de animales en Ecuador tengan mayor resistencia y sostenibilidad ante las consecuencias del calentamiento global (Michaelowa et al., 2019).

2.1.5. Producción de cerdos en el Ecuador.

En Ecuador, la producción de cerdos es una de las actividades del sector agropecuario, aportando de manera significativa a la seguridad alimentaria y a la economía del país; de acuerdo con información del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el país genera cerca de 400,000 toneladas de carne porcina cada año, lo que equivale al aproximado del 15% del consumo total de carne en la nación, esta producción predomina en las zonas Sierra y Costa, con una mayor concentración en provincias como Guayas, Los Ríos, Azuay y Pichincha, en años recientes, la necesidad de carne porcina se ha incrementado, a causa del aumento de la población (MAG, 2022).

Además, ha vivido un cambio tecnológico en la producción de carne, con el aumento de granjas de gran y mediana escala, que implementan métodos intensivos para incrementar la productividad, no obstante, la mayoría de la producción continúa siendo propiedad de pequeños y medianos productores que funcionan bajo sistemas semi-intensivos, lo que plantea retos en términos de eficacia y salud animal; la optimización genética y una correcta alimentación son fundamentales para incrementar la productividad (Morelia, 2022).

Pese a los progresos en la producción de carne, como lo menciona la figura 2, el sector se topa con desafíos, tales como la aparición de enfermedades como la peste porcina africana, las consecuencias del cambio climático, que afectan la salud de los animales y la productividad para reducir el estrés calórico y otras condiciones vinculadas al clima (ESPAC, 2023).

Figura 3.*Producción de cerdos 2020- 2023.*

Fuente: ESAPC 2023, Adaptada por el autor

2.1.6. Diseño y características de las instalaciones porcinas en el trópico ecuatoriano.

2.1.6.1. Adaptación de los materiales de construcción para el calor.

Los materiales de edificación para instalar cerdas gestantes en zonas calurosas, como el trópico de Ecuador, para atenuar los impactos del estrés calórico, es necesario escoger los materiales para optimizar la ventilación y disminuir la absorción de calor, los techos que incorporan materiales reflectantes, tales como metal galvanizado pintado de blanco o materiales plásticos que dispersan la radiación solar, resultan eficaces para disminuir la acumulación de calor en las instalaciones; además, es posible emplear materiales que aíslan la temperatura en paredes y techos para mantener una temperatura más constante, resguardando a las cerdas gestantes del calor intenso (Menéndez y Castro, 2022)

Otro factor importante es la utilización de superficies que promuevan la refrigeración natural y que sean sencillas de limpiar para asegurar un entorno saludable, los cimientos de hormigón con canales de drenaje o los de material

poroso facilitan un mayor flujo de aire bajo las cerdas, lo cual contribuye a disminuir la sensación de calor y potencia el bienestar de los animales; también es beneficioso instalar cortinas o paneles de sombra en las paredes exteriores para disminuir la exposición directa al sol, particularmente durante las horas más calurosas del día (García, 2021).

2.1.6.2. Sistemas de ventilación natural y forzada para matar el estrés calórico.

Los sistemas de ventilación natural son los que emplean las fuerzas del viento naturales y las variaciones de temperatura y presión del aire para producir un flujo de aire en las instalaciones, evitando la necesidad de energía eléctrica o dispositivos mecánicos, opera a través de la generación de orificios en paredes o techos, que facilitan el paso libre del aire por los espacios, promoviendo el ingreso de aire fresco y la expulsión del aire caliente, este tipo de ventilación se fundamenta en principios físicos como el efecto chimenea, en el que el aire caliente sube y es sustituido por aire fresco, preservando así un entorno más estable, este sistema resulta particularmente eficiente cuando las condiciones ambientales facilitan una adecuada circulación de aire (Collell, 2021).

En cuanto a los sistemas de ventilación forzada, estos requieren de aparatos mecánicos, como ventiladores o extractores, para mover el aire en los espacios confinados, estos sistemas están concebidos para regular el flujo de aire y optimizar la circulación en zonas donde la ventilación natural no basta o donde se necesitan niveles de control más elevados; a través de la instalación de ventiladores que absorben el aire caliente de las instalaciones y lo expulsan al exterior, al mismo tiempo que aportan aire fresco al interior, los sistemas de ventilación forzada pueden ser modificados para modificar la rapidez de los ventiladores en función de las condiciones del entorno (Ensolping, 2024).

2.1.6.3. Espaciado y distribución de las instalaciones en función de cerdas gestantes.

La disposición y el espacio de las instalaciones para las cerdas gestantes son elementos esenciales para asegurar su bienestar y disminuir el estrés térmico en ambientes cálidos, las cerdas gestantes necesitan de un lugar apropiado para desplazarse de manera libre, reposar con comodidad y mantener su temperatura

corporal en niveles ideales; por lo general, cada cerda embarazada necesita tener al menos 2.5 a 3 m² de espacio en instalaciones de jaulas sueltas o corrales, lo que facilita su desplazamiento y disminuye la competencia por el espacio, esta disposición también debe contemplar zonas específicas para la comida, el agua y el reposo, manteniendo una distancia adecuada entre las cerdas (Gonzales, 2022).

En zonas calurosas, es aconsejable dirigir los corrales de forma que promuevan el flujo de aire, como ubicarlos en la dirección del viento dominante, las cerdas gestantes deben estar dispuestas de tal forma que el calor producido por su cuerpo no se concentre en un único sitio, por lo que es necesario prevenir aglomeraciones densas; además, los corredores y zonas de tránsito deben tener la suficiente amplitud para simplificar el movimiento y el acceso para el manejo de las cerdas, las zonas de descanso deben ubicarse en sitios que proporcionen sombra natural o que puedan contar con sistemas de sombra artificial para resguardar a las cerdas del sol directo (MAGCR, 2022).

2.1.6.4. Instalaciones para la sala de maternidad.

Las instalaciones destinadas a la sala de maternidad de cerdas gestantes en ambientes en el trópico ecuatoriano deben ser diseñadas para ofrecer un entorno confortable y saludable para las madres y los lechones, reduciendo así los impactos del estrés ocasionado por la calor, es esencial que estas zonas dispongan de sistemas de ventilación apropiados, ya sean de tipo natural o mecánico, para asegurar un flujo continuo de aire fresco y la expulsión del aire caliente, es necesario construir paredes y techos con materiales aislantes o reflectantes, que contribuyan a disminuir la absorción de calor y mantener una temperatura interna constante (Delgado, 2019).

2.1.7. Estrategias de manejo para mitigar los efectos del estrés calórico en cerdas gestantes.

2.1.7.1. Ventilación natural o forzada.

La ventilación natural, que se beneficia de las variaciones de temperatura y presión del aire, requiere un diseño meticuloso a través de la colocación de aberturas y rejillas estratégicas en techos y paredes para simplificar el paso del aire, la ventilación cruzada, en la que el aire se desplaza de un extremo a otro de la instalación, es uno de los métodos más eficaces para suprimir el aire caliente y

sustituirlo por aire fresco, no obstante, bajo condiciones de calor extremas, los sistemas de ventilación forzada se convierten en esenciales, estos sistemas, que emplean ventiladores mecánicos para expulsar el aire caliente y fomentar el flujo de aire fresco, pueden ser modificados de acuerdo a las demandas internas, garantizando un flujo continuo y eficiente (Catanyá et al., s.f.).

2.1.7.2. Uso de sistemas de refrigeración por evaporación o nebulizadores.

La implementación de sistemas de enfriamiento por evaporación o nebulizadores es otra táctica adicional para regular la temperatura interna en establecimientos de producción porcina, estos sistemas operan a través de la emisión de agua atomizada finamente en el aire, lo cual reduce la temperatura durante el proceso de evaporación; son especialmente útiles en entornos calurosos, dado que tienen la capacidad de disminuir la temperatura hasta 10°C, optimizando las condiciones de calor para las cerdas y sus lechones, los nebulizadores resultan particularmente beneficiosos en zonas de reposo o maternidad, donde las cerdas embarazadas se mantienen durante largos periodos (Barbari, 2020).

2.1.7.3. Diseño de instalaciones con materiales aislamiento de reflectantes.

Es esencial el diseño de instalaciones con materiales aislantes y reflectantes para disminuir la absorción de calor y mantener una temperatura más constante en las estructuras, los techos hechos de materiales reflectantes, como el aluminio o placas de plástico, tienen la capacidad de reflejar una gran cantidad de la radiación solar, disminuyendo así la cantidad de calor que entra en el interior de la instalación; además, es posible construir las paredes con materiales aislantes, como el poliuretano o la lana de roca, que contribuyen a mantener una temperatura estable, impidiendo que el calor del exterior se condense en las instalaciones (Michaelowa et al., 2019).

2.1.7.4. Control y monitoreo constante de la temperatura.

Es importante mantener un control y seguimiento constante de la temperatura interna para asegurar que las condiciones en la granja sean las óptimas en todo momento. Para ello, es necesario colocar sensores de temperatura y humedad en lugares críticos de las instalaciones, que ofrezcan información en tiempo real acerca de las condiciones del entorno; estos sistemas de vigilancia posibilitan la regulación automática de los sistemas de ventilación, enfriamiento y otros aparatos

para conservar la temperatura en los umbrales óptimos para las cerdas en gestación, además, la vigilancia continua contribuye a detectar con rapidez cualquier variación en las condiciones que pueda comprometer el bienestar de los animales (Gómez et al., 2022).

2.1.7.5. Manejo nutricional en condiciones de calor.

La gestión nutricional bajo condiciones de calor para atenuar los impactos adversos del estrés calórico en las cerdas en gestación, en periodos de elevadas temperaturas, las cerdas suelen disminuir su consumo alimentario debido a la reducción de su apetito, lo que podría impactar su condición nutricional y, por ende, su bienestar y el de los lechones; para contrarrestar esto, se aconseja proporcionar diversas comidas pequeñas durante todo el día, lo que simplifica la ingesta sin causar molestias (Domínguez, 2022)

Además, Arce et al., (2022), indica los siguientes alimentos y suplementos que pueden ser útiles en el manejo nutricional de cerdas gestantes durante condiciones de calor:

- Suplementos de electrolitos.
- Ácidos grasos omega-3.
- Antioxidantes.
- Alimentos de alta digestibilidad (maíz, avena).
- Fibra fermentable (soja, pulpa de remolacha).

2.1.7.6. Sistemas de sombras y protección solar.

Estos sistemas resguardan a los animales de la radiación directa del sol, así lo informó Chicaiza, (2023), que, contribuyendo a mantener una temperatura corporal más constante, una de las medidas más eficaces es la instalación de techos con materiales reflectantes o toldos que ofrezcan sombra en zonas de reposo; además, es posible emplear paneles solares o cortinas de sol alrededor de los corrales para impedir la exposición directa al sol durante las horas más calurosas del día;

- Toldos o lonas.
- Paneles solares de malla.
- Techos reflectantes.
- Cortinas solares.

- Mallas sombreadoras.
- Estructuras de sombras con vegetación (árboles o plantas de rápido crecimiento que proporciona sombra natural, sembradas estratégicamente a las instalaciones).

2.1.7.7. Hidratación adecuada para cerdas gestante.

En el período de calor, las cerdas pueden sufrir una deshidratación más acelerada a causa de una mayor evaporación y sudoración, lo que podría perjudicar su bienestar y el de los lechones, es esencial garantizar un acceso ininterrumpido a agua fresca y limpia durante todo el día, empleando sistemas de bebida automática que garanticen una provisión constante y sin interrupciones, además, en situaciones de calor intenso, es crucial mantener la temperatura del agua fresca para prevenir que se torne menos atractiva para las cerdas (Domínguez, 2022)

2.1.8. Impacto que tiene estrés calórico en la productividad de las cerdas gestantes.

Indica Zuluaga y Flórez (2023), que, el estrés calórico es una de las principales inquietudes para las cerdas embarazadas, dado que provoca impactos negativos considerables en su salud y bienestar, entre los efectos más habituales se incluyen:

- Reducción de la ingesta de alimentos.
- Aumento de la tasa de mortalidad de los lechones.
- Compromiso del sistema inmune.
- Alteraciones en la reproducción.

2.1.8.1. Reducción de la ingesta de alimentos.

Uno de los efectos más habituales del estrés calórico en las cerdas en gestación es la disminución de la ingesta de alimentos, las temperaturas elevadas modifican su apetito, lo que conlleva a una reducción en la cantidad de comida ingerida, esto sucede debido a que el calor influye en la conducta alimentaria de las cerdas, pues optan por reposar y abstenerse de actividades físicas, incluyendo la ingesta de alimentos; esta conducta es una reacción natural ante el estrés térmico, aunque conlleva efectos perjudiciales para la salud de las cerdas y el crecimiento de los lechones, una dieta reducida puede resultar en una disminución de la condición corporal, lo cual impacta la producción de leche (Pérez y Negreiros 2021).

2.1.8.2. Aumento de la tasa de mortalidad de los lechones.

El incremento en la tasa de mortalidad de los lechones es un resultado relevante del estrés calórico en las cerdas gestantes, dado que las elevadas temperaturas impactan tanto a la madre como a los fetos en crecimiento, el calor excesivo puede obstaculizar el proceso de gestación, modificando el flujo de sangre y la oxigenación correcta hacia los lechones en el útero, lo que podría resultar en un incremento en la cantidad de lechones muertos o con bajo peso al nacer; adicionalmente, el estrés por calorías reduce la calidad de la leche materna, lo que impacta la habilidad de los lechones para obtener la alimentación correcta tras el parto (Chicaiza, 2023).

2.1.8.3. Compromiso del sistema inmune.

El estrés calórico afecta adversamente al sistema inmunológico de las cerdas gestantes, mermando su habilidad para protegerse de infecciones, las temperaturas elevadas provocan un incremento en la generación de cortisol, la hormona del estrés, que, en cantidades altas, puede inhibir la respuesta del sistema inmunológico; en consecuencia, las cerdas podrían incrementar su vulnerabilidad a infecciones bacterianas, virales y parasitarias, que podrían poner en riesgo tanto su bienestar como el de los lechones (Arce et al., 2022),

Adicionalmente, el estrés por calor puede modificar el balance de la flora intestinal, lo que complica aún más la habilidad de la cerda para resistir agentes patógenos, la inmunosupresión provocada por el calor incrementa la vulnerabilidad de la cerda a enfermedades respiratorias, gastrointestinales y otros desórdenes metabólicos, impactando su salud y su rendimiento global; el estrés por calorías aumenta la susceptibilidad de las cerdas gestantes a infecciones a causa de la debilitamiento de su sistema inmunitario (Domínguez, 2022).

El exceso de calor provoca situaciones en las que las cerdas suelen ingerir menos alimentos y agua, lo que podría disminuir su habilidad para conservar una salud ideal, la disminución del consumo de nutrientes también incide en la integridad de las mucosas y en la función del sistema digestivo, lo que favorece la infiltración de agentes patógenos; adicionalmente, el estrés térmico puede provocar un conjunto de reacciones inflamatorias que exponen a las cerdas a infecciones en zonas como los pulmones, los genitales o el sistema digestivo, las inoculaciones

respiratorias, mastitis y metritis son habituales en situaciones de altas temperaturas, lo que intensifica aún más el estrés (Barbari, 2020).

2.1.8.4. Alteraciones en la reproducción.

Uno de los impactos directos del estrés calórico en las cerdas en gestación es la reducción de la tasa de concepción y fertilidad, las elevadas temperaturas inciden en el balance hormonal de las cerdas, modificando la generación de hormonas reproductivas fundamentales, como el estrógeno y la progesterona, que resultan esenciales para la gestación; el calor también tiene el potencial de alterar la conducta reproductiva, disminuyendo la regularidad de los ciclos menstruales y perjudicando la calidad del óvulo, las cerdas sometidas a estrés térmico presentan tasas de ovulación más bajas, lo que disminuye las oportunidades de fertilización exitosa (Espín y Procel, 2021).

La repercusión en la calidad de la leche materna es otro efecto relevante del estrés por calorías, el calor intenso incide en la fabricación y estructura de la leche, reduciendo la cantidad de leche que se puede beber para los lechones; esto resulta especialmente alarmante en los primeros días de vida, cuando los lechones se apoyan en el calostro para formar su sistema inmunológico, las cerdas que padecen de estrés calórico pueden generar una leche de baja calidad, con una disminución en la cantidad de proteínas y minerales, componentes vitales para el desarrollo y crecimiento de los lechones (Romo et al., 2022).

Tabla 1.*Porcentaje de daño causado por el estrés calórico*

Impacto del Estrés Calórico	Porcentaje de Daño Estimado
Reducción de la ingesta de alimentos.	10-25%
Aumento de la tasa de mortalidad de los lechones.	15-30%
Disminución de la tasa de concepción y fertilidad.	20-40%
Impacto en la calidad de la leche materna y supervivencia de los lechones.	10-30%
Compromiso del sistema inmune.	15-25%
Reducción de la ganancia de peso de la cerda gestante.	5-15%

Fuente: Chicaiza (2023); Adaptada por el autor.

Además, este fenómeno es especialmente crítico en la etapa de gestación, debido que puede alterar el bienestar animal, reducir la eficiencia reproductiva y comprometer la calidad de los lechones, en la tabla numero 2, se indica de manera detallada las principales razas de cerdas utilizadas para la producción de lechones, junto con el impacto porcentual del estrés calórico en su rendimiento.

Tabla 2.*Principales razas utilizadas en el trópico ecuatoriano y su impacto ante el estrés calórico.*

Raza	Características principales	Impacto del estrés calórico (%)
Large White	Alta prolificidad buena madre, excelentes adaptaciones a sistemas intensivos.	Reducción de productividad entre ¡%-25%, (disminución de la tasa de concepción peso de lechones al nacimiento).
Landrace	Buenas madres, alta capacidad lechera, apta para cruzamiento.	Perdida del 10-20% en producción de lechones debido a menor consumo alimenticio y estrés reproductivo.
Duroc	Resistencia a enfermedades crecimiento rápido, buena calidad cárnica.	Aumento de 20-30% en mortalidad embrionaria y reducción del crecimiento de lechones.
Yorshire	Alta tasa de reproducción buena conversión alimenticia.	Disminución de fertilidad en un 10-20% y menor peso al destete.
Pietrain	Alta calidad de carne, menor contenido de grasas, baja resistencia al estrés.	Impacto severo del 25-40% en reducción de rendimiento reproductivo especialmente climas cálidos.

Fuente: Arce et al., (2022): Domínguez, (2022): Adatada por el autor.

2.1.9. Parámetros fisiológicos que producen el estrés calórico en cerdas gestantes.

El estrés calórico en cerdas gestantes es un factor crítico que afecta su bienestar, rendimiento reproductivo y la salud fetal; este fenómeno provoca una serie de alteraciones fisiológicas que buscan mantener la homeostasis del organismo frente al exceso de calor ambiental, a continuación, se detallan los principales parámetros fisiológicos involucrados:

- Temperatura corporal
- Frecuencia respiratoria
- Frecuencia cardíaca
- Consumo de alimento
- Producción de leche
- Concentración de cortisol
- Niveles de progesterona y estrógenos
- Tasa de sudoración
- pH sanguíneo
- Tasa de eliminación de calor metabólico
- Balance hídrico
- Nivel de glucosa e insulina
- Producción de radicales libres (estrés oxidativo)

2.1.9.1. Temperatura corporal.

Uno de los impactos más rápidos del estrés calórico en las cerdas en gestación es el incremento de la temperatura corporal, las cerdas poseen una habilidad restringida para disipar el calor excesivo, debido a que no sudan eficazmente como otros animales; esto provoca que su cuerpo, al tener altas temperaturas ambientales, no pueda controlar correctamente su temperatura interna, lo que resulta en un incremento de la temperatura corporal, este fenómeno se denomina hipertermia (Licon, 2020).

Cuando la temperatura corporal excede los límites habituales (cerca de 38.5°C y 39.5°C), se pone en marcha la respuesta fisiológica del cuerpo, que comprende el incremento de la velocidad respiratoria y el sudor para tratar de refrigerar el

organismo, no obstante, en situaciones de calor intenso, estos mecanismos no bastan para mantener la temperatura interna en los niveles ideales; esto impacta diversos elementos de la fisiología de la vaca, tales como la circulación sanguínea y el metabolismo, lo que podría traducirse en una reducción en la eficacia de la digestión de los alimentos, una disminución en la ingesta de alimentos y una reducción en la productividad global (Loor y Ponce, 2024).

2.1.9.2. Frecuencia respiratoria.

La frecuencia respiratoria aumenta considerablemente en cerdas gestantes sometidas a estrés calórico, como un mecanismo compensatorio para disipar el exceso de calor, este proceso, conocido como jadeo, facilita la evaporación del agua a través del tracto respiratorio, lo cual ayuda a reducir la temperatura corporal. Sin embargo, este esfuerzo respiratorio elevado conlleva un gasto energético adicional y puede causar alteraciones en el equilibrio ácido-base del organismo; en condiciones extremas, este mecanismo se vuelve insuficiente, incrementando el riesgo de hiperventilación y afectando negativamente (Bottegal, 2019).

2.1.9.3. Frecuencia cardíaca.

El estrés calórico también provoca un aumento de la frecuencia cardíaca en las cerdas gestantes, este cambio se debe a la necesidad del organismo de redistribuir el flujo sanguíneo hacia la periferia del cuerpo para favorecer la pérdida de calor por conducción y convección; sin embargo, esta sobrecarga cardiovascular puede tener efectos adversos, especialmente en cerdas con condiciones fisiológicas exigentes como la gestación, ya que puede comprometer el suministro de oxígeno y nutrientes hacia el útero y otros órganos vitales, afectando así el bienestar tanto de la madre como del feto (Licon, 2020).

2.1.9.4. Incremento de Cortisoles.

Según la revista *ExpertMed*, (2020), indica que, el incremento de los niveles de cortisol es una reacción fisiológica propia al estrés calórico en las cerdas en gestación, el cortisol, también llamado hormona del estrés, se libera en grandes volúmenes cuando el animal atraviesa situaciones de calor extremas, este incremento en la generación de cortisol repercute de manera adversa en diversos sistemas corporales; primero, restringe el funcionamiento del sistema inmunológico, lo que incrementa la vulnerabilidad de la cerda a contraer

infecciones; también reduce la capacidad del organismo para absorber nutrientes, ya que el cortisol favorece la movilización de recursos para enfrentar la fuente de estrés.

2.1.9.5. Consumo de alimento.

Uno de los efectos más visibles del estrés calórico en cerdas gestantes es la disminución en el consumo voluntario de alimento, las altas temperaturas ambientales reducen el apetito como respuesta adaptativa para disminuir el metabolismo y la producción interna de calor; no obstante, esta reducción en la ingesta compromete la disponibilidad de nutrientes esenciales para el mantenimiento de la cerda y el desarrollo del feto, como consecuencia, se pueden observar pérdidas de peso materno, menor crecimiento fetal y problemas en la eficiencia reproductiva (Aguirre, 2024)

2.1.9.6. Producción de leche.

La producción de leche también se ve afectada negativamente por el estrés térmico, sobre todo en la etapa final de la gestación y durante la lactancia; el organismo prioriza la disipación del calor frente a otras funciones fisiológicas, por lo que los recursos energéticos y metabólicos necesarios para la síntesis de leche se ven comprometidos, esta situación puede provocar una menor calidad y cantidad de calostro y leche, lo que impacta directamente en la supervivencia y desarrollo de los lechones recién nacidos, especialmente durante las primeras horas de vida (Lincona, 2020)

2.1.9.7. Niveles de progesterona y estrógenos.

El equilibrio hormonal en cerdas gestantes es esencial para el éxito reproductivo, sin embargo, el estrés calórico altera significativamente los niveles de progesterona y estrógenos, el exceso de calor y el incremento de cortisol inhiben la producción de estas hormonas claves para la implantación, el mantenimiento del embarazo y el desarrollo fetal, esta alteración hormonal puede provocar fallos reproductivos como reabsorción embrionaria, abortos o partos prematuros, además de afectar la calidad del ciclo estral posterior (Romo et al., 2020)

2.1.9.8. Tasa de sudoración

A diferencia de otros animales, las cerdas tienen una tasa de sudoración muy limitada, lo que agrava los efectos del estrés térmico, su incapacidad para eliminar calor mediante la transpiración obliga al organismo a recurrir a otros mecanismos menos eficaces como el jadeo o el aumento del flujo sanguíneo superficial; esta característica anatómico-fisiológica hace que las cerdas sean particularmente vulnerables a las altas temperaturas ambientales, y exige una gestión ambiental rigurosa para evitar consecuencias graves en su salud y productividad (Barbari, 2020).

2.1.9.9. pH sanguíneo.

El incremento de la frecuencia respiratoria durante el estrés calórico puede alterar el equilibrio ácido-base del organismo, llevando a una condición conocida como alcalosis respiratoria, esto se debe a la eliminación excesiva de dióxido de carbono a través del jadeo, lo que eleva el pH sanguíneo por encima de los valores fisiológicos normales; este desequilibrio puede interferir en múltiples funciones celulares y enzimáticas, afectando el metabolismo y la capacidad del organismo para enfrentar el estrés, comprometiendo tanto la madre como el feto. (Michaelowa et al., 2019).

2.1.9.10. Tasa de eliminación de calor metabólico, balance hídrico, nivel de glucosa e insulina.

La tasa de eliminación de calor metabólico en cerdas gestantes disminuye bajo condiciones de estrés térmico, ya que los mecanismos fisiológicos para disipar calor resultan insuficientes, como respuesta, el organismo aumenta el consumo de agua para favorecer la evaporación y compensar las pérdidas por jadeo, lo cual altera el balance hídrico y puede llevar a deshidratación si no se maneja adecuadamente. Además, el estrés calórico interfiere con el metabolismo de carbohidratos, aumentando la resistencia a la insulina e impidiendo una correcta utilización de la glucosa (Mendoza, 2019).

El estrés calórico en cerdas gestantes provoca alteraciones fisiológicas que compromete su salud y productividad como lo indica la tabla 3, que indica que los factores como el aumento de la temperatura rectal, la frecuencia respiratoria y la disminución del consumo de alimentos son señales claras de su impacto; el estrés calórico incrementa los niveles de cortisol, reduce la producción de leche y afecta parámetros como la frecuencia cardíaca y el pH sanguíneo, monitorear estas indicadores es importante para implementar estrategias efectivas.

Tabla 3.

Parámetros fisiológicos que producen el estrés calórico en cerdas gestantes.

Parámetros fisiológicos	Descripción	Alteraciones por estrés calóricos.
Temperatura rectal.	Indicador directo de la temperatura corporal interna.	Incremento >39.5 °C, indicado hipertermia.
Frecuencia respiratoria.	Numero de respiraciones por minutos, indicador de esfuerzo respiratorios.	Aumento significativo (>60 respiraciones/minutos), debido a la necesidad de dispersar calor mediante el jadeo.
Consumo de aliento.	Cantidad diaria de aliento ingerido por la cerda.	Disminución del 20-40%, lo que afecta al aporte de nutrientes y la productividad.
Frecuencia cardíaca.	Ritmo al que late el corazón asociado a la respuesta al estrés.	Incremento >90 latidos/minuto, por aumento del metabolismo y respuesta al calor.
Cortisol en sangre.	Hormona asociada al estrés reflejada al nivel de repuesta fisiológica en el entorno.	Elevación notable, lo que indica estrés crónico y reducción de bienestar.
pH de sangre.	Nivel de acidez o alcalinidad de la sangre, asociado la respiración y el metabolismo.	Acidosis respiratorias o metabólica leve por alternación en la alimentación de CO ₂ .
Producción de leche.	Cantidad de leche producida durante la lactancia.	Reducción del 15-30%, afectando el peso y crecimiento de los lechones.
Movimiento corporal	Actividad física de la cerda durante períodos calurosos	Disminución considerable, con tendencia a permanecer acostada para minimizar el gasto energético.

Fuente: Licona, (2020); Loor y Ponce, (2024); ExprertMed, (2020); Bottegal, (2019); Licona, (2020); Mendoza, (2019); Adaptada por el autor.

2.2. Marco metodológico.

Para el presente documento se reúne información de documentos actuales artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web para ayudar a presentar las opiniones e ideas de los actores que permitan desarrollos de investigación.

Se identificaron temas relevantes sobre el efecto del estrés calórico en productividad de cerdas gestantes en el trópico ecuatoriano. Este trabajo se desarrolló como una investigación bibliográfica no experimental utilizando la técnica de análisis, revistas, textos actuales, artículos síntesis y resumen de los datos recopilados.

2.3. Resultados.

El estudio demostró que, tanto natural como forzada, la ventilación es una de las tácticas más utilizadas para atenuar los impactos del estrés calórico en las cerdas gestantes, dado que facilita la renovación del aire y conserva condiciones más frescas en las instalaciones, se ha comprobado que la utilización de sistemas de refrigeración por evaporación o nebulizadores es efectiva para disminuir la temperatura del ambiente, al producir un enfriamiento directo en los animales, el empleo de materiales reflectantes y aislantes térmicos contribuye a reducir la acumulación de calor, generando un ambiente más agradable, estas acciones, unidas a un control y seguimiento continuo de la temperatura, garantizan que las condiciones del entorno se conserven dentro de los límites apropiados.

Otras tácticas relevantes es el control nutricional en situaciones de calor, como la modificación en la cantidad de energía en las comidas o la incorporación de aditivos que potencian la digestión en ambientes calurosos, los sistemas de sombras y protección contra el sol disminuyen la exposición directa a la radiación, mientras que una correcta hidratación, con acceso continuo a agua fresca, es vital para preservar el balance térmico de las cerdas; estas acciones ayudan a reducir los niveles de estrés calórico, potenciando el bienestar animal y garantizando un correcto crecimiento fetal, la incorporación de estas prácticas en los sistemas de producción porcina no solo minimiza los impactos del calor.

El estrés calórico en las cerdas en gestación influye notablemente en su bienestar y en la eficiencia del sistema de crianza, una de las repercusiones más significativas es la disminución de la ingesta alimentaria, que impacta directamente en la provisión de nutrientes vitales para las cerdas y sus crías, lo cual podría poner en riesgo el crecimiento fetal; esta reducción en el uso de energía provoca una pérdida de peso en las cerdas, lo que consecuentemente conduce a una reducción en la producción de leche durante el periodo de lactancia, el estrés térmico está vinculado con un deterioro del sistema inmunológico, incrementando la susceptibilidad de los animales a enfermedades contagiosas.

Otra consecuencia alarmante del estrés calórico es el incremento en la tasa de mortalidad de los lechones, producto de un desarrollo fetal deficiente, una disminución en la calidad de la leche materna. Igualmente, se han notado cambios

en la reproducción, tales como una disminución en la tasa de concepción y un incremento en la cantidad de repeticiones de celo, lo que pone en riesgo la eficacia reproductiva de las cerdas; estos efectos subrayan la importancia de aplicar tácticas eficaces, tales como la correcta gestión de la temperatura, la hidratación continua y modificaciones en la dieta, con el fin de reducir los impactos del calor para asegurar resultados superiores en la producción de carne.

El estrés calórico en las cerdas gestantes se expresa mediante alteraciones en varios parámetros fisiológicos, incluyendo un incremento considerable de la frecuencia respiratoria, empleada como mecanismo para la disipación de calor, en circunstancias de altas temperaturas, las cerdas utilizan el jadeo para emitir calor mediante la evaporación, lo cual eleva su necesidad de energía y puede provocar un estado de cansancio. Igualmente, se observa un incremento en la temperatura del cuerpo, particularmente en zonas como el recto y la piel, lo que evidencia el desafío del animal para preservar su balance térmico, estas modificaciones fisiológicas generalmente se presentan con una reducción en la actividad física.

Otro indicador importante es la variación en la frecuencia cardíaca, dado que el estrés térmico requiere una mayor presión del sistema circulatorio para redirigir el flujo sanguíneo hacia la piel, lo que favorece la pérdida de calor, el estrés por calorías puede causar desbalances hormonales, como la disminución de progesterona, lo que pone en riesgo la viabilidad del embarazo; se ha notado una reducción en la ingesta de alimentos y agua, lo que provoca desbalances metabólicos y perjudica la generación de nutrientes vitales para el crecimiento fetal, la mezcla de estos parámetros resalta la relevancia de supervisar de manera constante las condiciones fisiológicas de las cerdas.

2.4 Discusión de resultados.

Las estrategias de gestión para reducir el estrés calórico en las cerdas gestantes son fundamentales para asegurar su bienestar y rendimiento, la aplicación de sistemas de ventilación natural y forzada, combinados con nebulizadores o sistemas de refrigeración por evaporación, ha probado ser una alternativa útil y eficaz para disminuir la temperatura en los corrales, generando un entorno más fresco y agradable, de acuerdo con Domínguez, (2022), señala que estas medidas no solo contribuyen a disminuir la carga calórica en las cerdas, sino que también favorecen un entorno más saludable, el uso de materiales reflectantes y aislantes térmicos, en combinación con el monitoreo constante de las condiciones climáticas.

La gestión nutricional en situaciones de estrés calórico, dado que modificaciones en la alimentación, como la incorporación de aditivos digestivos o modificaciones en la densidad de energía, pueden contribuir a que las cerdas conserven un correcto estado corporal, se concuerda con Mendoza, (2019) y Pérez y Negreiros, (2021) que coinciden en que estas acciones, sumadas al acceso constante a agua pura y fresca, son fundamentales para preservar la hidratación y el balance térmico, la utilización de sistemas de sombra y protección solar disminuye la exposición directa a la radiación, reduciendo el efecto del calor en las cerdas y asegurando un correcto crecimiento fetal.

El impacto del estrés calórico en cerdas gestantes no solo afecta su bienestar, sino que también tiene implicaciones notables en la productividad del sistema de crianza porcina, uno de los efectos más destacados es la reducción en la ingesta de alimentos, lo que disminuye la disponibilidad de nutrientes esenciales para las cerdas y sus crías, esto puede desencadenar una pérdida de peso en las cerdas, acuerdo con Gonzales, (2022), en su estudio, indican que esta correlación entre el estrés térmico y la reducción de energía utilizada impacta directamente en el crecimiento fetal y eleva el riesgo de padecer enfermedades a causa de la debilitación del sistema inmunológico, lo cual coincide con los resultados de esta investigación.

La elevación del índice de mortalidad en los lechones, un resultado directo de un desarrollo fetal insuficiente y de la reducción en la calidad de la leche materna durante la lactancia, este problema también está relacionado con problemas en la reproducción, tales como una disminución en la tasa de concepción y un aumento

en las repeticiones de celo, lo cual pone en riesgo la eficacia reproductiva de las cerdas se concuerda con Bavera et al., (2021), que coinciden en que estas repercusiones resaltan la necesidad de aplicar tácticas de gestión apropiadas, tales como la administración de la temperatura, una hidratación constante y modificaciones en la alimentación, para atenuar los impactos adversos del calor y asegurar una producción de carne sostenible y eficaz.

El estrés calórico en las cerdas gestantes supone un reto considerable, debido que los cambios en los parámetros fisiológicos no solo perjudican su bienestar, sino que también ponen en riesgo la productividad del sistema de crianza, uno de los impactos más evidentes es el aumento en la frecuencia respiratoria, lo que muestra el empeño de las cerdas en disipar el exceso de calor a través del jadeo, de acuerdo con ExprertMed, (2020) y Mendoza, (2019), indican que este fenómeno está asociada con una elevación de la temperatura corporal, particularmente en la piel y el recto, lo que demuestra la dificultad de las cerda para mantener un equilibrio en condiciones adversas.

Las alteraciones en el ritmo cardíaco y los desequilibrios hormonales, como la disminución de progesterona, son señales principales del estrés térmico en las cerdas gestantes, estas modificaciones inciden directamente en la factibilidad del embarazo y en la calidad de vida del animal, la reducción en el consumo de alimentos y agua provoca desequilibrios metabólicos que impactan en la suministración de nutrientes vitales para el crecimiento fetal Fernández et al., (2015), que concluyen que estas alteraciones subraya la importancia un monitoreo contante de las condiciones fisiológicas de las cerdas para garantizar su salud y la eficiencia en la producción porcina.

3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones.

La ventilación, ya sea natural o forzada, es una técnica esencial para reducir el estrés calórico en las cerdas gestante, al promover la renovación del aire, y preservar un entorno fresco, los sistemas como la refrigeración por evaporación y la utilización de materiales reflectantes y aislantes termino resultan eficaces para disminuir la temperatura del ambiente; igualmente, acciones como la alteración natural, la provisión de agua fresca y la implementación de sombras aportan de manera notable.

La disminución de la ingesta de alimentos reduce la disponibilidad de nutrientes vitales, impactando el desarrollo fetal y la producción de leche, mientras que la pérdida de peso pone en riesgo la salud integral de las cerdas, además el estrés térmico debilita el sistema inmunológico, aumentando la propensión a padecer enfermedades, y tiene impacto negativo en la producción disminuyendo el ritmo de concepción y potenciando las reiteraciones de celo.

El estrés calórico en las cerdas gestante ocasiona cambios importantes en los parámetros fisiológicos, tales como el incremento de la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal, lo que evidencia el esfuerzo del animal por disipar el calor y conserva su equilibrio térmico; estas reacciones, a pesar de ser necesarias, elevan el consumo de energía y pueden provocar cansancio y reducción de la actividad física.

3.2. Recomendaciones.

Implementar sistemas de enfriamiento eficientes, como ventilación forzada y refrigeración por evaporación con monitoreo continuo de las condiciones ambientales, para mantener la temperatura de rangos óptimos el bienestar de las cerdas gestante.

Analizar estrategias nutricionales específicas que incluyan ajustes en la dieta para suplir los requerimientos energéticos durante periodos de calor, asegurando la provisión adecuada de nutrientes esenciales para el crecimiento fetal y la producción de leche.

Determinar programas de monitoreo fisiológico frecuente en cerdas en estado gestante, enfocándose en parámetros clave como frecuencia de detectar y mitigar de manera oportuna los efectos del estrés calórico en la salud y reproducción de los animales.

4.REFERENCIAS Y ANEXOS.

4.1. Referencias bibliográficas.

- Arce, N., Castillo, G., Cota, M., García, H., Araiza, B. A., Cervantes, M., & Morales, A. (2022). El estrés por calor severo afecta la respuesta inmune de cerdos destetados desafiados con lipolisácarido de *Escherichia coli*. memoria de la xxiv reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos, 755.
- Barbari, M. (2020). Refrigeración por goteo directo sobre cerdas lactantes y gestante. Extraído de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_mg/mg_1991_9_91_49_57.pdf
- Bavera, G. Beguet, O, Real, J. Avilés, J. (2021). Termorregulación Corporal Y Ambientación *Revista Cursos producción porcina de carne* 6(8):57-88.
- Bottegal, D. (2018). Sistemas productivos porcinos y su impacto en indicadores comportamentales y fisiológicos de estrés (Doctoral dissertation, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires).
- Cartanyà, J., Blanco, G., Sancho, V., Ferrer, N., & Babot, D. Efecto de dos niveles de ventilación sobre las emisiones de amoníaco y los rendimientos productivos en cerdos de engorde en primavera-verano.
- Chicaiza Zapata, J. G. (2023). Modelado de un sistema fotovoltaico para el área de galpones en la avícola la Ponderosa del cantón Salcedo (Bachelor's thesis, Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica).
- Collell, M. (9 de septiembre del 2021). Diseño de granjas para minimizar el efecto del calor: ventilación natural. TRES POR TRES extraído de https://www.3tres3.com/latam/articulos/disenio-de-granjas-para-minimizar-el-calor-ventilacion-natural_10608/
- Crespo Vicente, S. (2022). Estrés por calor en cerdos: impacto del cambio climático en nuestras granjas. *Revista Zona Porcino* 2(8):189. <https://www.zonaporcino.es/posts/estres-calor-cerdos-impacto-cambio-climatico-granjas.aspx>

- Cuéllar Sáenz, J. (2021). Manejo de la cerda gestante. Extraído de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/manejo-de-la-cerda-gestante/>
- Delgado Avendaño, M. (2019). Pasantía Nacional Gobernación de Boyacá Secretaria de Fomento Agropecuario.
- Delgado Gómez, D. M. Práctica con proyección empresarial en el área de porcicultura en Cervalle SAS.
- Domínguez, Z. (2022). Efectos fisiológicos y productivos del estrés por calor en el cerdo ibérico y posibles estrategias nutricionales para mitigarlo (Doctoral dissertation, Universidad de Granada).
- Ensolpigs. (12 de marzo del 2024). ¿Cuáles son los signos clínicos característicos de estrés por calor en cerdos? Extraído de <https://www.ensolpigs.com/press-release/estres-por-calor-en-cerdos/>
- Espin, C. & Procel, M. (2021). Leishmaniasis en el Ecuador: revisión bibliográfica. *Revista Medicinas UTA*, 5(3), 2-11.
- ExpertMed. (5 de noviembre del 2019). Nutrición vs, Reproducción en porcino. Extraído de <https://expertmed.mx/category/articulo/>
- Fernández, R. Piñuel J. Vicent, M. (2015). La cobertura periodística del cambio climático y del calentamiento global en El País, El Mundo y La Vanguardia. La cobertura periodística del cambio climático y del calentamiento global en El País, El Mundo y La Vanguardia, (70), 122-140.
- García, J. (2021). Prototipo de vivienda resiliente para mejorar su capacidad de adaptación ante las inundaciones en la ribera del Río Babahoyo de la parroquia Eloy Alfaro Durán (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2021.).
- Gómez, E. Mercedes, W. Gómez, L. (2022). Control de la temperatura ambiental en lechones y cerdos de cebo. Extraído de https://www.researchgate.net/publication/367255031_Control_de_la_temperatura_ambiental_en_lechones_y_cerdos_de_cebo
- Gonzales, L. (2022). ¿Cómo se diseña el galpón de gestación?. TRES POR TRES. Extraído de https://www.3tres3.com/latam/articulos/como-se-disena-el-galpon-de-gestacion-para-cerdas_14113/

- Hernández, A. García, C. García, A. Ortiz, J. R., Sierra, Á. Morales, S. (2020). Sistema de producción del Cerdo Pelón Mexicano en la Península de Yucatán. *Revista Nova scientia*, 12(24); 0-0.
- Licon, F. (2020). Efecto de estrés por diferentes factores en cerdas lactantes: *Revisión de Literatura*.
- Loor, E. & Ponce, A. (2024). Uso de *Lactobacillus acidophilus*, *Sccharomyces cerevisiae* y *Bacillus subtilis* en cerdas gestantes y efecto sobre parámetros productivos en lechones (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (1 de diciembre del 2022). MAGAP Fortalece la producción porcina familiar, en la provincia de Santa Elena. Extraído de <https://www.agricultura.gob.ec/magap-fortalece-la-produccion-porcina-familiar-en-la-provincia-de-santa-elena/>
- MAGCR (Ministerio de agricultura y ganadera de Costa Rica). (23 de julio del 2022). MANUAL DE PORCICULTURA. Extraído de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/I01-9306.pdf>
- MARCH, E. (2022). Desempeño Productivo Y Calidad De Carne En Cerdos Suplementados Con Metionina De Cromo A Dos Tiempos Bajo Estrés Calórico.
- Martínez, J. (2022). Adaptaciones al estrés por calor. *Revista PorciNews* 5(72):567-888.
- Mendoza, J. (2018). Inclusión de *Lipofeed* como fuente de energía en dieta de cerdas gestantes y lactantes (Doctoral dissertation, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano).
- Menéndez, J. & Castro, Á. (2022). Centro de recuperación de adicciones psicotrópicas con criterios bioclimáticos pasivos (*Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.*).
- Michaelowa, A., Galante, A, Villa, V., Illueca, C., Gómez, P. De La Torre, F. (2019). Concepto de implementación del mecanismo sectorial de mitigación en el sector de los residuos en Ecuador. (Documento principal).

- Moran Canales, Y. K. (2024). Influencia del hábitat para el crecimiento de cerdos en diferentes ambientes de producción (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).
- Morelia, Q. (2022). Propuesta De Adaptación Al Cambio Climático Basados En La Soberanía Alimentaria En La Población Awá De La Provincia De Esmeraldas (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
- Parratt, S., Mera, M. Carrasco, R. (2020). La relevancia del cambio climático en la prensa española: análisis comparativo de El País, El Mundo y ABC.
- Perez, K. & Negreiros, V. (2021). Retos actuales y tendencias futuras en la fortificación nutricional y reducción de sustancias dañinas en alimentos de consumo masivo: *Revista pastas, embutidos y quesos. Manglar*, 18(3), 329-341.
- Prieto, B. Pinargote, C. Mora, F. Garcés, F. Sabando, F. Cedeño, P. (2012). Identificación de hongos micorrízicos arbusculares en Sistemas Agroforestales con cacao en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Agronomía. Revista Mesoamericana*, 23 (2), 233-239.
- Quintana, R. A., Donoso, M. G. R., & Mejía, L. M. Z. (2021). La cadena de valor del mango ecuatoriano y su competitividad internacional. *Compendium: Revista de investigación científica*, (47), 2.
- Romo, J. Silva, G., Güémez, H. Romo, A. & Romo, J. (2022). Estrés por calor: Influencia sobre la fisiología, comportamiento productivo y reproductivo del cerdo. *Revista Abanico veterinario*, 12.
- Zuluaga, E, & Flórez, L. (2023). Identificación de estrategias de manejo para el aumento de consumo de alimento en cerdas paridas en ambientes de altas temperaturas.

4.2. Anexos

Figura 4.

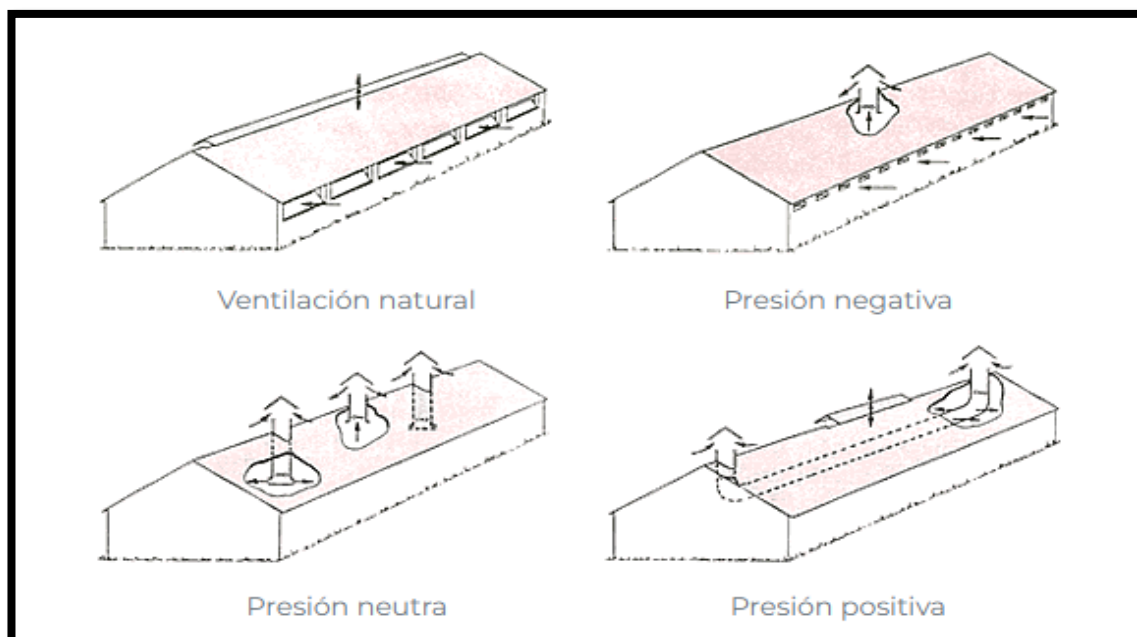
Ventilación mediante reflectable.



Fuente: Michaelowa et al., (2019).

Figura 5.

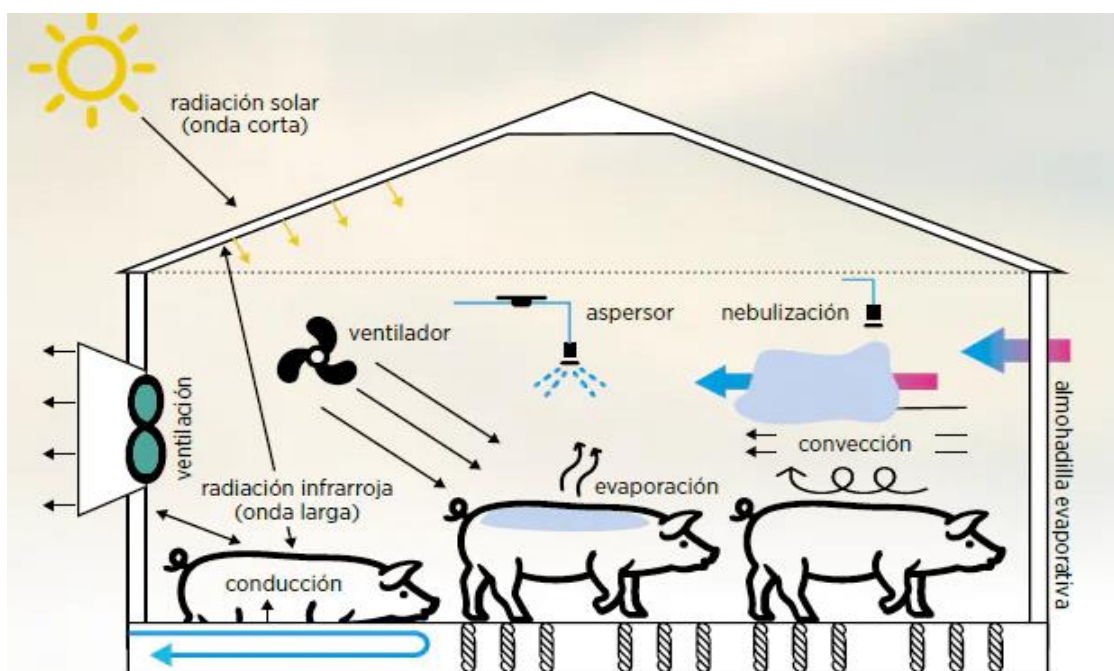
Tipos de ventilación.



Fuente: Zuluaga y flores, (2023).

Figura 6.*Ventilación natural.*

Fuente: Domínguez, (2022),

Figura 7.*Intercambio térmico (calor) entre cerdas y su entorno, diferentes estrategias de enfriamiento en relación con el intercambio de calor.*

Fuente: Arce et al., (2022):